



Aplikasi *Bioleaching* Dalam Pemisahan Logam Nikel Oksida dengan Jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium chrysogenum*

Ronny Kurniawan, S.Juhanda, Hayu M Gustinah, Aldila Putri Pratami

Program Studi Teknik Kimia, FTI, Itenas Bandung, Jl. PHH. Mustafa No 23 Bandung

*E-mail : ron_itenas@yahoo.com

Abstract

Nickel ore processing plant in Indonesia is currently done by pyrometallurgy. Processing in this way requires an expensive operating costs and the waste produced can have a negative impact on the environment and so we need an alternative technology that is more effective and efficient as well as environmentally friendly. One alternative technology of low-grade nickel ore processing is the bioleaching process. Bioleaching process is a process of dissolution or release of metal or retrieval (extraction) metals from minerals into a soluble form with the aid of microorganisms. This study generally aims to separate the nickel from low-grade nickel ore (nickel oxide) in ionic form with bioleaching process, and specifically aims to determine the effect of bioleaching time (15, 30, and 60 days), the ratio of mass to volume of nickel ore solvent (0,1 g/150 mL; 0,3 g/150 mL; 0,5 g/150 mL) and type of microorganism used (*Aspergillus niger* and *Penicillium chrysogenum*) in bioleaching process based on the concentration and yield value of the metal ion (Ni) from the extraction and knows the effect of microorganisms on the selectivity of Ni metal extracted in bioleaching process from nickel oxide. The parameter used are bioleaching temperature (37°C), volume of microorganisms (20% of the total volume of work), and the particle size of the of ore nickel 30/40 mesh. From the results of this research, highest achievement of extracted nickel ion at the time of bioleaching for 60 days with *Penicillium chrysogenum* with the highest extractable nickel ion concentration 4,26 ppm by the ratio of raw material to solvent 0,3g/150 mL and for the highest % yield (mass nickel extracted raffinate of the mass of the ore is extracted) is 12,78% (gram/gram) by the ratio of raw material to solvent of 0.3 g / 150 mL.

Keywords : Nickel, Bioleaching, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*

Pendahuluan

Pada umumnya teknologi dalam pengolahan mineral menjadi logam yang ada saat ini masih memiliki kendala diantaranya biaya operasi yang mahal dan limbah yang dihasilkan dapat berdampak sangat negatif bagi lingkungan. Saat ini sudah mulai dikembangkan teknologi-teknologi pengolahan baru sebagai alternatif proses pengolahan mineral logam, salah satunya adalah *bioleaching*. *Bioleaching* merupakan suatu proses untuk melepaskan (*remove*) atau mengekstraksi logam dari mineral atau sedimen dengan bantuan mikroorganisme atau mengubah mineral sukar larut menjadi bentuk yang larut dalam air dengan memanfaatkan mikroorganisme. Proses *bioleaching* membutuhkan biaya yang tidak terlalu mahal dan lebih ramah lingkungan karena mikroorganisme akan tumbuh dan berkembang secara alami dan dapat di *recycle* (Yulianti, 2011).

Di Indonesia proses ekstraksi nikel dengan *bioleaching* masih belum diaplikasikan, teknologi *bioleaching* di Indonesia baru diaplikasikan untuk ekstraksi besi dari *pyrite*, emas, dan tembaga. Berdasarkan pertimbangan dari beberapa keuntungan yang dapat diberikan dengan penerapan teknologi ini dan melihat potensi nikel di Indonesia maka teknologi *bioleaching* dalam pengolahan nikel layak untuk dikembangkan (Astuti, 2011). Pada proses *bioleaching*, mikroorganisme berperan untuk membantu difusi *solute* (logam) kedalam pelarut sehingga tidak diperlukan lagi pelarut selektif. Pemilihan mikroorganisme yang akan digunakan harus tepat karena mikroorganisme tersebut memiliki selektivitas terhadap logam-logam tertentu sedangkan lamanya waktu *bioleaching* berpengaruh kepada pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang digunakan dalam proses *bioleaching*. Selain itu, lamanya waktu *bioleaching* juga berpengaruh kepada laju perpindahan *solute*. Semakin lama waktu *bioleaching*, laju perpindahan *solute* semakin besar tetapi saat mencapai waktu optimum perpindahan *solute* ke dalam pelarut akan terhenti karena telah tercapai kesetimbangan pada sistem.



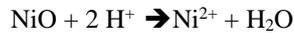
Proses *bioleaching* pada nikel berlangsung melalui mekanisme dan reaksi sebagai berikut:

a. Produksi asam

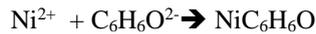
Glukosa/sukrosa + mikroorganisme → asam sitrat/asam oksalat/ asam glutamat

b. Ekstraksi

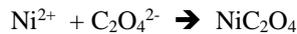
Reaksi-reaksi yang terjadi mengikuti persamaan berikut :



Pembentukan logam kompleks dengan asam organik



c. Pengendapan oleh asam oksalat



Selama proses *bioleaching* berlangsung, pertumbuhan mikroorganisme untuk memperbanyak diri tidak terlalu besar karena mikroorganisme ini akan lebih berkonsentrasi pada aktivitas metabolisme dengan mengkonsumsi nutrisi. Aktivitas metabolisme tersebut berlangsung berdasarkan reaksi glikolisis. Reaksi glikolisis adalah reaksi pemecahan glukosa menjadi beberapa asam organik sebelum dirubah menjadi asam piruvat (Febrian dan Liliandini, 2009). Asam-asam organik inilah yang akan bereaksi dengan logam nikel menghasilkan ion nikel yang larut dalam air. Namun ion nikel tersebut dapat bereaksi lagi dengan asam organik membentuk endapan $\text{NiC}_6\text{H}_6\text{O}$ dan NiC_2O_4 yang berwarna putih. Terbentuknya endapan putih tersebut akan mengurangi perolehan % *yield* ion nikel terekstraksi.

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk memisahkan nikel dalam bentuk ion dari mineral nikel berkadar rendah (nikel oksida) dengan menggunakan proses *bioleaching* dan tujuan khususnya adalah untuk mengetahui pengaruh waktu *bioleaching*, rasio massa mineral nikel terhadap pelarut air, dan jenis mikroorganisme yang digunakan pada proses *bioleaching* berdasarkan konsentrasi dan nilai *yield* ion logam nikel terekstraksi serta untuk mengetahui pengaruh jenis mikroorganisme terhadap selektivitas logam Ni yang terekstraksi.

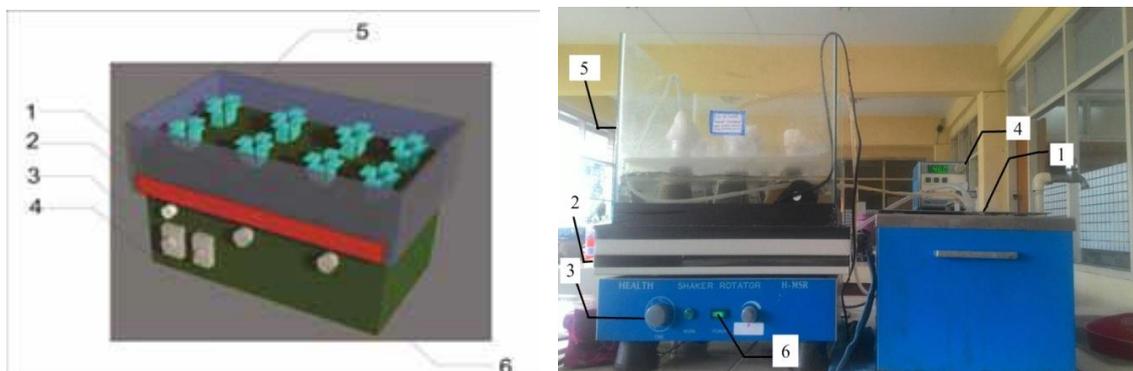
Metodologi

Pendekatan Penelitian

Proses *bioleaching* akan dilakukan secara *batch* menggunakan pelarut aqua DM dan bantuan mikroorganisme dari jenis jamur. Sebelum dilakukan proses *bioleaching* terlebih dahulu dilakukan pengembangbiakan terhadap jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium chrysogenum*. Proses *bioleaching* dilakukan menggunakan ukuran partikel (mineral nikel oksida) mesh 30/40, temperatur 37°C, dan jumlah jamur yang ditambahkan 20% dari total volume kerja. Jenis ragi yang digunakan *Aspergillus niger* dan *Penicillium chrysogenum*, waktu *bioleaching* 15, 30, dan 60 hari serta perbandingan massa mineral nikel terhadap volume pelarut 0,1 g/150 mL, 0,3 g/150 mL, dan 0,5 g/150 mL.

Peralatan Penelitian

Peralatan utama yang digunakan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut



Gambar 1 Skema Alat dan Foto Rangkaian Utama Proses *Bioleaching*



Keterangan :

1. *Water bath* (dilengkapi dengan *heater* panas)
2. *Shaker*
3. *Timer*
4. Regulator temperatur
5. Dudukan menyimpan gelas erlenmeyer
6. Power on/off

Prosedur Kerja

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu :

1. Tahap pengembangbiakan jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium chrysogenum*.
2. Tahap pemisahan logam dengan *bioleaching*.

Analisis

Analisis yang dilakukan adalah analisis bahan baku dari mineral nikel oksida dengan menggunakan *X-Ray Florescence* (X-RF) untuk menentukan kadar unsur (% b/b) dan analisis konsentrasi ion nikel yang terekstraksi dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Bahan Baku

Mineral nikel yang diperoleh berasal dari daerah Sorowako, Sulawesi Tenggara. Berikut adalah hasil analisis X-RF yang telah dilakukan:

Tabel 1. Hasil Analisis Mineral Nikel Menggunakan X-RF

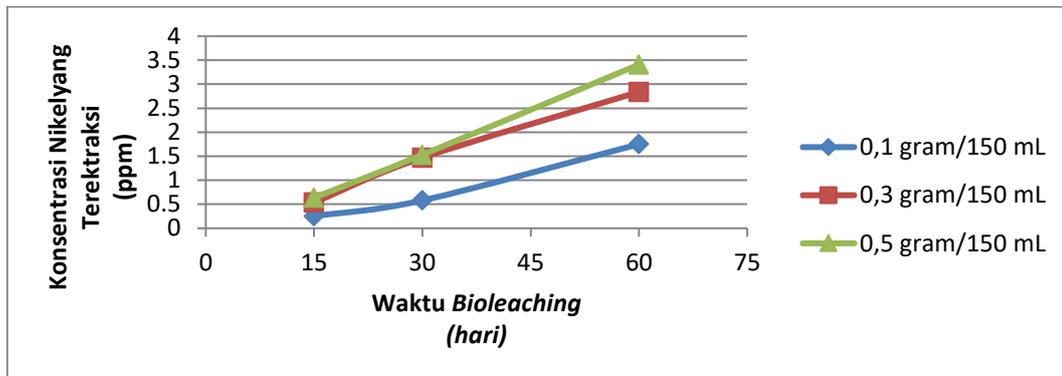
Oksida (oxides)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Jumlah (amount)	Sd
SiO ₂	30.21%	Si	14.12%	0.11%
TiO ₂	0.0964%	Ti	0.0578%	0.0029%
Al ₂ O ₃	3.20%	Al	1.68%	0.05%
Fe ₂ O ₃	36.20%	Fe	25.33%	0.17%
MnO	0.389%	Mn	0.301%	0.015%
CaO	0.461%	Ca	0.329%	0.016%
MgO	8.90%	Mg	5.37%	0.09%
Na ₂ O	-	Na	-	-
K ₂ O	-	K	-	-
P ₂ O ₅	0.0082%	P	0.0036%	0.0005%
SO ₃	0.0116%	S	0.0046%	0.0003%
Loi	16.85%	-	-	-
ZnO	0.0206%	Zn	0.0166%	0.0010%
NiO	2.82%	Ni	2.22%	0.07%
CuO	0.0133%	Cu	0.0106%	0.0010%
V ₂ O ₅	0.0213%	V	0.0119%	0.0006%
Cr ₂ O ₃	0.816%	Cr	0.560%	0.034%
Co ₃ O ₄	0.0515%	Co	0.0378%	0.0019%

Sumber: Laboratorium Pengujian PPGL

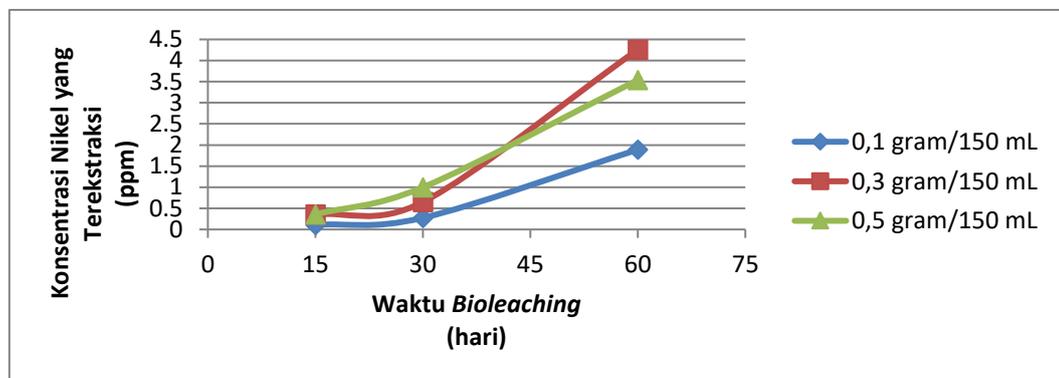
Dari Tabel 1 dapat diketahui kandungan Fe₂O₃ merupakan kandungan mineral terbesar yang berada dalam sampel, yaitu sebesar 36,20%, sementara itu kandungan NiO dalam bahan baku tergolong cukup kecil yaitu sebesar 2,82% sehingga mineral nikel yang digunakan termasuk dalam golongan mineral nikel berkadar rendah (nikel oksida) karena memiliki kandungan nikel diantara 0,2-2,9%.



Hubungan Antara Konsentrasi Nikel yang Terekstraksi terhadap Lama Waktu *Bioleaching* Menggunakan Jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium chrysogenum* pada Temperatur 37°C pada Berbagai Variasi Rasio Massa Mineral Nikel Terhadap Volume Pelarut



(a)



(b)

Gambar 2. Kurva Hubungan Antara Konsentrasi Nikel yang Terekstraksi Terhadap Lama Waktu *Bioleaching* Menggunakan Jamur (a) *Aspergillus niger* (b) *Penicillium chrysogenum* pada Temperatur 37°C

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa jamur *Penicillium chrysogenum* menghasilkan konsentrasi nikel yang terekstraksi paling tinggi sebesar 4.26 ppm sedangkan jamur *Aspergillus niger* menghasilkan nilai tertinggi sebesar 3.41 ppm dengan demikian diketahui bahwa jamur *Penicillium chrysogenum* menghasilkan konsentrasi nikel yang terekstraksi tertinggi untuk seluruh hasil *bioleaching* pada seluruh rasio bahan baku dengan pelarutnya dan untuk seluruh variasi waktu *bioleaching*.

Jenis asam organik yang dihasilkan dari proses metabolisme mikroorganisme sangat berpengaruh terhadap besarnya konsentrasi ion nikel yang terekstraksi. Jamur *Aspergillus niger* menghasilkan asam sitrat ($C_3H_4OH(COOH)_3$) sedangkan jamur *Penicillium chrysogenum* menghasilkan δ -Aminopenicillanic acid ($C_8H_{12}N_2O_3S$) dan L- α -Amino adipic acid ($C_6H_{11}NO_4$) (Crueger dan Crueger, 1990).

Selama hidupnya semua jenis mikroorganisme akan melakukan metabolisme untuk mempertahankan pertumbuhannya. Metabolisme tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu metabolisme primer dan metabolisme sekunder. Metabolisme primer adalah metabolisme yang dibentuk dalam jumlah terbatas penting untuk pertumbuhan dan kehidupan makhluk hidup sedangkan metabolisme sekunder tidak digunakan untuk pertumbuhan. Meskipun metabolisme sekunder tidak bersifat esensial untuk kehidupan, biosintesisnya diperlukan bagi mikroorganisme yang menghasilkannya.

Metabolisme sekunder berperan juga dalam memperbaiki kehidupan mikroorganisme penghasil metabolisme sekunder ketika berkompetisi dengan spesies lain (Tabarez 2005).

Ada 5 alasan yang memperkuat hal tersebut, yaitu (Tabarez, 2005):

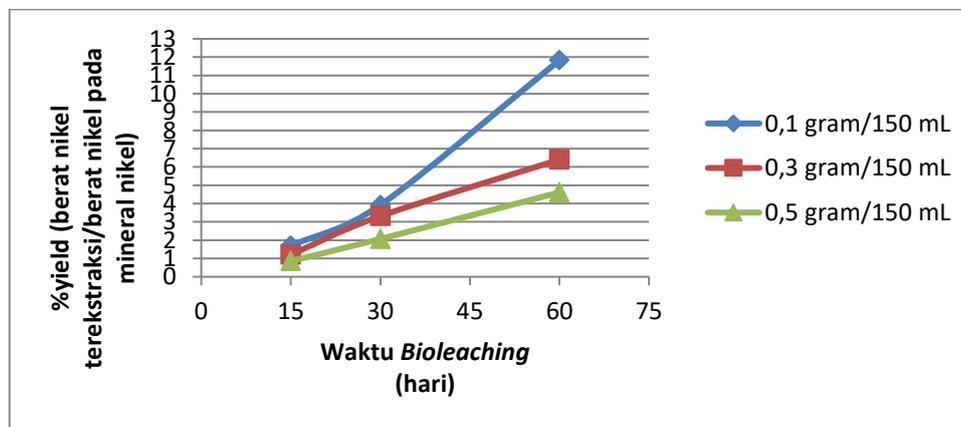
1. Metabolisme sekunder beraksi sebagai mekanisme pertahanan alternatif sehingga mikroorganisme yang kekurangan sistem imun akan menghasilkan metabolisme sekunder yang banyak dan bermacam-macam.
2. Metabolisme sekunder memiliki struktur dan mekanisme kerja yang baik serta jalur metabolismenya kompleks.
3. Metabolisme sekunder beraksi jika ada kompetisi dengan mikroorganisme, tanaman, atau binatang.
4. Metabolisme sekunder dihasilkan oleh sekelompok gen biosintesis.

5. Produksi metabolisme sekunder dengan aktivitas antibiotik biasanya diiringi dengan sporulasi dan terjadi pada sel mikroorganisme yang sensitif dengan mikroorganisme, tumbuhan, atau binatang. Umumnya mikroorganisme sensitif ini membutuhkan perlindungan khusus ketika nutrisinya mulai habis.

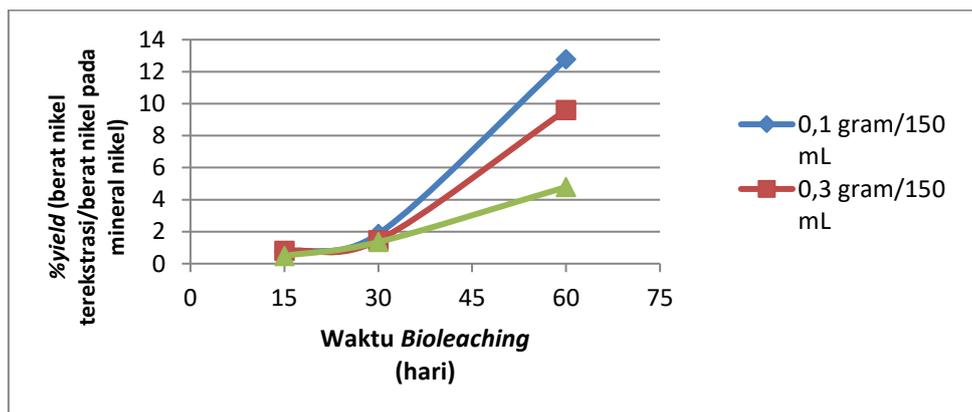
Penisilin merupakan kelompok antibiotik yang ditandai oleh adanya cincin β -laktam dan diproduksi oleh berbagai jenis jamur yaitu dari jenis *Penicillium*, *Aspergillus*, serta beberapa prokariot tertentu (Madigan, 2000). *Penicillium chrysogenum* adalah mikroorganisme yang paling baik dalam memproduksi antibiotik tersebut. Umumnya industri farmasi menggunakan penisilin ini sebagai bahan baku dalam pembuatan antibiotik.

Kandungan mineral nikel dalam larutan yang bersifat toksik untuk mikroorganisme tidak akan terlalu berpengaruh untuk *Penicillium chrysogenum* sehingga *Penicillium chrysogenum* akan terus hidup dan dapat bermetabolisme menghasilkan asam. Hal inilah yang dapat menyebabkan perolehan *bioleaching* dengan menggunakan jamur *Penicillium chrysogenum* lebih besar. Asam organik yang dihasilkan dari metabolisme mikroorganisme menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan dalam proses *bioleaching* karena asam organik inilah yang akan bereaksi dengan logam untuk menghasilkan ion logam terekstraksi.

Hubungan Antara %Yield Berat Nikel yang Terekstraksi terhadap Berat Nikel pada Mineral Nikel Terhadap Waktu *Bioleaching* Menggunakan Jamur *Aspergillus niger* dan *Penicillium chrysogenum* pada Temperatur 37°C pada Berbagai Variasi Rasio Massa Mineral Nikel Terhadap Volume Pelarut



(a)



(b)

Gambar 3. Kurva Hubungan Antara %Yield Berat Nikel Terekstraksi terhadap Berat Nikel pada Bijih Nikel Terhadap Waktu *Bioleaching* dengan Menggunakan Jamur (a) *Aspergillus Niger* (b) *Penicillium chrysogenum* pada Temperatur 37°C

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa jamur *Penicillium chrysogenum* menghasilkan nilai %yield berat nikel terekstraksi terhadap berat nikel pada bijih nikel tertinggi sebesar 12,78 % sedangkan jamur *Aspergillus niger* menghasilkan nilai tertinggi sebesar 11,83 % dengan demikian diketahui bahwa jamur *Penicillium chrysogenum*



menghasilkan nilai %yield berat nikel terekstraksi terhadap berat nikel pada bijih nikel tertinggi untuk seluruh hasil *bioleaching* pada seluruh rasio bahan baku dengan pelarutnya dan untuk seluruh waktu *bioleaching*.

Pada ekstraksi padat-cair, perbandingan antara umpan medium cair dengan massa bahan baku sangat berpengaruh pada perolehan solut yang terekstraksi dalam rafinat. Medium berperan sebagai pelarut sehingga semakin besar volume pelarut maka semakin besar *driving force* yang terbentuk karena perolehan solut yang terekstraksi dalam rafinat saat kesetimbangan juga akan semakin besar (Febrian dan Liliandini, 2009).

Semakin besar kandungan logam dalam bahan baku maka volume umpan medium cair yang digunakan juga harus semakin besar. Hal ini dilakukan untuk memperbesar nilai %yield dan mempertahankan mikroorganisme di dalam larutan tersebut (Febrian dan Liliandini, 2009). Kandungan logam nikel pada bahan baku yang digunakan terus bertambah namun volume umpan cair tidak mengalami kenaikan tetap 150mL sehingga perolehan nikel yang terekstraksi tidak meningkat.

Bahan yang digunakan adalah mineral nikel dengan berbagai jenis logam yang terkandung di dalamnya. Banyaknya jenis logam yang terkandung dalam bahan juga mempengaruhi perolehan atau %yield nikel terekstraksinya. Semakin banyak jenis logam yang terkandung dalam bahan baku dapat menyebabkan perolehan atau %yield yang semakin kecil karena ada kemungkinan asam organik yang dihasilkan dari proses metabolisme mikroorganisme tersebut lebih selektif untuk mengekstraksi logam lain selain nikel.

Kesimpulan

1. Jamur *Penicillium chrysogenum* lebih selektif dalam mengekstraksi logam nikel dibandingkan dengan jamur *Aspergillus niger*
2. Pada penelitian ini kondisi terbaik proses *bioleaching* pada mineral nikel oksida dicapai pada waktu *bioleaching* 60 hari dan rasio massa mineral nikel terhadap volume pelarut sebesar 0,1 g/150 mL dengan menggunakan jamur *Penicillium chrysogenum* menghasilkan konsentrasi ion nikel terekstraksi sebesar 1,89 ppm dan %yield massa nikel terekstraksi terhadap massa nikel dalam mineral nikel sebesar 12,78%.

Daftar Pustaka

- Astuti, Widi., Khodijah, Siti, Chaerun., Zaki, M, Mubarak., 2011. *Prospek Fungal Bioleaching untuk Pengolahan Bijih Nikel Laterit di Indonesia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Crueger, W., dan Crueger, A. 1990. *Biotechnology: A Textbook of Industrial Microbiology*. Sinauer Associates Inc. Sunderland.
- Febrian, M., Liliandini. 2009. *Pemisahan Logam Dari Limbah Katalis Bekas Dengan Proses Bioleaching*. Bandung. Institut Teknologi Nasional. .
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., dan Parker, J. 2000. *Brock Biology of Microorganisms*. Tenth Edition. Pearso Education, Inc. USA. Halaman 144, 172, 713, 976.
- Tabarez, M.R. 2005. *Discovery of The New Antimicrobial Compound*. Dissertation Van Der Gemeinsamen Naturwissenschaftlichen Fakultat. Jerman: Universitat Carolo-Wilhelmina.
- Yulianti, Diana. 2011. *Bioteknologi Penambangan Logam*. Dikutip dari: http://www.academia.edu/4554264/bioteknologi_penambangan_logam [diakses pada 11 Maret 2016].





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Tedi Hudaya (Universitas Katolik Parahiyangan)
Notulen : Alfiena Intan Zahirah (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Radhityo Ari Prabowo (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apa perlakuan khusus (*pre-treatment*) terhadap mikroorganisme yang digunakan?
Jawaban : Mikroorganisme yang digunakan dikembangkan terlebih dahulu setelah itu digunakan untuk proses. Sekali *run* bisa menggunakan 20% dari volume kerja dalam fasa cair.
2. Penanya : Idhlam Kholid (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apakah dengan menggunakan mikroba maka biaya yang dikeluarkan akan lebih murah jika dibandingkan dengan *smelter*?
Jawaban : Membangun *smelter* tentunya akan jauh lebih mahal. Tetapi sejauh ini belum ada yang mengembangkan *bioleaching*, dan hingga saat ini pengembangannya masih dalam skala laboratorium.
3. Penanya : Gusti Kurnia Dwiputra (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Faktor apa saja yang bisa menjadi penyebab perubahan signifikan dari waktu *bioleaching* 30-60 hari untuk jamur *Penicillium chrysogenum* sehingga *run* dengan rasio bahan baku terhadap jumlah pelarut 0,3 g/150 mL lebih tinggi dibandingkan 0,5 g/150 mL?
Jawaban : Sebenarnya secara teori semakin besar perbandingan antara bahan baku terhadap jumlah pelarut, maka hasil yang terekstrak akan semakin tinggi sehingga kejadian tersebut hanyalah suatu anomali.

