



## Pengaruh Suhu dan pH pada Presipitasi Elemen Berharga dari Larutan Leaching Low Grade Nikel Laterit Ore dengan menggunakan Pengendap Kalsium Karbonat

Surianti, Marizka Aviana Permatasari, Arini Nur Utami, I Made Bendiyasa, Indra Perdana, Himawan Tri Bayu Murti Petrus\*

Department of Chemical Engineering (Sustainable Mineral Processing Research Group), Universitas Gadjah Mada  
55281 Yogyakarta, Indonesia

\*E-mail: [bayupetrus@ugm.ac.id](mailto:bayupetrus@ugm.ac.id)

### Abstract

Nickel has an important role in non-corrosive materials formation as well as rechargeable battery. The increasing need of nickel has led the exploration of lateritic ore with low grade nickel concentration. The content of nickel in laterite ore ranges from 1.5-2.5% (weight basis). Due to the characteristic of low grade laterite ore, hydrometallurgy is best to apply for the nickel processing technique. Nickel laterite ore that used in this study is a low grade type obtained from Pomalaa, Southeast Sulawesi. The nickel processing with hydrometallurgical technique begins with leaching of 150 grams of laterite nickel ore using 750 mL HCl 0.1 M which is followed by precipitation using  $\text{CaCO}_3$  15 % to determine the maximum percent recovery of nickel and the competition from other elements in the leachate. Based on the results that is analyzed using Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES), components taken from this leaching process are in the ionic form of Fe, Al, Si, and Ni and the maximum percent recovery of nickel is obtained at 70°C at pH 6 and pH 7 with a percent recovery of 56.35%.

Keywords: Nickel, Precipitation, Recovery,  $\text{CaCO}_3$

### Pendahuluan

Nikel merupakan salah satu unsur kimia metalik yang bersifat tahan karat. Pemanfaatan nikel terbesar digunakan sebagai bahan baku *stainless steel* sebesar 65%. Selain itu juga digunakan dalam berbagai macam aplikasi seperti paduan logam dan sebagai *electroplating* serta sebagai baterai isi ulang (Mudd, 2009). Jenis bijih nikel yang sering digunakan adalah bijih nikel sulfida dan bijih nikel oksida (laterit). Sepuluh tahun yang lalu 60% dari logam nikel yang dihasilkan oleh industri nikel berasal dari jenis sulfida (Zhu dkk, 2012). Namun, penggunaan bijih nikel jenis sulfida mulai ditinggalkan dikarenakan menipisnya cadangan nikel sulfida, biaya produksi besar, serta diperlukan pengeboran yang lebih dalam untuk penambangan nikel jenis sulfida. Maka dari itu, produsen beralih menggunakan bijih nikel laterit.

Indonesia merupakan salah satu Negara dengan potensi produksi nikel laterit terbesar ketiga. Hal tersebut berdasarkan jumlah cadangan sebanyak 1.576 juta ton laterit dari total sumber daya 3900 juta ton (Rochani, 2013). Cadangan nikel di Indonesia berasal dari daerah Sulawesi, Maluku, dan Papua. Nikel laterit di Indonesia biasanya berjenis *low grade ore* yang mana memiliki kadar nikel rendah (<1,5%) (ESDM, 2012) (Subagja dkk, 2016). Pemrosesan nikel laterit membutuhkan energi dan zat kimia yang relative lebih banyak dibandingkan dengan nikel sulfida.

Pengolahan nikel laterit dilakukan dengan proses pirometalurgi dan proses hidrometallurgi. Proses pirometalurgi dilakukan pada kondisi suhu yang cukup tinggi mencapai 1400 °C tergantung komposisi di dalam nikel laterit *ore* (Diaz dkk, 1988). Proses hidrometallurgi dapat dilakukan dengan HPAL (*High Pressure Acid Leaching*), AL (*Atmospheric Leaching*) maupun *Caron process*. Pemilihan metode ini berdasarkan atas kandungan limonite maupun saprofit di dalam bijih nikel. Saat ini, proses ekstraksi pada *atmospheric leaching* lebih dipilih karena dilakukan pada suhu rendah dan pada bejana terbuka sehingga tidak membutuhkan biaya relative mahal untuk HPAL *autoclaves* (McDonald and Whittington, 2008) (Simate, 2008).

Proses hidrometalurgi bijih laterit telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti baik menggunakan asam anorganik maupun asam organik. Penggunaan asam anorganik (asam sulfat, asam klorida dan asam nitrat) pada tekanan atmosfer telah dilakukan (J. Maccarthy, 2015 ; R.G. McDonald, 2008; W. Luo, 2010) dan asam organik (asam citrid dan asam asetat) juga telah dilakukan oleh (Tzeferis, 1994; Astuti dkk, 2016; KC Wanta dkk, 2017; HSEA Agutina dkk, 2018). Untuk asam organik terus dikembangkan karena lebih ramah terhadap lingkungan jika



dibandingkan dengan asam inorganik. Namun, dalam penelitian ini digunakan larutan hasil *leaching* nikel laterit *ore* dari HCl karena asam klorida dapat diregednerasi (HSEA Agustina, 2018) dan pemisahan logam klorida jauh lebih muda daripada asam sulfat (W.Astuti, 2016).

Pada proses *leaching* tidak hanya komponen nikel yang terambil, tetapi larutan hasil *leaching* mengandung beberapa logam seperti  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ , dan  $Si^{2+}$ . Produk Nikel dapat diperoleh dengan cara pengendapan yang dilakukan dengan menambahkan agen pengendap berupa hidroksida, karbonat maupun sulfide. Pengendapan dengan karbonat dari hasil *leaching* bijih nikel dengan asam klorida dilakukan pada suhu antara 55°C sampai 90°C, serta pH antara 2.5-3.5 untuk Fe, Al, dan Cr. Pada pH diatas 3.5-5.5 maka yang lebih terendapkan adalah Al dan Cr, serta Fe dalam bentuk divalen (2+) (Oustadakis, dkk 2006) (Mbedzi dkk, 2017).

Dalam penelitian ini pengaruh suhu dan pH pada proses pengendapan larutan *leaching low grade* nikel *ore* dengan menggunakan  $CaCO_3$  akan diamati. Pemilihan pengendap  $CaCO_3$  didasarkan atas ketersediaan dan harganya yang relatif murah dibandingkan dengan bahan pengendap yang lain (Nelson Saksono, 2006).

## Metode Penelitian

### Bahan Baku

Bahan baku awal adalah Larutan *leaching nikel laterit ore* dengan HCl. Proses *leaching* di lakukan dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk, termometer dan pendingin balik. Larutan HCl sebanyak 300 ml dipanaskan menggunakan *waterbath* hingga mencapai suhu 90 °C dan diaduk dengan kecepatan 400 rpm. Setelah mencapai suhu yang diinginkan, sampel nikel laterit sebanyak 60 gr (diameter partikel -200 mesh) dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Proses *leaching* dilakukan selama 4 jam (Himmah dkk, 2018). Tabel 1 merupakan hasil analisa dengan menggunakan ICP-AES larutan *leaching low grade nikel ore* dengan menggunakan asam klorida.

Selain larutan hasil *leaching*, bahan baku lainnya yang digunakan adalah  $CaCO_3$  diperoleh dari PT Merck dan aquades diperoleh dari Laboratorium Konservasi Energi dan Pencegahan Pencemaran (KEPP), Fakultas Teknik UGM Yogyakarta.

**Tabel 1.** Hasil Analisis ICP-AES untuk Larutan Hasil *Leaching Nikel Laterit Ore*

No	Komponen	Konsentrasi (ppm)
1	Fe	4570,97
2	Si	506,656
3	Al	304,22
4	Ni	128,65

Berdasarkan hasil analisis ICP-AES larutan *leaching nickel laterite ore* masih didominasi oleh Fe dengan konsentrasi sebesar 4570,97 ppm sedangkan konsentrasi Ni sebesar 128,65 ppm. Hal tersebut masih sesuai dengan hasil XRF serta XRD pada bijih nikel dimana komponen penyusun utamanya adalah besi.

### Percobaan

Proses presipitasi dilakukan dengan menggunakan *shakerwaterbath*. Larutan induk (hasil *leaching*) sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam Erlenmeyer kemudian ditambahkan  $CaCO_3$  15% hingga pH 6. Erlenmeyer kemudian dimasukkan ke dalam *shakerwaterbath*. Shaker di set pada suhu 55°C dan dinyalakan selama 1 jam. Hasil endapan kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan pada suhu 100°C. Setelah kering padatan kemudian ditimbang. Cairan yang sudah disaring (filtrat) kemudian di analisis dengan menggunakan alat ICPAES. Perobaan diulangi pada kondisi pengendapan pH 6 pada suhu 70°C dan 85°C serta pH 7 pada suhu 55°C, 70°C, dan 85°C.

## Hasil dan Pembahasan

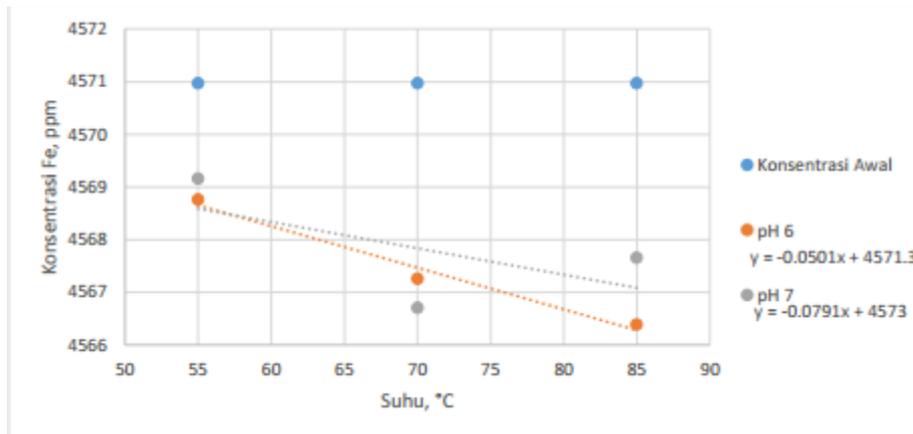
### Analisis Hasil Filtrat setelah Proses Pengendapan dengan $CaCO_3$

Proses presipitasi yang dilakukan akan menghasilkan endapan yang berupa padatan basah. Hasil endapan yang berbentuk padatan basah ini kemudian dikeringkan dan ditimbang. Massa endapan yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pada Tabel 2, pada pH 6 massa paling banyak terendapkan saat suhu 70°C sebesar 0,2850 gram . Sedangkan saat pH 7 massa paling banyak terendapkan saat suhu 70°C sebesar 0,9697 gram.

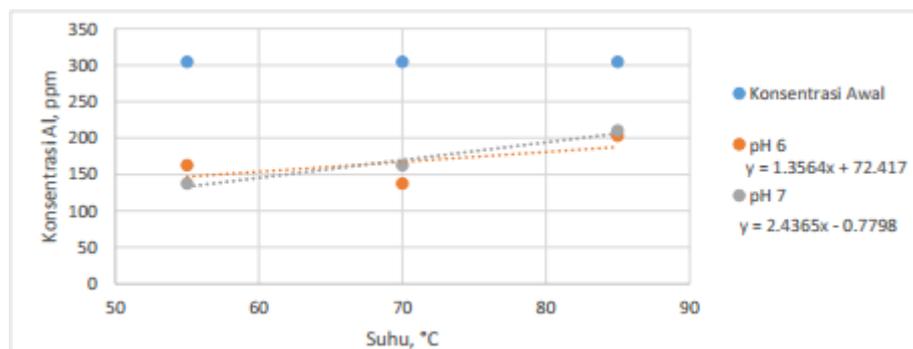
**Tabel 2.** Massa Endapan yang Terbentuk Setelah Presipitasi

pH	Suhu (°C)	Massa Padatan (gram)
6	55	0,2351
	70	0,2850
	85	0,0861
7	55	0,5997
	70	0,9697
	85	0,2314

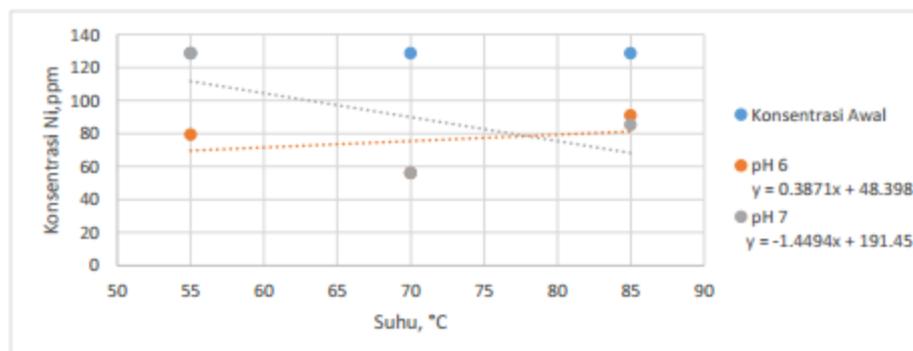
Larutan filtrat yang endapannya telah diambil perlu dianalisis menggunakan ICP-AES untuk mengetahui komponen yang tersisa setelah dilakukan presipitasi. Hasil dari analisa ICP AES dapat di lihat seperti pada gambar 1, 2 dan 3 yang menunjukkan hubungan masing-masing komponen dalam filtrat terhadap variasi suhu (55°C, 70°C dan 85°C) dan pH (6 dan 7).



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Konsentrasi Fe pada Filtrat sebagai Fungsi pH dan Suhu



**Gambar 2.** Grafik Hubungan Konsentrasi Al pada Filtrat Sebagai Fungsi pH dan Suhu



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Konsentrasi Ni pada Filtrat sebagai Fungsi pH dan Suhu

Gambar 1,2 dan 3 menunjukkan hasil hubungan konsentrasi masing-masing komponen dalam filtrat terhadap suhu. Gambar 1 menunjukkan penurunan konsentrasi Fe seiring dengan meningkatnya suhu, sebaliknya gambar 2 menunjukkan konsentrasi Al cenderung meningkat seiring naiknya suhu. Konsentrasi Ni cenderung menurun pada pH 7 pH 6 (gambar 3). Apabila diamati pada grafik hubungan konsentrasi komponen vs suhu pada suhu 70°C terdapat beberapa anomali yang mana mula-mula konsentrasi cenderung turun namun pada suhu tertentu konsentrasi akan menjadi naik. Hal tersebut dikarenakan pada suhu 70°C terjadi transisi ikatan oksida pada logam seperti pada Ni yang semula membentuk NiO menjadi Ni(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> yang mana kedua ikatan tersebut memiliki kelarutan yang berbeda. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa semakin tinggi suhu, maka kelarutan NiO akan semakin rendah sehingga Ni yang mengendap semakin banyak dan lebih stabil (Palmer, Bénézeth, & Wesolowski, 2014).

Adapun reaksi yang terjadi setelah penambahan CaCO<sub>3</sub> adalah sebagai berikut:

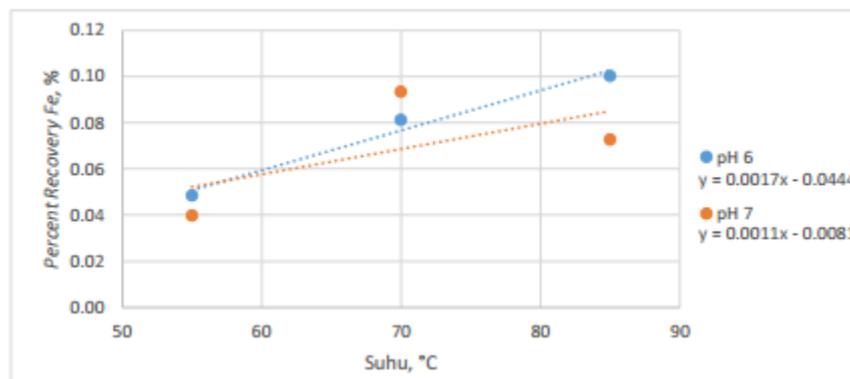


Dari hasil reaksi tersebut, akan diperoleh logam dalam bentuk karbonat dan kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>). Untuk logam aluminium, penambahan CaCO<sub>3</sub> akan mendekomposisi aluminium menjadi aluminium hidroksida (Al(OH)<sub>3</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Berikut data Tabel 2 yang menampilkan nilai Ksp dari masing-masing senyawa yang terbentuk.

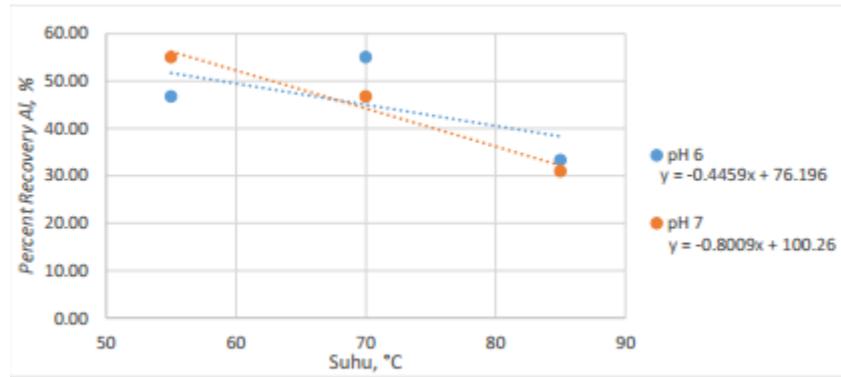
**Tabel 3.** Nilai Ksp pada Senyawa Karbonat (Dean dkk,1976)

Senyawa	Ksp
Al(OH) <sub>3</sub>	3 x 10 <sup>-34</sup>
FeCO <sub>3</sub>	3,1 x 10 <sup>-11</sup>
NiCO <sub>3</sub>	1,4 x 10 <sup>-7</sup>

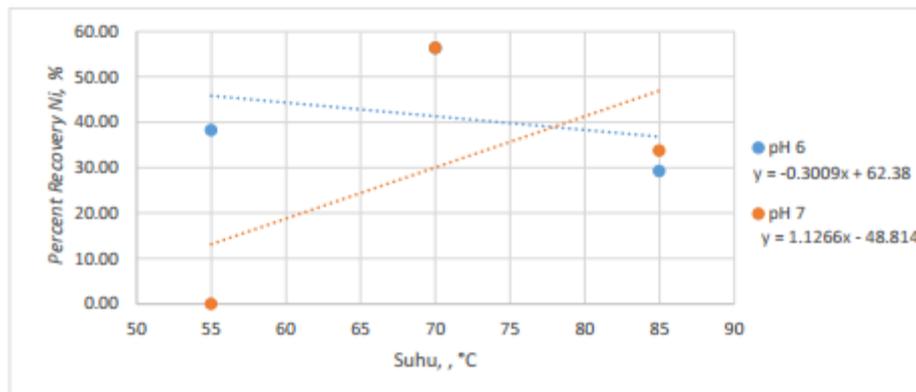
Berdasarkan angka kelarutan dari masing-masing senyawa karbonat yang terbentuk, Fe dan Al memiliki angka kelarutan yang lebih kecil dibandingkan dengan Ni sehingga Fe dan Al akan lebih dulu mengendap (Dean dkk,1976) Berdasarkan data konsentrasi filtrat dan konsentrasi larutan induk awal dapat dihitung *recovery* dari masing-masing komponen. Hasil *recovery* dapat dilihat pada gambar 4, 5, dan 6. Gambar 4 menunjukkan *recovery* dari Fe relatif rendah hanya berkisar antara 0,04% hingga 0,10%. Gambar 5 menunjukkan *recovery* Al terbesar pada pH 7 di suhu 55°C dan pH 6 di suhu 70°C. Sedangkan nikel dengan *recovery* terbesar terjadi pada suhu 70°C di pH 6 dan 7 sebesar 56,35%



**Gambar 4.** Grafik Hubungan *Recovery* Fe terhadap Suhu



Gambar 5. Grafik Hubungan *Recovery* Al terhadap Suhu



Gambar 6. Grafik Hubungan *Recovery* Ni terhadap Suhu



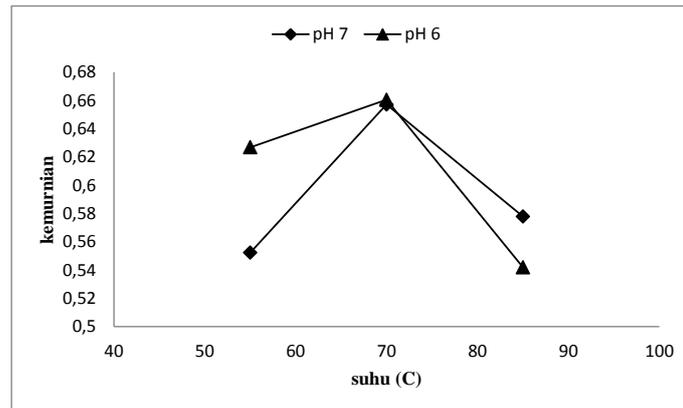
(a)



(b)

Gambar 7. Presipitat Larutan *Leaching Low Grade* Nikel Ore dengan  $\text{CaCO}_3$  pada pH (6 dan 7) dan Suhu  $70^\circ\text{C}$   
(a) Sebelum disaring dan (b) setelah disaring

Gambar 7 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penampakan larutan hasil presipitasi antara pH 6 dengan pH 7 dimana *slurry* yang terbentuk pada pH 6 relatif lebih kuning. Namun untuk hasil padatan yang dihasilkan, penampakan yang terbentuk relatif sama. Setelah padatan diperoleh maka dilakukan analisa XRF. Gambar 8 merupakan grafik yang menjelaskan tentang kemurnian nikel karbonat dengan variasi suhu ( $55^\circ\text{C}$ ,  $70^\circ\text{C}$ , dan  $85^\circ\text{C}$ ) untuk pH 6 dan 7. Untuk pH 6 dan 7, kemurnian padatan nikel karbonat diperoleh 0,67%.



Gambar 8. Kemurnian pada Variasi Suhu (55 °C, 70 °C, dan 85 °C) untuk pH 6 dan 7

### Kesimpulan

Dari hasil percobaan dapat diperoleh kesimpulan bahwa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dapat digunakan sebagai agen pengendap untuk larutan *leaching* nikel laterit ore dengan pelarut asam klorida dan presentasi nikel maksimum diperoleh pada suhu 70°C pada pH 6 maupun pH 7 dengan besar persentase *recovery* sebesar 56,35%.

### Daftar Pustaka

- ESDM, Pusdatin. Supply Demand Mineral, Kajian. 2012.
- HSEA Agustina, IMA Bendiyasa, HTBM Petrus, FR Mufakir, W Astuti, Pelindian nikel dari biji limonit low grade pomalaa menggunakan pelarut asam asetat, Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan. 2018.
- KC Wanta, HTBM Petrus, I Perdana, W Astuti. Uji validitas model shrinking core terhadap pengaruh konsentrasi asam sitrat dalam proses leaching nikel laterit. Departemen Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, 2017.
- Mbedzi N, Ibana D, Dyer L, Browner R, Mbedzi N, Ibana D, Browner R. The effect of oxidant addition on ferrous iron removal from multielement acidic sulphate solutions. American Institute of Physics, 2017; 30002.
- McDonald RG, dan Whittington BI. Atmospheric acid leaching of nickel laterites review part ii chloride and biotechnologies. Hydrometallurgy. 2008; 91: 56-69
- Mudd GM. Global trends and environmental issues in nickel mining: Sulfides versus laterites. Ore Geology Reviews. 2010; 38(1-2), 9-26. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2010.05.003>
- Nelson Saksono, Setijo Bismo, Elsa Krisanti, Azwar Manaf, dan Roekmijati Widaningrum. Pengaruh medan magnet terhadap proses presipitasi  $\text{CaCO}_3$  dalam air sadah. Makara, Teknologi. 2006; 96-101
- Oustadakis P, S Agatzini-Leonardou, and PE Tsakiridis. Nickel and cobalt precipitation from sulphate leach liquor using MgO pulp as neutralizing agent. Minerals Engineering. 2006; 19(11): 1204-11.
- Palmer DA, Bénézeth P, and Wesolowski DJ. Solubility of nickel oxide and hydroxide in water solubility of nickel oxide and hydroxide in water. 2014.
- Rochani S, dan Nuryadi S. Teknologi pengolahan dan pemurniaan nikel, 2013; 17- 25
- Simate. Bacterial leaching of nickel laterites using chemolithotrophic microorganisms: Identifying influential factors using statistical design of experiments. 2008; 31-36 ;
- W Atuti, Tsuyoshi Hirajima, Keiko Sasaki, and Naoko Okibe. Comparison of effectiveness of citric acid and other acids in leaching of low-grade Indonesian saprolitic ores. Minerals Engineering 2016; 85: 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2015.10.001>. Dean, John A et al. *Lange'S Handbook of Chemistry*. <http://fptl.ru/biblioteka/spravo4niki/dean.pdf>.
- Zhu DQ, Cui Y, Hapugoda S, Vining K, and Pan J. Mineralogy and crystal chemistry of a low grade nickel laterite ore. Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition). 2012a; 22(4), 907-916. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(11\)61264-8](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(11)61264-8)



## Lembar Tanya Jawab

**Moderator** : Soeprijanto (Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember)  
**Notulen** : Heni Anggorowati (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Reonaldo (Teknik Kimia UPNVY)  
Pertanyaan : Kenapa pada penelitian ini digunakan *low grade* nikel laterit bukan *high grade* nikel laterit? Apakah *high grade* nikel itu berbahaya?  
Jawaban : *High grade* nikel tidak berbahaya, tetapi jika menggunakan proses hidrometalurgi kurang ekonomis. Jika *high grade* diproses secara pirometalurgi memerlukan suhu yang lebih tinggi yaitu diatas 1000°C sedangkan proses hidrometalurgi menggunakan suhu yang lebih rendah yaitu dibawah 1000 °C. Dalam penelitian ini dipilih *low grade* nikel laterit karena cadangan nikel sulfida semakin menipis sehingga akan beralih ke nikel laterit dan nikel laterit yang ada di Indonesia berjenis *low grade ore*.
2. Penanya : Dio Nur Rachman (Teknik Kimia UPNVY)  
Pertanyaan : Mengapa pada penelitian ini dipilih CaCO<sub>3</sub> sebagai bahan untuk proses pengendapan? Apa alasan pemilihan pH antara 6 – 7?  
Jawaban : Alasan penggunaan CaCO<sub>3</sub> karena bahan ini lebih murah dibandingkan bahan pengendap lain seperti Natrium Karbonat.  
Pemilihan pH 6 – 7 berdasarkan pada literatur yang menjelaskan bahwa pengendapan bisa maksimal pada pH antara 6 – 7 dan dari percobaan pendahuluan yang telah dilakukan, pada pH kurang dari 6 ternyata belum terjadi pengendapan.
3. Penanya : Violita Indrayani Putri (Teknik Kimia UPNVY)  
Pertanyaan : Bagaimana pemanfaatan nikel yang dihasilkan dari penelitian ini? Dan apakah memungkinkan proses ini dibuat dalam skala besar?  
Jawaban : Nikel dari jenis *low grade* maupun *high grade* pemanfaatan utamanya adalah untuk baterai.  
Proses hidrometalurgi ini dapat diterapkan dalam skala industri mengingat saat ini proses di industri masih menggunakan pirometalurgi dimana suhu yang digunakan sangat tinggi.
4. Penanya : Ricky Herjunata (Teknik Kimia UPNVY)  
Pertanyaan : Apakah hasil akhir dari penelitian ini sudah dalam bentuk nikel murni?  
Jawaban : Ya, hasil endapan yang diperoleh dari penelitian ini sudah berupa nikel murni.
5. Penanya : Soeprijanto (Teknik Kimia ITS)  
Pertanyaan : Bagaimana reaksi yang terjadi pada proses pengendapan?  
Jawaban : Dari hasil *leaching* menggunakan HCl akan dihasilkan NiCl<sub>2</sub> kemudian ditambah dengan CaCO<sub>3</sub> menghasilkan NiCO<sub>3</sub>