

## **Presipitasi *Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP) dari Ekstraksi Nikel Laterit Sebagai Bahan Baku untuk Pembuatan Baterai: Tinjauan Proses Pembuatannya<sup>1</sup>**

### ***Mixed Hydroxide Precipitate (MHP) Precipitation from Laterite Nickel Extraction as a Raw Material for Making Batteries: Review of the Manufacturing Process***

Ninasafitri Ninasafitri<sup>a,2</sup>, Ayub Pratama Aris<sup>a</sup>, Kostiawan Sukamto<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Studi S1 Teknik Geologi, Jurusan Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jend. Sudirman No.6 Gorontalo

<sup>b</sup> Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Jend. Sudirman No.6 Gorontalo

#### **ABSTRAK**

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki cadangan bijih nikel laterit terbesar di dunia. Saat ini bijih nikel laterit berkadar rendah tersebut belum diolah secara maksimal menjadi produk yang bernilai tambah di dalam negeri. Proses ekstraksi yang banyak diterapkan di industri untuk bijih nikel laterit berkadar rendah adalah melalui jalur hidrometalurgi. Produk akhir dari proses hidrometalurgi dapat berupa logam Ni dan Co murni maupun produk antara (*intermediate product*). Salah satu produk antara yang banyak diproduksi adalah presipitat campuran nikel-kobalt hidroksida atau dikenal sebagai MHP (*Mixed Hydroxide Precipitate*). Presipitasi nikel hidroksida dari larutan hasil pelindian dilakukan pertama-tama dengan mengekstraksi nikel melalui proses pelindian dalam larutan asam sulfat, tahapan selanjutnya pemisahan besi terlarut dari larutan hasil pelindian. Larutan yang sudah dipresipitasi besi-nya, selanjutnya digunakan dalam percobaan presipitasi nikel hidroksida. Presipitasi MHP dilakukan dengan menambahkan MgO atau NH<sub>3</sub> sebagai agen penetralisasi. Untuk menghasilkan MHP yang berkualitas tinggi proses pemisahan besi dari larutan hasil pelindian dan presipitasi nikel dan kobalt dari larutan yang telah dipisahkan besinya harus dilakukan pada kondisi tertentu. Beberapa parameter yang harus dipenuhi untuk menghasilkan produk MHP yang berkualitas tinggi yaitu kemurnian larutan umpan, pH, suhu, waktu presipitasi dan penambahan *seed*.

Kata kunci: Nikel Laterit, Presipitasi, Nikel Hidroksida, *Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP)

#### **ABSTRACT**

Indonesia is one of the countries that has the largest laterite nickel ore reserves in the world. At present, this low grade laterite nickel ore has not been optimally processed into value-added products domestically. The extraction process that is widely applied in the industry for low grade lateritic nickel ore is through the hydrometallurgical route. The end product of the hydrometallurgical process can be either pure Ni and Co metal or an intermediate product. One of the many intermediate products produced is a mixed nickel-cobalt hydroxide precipitate, also known as MHP (*Mixed Hydroxide Precipitate*). Precipitation of nickel hydroxide from the leaching solution is carried out first by extracting nickel through a leaching process in a sulfuric acid solution, the next step is to separate the dissolved iron from the leached solution. The iron precipitated solution was then used in the nickel hydroxide precipitation experiment. MHP precipitation is carried out by adding MgO or NH<sub>3</sub> as a neutralizing agent. To produce high-quality MHP, the process of separating iron from the leaching solution and precipitation of nickel and cobalt from the solution from which the iron has been separated must be carried out under certain conditions. Several parameters that must be met to produce high quality MHP products are the purity of the feed solution, pH, temperature, precipitation time and addition of *seed*.

<sup>1</sup> Info Artikel: Received: 2 April 2023, Revised: 16 Juni 2023, Accepted: 20 Juni 2023, Published: 25 Juni 2023

<sup>2</sup> E-mail: [ninasafitri@ung.ac.id](mailto:ninasafitri@ung.ac.id)

## PENDAHULUAN

Proses pengolahan bijih nikel laterit berkadar rendah dengan jalur hidrometalurgi yang sudah diterapkan di industri di luar negeri antara lain adalah Proses Caron, *Pressure/High Pressure Acid Leaching* (PAL/HPAL) dalam larutan asam sulfat, dan *Atmospheric Agitation Leaching*. Dengan kandungan besi yang tinggi yang ikut terlarut dalam larutan hasil pelindian dengan asam sulfat pada tekanan atmosfer, perlu dilakukan proses pemurnian larutan sebelum dapat dilakukan proses rekoveri nikel dan kobalt dari larutan hasil pelindian. Metode rekoveri nikel dan kobalt dari larutan hasil pelindian atau *Pregnant Leach Solution* (PLS) pada umumnya yaitu sebagai produk antara seperti *mixed hydroxide precipitate* (MHP), *mixed sulfide precipitate* (MSP), *mixed oxide*, *mixed carbonate* maupun logam murni melalui *solvent extraction* dan *electrowinning* (SX-EW) (Oustadakis dkk., 2006; Kose dan Topkaya, 2011; Williams dkk., 2013).

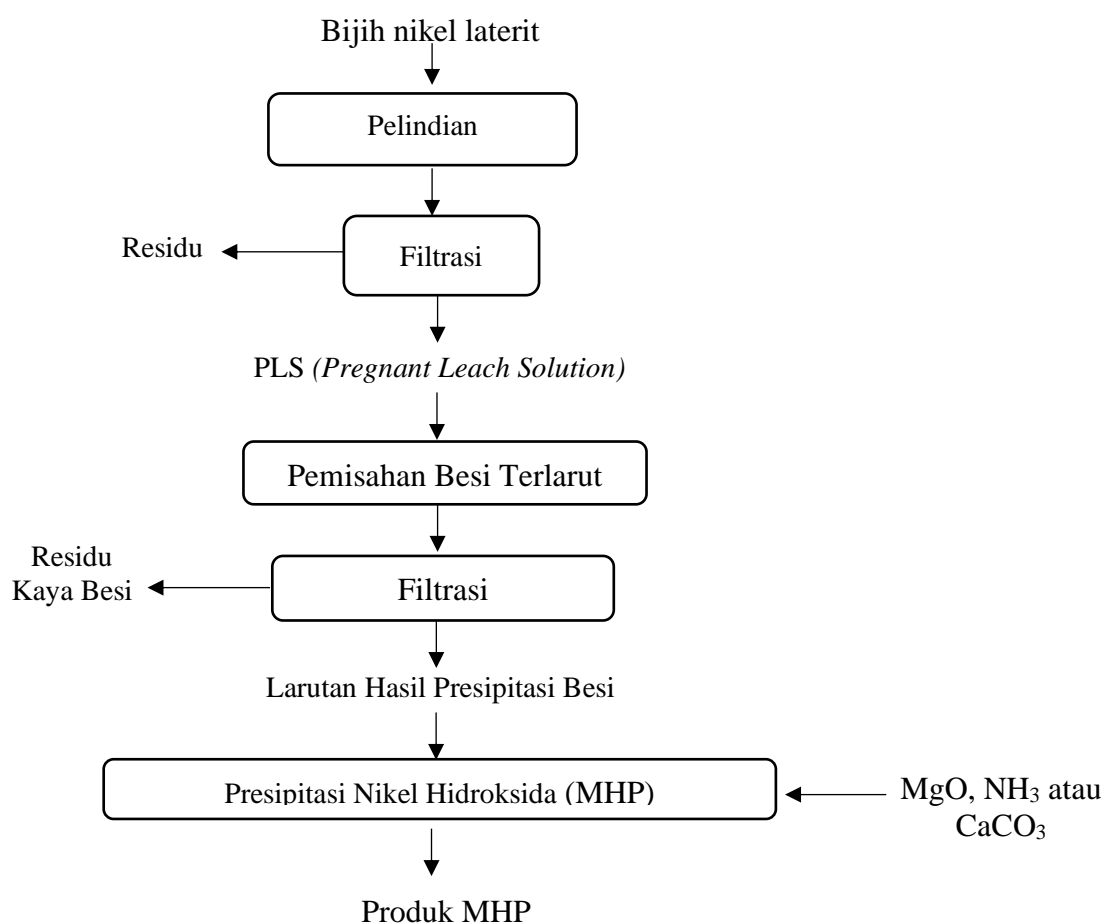
Penentuan jenis produk akhir proses pengolahan nikel dengan jalur hidrometalurgi bergantung pada berbagai aspek yang meliputi aspek teknik dan keekonomian (yaitu modal dan biaya operasional) serta aspek pasar yang menentukan jenis produk akhir yang dianggap yang paling cocok untuk pabrik hidrometalurgi. Apabila akan diproduksi nikel dan kobalt murni dipilih sebagai produk akhir, maka perlu investasi untuk ekstraksi pelarut (SX) dan *electrowinning* (EW) termasuk energi listrik untuk pabrik *electrowinning* yang akan dibuat.

Saat ini Indonesia sedang mengembangkan teknologi HPAL untuk mengolah nikel laterit, yang jumlahnya sangat melimpah di Indonesia. Teknologi *High Pressure Acid Leaching* (HPAL) yang secara komersial lebih disukai dalam mengolah endapan laterit Nikel berkadar rendah guna menghasilkan sejumlah produk akhir seperti *Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP), *Mixed Sulfide Precipitate* (MSP) maupun katoda Nikel murni dan sulfat untuk *lithium-ion batteries*. Proses HPAL dapat menghasilkan produk nikel kelas satu, yakni *Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP) dengan turunannya berupa nikel sulfat ( $\text{NiSO}_4$ ) dan cobalt sulfat ( $\text{CoSO}_4$ ) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dasar baterai kendaraan listrik. Produk nikel sendiri dibagi ke dalam dua kelas, yaitu kelas satu (99,96%) dan kelas dua. Nikel kelas satu dibutuhkan sebagai bahan baku baterai mobil listrik. Sedangkan nikel kelas dua adalah produk nikel dengan kadar di bawah 99,80%, yang umum digunakan untuk produk stainless steel.

## MATERIAL DAN METODE

Presipitasi nikel hidroksida dari larutan hasil pelindian menggunakan magnesia ( $\text{MgO}$ ) sebagai agen penetralisasi dengan kontrol pH, suhu dan waktu presipitasi untuk mendapatkan kondisi terbaik yang memberikan persen presipitasi nikel tertinggi dengan seminimal mungkin pengotor yang ikut terpresipitasi. Mengacu pada penelitian yang dilakukan Lieberto (2012), presipitasi nikel hidroksida dapat dilakukan dengan tiga reagen yang berbeda (yaitu  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NH}_3$  dan  $\text{MgO}$ ) dengan menggunakan larutan artifisial Ni-Co-Fe sulfat dengan pembentukan kompleks menggunakan larutan  $\text{NH}_3$  25%, diperoleh hasil bahwa reagen  $\text{MgO}$  memberikan persen presipitasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NaOH}$ .

Pelindian bijih nikel laterit dilakukan pada tekanan atmosfer di dalam larutan asam sulfat. Setelah dilakukan pelindian, dilakukan proses presipitasi besi dengan reagen penetralisasi. Presipitasi nikel hidroksida dari larutan yang telah dipresipitasi besinya menggunakan (MgO atau  $\text{NH}_3$ ) sebagai reagen pengatur pH (Safitri et al., 2018). Presipitasi nikel hidroksida dilakukan dengan kondisi pH, suhu, waktu presipitasi, dan penambahan *seed* (Kondisi terbaik). Untuk menghasilkan produk MHP yang berkualitas tinggi juga dilakukan karakterisasi dari produk nikel hidroksida meliputi analisis dengan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Particle Size Analyzer* (PSA) dan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).



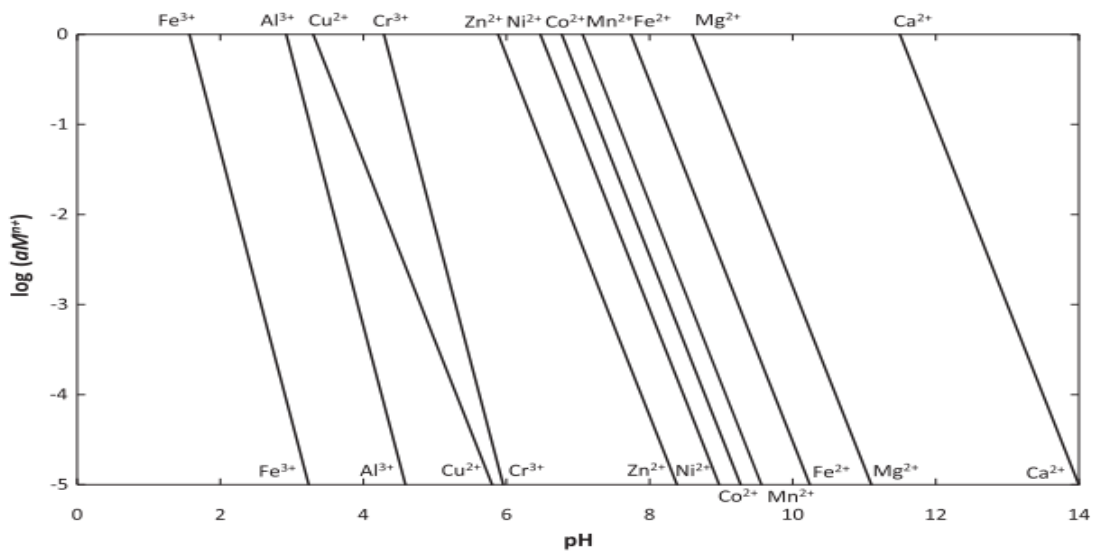
**Gambar 1** Diagram alir percobaan presipitasi nikel hidroksida

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Presipitasi *mixed hydroxide precipitate* (MHP) dari larutan hasil pelindian bijih nikel laterit yang telah dipresipitasi besi-nya adalah sebuah metode yang telah mapan dan ekonomis untuk memperoleh nikel dan kobalt sebagai produk antara (Vaughan dkk., 2013). Proses presipitasi MHP pertama kali diterapkan di Cawse pada tahun 1998. Saat ini berbagai proyek MHP juga dikembangkan di Gordes META (Turki), Ravensthorpe (First Quantum Minerals Ltd), Vermelho (Brazil), Ramu (Papua Nugini dan Young), Gunung Margaret dan Kalgoorlie (WA). Umumnya, reagen alkali seperti soda kaustik ( $\text{NaOH}$ ), soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ),

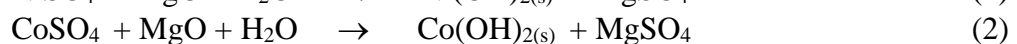
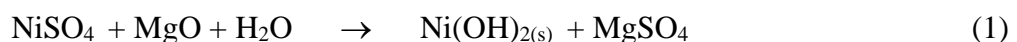
*slaked lime* Ca(OH)<sub>2</sub>, magnesium hidroksida (Mg(OH)<sub>2</sub>) dan magnesia (MgO) digunakan untuk meningkatkan pH larutan dengan menurunkan kelarutan logam sehingga nikel dan kobalt mengendap (Kose dan Topkaya, 2011; Katsiapi dkk., 2010). Magnesia (MgO) adalah agen penetralisasi yang paling banyak digunakan pada proses presipitasi MHP. Hal ini karena magnesia lebih murah jika dibandingkan dengan soda kaustik dan soda abu serta tidak menghasilkan produk yang terkontaminasi seperti *slaked lime*. Dalam proses presipitasi MHP, konsumsi MgO adalah parameter penting untuk keekonomian dari proses ini (Safitri et al., 2018)

MHP biasanya mengandung 15 sampai 25% Ni dengan 0,1-1 % Co, 40-50% moisture (Kyle, 2010). Masalah utama dalam proses presipitasi MHP adalah bahwa MHP umumnya terkontaminasi dengan Mn, Al, Ca dan MgO yang tidak bereaksi. Selain itu, presipitasi MHP ikut mengendapkan Mn dan perlu dilakukan presipitasi dalam dua tahap untuk mengontrol presipitasi Mn untuk mendapatkan produk yang lebih murni. Kondisi untuk presipitasi MHP dapat dilihat melalui grafik kesetimbangan logam-hidroksida yang ditunjukkan pada Gambar 2 Terlihat bahwa ion-ion Mn<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> mempunyai daerah kesetimbangan yang tidak jauh dari Ni<sup>2+</sup> dan Co<sup>2+</sup>, khususnya apabila aktivitas kedua logam ini cukup tinggi. Hal ini menyebabkan kontaminasi mangan dan magnesium dalam produk MHP. Garis presipitasi Fe<sup>2+</sup> dan Zn<sup>2+</sup> juga menunjukkan bahwa akan ada seng dan besi yang berada pada produk MHP jika logam tersebut berada dalam PLS. Urutan presipitasi ion dari kiri ke kanan (pH rendah ke pH yang lebih tinggi) dimulai dengan presipitasi Fe<sup>3+</sup> Al<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup> dan Zn<sup>2+</sup>. Oleh karena itu, proses rekoveri produk antara nikel hidroksida perlu dilakukan terlebih dahulu eliminasi ion besi, aluminium, seng dan kromium bila logam-logam tersebut terdapat dalam PLS. Gambar 2 menunjukkan grafik logaritma dari konsentrasi ion logam terlarut sebagai fungsi pH yang menunjukkan kestabilan logam-logam hidroksida pada suhu 20°C, pH larutan sangat berpengaruh pada proses kelarutan dan presipitasi dari logam.



**Gambar 2** Grafik logaritma dari konsentrasi ion logam sebagai fungsi pH yang menunjukkan kestabilan logam-logam hidroksida pada suhu 20°C (Chong dkk., 2013)

Menurut Kyle (2010), presipitasi nikel hidroksida dengan MgO berlangsung melalui reaksi-reaksi berikut:



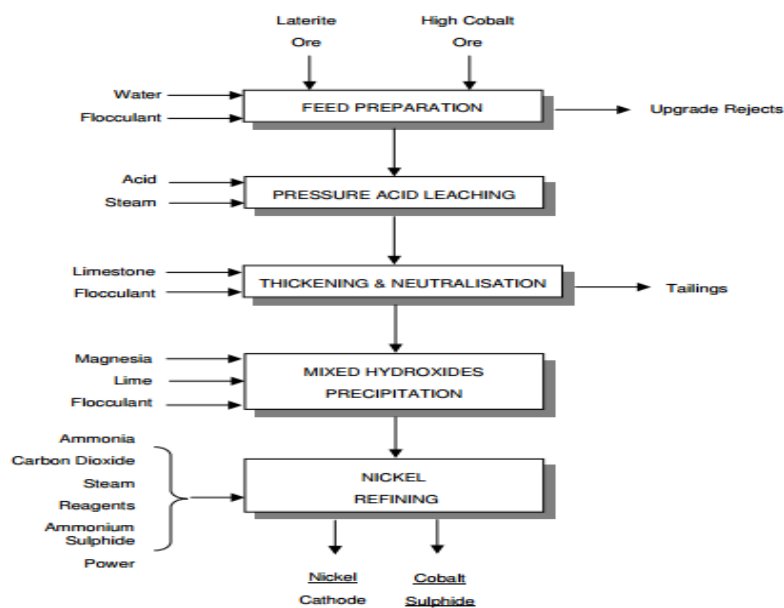


sulfida. Pada kenyataannya biaya modal dari proses MHP kompetitif dengan MSP. Kelemahan presipitasi dengan MHP dibandingkan dengan MSP adalah kurang selektif terhadap beberapa pengotor seperti magnesium dan mangan. Kelebihan dan kekurangan proses presipitasi MHP dan MSP ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Perbandingan presipitasi *mixed sulphide precipitate* (MSP) dengan *mixed hydroxide precipitate* (MHP) (Vaughan dkk., 2013)

| <i>Process Features</i>           | <b>Mixed Sulphide</b> (Jha et al 1981)<br>(Simons 1988) (Kyle 2010) | <b>Mixed hydroxide</b> (White 1998)<br>(Harvey et al 2011) |
|-----------------------------------|---|--|
| <i>Temperature/Pressure</i>       | 90-120 °C<br>200-1000 kPa H <sub>2</sub> S                          | 50 °C<br>101 kPa Air (Atmospheric)                         |
| <i>Equipment</i>                  | Pressurised Reactor, Gas Handling                                   | Ambient Pressure Continuous Stirred Tank Reactor           |
| <i>Precipitant</i>                | H <sub>2</sub> S/NaSH, NaOH   | MgO  |
| <i>pH</i>                         | 2.5   | 7,5  |
| <i>Selectivity for Ni,Co vs.</i>  | Fe, Al, Mn, Mg  | Mg, Mn (partially)   |
| <i>Reactor scaling</i>            | High  | Low  |
| <i>Reaction extent</i>            | >98 %   | ~90 Stage 1, >98% Stage 2                                  |
| <i>Single pass residence time</i> | 0.5 – 2 hour  | ~3 hours   |
| <i>Seed recycle</i>               | 100 – 400%  | ~100%  |
| <i>Refining</i>                   | Pressure oxidation leach  | Atmospheric leach  |

Contoh pabrik yang melakukan pengolahan nikel dan kobalt menjadi *Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP) adalah pabrik di Cawse, Australia. Diagram alir proses yang digunakan di Cawse ditunjukkan oleh Gambar 3.



**Gambar 4** Diagram alir aplikasi proses PAL di Cawse, Australia dengan produk antara *Mixed Hydroxide Precipitate* (Taylor dan Jansen, 2004)

## KESIMPULAN

MHP atau *Mixed (Ni-Co) Hydroxide Precipitate* merupakan salah satu produk antara berbasis hidroksida yang banyak di produksi. Untuk menghasilkan produk MHP dengan kemurnian sesuai kebutuhan pasar, perlu dilakukan pemisahan pengotor setelah proses pelindian dan proses presipitasi MHP pada kondisi tertentu. Presipitasi nikel dan kobalt sebagai MHP dapat dilakukan pada tekanan atmosfer menggunakan reagen penetralisasi larutan berupa senyawa-senyawa alkali ( $MgO$ ,  $NH_3$ ,  $CaCO_3$ ).

*Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP), yakni campuran padatan hidroksida dengan kandungan dominan nikel dan kobalt dapat dilakukan pelindian untuk dijadikan prekursor baterai litium. Produk nikel kelas satu, yakni *Mixed Hydroxide Precipitate* (MHP) dengan turunannya berupa nikel sulfat ( $NiSO_4$ ) dan cobalt sulfat ( $CoSO_4$ ) merupakan bahan baku baterai kendaraan listrik Daya baterai yang dibutuhkan untuk kendaraan listrik roda dua sekitar 1,44 KWh dan kendaraan listrik roda empat 60 KWh. Adapun masing-masing Kwh dibutuhkan nikel sekitar 0,7 kg, Mangan 0,096 kg, dan Kobalt 0,096 kg.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chong, S., Hawker, W., dan James, V. (2013). Selective Reductive Leaching of Oxidised Cobalt Containing Residue. *Minerals Engineering*, 54, 82–87.
- Katsiapi, A., Tsakiridis, P. E., Oustadakis, P., & Agatzini-Leonardou, S. (2010). Cobalt recovery from mixed Co-Mn hydroxide precipitates by ammonia–ammonium carbonate leaching. *Minerals Engineering*, 23, 643-651.
- Kose, C. H., & Topkaya, Y. A. (2011). Hydrometallurgical Processing of Nontronite Type Lateritic Nickel Ores by MHP Process. *Minerals Engineering*, 24, 396-415.
- Kose, C. H. (2010). *Hydrometallurgical processing of Lateritic Nickel Ores*. Thesis of Metallurgical and Material Engineering, Graduate School of Natural and Applied Science, Middle East Technical University.
- Kyle, J. (2010). *Nickel laterite processing technologies – where to next?*. ALTA 2010 Nickel/Cobalt/Copper Conference, 24 - 27 May.
- Lieberto, Y. (2012). *Studi Pengendapan Nikel Hidroksida dari Larutan Hasil Pelindian Bijih Nikel Laterit Pulau Gag*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Perminyakan dan Pertambangan, Institut Teknologi Bandung.
- Oustadakis, P., Agatzini-Leonardou, S., & Tsakiridis, P. E. (2006). Nickel and Cobalt Precipitation from Sulphate Leach Liquor using Mgo Pulp as Neutralizing Agent. *Minerals Engineering*, 19, 1204-1211.
- Safitri, N., Mubarak, M. Z., Meidji, I. U., Hardi, J., & Jayadi, H. (2021). Leaching of limonitic nickel from Sorowako with sulfuric acid at atmospheric pressure. *Journal of Physics: Conference Series*, 1763(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1763/1/012044>
- Safitri, N., Mubarak, M. Z., Winarko, R., & Tanlega, Z. (2018). Recovery of nickel and cobalt as MHP from limonitic ore leaching solution: Kinetics analysis and precipitate characterization. *AIP Conference Proceedings*, 1964. <https://doi.org/10.1063/1.5038312>
- Taylor, A. & Jansen, M. L. (2004). *Future Trends in PAL Plant Design for Ni/Co Laterites*. International Project Development Services, [www.altamet.com.au](http://www.altamet.com.au).

- Vaughan, J., Hawker, W., Keating, T., & Cox, J. (2013). *Engineering Aspects of The Selective Acid Leaching Process for Refining Mixed Nickel-Cobalt Hydroxide*. Metallurgy Program, The University of Queensland.
- Williams, C., Hawker, W., & Vaughan, J. W. (2013). Selective Leaching of Nickel from Mixed Nickel Cobalt Hydroxide Precipitate. *Hydrometallurgy*, 138, 84-92.