



e-ISSN Number  
2655 2967

Available online at <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index>

## Journal of Chemical Process Engineering

Volume 8 Nomor 1 (2023)



SINTA Accreditation  
Number 28/E/KPT/2019

### Studi Pengaruh Konsentrasi Solvent Dan Kondisi Operasi Terhadap Persen (%) Recovery Nikel Pada Proses Atmospheric Leaching Ore Laterite Asal Morowali Dengan Asam Sulfat

*(Study of Solvent Concentration and Operating Conditions Effect on Nickel Percent (%) Recovery in the Atmospheric Leaching Process of Ore Laterite from Morowali Using Sulfuric Acid)*

**Flaviana Yohanala Prista Tyassena\*, Gyan Prameswara, Ahmad Faqih Suherman**

*Program Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar, Jl. Sunu No. 220, Kota Makassar, 90211, Indonesia*

#### Inti Sari

Permintaan nikel di dunia meningkat seiring dengan perkembangan teknologi baterai. Penggunaan nikel sebagai bahan baku baterai dikarenakan kemampuannya dalam menghantarkan energi listrik. Bijih nikel laterit jenis limonit merupakan bijih yang keberadaannya paling banyak namun belum dimanfaatkan dengan baik. Metode yang sesuai untuk mengolah bijih nikel limonit kadar rendah adalah dengan menggunakan proses hidrometalurgi, dimana Atmospheric Acid Leaching (AAL) dianggap paling efektif dari segi energi dan recovery nikel. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi solvent asam sulfat (0,5-2M), rasio solid (bijih nikel laterit) terhadap liquid solvent (5%-25%), dan durasi leaching (0-240 menit) terhadap recovery nikel pada proses atmospheric leaching. Hasil yang didapatkan pada penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi solvent dan durasi leaching meningkatkan recovery nikel yang didapatkan. Sedangkan perbandingan jumlah solid (bijih laterit) terhadap liquid (solvent asam sulfat) menurunkan nilai recovery nikel. Hasil terbaik yang didapatkan pada penelitian ini diperoleh pada konsentrasi asam sulfat 2M, dengan rasio S/L 5%, dan durasi leaching 250 menit. Persen recovery nikel terbaik yang didapatkan pada penelitian ini mencapai nilai >63%.

**Kata Kunci:** Bijih Laterit, Hidrometalurgi, *Atmospheric Acid Leaching*, Asam Sulfat

**Key Words :** *Laterite Ore, Hydrometallurgy, Atmospheric Acid Leaching, Sulfuric Acid*

#### Abstract

*The demand for nickel in the world is increasing along with the development of battery technology. The use of nickel as a raw material for batteries is due to its ability to conduct electricity. Limonite type lateritic nickel ore is the most abundant ore but has not been utilized properly. A suitable method for processing low grade limonite nickel ore is to use a hydrometallurgical process, where Atmospheric Acid Leaching (AAL) is considered the most effective in terms of energy and nickel recovery. This study aims to study the effect of sulfuric acid solvent concentration (0.5-2M), solid ratio (laterite nickel ore) to liquid*

#### Published by

Department of Chemical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

#### Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)  
Makassar- Sulawesi Selatan

#### Email :

[jcpe@umi.ac.id](mailto:jcpe@umi.ac.id)

#### \*Corresponding Author

[flaviana.yohanala@atim.ac.id](mailto:flaviana.yohanala@atim.ac.id)



#### Journal History

Paper received : 31 Juli 2023

Received in revised : 10 Agustus 2023

Accepted : 18 Agustus 2023

---

*solvent (5%-25%), and leaching duration (0-240 minutes) on nickel recovery in the atmospheric leaching. The results obtained in this study indicate that increasing the solvent concentration and leaching duration increases the nickel recovery obtained. While the ratio of the amount of solid (laterite ore) to liquid (solvent sulfuric acid) reduces the nickel recovery value. The best results obtained in this study were obtained at a concentration of 2M sulfuric acid, with an S/L ratio of 5%, and a leaching duration of 250 minutes. The best nickel recovery percentage obtained in this study reached a value of > 63%.*

---

## PENDAHULUAN

Nikel merupakan salah satu mineral logam yang banyak diaplikasikan di dunia. Beberapa kelebihan nikel yang dimiliki seperti kuat, stabil pada suhu tinggi, tahan korosi, lentur, ulet, serta dapat menjadi konduktor panas dan listrik [1]. Permintaan nikel di dunia saat ini juga semakin meningkat akibat maraknya perkembangan kendaraan listrik yang diikuti dengan perkembangan teknologi baterai Lithium. Nikel sendiri merupakan bahan yang digunakan pada katoda baterai Lithium [2]. Keunggulan utama baterai dari bahan baku nikel metal hidride (NiMH) adalah kemampuannya menghantarkan energi dalam jumlah besar, kapasitas penyimpanan yang besar serta dengan harga yang murah dibandingkan dengan baterai litium ion (Li-Ion) [3].

Cadangan bijih nikel terbesar di dunia salah satunya berada di Indonesia. Terdapat sebesar 12% cadangan bijih nikel di dunia yang terdapat di Indonesia dan tersebar di Pulau Sulawesi, Maluku, dan pulau-pulau kecil di sekitarnya [4]. Cadangan bijih nikel ini didominasi oleh bijih laterit yang terbagi lagi menjadi dua jenis berdasarkan kadar nikel dan pengotornya. Bijih laterit jenis saprolit adalah bijih dengan kadar nikel yang tinggi (bisa sampai 2,5%) dan memiliki kandungan magnesium (Mg) dan silika (Si) yang dominan. Sedangkan jenis limonit memiliki kadar nikel rendah (di bawah 2%) dan memiliki kandungan besi (Fe) yang dominan. Bijih limonit merupakan bijih yang keberadaannya paling banyak namun belum dimanfaatkan dengan baik.

Sama seperti mineral pada umumnya, jenis bijih nikel akan menentukan metode pemurnian nikel. Menurut Solihin dan Firdiyono [5] pengolahan bijih dengan metode suhu tinggi (pirometalurgi) hanya sesuai untuk bijih dengan kadar nikel yang tinggi. Penggunaan proses pirometalurgi pada pengolahan bijih kadar rendah hanya akan menghasilkan nikel pig iron grade rendah dengan harga jual yang rendah. Metode yang sesuai untuk mengolah bijih nikel limonit

kadar rendah adalah dengan menggunakan proses hidrometalurgi.

Proses hidrometalurgi merupakan suatu proses ekstraksi mineral dengan menggunakan bantuan pelarut kimia (solvent) dan dilakukan pada suhu rendah [2]. Prinsip dasar dari pelindian bijih nikel dengan asam pada tekanan atmosfer adalah bijih laterit nikel dapat dipindahkan pada larutan pelindian dan nikel akan terlarut di dalam asam [6]. Ekstraksi bijih nikel laterit menggunakan proses hidrometalurgi dinilai lebih hemat energi dan ramah lingkungan dibandingkan dengan pirometalurgi. Selain itu pengendalian proses pada metode hidrometalurgi juga lebih mudah dilakukan dibanding pirometalurgi [7]. Proses hidrometalurgi sendiri masih belum banyak digunakan pada industri mineral di Indonesia, sehingga studi-studi terkait ini masih sangat diperlukan.

Salah satu metode hidrometalurgi yang banyak dikembangkan dalam proses ekstraksi nikel adalah Atmospheric Acid Leaching (AAL). Metode AAL ini dapat menjadi opsi hemat energi dibandingkan metode High Pressure Acid Leaching (HPAL) dan dapat menghasilkan kemurnian produk yang tinggi [7].

Proses ekstraksi bijih nikel laterit jenis limonit dengan menggunakan asam sulfat telah dilakukan sebelumnya oleh Tyassena [1] pada bijih nikel asal Pulau Kabaena Sulawesi Tenggara. Dimana pada penelitian ini terlihat bahwa proses AAL dengan asam sulfat 6M dapat digunakan untuk mengekstrak nikel hingga mencapai recovery 35%. Hasil yang sama juga disajikan pada penelitian Solihin dan Firdiyono [5] yang dapat mengekstrak nikel hingga 80% untuk asam sulfat 30%. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Hidayat dkk. [8] menunjukkan penggunaan asam sulfat dengan konsentrasi lebih tinggi, yaitu 5M dan 6M, pada durasi 4 dan 6 jam menghasilkan recovery nikel yang rendah sebesar 2,6%. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kondisi operasi leaching terhadap recovery nikel. Kondisi operasi yang menjadi fokus pada penelitian meliputi konsentrasi

solvent asam sulfat (menggunakan konsentrasi asam sulfat yang rendah), rasio solid (bijih nikel laterit) terhadap liquid solvent, dan durasi leaching.

## METODE PENELITIAN

Proses hidrometalurgi yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses ekstraksi padat cair (leaching) dengan solvent larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) grade p.a (Merck).

### a. Preparasi Bijih Laterit

Bijih nikel yang digunakan pada penelitian ini merupakan bijih laterit tipe limonit yang berasal dari Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah. Sebelum dilakukan leaching, bijih laterit dikominasi terlebih dahulu menggunakan grinder jenis ball mill skala laboratorium hingga mendapatkan ukuran partikel  $<180 \mu m$ . Kondisi optimal grinding telah disajikan di penelitian sebelumnya [9]. Sampel kemudian dikarakterisasi menggunakan X-Ray Fluorescence Rigaku Primini Benchtop. Hasil analisa sampel awal disajikan pada Tabel 1.

### b. Proses Atmospheric Leaching

Ore produk proses kominasi yang memiliki ukuran partikel  $<180 \mu m$  ditimbang di neraca analitik sebanyak 12,5 gram dan dimasukkan dalam labu leher tiga. Pelarut yang digunakan adalah larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan konsentrasi 0,5 M sebanyak 50 mL. Pelarut dan ore nikel dimasukkan dalam labu leher tiga, kemudian ditutup rapat. Setelah itu, hot plate dinyalakan dan diatur suhunya konstan  $60^\circ C$ . Pengadukan dilakukan dengan magnetic stirrer yang diatur pada kecepatan putar 200 rpm. Proses leaching dilakukan selama kurang lebih 120 menit, dimulai dari tercapainya suhu  $60^\circ C$ . Setelah proses leaching selesai hasil disaring dan residu yang tersaring dianalisa dengan XRF. Proses leaching dilakukan kembali dengan memvariasikan konsentrasi asam sulfat yang digunakan 1,25 M dan 2 M.

Proses leaching dilakukan kembali dengan prosedur dan kondisi operasi yang sama. Konsentrasi asam sulfat yang digunakan adalah konsentrasi optimum yang didapat pada percobaan sebelumnya. Jumlah perbandingan solid (bijih nikel laterit) dan liquid (pelarut asam sulfat) divariasikan untuk dapat mengetahui pengaruhnya. Perbandingan massa bijih nikel laterit dengan volume pelarut asam sulfat (rasio S/L) divariasikan sebanyak 5%, 15%, dan 25%.

Dimana untuk variabel S/L 5% maka 5 gram bijih nikel laterit dilindi di dalam 100 ml asam sulfat, dan selanjutnya sama untuk variabel 15% serta 25%.

### c. Analisa Data

Residu yang didapatkan dari masing-masing leaching dicuci dengan aquadest dan dikeringkan dengan oven pada suhu  $105^\circ C$  hingga mencapai bobot konstan. Residu kemudian dianalisa menggunakan X-Ray Fluorescence Rigaku Primini Benchtop dengan waktu scan 5 menit per sampel. Analisis XRF ditujukan untuk mengetahui komposisi masing-masing element yang terdapat pada mineral. Hasil XRF kemudian akan diolah untuk dapat mengetahui %recovery untuk masing-masing variabel dengan persamaan 1. [10]

$$R (\%) = \frac{m_i C_i - m_n C_n}{m_i C_i} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana R = recovery logam (%),  $m_i$  = massa umpan (gram),  $m_n$  = massa residu (gram),  $C_i$  = konsentrasi awal (%), dan  $C_n$  = konsentrasi residu(%).

Hasil recovery untuk masing-masing variabel kemudian diolah dengan menggunakan software Minitab 19 untuk menentukan pengaruh dari masing-masing variabel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

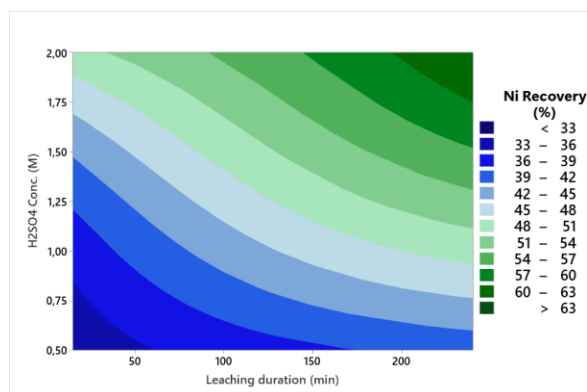
Penelitian ini dilakukan untuk mengekstrak nikel dari bijih laterit asal Morowali. Komposisi yang terkandung di sampel laterit dianalisa menggunakan XRF dan disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil analisa dapat diketahui bahwa kandungan nikel pada sampel laterit tergolong rendah (di bawah 2%) dengan pengotor yang dominan adalah besi (Fe).

**Tabel 1.** Komposisi Ore Laterit

Komposisi	Kadar (%)
Ni	1,91
Co	0,07
SiO <sub>2</sub>	19,69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,08
Fe	40,57
CaO	0,56
MgO	9,57

Ore laterit dengan kadar nikel kecil dan kaya akan oksida besi termasuk dalam bijih laterit jenis limonit. Nikel dalam bijih limonit memiliki ikatan yang lemah dengan geothite, berbeda dengan struktur

saprolite dimana nikel masuk ke dalam struktur. Hal ini mengakibatkan bijih limonit lebih sesuai diolah dengan hidrometalurgi [11]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pelarut (solvent) dan kondisi operasi proses leaching. Asam sulfat dipilih sebagai solvent karena memiliki jumlah ion  $H^+$  yang lebih banyak daripada asam lainnya, sehingga dapat meningkatkan jumlah nikel yang terlarut [12]. Teori ini terbukti dimana seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2, dengan kondisi yang optimal recovery nikel yang didapat mencapai >63%. Sedangkan pelindian nikel dengan pelarut yang berbeda telah dilakukan oleh Gustiana, dkk, dimana hasil optimal untuk pelarut asam asetat hanya mencapai recovery 41% dan pelarut asam klorida yang hanya mencapai 12% [13]. Oleh karena itu dapat dikatakan asam sulfat merupakan pelarut yang sesuai digunakan dalam pelindian nikel laterit.



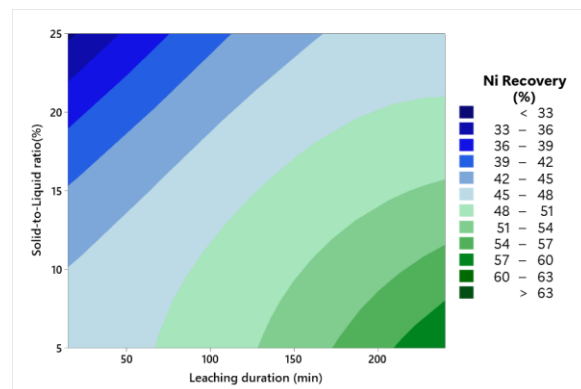
**Gambar 1.** Contour Plot Pengaruh Konsentrasi Solvent dan Durasi Leaching terhadap %Recovery Nikel

Pengaruh konsentrasi solvent dan waktu leaching ditunjukkan pada Gambar 1. Terlihat dari Gambar 1, konsentrasi solvent memberikan pengaruh yang signifikan terhadap recovery nikel. Pada durasi leaching yang sama, terlihat bahwa penggunaan solvent dengan konsentrasi yang semakin tinggi akan meningkatkan recovery nikel. Semakin tinggi konsentrasi asam sulfat yang digunakan, maka akan terdapat semakin banyak ion  $SO_4^{2-}$  yang mengikat Ni dan membentuk larutan  $NiSO_4$  seperti pada reaksi di persamaan 2 [2]. Hasil terbaik yang didapatkan pada penelitian ini adalah pada penggunaan konsentrasi  $H_2SO_4$  2M, dimana recovery nikel yang didapatkan mencapai lebih dari 60% untuk durasi leaching lebih dari 200 menit. Pada jurnal yang ditulis oleh Nurfaidah

dkk., hasil recovery yang didapat untuk penggunaan asam sulfat 2M lebih rendah, yaitu 15% namun akan meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi asam sulfat. Pada konsentrasi asam sulfat 5M didapatkan recovery nikel mencapai 93,88% [12]. Penelitian ini tidak menggunakan konsentrasi asam sulfat yang tinggi. Hal ini didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Panda dkk., dimana pada penggunaan konsentrasi asam yang terlalu tinggi akan mengakibatkan selektivitas asam berkurang, sehingga nilai recovery besi menjadi besar dan menurunkan kemurnian nikel pada konsentrat [14].

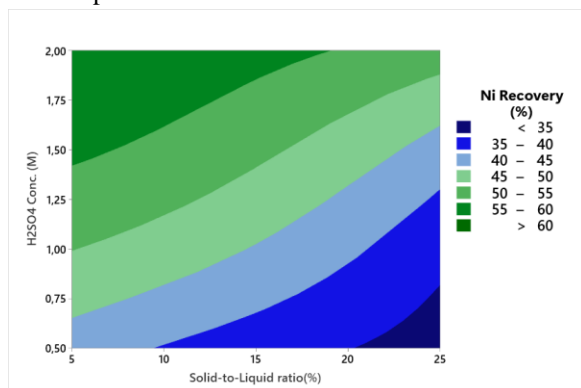


Gambar 2 menunjukkan pengaruh perbandingan padatan-liquid dan durasi pelindian terhadap recovery nikel. Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin kecil perbandingan padatan terhadap solvent yang digunakan akan menghasilkan % recovery yang semakin besar pula. Hasil optimal didapatkan pada variasi 5%, dimana 5 gram bijih nikel dilindi dalam 100 ml asam sulfat. Perbedaan hasil recovery nikel untuk variabel 5% dan 10% tidak terlalu berbeda pada durasi leaching di bawah 120 menit. Perbedaan yang signifikan baru terlihat pada durasi leaching lebih dari 150 menit. Hasil yang didapat ini sejalan dengan hasil yang didapatkan oleh Panda dkk, dimana peningkatan jumlah solvent terhadap padatan yang dilindi akan meningkatkan %recovery karena semakin banyaknya ion sulfat yang tersedia untuk melarutkan nikel. Selain itu, meningkatnya jumlah solid akan meningkatkan kekentalan larutan yang dilindi dan menghambat pergerakan ion-ion yang dapat bereaksi [14].



**Gambar 2.** Contour Plot Pengaruh Rasio S/L dan Durasi Leaching terhadap %Recovery Nikel

Durasi waktu leaching yang optimal diperoleh pada waktu 240 menit (4 jam), dimana pada Gambar 1 dan 2 terlihat bahwa semakin lama proses leaching dilakukan, recovery nikel yang didapatkan juga semakin besar. Variabel waktu berkaitan dengan lamanya waktu kontak antar spesimen [15]. Durasi leaching yang semakin lama akan membuat reaksi nikel dan asam lebih optimal sehingga makin banyak nikel dapat terlarut di asam.



**Gambar 3.** Contour Plot Pengaruh Konsentrasi Solvent dan Rasio S/L terhadap %Recovery Nikel

Pengaruh konsentrasi solvent  $H_2SO_4$  dan perbandingan solid/liquid terhadap recovery nikel disajikan pada Gambar 3. Melalui gambar 3 ini dapat terlihat titik paling optimal yang didapatkan pada penelitian ini. Konsentrasi  $H_2SO_4$  2M dengan perbandingan solid/liquid 5% menghasilkan recovery nikel tertinggi yaitu lebih dari 60%. Sedangkan nilai terendah didapatkan untuk konsentrasi solvent 0,5 M dengan perbandingan S/L 25% yang menghasilkan recovery nikel di bawah 35%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada penelitian menunjukkan bahwa pada proses atmospheric leaching bijih ore laterit asal Morowali, peningkatan konsentrasi solvent dan durasi leaching meningkatkan recovery nikel yang didapatkan. Sedangkan perbandingan jumlah solid (bijih laterit) terhadap liquid (solvent asam sulfat) menurunkan nilai recovery nikel. Hasil terbaik yang didapatkan pada penelitian ini diperoleh pada konsentrasi asam sulfat 2M, dengan rasio S/L 5%, dan durasi leaching 250 menit. Persen recovery nikel terbaik yang didapatkan pada penelitian ini mencapai nilai >63%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik ATI Makassar atas bantuan dana dan fasilitas yang telah diberikan selama penelitian ini berlangsung melalui hibah penelitian DIPA ATIM.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Y. P. Tyassena, Y. Sari, and A. A. I. S. Yusuf, "Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap %Recovery Pada Proses Leaching Bijih Nikel Laterit Asal Pulau Kabaena Sulawesi Tenggara," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri IX*, Makassar: Politeknik ATI Makassar, Oct. 2022, pp. 151–154. [Online]. Available: <https://journal.atim.ac.id/index.php/prosiding/article/view/314>
- [2] G. Prameswara, F. Y. P. Tyassena, M. Pasaribu, I. Trisnawati, and H. T. B. M. Petrus, "Nickel Recovery Optimization and Kinetic Study of Morowali Laterite Ore," *Transactions of the Indian Institute of Metals*, vol. 76, no. 5, pp. 1341–1348, May 2023, doi: 10.1007/s12666-022-02858-1.
- [3] Y. I. Supriyatna, I. H. Sihotang, and Sudibyo, "Preliminary Study of Smelting of Indonesian Nickel Laterite Ore Using an Electric Arc Furnace," *Mater Today Proc*, vol. 13, pp. 127–131, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.03.201.
- [4] A. Budi Prasetyo, I. Setiawan, and Meyta, "Analisis XRD dan SEM Terhadap Hasil Kalsinasi Pada Bijih Nikel Laterit Jenis Saprolit," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, Nov. 2016, pp. 1–5. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/810>
- [5] S. Solihin and F. Firdiyono, "Perilaku Pelarutan Logam Nikel Dan Besi Dari Bijih Nikel Kadar Rendah Sulawesi Tenggara," *Metalurgi*, vol. 29, no. 2, p. 139, Jan. 2018, doi: 10.14203/metalurgi.v29i2.285.
- [6] F. Bahfie, A. Manaf, W. Astuti, F. Nurjaman, and U. Herlina, "Tinjauan teknologi proses ekstraksi bijih nikel laterit," *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 17, no. 3, pp. 135–

- 152, Sep. 2021, doi: 10.30556/jtmb.Vol17.No3.2021.1156.
- [7] D. Permana, R. Kumalasari, W. Wahab, and M. Musnajat, "Pelindian Bijih Nikel Laterit Kadar Rendah Menggunakan Metode Atmospheric Acid Leaching Dalam Media Asam Klorida (HCl)," *RISSET Geologi dan Pertambangan*, vol. 30, no. 2, p. 203, Dec. 2020, doi: 10.14203/rissetgeotam2020.v30.1097.
- [8] S. Hidayat, S. Yulianti, D. Anggreini, and S. Bahtiar, "Study of Nickel Leaching Using Sulfuric Acid and Phosphoric Acid on The Selectivity Nickel Ore," *Jurnal Pijar Mipa*, vol. 16, no. 3, pp. 393–396, Jun. 2021, doi: 10.29303/jpm.v16i3.2602.
- [9] G. Prameswara, F. Y. P. Tyassena, I. Amin, and H. Hatimah, "Optimization Of Laterite Ore Grinding Process Using Ball Mill With Response Surface Method," *Metalurgi*, vol. 37, no. 3, Dec. 2022, doi: 10.14203/metalurgi.v37i3.655.
- [10] G. Prameswara, I. Trisnawati, P. Mulyono, A. Prasetya, and H. T. B. M. Petrus, "Leaching Behaviour and Kinetic of Light and Heavy Rare Earth Elements (REE) from Zircon Tailings in Indonesia," *JOM*, vol. 73, no. 4, pp. 988–998, Apr. 2021, doi: 10.1007/s11837-021-04584-3.
- [11] R. Subagja, A. B. Prasetyo, and W. M. Sari, "Peningkatan Kadar Nikel Dalam Laterit Jenis Limonit Dengan Cara Peletasi, Pemanggangan Reduksi Dan Pemisahan Magnet Campuran Bijih, Batu Bara, Dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [Upgrading of Nickel Content in The Limonitic Laterite Ores by Pelletizing, Reduction Roasting and Magnetic Separation of The Mixed Ores, Coal and Sodium Sulphate]," *Metalurgi*, vol. 31, no. 2, p. 103, Aug. 2016, doi: 10.14203/metalurgi.v31i2.156.
- [12] A. Y. Nurfaidah, D. P. Lestari, R. T. Azzahra, and D. R. Suminar, "Kajian Pustaka Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Terhadap Proses Pemisahan Nikel Dari Logam Pengotor Menggunakan Metode Leaching," *Jurnal Fluida*, vol. 13, no. 2, pp. 81–92, Nov. 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/kimia/article/view/2388>
- [13] H. S. E. A. Gustiana, I. M. Bendiyasa, H. T. B. M. Petrus, F. R. Mufakhir, and W. Astuti, "Pelindian Nikel dari Bijih Limonit Low-Grade Pomalaa Menggunakan Pelarut Asam Asetat," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN Veteran Yogyakarta, Apr. 2018, pp. A81–A86. [Online]. Available: <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kejuangan/article/view/2306>
- [14] L. Panda, D. S. Rao, B. K. Mishra, and B. Das, "Characterization and dissolution of low-grade ferruginous nickel lateritic ore by sulfuric acid," *Min Metall Explor*, vol. 31, no. 1, pp. 57–65, Feb. 2014, doi: 10.1007/BF03402349.
- [15] W. Wahab, D. Deniyatno, W. Ismayanti, and Y. I. Supriatna, "Pengaruh Variabel Pelindian Terhadap Ekstraksi Nikel Dalam Pelindian Bijih Nikel Laterit," *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, vol. 10, no. 2, pp. 127–134, Nov. 2021, doi: 10.23887/jstundiksha.v10i2.33125.