



PERILAKU LEACHING DARI ROASTED LATERITE ORE DALAM PENINGKATAN REKOVERI LOGAM

Gyan Prameswara^{a,*}

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

*E-mail: gyan@atim.ac.id

Masuk Tanggal : 31 Juli, revisi tanggal: 6 September, diterima untuk diterbitkan tanggal : 20 Desember 2023

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh *roasting* terhadap karakteristik mineral bijih laterit. *Roasting* dilakukan dengan menggunakan muffle furnace pada temperatur 280 °C dan 610 °C selama 3 jam. *Raw* material dan sampel hasil *roasting* kemudian di karakterisasi dengan menggunakan *x-ray fluorescence* dan spektrometri *x-ray diffraction*. Analisis *x-ray diffraction* mengkonfirmasi keberadaan lizardite, geotit, dan hematite dalam *raw ore*. Selain itu, perubahan fasa yang menarik diamati selama proses *roasting*, dengan geotit yang berubah menjadi hematit pada suhu 280 °C dan lizardite yang berubah menjadi enstatite menjadi forsterite pada suhu 610 °C. Selain itu, konsentrasi logam menunjukkan peningkatan secara keseluruhan dengan meningkatnya suhu pemanggangan, kecuali untuk Zn. Hasil penelitian ini memiliki implikasi yang signifikan terhadap pengolahan bijih laterit. Khususnya, proses *roasting* dapat meningkatkan kemampuan *leaching* laterit, yang berpotensi memudahkan proses ekstraksi dan pemurnian selanjutnya. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pemahaman yang lebih mendalam tentang perubahan mineralogi yang disebabkan oleh *roasting*, sehingga memberikan informasi yang berharga untuk optimalisasi teknik pengolahan bijih laterit.

Kata Kunci: *Roasting*, Laterit, Karakteristik mineral, Geotit, Dehidroksilasi

Abstract

The objective of this research was to assess the impact of *roasting* on the mineral characteristics of laterite ore. *Roasting* was carried out using a muffle furnace at temperatures of 280°C and 610°C for a duration of 3 hours. The raw ore and the roasted samples were then subjected to mineral characterization using X-ray fluorescence and X-ray diffraction spectrometry. The X-ray diffraction analysis confirmed the presence of lizardite, goethite, and hematite in the raw ore. Additionally, interesting phase changes were observed during the *roasting* process, with goethite transforming into hematite at 280°C and lizardite converting into enstatite to forsterite at 610°C. Moreover, the metal concentrations showed an overall increase with rising *roasting* temperatures, except for zinc. The findings of this study hold significant implications for laterite ore processing. Notably, the *roasting* process appears to enhance the laterite's leachability, which could potentially facilitate subsequent extraction and refining processes. These results contribute to a deeper understanding of the mineralogical changes induced by *roasting*, offering valuable insights for the optimization of laterite ore processing techniques.

Keywords: *Roasting*, Laterite, Characteristics, Goethite, Dehydroxilation

1. PENDAHULUAN

Laterit memegang peranan penting dalam teknologi saat ini karena sifatnya yang unik dan berbagai aplikasinya. Peranan laterit terutama dalam produksi nikel (Ni), kobalt (Co), baja tahan karat, baterai, dan berbagai bahan konstruksi.

Penggunaannya yang beragam di berbagai sektor menunjukkan signifikansinya sebagai sumber daya yang berharga dalam kehidupan saat ini [1]–[3]. Dengan berkembangnya industri baterai untuk kendaraan listrik, permintaan terhadap nikel pada masa mendatang akan terus meningkat. Ekstraksi mineral berharga, seperti nikel, dari bijih laterit

memiliki tingkat signifikansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bijih sulfida karena beberapa alasan, walaupun kadar Ni terdapat lebih tinggi pada bijih sulfida. Pertama, endapan laterit lebih melimpah dan tersebar luas, sehingga menjadi sumber nikel yang lebih mudah diakses. Selain itu, penambangan endapan laterit umumnya lebih murah dan secara teknis lebih sederhana dibandingkan dengan penambangan bijih sulfida, dan pengolahan bijih laterit biasanya membutuhkan konsumsi energi yang lebih rendah karena penggunaan teknik hidrometalurgi [4], [5].

Ekstraksi logam berharga seperti Ni dan Co dari laterit biasanya dilakukan menggunakan rute hidrometalurgi dikarenakan kompleksitas mineral laterit. Beberapa permasalahan yang masih menjadi halangan dalam ekstraksi logam berharga tersebut adalah rendahnya kandungan Ni dan Co, rendahnya efisiensi *leaching*, konten *moisture* yang tinggi, keberadaan material *volatile*, pembentukan lapisan pasif selama proses *leaching*, dan penggunaan asam yang tinggi [6], [7]. *Pre-treatment* bijih laterit menjadi proses penting untuk mengatasi masalah-masalah tersebut. Beberapa proses *pre-treatment* bijih seperti pengeringan dapat menghilangkan *moisture* serta membuka poros lapisan bijih laterit, yang mengakibatkan pelarut asam lebih mudah untuk berkontak dengan logam berharga. Proses *pre-treatment* lain adalah dengan *roasting* bijih laterit. Diketahui bahwa proses *roasting* dapat membuka poros lapisan laterit dan mengubah fase mineral pembawa Fe, Mg, dan Si. [8] melaporkan bahwa adanya perubahan fase mineral geotit menjadi hematit dari bijih laterit tipe limonit Yunnan, China pada 277 °C dan dekomposisi lizardite menjadi forstenite dan enstatite pada 610 °C yang mempengaruhi proses *leaching* Ni. [9] melakukan eksperimen *roasting* pada suhu 600 °C dari bijih laterit Sorowako, Sulawesi Selatan. Dilaporkan bahwa dengan proses *roasting* tersebut adanya perubahan karakter mineral yang memungkinkan proses *leaching* dapat berlangsung lebih mudah. [10] menyatakan bahwa *pre-roasting* pada suhu 265 °C diikuti dengan *roasting* pada suhu 680 dan 830 °C mengakibatkan peningkatan kadar mineral hematit dan penurunan kadar geotit pada kenaikan suhu *roasting*. Observasi *pre-roasting* terhadap karakter bijih laterit telah banyak dilakukan namun masih belum memberikan pemahaman yang jelas mengenai karakter mineral dan logam pada bijih laterit saat proses *pre-roasting*. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut, perubahan karakter mineral dan logam pada perlakuan *roasting* menjadi penting untuk dipahami untuk penentuan proses pengolahan yang tepat.

2. PROSEDUR PERCOBAAN

2.1 Karakter Bijih Laterit

Laterit tipe limonit berasal dari Morowali, Sulawesi Tengah dipakai untuk penelitian ini. Karakter bijih dengan kadar N dan Mg rendah serta Fe yang tinggi menjadi ciri-ciri dari bijih tipe limonit [11]–[15]. X-ray diffraction (XRD) spectrometry (SmartLab) dengan rentang 2-theta 5-80°. Proses *grinding* menggunakan *ballmill* dilakukan untuk mendapatkan bijih dengan ukuran <180 µm.

2.2 Roasting Bijih Laterit

Roasting dilakukan dengan modifikasi dari penelitian [8] menggunakan suhu 280 dan 610 °C untuk masing-masing sampel. *Muffle furnace* (Nabertherm) dipakai pada proses ini. Sebanyak 50 gram sampel dimasukkan ke dalam cawan porselen 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam *muffle furnace* kemudian suhu dinaikkan hingga suhu target dan ditahan selama 3 jam. Komposisi logam pada *raw ore*, *roasted ore* 280 °C, dan *roasted* 610 °C dianalisis menggunakan x-ray fluorescence (XRF) spectrometry Panalytical, Epsilon 1.

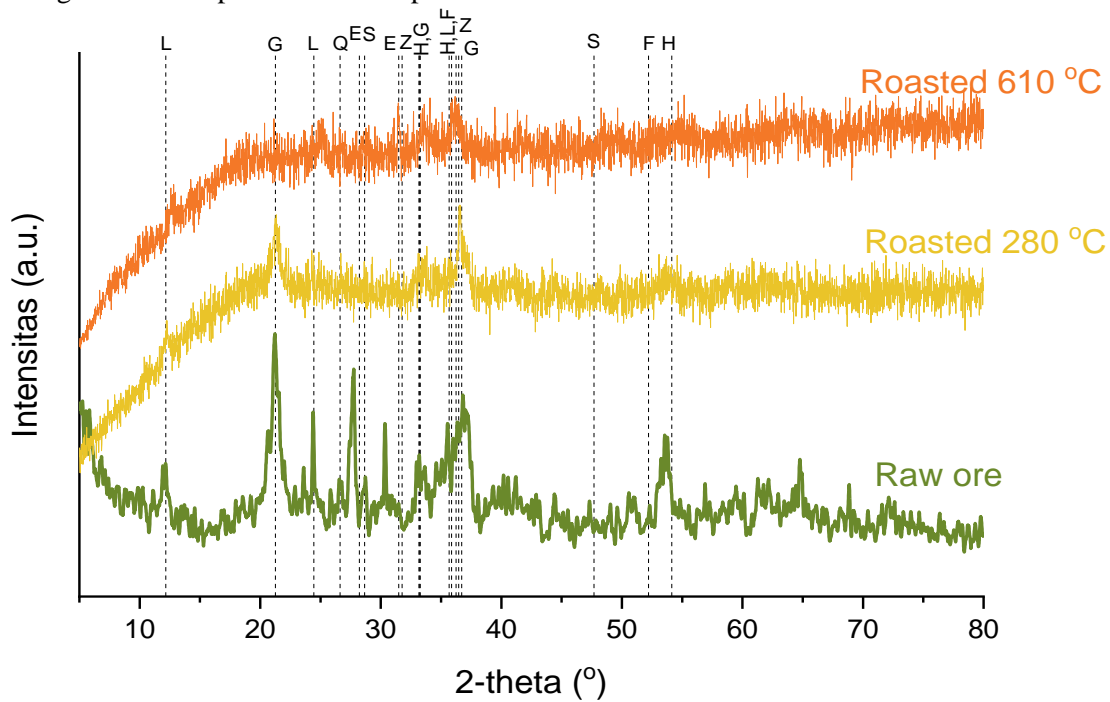
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh *Roasting* terhadap Karakteristik Mineral

Roasting dilakukan pada suhu 280 dan 610 °C. Pola XRD dari masing-masing sampel (*raw* dan *roasted ore*) disajikan pada Gambar 1. Terlihat bahwa beberapa mineral mayor seperti geotit, lizardite, dan hematit terkonfirmasi pada *raw ore*. Pada *roasting* 280 °C, terlihat intensitas mineral geotit berkurang yang menandakan fase mineral terdekomposisi atau bertransformasi menjadi fase mineral lain. Sebaliknya, mineral hematit pada 2-theta 33.19, 35.67, dan 54.13° meningkat dengan kenaikan suhu *roasting* 280 °C. Hal ini mengkonfirmasi penelitian [8], [10] bahwa geotit (FeOOH) akan bertransformasi menjadi hematit (α -Fe₂O₃) pada *roasting* 270 °C. Tidak hanya itu, terlihat bahwa pengurangan intensitas mineral lizardite yang merupakan mineral mayor pada bijih laterit terjadi pada suhu *roasting* 280 dan 610 °C pada 2-theta 12.16, 35.88, dan 24.45°. Terbentuknya mineral enstatite (MgSiO₃) dan forsterite (Mg₂SiO₄) hanya terjadi pada suhu *roasting* 610 °C. Hal ini membuktikan bahwa adanya proses dehidroksilasi lizardite menjadi mineral enstatite dan forsterite pada suhu *roasting* yang lebih tinggi. Pada penelitian [16], dilaporkan bahwa pada suhu *roasting* 638 °C terjadi reaksi endotermis dekomposisi mineral lizardite menjadi

forsterite. [8] mendapatkan bahwa dehidroksilasi lizardite terjadi pada *roasting* 607 °C. Selain itu, karena penghilangan *moisture* bebas dan gabungan serta kerusakan struktur mineral, *roasting* dapat mengubah komposisi mineralogi dan meningkatkan luas permukaan dan porositas

bijih laterit, sehingga membuatnya lebih mudah untuk pelindian. Oleh karena itu, proses *roasting* dapat meningkatkan rekoverti pada proses selanjutnya (*leaching*).



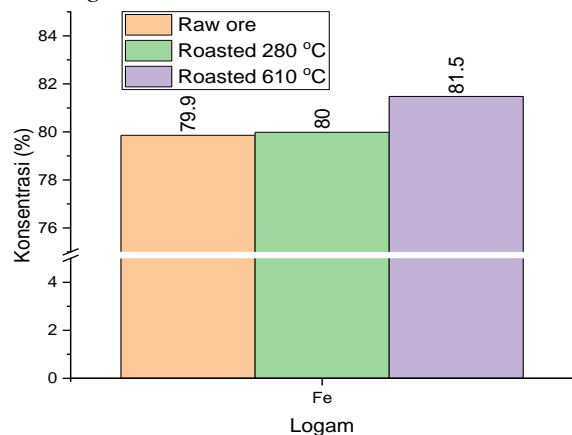
L = *Lizardite* ($Mg_3Si_2(OH)_4O_5$), G = *Geotit* ($FeOOH$), Q = *Kuarsa* (SiO_2), S = *Sphalerite* (ZnS), E = *Enstatite* ($MgSiO_3$), H = *Hematite* (Fe_2O_3), F = *Forsterite* (Mg_2SiO_4), Z = *Zincite* (ZnO)

Gambar 1. Pola XRD dari *raw ore*, roasted 280 °C, dan 610 °C

3.2 Pengaruh *Roasting* terhadap Komposisi Logam

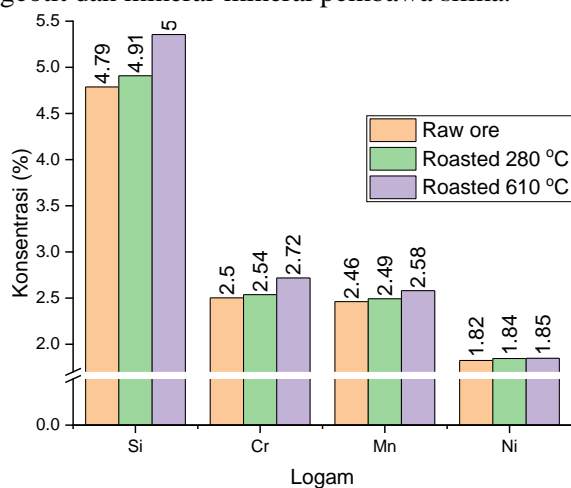
Pre-roasting bijih laterit merupakan teknik yang umum digunakan untuk mempersiapkan bijih untuk diproses lebih lanjut, seperti *leaching* atau *smelting*, untuk mengekstraksi logam berharga. Langkah ini sangat penting karena dapat memberikan efek yang signifikan terhadap konsentrasi logam dalam bijih laterit. Pengaruh temperatur *roasting* bijih laterit terhadap Fe disajikan pada Gambar 2. Bijih laterit secara luas dikenal sebagai bijih pembawa mineral-mineral oksida seperti geotit ($FeOOH$), hematit (Fe_2O_3), dan *ilmenite* ($FeTiO_3$). Bijih laterite tipe limonit memiliki kandungan Fe yang tinggi, oleh karena itu peningkatan Fe pada proses *roasting* menjadi hal yang penting untuk pengolahan lebih lanjut seperti proses *smelting*. Terlihat pada Gambar 2, peningkatan konsentrasi Fe meningkat signifikan ketika suhu *roasting* ditingkatkan hingga 610 °C. Proses dehidroksilasi geotit secara komplit terjadi pada suhu lebih tinggi dari 350 °C, mengakibatkan mineral tertentu dalam bijih laterit teroksidasi. Proses ini mengubah beberapa senyawa logam, seperti mineral sulfida atau oksida logam

bervalensi rendah lainnya, menjadi bentuk yang lebih mudah larut dan dapat diekstraksi. Konversi mineral-mineral ini dapat menyebabkan konsentrasi logam yang lebih tinggi di dalam bijih. *Roasting* juga dapat meningkatkan aglomerasi dan menciptakan pori-pori di dalam partikel bijih. Hal ini dapat meningkatkan permeabilitas lapisan bijih. Peningkatan konsentrasi Fe mencapai 81.5% pada *roasting* 610 °C.



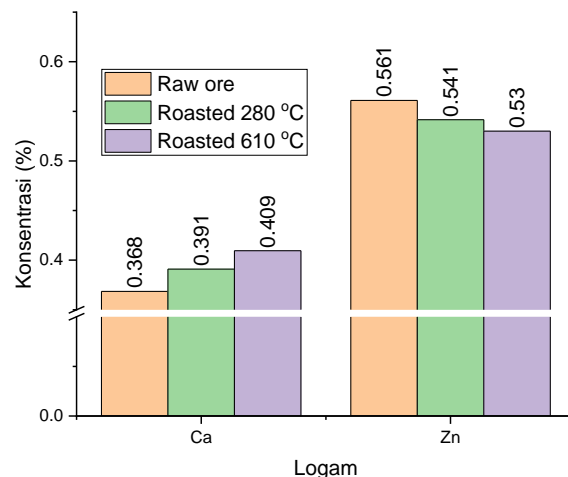
Gambar 2. Pengaruh *roasting* terhadap komposisi Fe pada laterit

Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya, peningkatan suhu *roasting* mengakibatkan dehidroksilasi mineral. Terlihat pada Gambar 3, karakter konsentrasi logam pada *raw ore* dan *roasted* laterit. Kenaikan konsentrasi signifikan Si dari 47.79 ke 5% pada saat *roasting* suhu 610 °C mengkonfirmasi adanya dehidroksilasi lizardite ($Mg_3Si_2(OH)_4O_5$) menjadi enstatite ($MgSiO_3$) dan forsterite (Mg_2SiO_4). Proses *roasting* akan mengakibatkan terbukanya pori-pori bijih sehingga memungkinkan eksposur Si lebih besar setelah proses *roasting*. Logam Cr dan Mn menunjukkan tren yang sama, kenaikan signifikan terjadi pada *roasting* 610 °C. Kenaikan konsentrasi Ni tidak signifikan pada proses *roasting* 280 dan 610 °C. Hal ini dikarenakan Ni biasanya berasosiasi dengan mineral lain seperti geotit dan mineral-mineral pembawa silika.



Gambar 3. Pengaruh *roasting* terhadap komposisi Si, Cr, Mn, dan Ni pada laterit

Pengaruh suhu *roasting* juga diobservasi pada *trace element* seperti Ca dan Zn pada Gambar 4. Keberadaan Ca dan Zn dalam bijih laterit dapat dikaitkan dengan berbagai faktor. Salah satu penyebab keberadaan Ca dan Zn dalam bijih laterit adalah komposisi geologi di wilayah tempat bijih tersebut ditemukan. Mineral pembawa Ca dan Zn seperti calcite ($CaCO_3$) dan zincite (ZnO) serta sphalerite (ZnS) umum terdapat pada bijih laterit. Terlihat bahwa Ca mengalami kenaikan konsentrasi secara konsisten pada *roasting* 280 dan 610 °C sedangkan konsentrasi Zn mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi Zn disebabkan oleh mineral sphalerit yang merupakan mineral pembawa Zn tidak terdekomposisi menjadi zincite pada temperatur di bawah 1000 °C.



Gambar 4. Pengaruh *roasting* terhadap komposisi Ca dan Zn pada laterit

4. KESIMPULAN

Pengaruh *roasting* terhadap karakter bijih laterit telah dilakukan. Terdapat proses dehidroksilasi beberapa mineral seperti geotit menjadi hematit dan lizardite menjadi enstatite dan forsterite pada suhu 280 dan 610 °C. Kenaikan konsentrasi logam tidak terjadi pada *trace* logam seperti Zn dikarenakan suhu *roasting* tidak mencapai suhu dekomposisinya. Kadar logam Fe, Si, Cr, Mn, Ni, dan Ca tertinggi didapatkan pada *roasting* bijih laterite pada suhu 610 °C sebesar 81.5, 5, 2.72, 2.58, 1.85, dan 0.409 %. Proses *roasting* dapat mempermudah proses lanjutan seperti proses *leaching* untuk ekstraksi logam-logam ini dengan terbukanya pori-pori mineral dan terbentuknya fase mineral baru yang lebih mudah terlarut di dalam kondisi asam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik ATI Makassar untuk fasilitas yang diberikan pada laboratorium Instrumentasi dan Pengendalian Proses.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. König, "Nickel laterites—mineralogical monitoring for grade definition and process optimization," *Minerals*, vol. 11, no. 11, 2021, doi: 10.3390/min11111178.
- [2] S. Kursunoglu and M. Kaya, "Hydrometallurgical Processing of Nickel Laterites- a Brief Overview on the Use of Solvent Extraction and Nickel/Cobalt Project for the Separation and Purification of Nickel and Cobalt," *Bilimsel Madencilik Dergisi*, vol. 58, no. 2, pp. 131–144, 2019, doi: 10.30797/madencilik.580147.
- [3] I. A. Goonetilleke, H. C. S. Subasinghe, A. S. Ratnayake, and D. T. Jayawardana, "Acid-assisted *leaching* of iron and

- manganese from sri lankan laterite: A potential source of alumina production,” *J Natl Sci Found*, vol. 49, no. 2, pp. 303–310, 2021, doi: 10.4038/jnsf.v49i2.10177.
- [4] 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.
- [5] W. Astuti, T. Hirajima, K. Sasaki, and N. Okibe, “Kinetics of nickel extraction from Indonesian saprolitic ore by citric acid leaching under atmospheric pressure,” *Min Metall Explor*, vol. 32, no. 3, pp. 176–185, Aug. 2015, doi: 10.1007/BF03402286.
- [6] J. Li, D. Xiong, H. Chen, R. Wang, and Y. Liang, “Physicochemical factors affecting leaching of laterite ore in hydrochloric acid,” *Hydrometallurgy*, vol. 129–130, pp. 14–18, 2012, doi: 10.1016/j.hydromet.2012.08.001.
- [7] W. Xiao, X. Liu, and Z. Zhao, “Kinetics of nickel leaching from low-nickel matte in sulfuric acid solution under atmospheric pressure,” *Hydrometallurgy*, vol. 194, no. April, p. 105353, 2020, doi: 10.1016/j.hydromet.2020.105353.
- [8] J. Li, X. Li, Q. Hu, Z. Wang, Y. Zhou, J. Zheng, W. Liu, and L. Li, “Effect of pre-roasting on leaching of laterite,” *Hydrometallurgy*, vol. 99, no. 1–2, pp. 84–88, 2009, doi: 10.1016/j.hydromet.2009.07.006.
- [9] W. Dahani, I. G. N. B. S. Jaksa, I. Marwanza, R. Kurniawati, and S. Subandrio, “The effect of pre-roasting on nickel extraction from limonite ore by acid leaching method,” *AIP Conf Proc*, vol. 2267, no. September, 2020, doi: 10.1063/5.0015935.
- [10] P. P. M. Ribeiro, I. D. dos Santos, R. Neumann, A. Fernandes, and A. J. B. Dutra, “Roasting and Leaching Behavior of Nickel Laterite Ore,” *Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science*, vol. 52, no. 3, pp. 1739–1754, 2021, doi: 10.1007/s11663-021-02141-6.
- [11] K. C. Wanta, F. H. Tanujaya, R. F. Susanti, H. T. B. M. Petrus, I. Perdana, and W. Astuti, “Studi Kinetika Proses Atmospheric Pressure Acid Leaching Bijih Laterit Limonit Menggunakan Larutan Asam Nitrat Konsentrasi Rendah,” *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 12, no. 2, p. 19, Dec. 2018, doi: 10.22146/jrekpros.35644.
- [12] G. Prameswara, F. Y. P. Tyassena, I. Amin, and H. Hatimah, “OPTIMIZATION OF LATERITE ORE GRINDING PROCESS USING BALL MILL WITH RESPONSE SURFACE METHOD,” *Metallurgi*, vol. 37, no. 3, pp. 119–126, 2022.
- [13] H. Hatimah, I. Amin, F. Y. P. Tyassena, and G. Prameswara, “Pengaruh Kominusi Dengan Menggunakan Ball Mill Terhadap Karakteristik Ore Nikel Dari Morowali,” *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, vol. 1, no. 1, pp. 10–13, 2022.
- [14] G. Prameswara, F. Y. P. Tyassena, M. Pasaribu, and I. N. Febryanzha, “Kinetika Leaching Ni dan Fe dari Bijih Laterit Tipe Limonite Morowali,” *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 57–62, 2022.
- [15] 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.
- [16] I. Setiawan, “Karakteristik Nikel Laterit Indonesia pada Pemanasan dari 600 C sampai dengan 1000 C,” in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016*, 2016, no. November, pp. 58–66.