

Analisis Logam Terlarut dari Ekstraksi Bijih Limonit Siuna

Siti Nurhalizah Pou^{1*}, Opir Rumape¹ dan Weny J.A Musa¹

¹Program Studi Kimia, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

ABSTRAK

Nikel adalah unsur logam yang penggunaannya telah banyak diketahui di industri. Untuk memanfaatkan nikel yang terdapat di Indonesia agar memiliki nilai ekonomis yang tinggi maka dilakukan pengolahan mineral dengan proses ekstraksi menggunakan asam sulfat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi optimum asam sulfat, suhu optimum dan rasio solid:liquid terhadap ekstraksi bijih limonit Siuna. Sampel dipreparasi kemudian dianalisis menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Hasil analisis XRF menunjukkan unsur nikel (Ni) dengan berat sampel 3,37 %, unsur besi (Fe) dengan berat 50,12% dan unsur mangan (Mn) dengan berat 1,82%. XRD menunjukkan mineral dominan yang terdapat dalam sampel bijih nikel limonit yang diperoleh dari Siuna adalah mineral *goethite* (FeO(OH)) dan kuarsa (SiO₂) dan untuk analisis AAS kondisi terbaik proses ekstraksi bijih limonit dalam media sulfat diperoleh pada konsentrasi 2,25 M, rasio solid:liquid 125:500 g/mL dan suhu 95°C dalam waktu 4 Jam dengan persen terekstraksi nikel 93,9%, besi 95,5% dan mangan 34,5% .

Kata kunci: Bijih limonit, ekstraksi, asam sulfat

ABSTRACT

Nickel is a metal element whose uses are well-known in the industry. To utilize the nickel found in Indonesia to have high economic value, mineral processing is carried out using a sulfuric acid extraction process. The purpose of this research is to determine the optimum concentration of sulfuric acid, optimum temperature, and solid:liquid ratio for the extraction of Siuna limonite ore. The samples were prepared and then analyzed using X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD), and Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The XRF analysis results showed nickel (Ni) with a sample weight of 3.37%, iron (Fe) with a weight of 50.12%, and manganese (Mn) with a weight of 1.82%. The XRD results indicated that the dominant minerals found in the nickel limonite ore sample obtained from Siuna were goethite (FeO(OH)) and quartz (SiO₂). For the AAS analysis, the best conditions for the limonite ore extraction process in a sulfate medium were achieved at a concentration of 2.25 M, a solid:liquid ratio of 125:500 g/mL, and a temperature of 95°C for 4 hours, with nickel extraction of 93.9%, iron 95.5%, and manganese 34.5%.

Keywords: Limonite ore, extraction, sulfuric acid

Received: 25-11-2024, Accepted: 20-6-2025, Online: 13-10-2025

PENDAHULUAN

Logam nikel banyak digunakan dalam masyarakat kontemporer untuk berbagai tujuan, diantaranya adalah sebagai unsur paduan dalam baja tahan karat, paduan-paduan berbasis nikel (nickel based-alloy), elektroplating, dan batelrai. Beberapa kelebihan nikel yang dimiliki seperti kuat, stabil pada suhu tinggi, tahan korosi, lentur, ulet, serta dapat menjadi konduktor panas dan listrik (Yohanala et al., 2022). Seiring dengan pembangunan infrastruktur dan produksi produk yang membutuhkan nikel di berbagai negara, kebutuhan akan nikel diperkirakan akan meningkat di masa mendatang (firdiyano, 2014).

*Corresponding author:
andibudi055@gmail.com

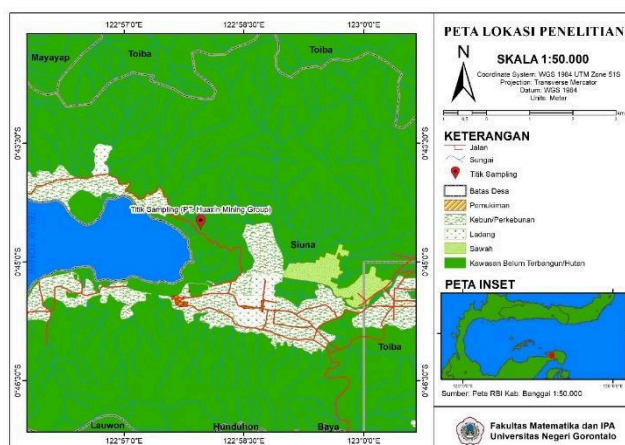
Indonesia merupakan salah satu negara penghasil nikel lateritik terbesar di dunia berdasarkan data produksi dan cadangan nikel dunia berdasarkan survei pada Januari 2015 (USGS, 2015). Dari segi potensi cadangan, Indonesia menempati urutan keenam dengan potensi cadangan sebesar 5% dari total cadangan dunia. Hal ini menunjukkan posisi Indonesia sangat penting di dunia pertambangan bijih nikel. Nikel laterit adalah endapan yang berasal dari proses pelapukan (laterisasi) pada batuan induk (batuan ultramafik) dimana Indonesia merupakan negara beriklim tropis sehingga memungkinkan pelapukan tinggi dapat terjadi (Arifin dkk., 2015). Endapan bijih nikel laterit banyak terdapat di Indonesia bagian Timur yaitu di Pulau Sulawesi, Pulau Maluku, sebagian Pulau di sekitar Papua, Pulau Halmahera dan pulau-pulau kecil di sekitarnya seperti Pulau Gag dan Gebe. Dengan cadangan nikel yang besar ini, Indonesia memiliki peran strategis dalam menentukan suplai bahan baku nikel di dunia.

Proses pengolahan nikel meliputi jalur pirometalurgi dan hidrometalurgi. Pirometalurgi merupakan proses pengolahan nikel melalui temperature tinggi. Pengolahan nikel jalur pirometalurgi memerlukan energi yang besar. Disisi lain, kenapa dilakukan jalur proses hidrometalurgi karena hanya memanfaatkan pelarutan dalam media asam kuat pada temperatur rendah (kurang dari 100⁰ C dan hanya memerlukan energi yang jauh lebih rendah dibanding jalur pirometalurgi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi, rasio solid:liquid dan suhu optimum terhadap ekstraksi bijih limonit siuna

METODE PENELITIAN

Preparasi dan Karakterisasi Sampel Bijih Limonit

Preparasi Sampel Bijih Limonit



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel

Bijih yang digunakan adalah bijih limonit yang berasal dari Siuna yang diberikan oleh PT. Huaxin Mining Group.

Preparasi sampel bijih limonit ini meliputi kegiatan homogenisasi, sampling, penggerusan dan pengayakan sampel. Pada tahap pertama, sampel bijih limonit dilakukan homogenisasi dengan cara mengaduk seluruh sampel kemudian dilakukan sampling dengan *coning* dan *quartering* untuk mendapatkan sampel yang representatif untuk percobaan ekstraksi. Untuk percobaan ekstraksi, sampel yang digunakan adalah fraksi ukuran -60+100 mesh. Preparasi sampel dilakukan dengan penggerusan menggunakan mortar (lumpang dan alu), kemudian dilakukan pengayakan menggunakan *sieving machine* (mesin pengayak) dengan ukuran ayakan -60+100 mesh.

Karakterisasi Sampel Bijih Limonit

Karakterisasi dilakukan terhadap sampel bijih yang akan digunakan dalam percobaan meliputi:

Penentuan Komposisi Kimia Bijih dengan Analisis XRD dan XRF

Komposisi kimia sampel bijih limonit dianalisis menggunakan alat XRF (*X-Ray Fluorescence Spectrophotometer*) dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Analisis XRF ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengetahui jumlah kandungan unsur-unsur yang terdapat dalam sampel bijih. Sementara untuk mengetahui keberadaan senyawa yang dominan di dalam sampel dilakukan pengujian XRD. Sebelum dilakukan analisis, sampel bijih terlebih dahulu digerus dengan menggunakan mortar lalu diayak untuk mendapatkan fraksi ukuran -60+100 mesh. Selanjutnya bijih dengan fraksi ukuran -60 + 100 mesh dilakukan proses sampling untuk kemudian dilakukan analisis XRD dan XRF.

Percobaan ekstraksi dan Analisis Kandungan Logam Terlarut

Ekstraksi bijih nikel limonit dilakukan pada variasi konsentrasi 1,125, 1,687, 2,25 M, rasio solid:liquid 125:500, 150:500, 175:500 g/mL dan suhu 75,85,95 °C dalam waktu 4 Jam.

Sampel dengan ukuran -60 + 100 mesh ditimbang di neraca analitik sebanyak 125 gram dan dimasukkan dalam labu leher dua. Pelarut yang digunakan adalah larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 1,125 M sebanyak 500 mL. Pelarut dan sampel dimasukkan dalam labu leher dua yang dilengkapi kondensor untuk mengembunkan uap air yang terbentuk selama proses ekstraksi sehingga volume larutan dapat dijaga tetap. Setelah itu, hot plate dinyalakan dan diatur suhunya konstan 75°C. Pengadukan dilakukan dengan magnetic stirrer. Proses ekstraksi dilakukan selama 4 Jam, dimulai dari tercapainya suhu 75°C. Setelah proses ekstraksi selesai hasil disaring menggunakan kertas saring. Proses ekstraksi dilakukan kembali dengan memvariasikan konsentrasi asam sulfat yang digunakan 1,687 M dan 2,25 M.

Proses ekstraksi 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 limonit) dan liquid (pelarut asam sulfat) divariasikan untuk dapat mengetahui pengaruhnya. Perbandingan massa bijih limonit dengan volume pelarut asam sulfat (rasio S:L) divariasikan sebanyak 125:500, 150:500, 175:500 (g/mL).

Selanjutnya proses ekstraksi dilakukan kembali dengan prosedur dan kondisi operasi yang sama. Jumlah perbandingan solid:liquid yang digunakan adalah perbandingan optimum yang didapat pada percobaan sebelumnya. Suhu divariasikan dengan suhu 75,85,95 °C. Untuk mengetahui konsentrasi logam-logam yang terlarut, larutan hasil ekstraksi yang selanjutnya disebut filtrat yang telah dipisahkan dari bijih yang tidak larut pada akhir proses, dilakukan analisis menggunakan AAS dengan mengencerkan sejumlah larutan dengan menambahkan akuades sampai volume tertentu.

Pengenceran yang dilakukan disesuaikan dengan perkiraan konsentrasi logam serta kemampuan pembacaan AAS untuk logam yang akan dianalisis konsentrasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Bijih Limonit

Analisis X-Ray Fluorescence

Tabel 1. Hasil analisis XRF

No.	Elemen	% Berat
1	Mg	1,86
2	Al	2,18
3	Si	4,805
4	Ti	0,31
5	Cr	0,65
6	Mn	1,82
7	Fe	50,12

8	Co	0,42
9	Ni	3,37
10	Zn	0,056

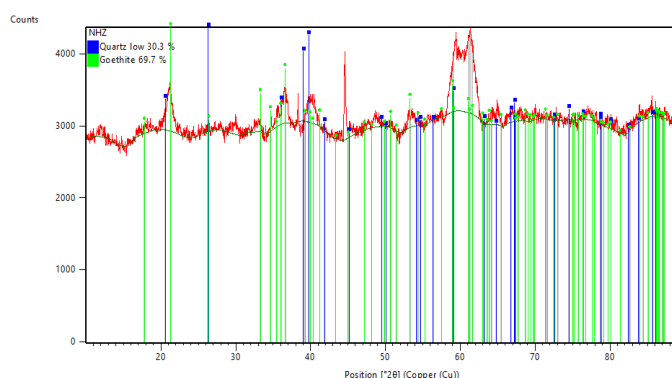
X-Ray Fluorescence adalah metode analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi elemen kimia dalam suatu sampel. Prinsip dasarnya adalah saat sinar-X tinggi energi dipancarkan ke dalam sampel, energi sinar-X tersebut dapat merangsang atom-atom dalam sampel untuk melepaskan foton-foton sinar-X yang lebih rendah energinya. Foton-foton ini memiliki karakteristik yang unik untuk setiap elemen, sehingga dengan mendeteksi intensitas dan energi foton-foton yang dipancarkan, kita dapat menentukan elemen-elemen apa saja yang ada dalam sampel dan seberapa banyaknya (Zainuri et al., 2012).

Dari hasil analisis pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa terdapat 6 unsur utama yang memiliki komposisi terbanyak pada sampel bijih limonit siuna yaitu besi (Fe) dengan berat sebesar 50,12 %, silicon (Si) dengan berat sebesar 4,805 %, nikel (Ni) seberat 3,37%, aluminium (Al) seberat 2,18 %, magnesium (Mg) 1,86 %, mangan (Mn) 1,82 % dan beberapa unsur lainnya yang memiliki berat kurang dari 1 %. Pengotor terbesar dalam bijih nikel limonit adalah besi. Limonit memiliki kandungan besi yang cukup tinggi, namun juga mengandung sejumlah besar pengotor yang dapat mempengaruhi proses ekstraksi dan pemurnian logam (Herlina et al., 2020)(Wahab et al., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Wahab et al juga menunjukkan bahwa besi adalah pengotor terbesar, dibuktikan dengan hasil XRF yakni besi 9,403 %, nikel 1,021 %, mangan 0,175 % (Wahab et al., 2022)

a. Kadar Nikel

Kadar nikel yang digunakan pada penelitian ini mencapai 3,37% menunjukkan potensi yang signifikan jika dibandingkan dengan hasil penelitian lain yang mencatat kadar nikel lebih rendah. Sebagai contoh, penelitian oleh Yohana et al menggunakan bijih nikel laterit asal pulau kabaena Sulawesi Tenggara, menunjukkan kadar nikel 1,676% (Yohanala et al., 2022). Penelitian oleh wanda dkk menggunakan bijih limonit yang berasal dari Pomalaa, Sulawesi utara menunjukkan kadar nikel 2,93% (K. C. Wanta et al., 2018). Selain itu, penelitian lain menggunakan bijih limonit yang berasal dari morowali menunjukkan kadar nikel 1,91%(Tyassena et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa kadar nikel 3,37% pada bijih limonit yang diteliti adalah lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya.

b. Analisis X-Ray Diffraction



Visible	Ref.Code	Score	Compound Name	Displ.[°2θ]	Scale Fac.	Chem. Formula
*	98-017-1573	4	Quartz low	0.000	0.728	O2 Si1
*	98-015-9962	27	Goethite	0.000	0.446	H1 Fe1 O2

Gambar 2. Hasil analisis XRD

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Selain

itu, juga dimanfaatkan untuk mengetahui rincian lain seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat kristal (Zainuri et al., 2012)

Berdasarkan hasil analisis XRD pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa mineral dominan yang terdapat dalam sampel bijih nikel limonit yang diperoleh dari Siuna adalah mineral *goethite* ($\text{FeO}(\text{OH})$) dan kuarsa (SiO_2).

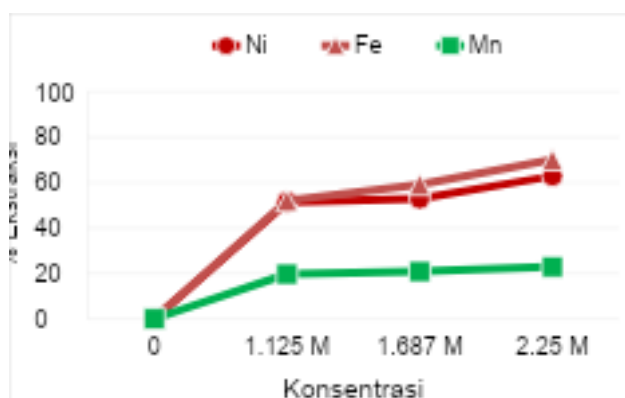
Dalam analisis mineralogi bijih nikel limonit, senyawa yang membawa nikel dapat diidentifikasi melalui teknik difraksi sinar-X (XRD). Berdasarkan penelitian yang ada, bijih nikel limonit umumnya mengandung berbagai mineral yang berperan dalam keberadaan nikel. Mineral utama yang teridentifikasi dalam bijih nikel limonit adalah mineral oksida, seperti magnetit (Fe_3O_4) dan hematit (Fe_2O_3), serta mineral hidroksida seperti goethit ($\text{FeO}(\text{OH})$) (Alief Lie et al., 2023) (Bahfie, Manaf, Astuti, 2021). Kehadiran mineral-mineral ini berkontribusi pada proses ekstraksi dan ekstraksi nikel dari bijih tersebut. Geotit, atau goethite ($\text{FeO}(\text{OH})$), merupakan mineral yang sering ditemukan dalam endapan nikel laterit dan berperan penting dalam proses pelapukan batuan ultramafik yang menghasilkan nikel. Proses pelapukan ini terjadi di daerah-daerah yang kaya akan batuan ultramafik, seperti di Sulawesi Tenggara dan Maluku Utara, di mana geotit sering kali menjadi salah satu mineral pembawa nikel yang signifikan (Lintjewas et al., 2019) (Abidin et al., 2022). Dalam konteks ini, geotit berfungsi sebagai indikator penting dalam karakterisasi mineralogi bijih nikel laterit, yang umumnya terdiri dari dua tipe utama: limonit dan saprolit. Keduanya memiliki kandungan nikel yang berbeda, dengan limonit biasanya mengandung lebih banyak besi dan geotit (wahab et al., 2022).

Kehadiran geotit dalam profil tanah laterit menunjukkan bahwa mineral ini dapat berfungsi sebagai penanda untuk mengevaluasi potensi kandungan nikel di suatu daerah, karena mineral ini sering kali terakumulasi bersamaan dengan nikel selama proses pelapukan (Lintjewas et al., 2019) (Thamsi et al., 2022).

Ekstraksi dan analisis kandungan logam terlarut

Dalam tahapan ekstraksi bijih nikel limonit ini dilakukan beberapa variasi diantaranya variasi konsentrasi 1,125, 1,687, 2,25 M, rasio solid:liquid 125/500, 150/500, 175/500 (g/mL) dan suhu 75,85,95 °C dalam waktu 4 Jam.

Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat terhadap persen ekstraksi Ni



Gambar 3. Grafik hasil ekstraksi variasi konsentrasi asam sulfat

Berdasarkan gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam sulfat maka berbanding lurus dengan hasil ekstraksi, kondisi yang memberikan persen ekstraksi Ni paling tinggi adalah pada konsentrasi 2,25 M yaitu 62,83 %.

Hal ini disebabkan oleh kemampuan asam sulfat untuk melarutkan nikel dari bijih, yang berfungsi sebagai agen pengekstraksi dalam proses hidrometalurgi.

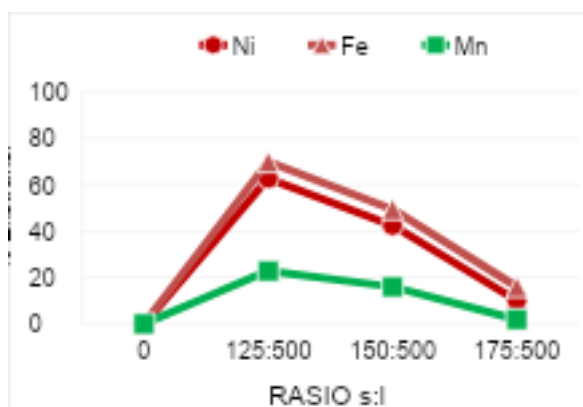
Asam sulfat adalah salah satu pelarut yang umum digunakan dalam proses ekstraksi. Saat asam sulfat ditambahkan ke dalam campuran, ia dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa yang ada di dalam matriks, mengubah kelarutan mereka, atau memecah ikatan kimia yang memungkinkan senyawa-senyawa tersebut terlepas dari matriks dan larut ke

dalam pelarut. Selain itu, konsentrasi asam sulfat yang lebih tinggi juga dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia pelarut secara umum. Misalnya, peningkatan konsentrasi asam sulfat dapat meningkatkan daya larut pelarut terhadap senyawa target, mengurangi viskositas pelarut, atau meningkatkan suhu didih pelarut, yang pada gilirannya dapat mempercepat proses ekstraksi (Solís Marcial et al., 2019).

Konsentrasi asam sulfat yang tinggi berarti ada lebih banyak molekul asam sulfat yang terlarut dalam pelarut (misalnya air). Asam sulfat adalah asam kuat, artinya hampir semua molekul asam sulfat akan terdisosiasi menjadi ion hidrogen (H^+) dan ion sulfat (SO_4^{2-}). Ketika asam sulfat dengan konsentrasi yang tinggi digunakan untuk ekstraksi, akan ada lebih banyak ion hidrogen yang tersedia dalam pelarut, yang dapat membantu reaksi antara pelarut dan senyawa yang akan diekstraksi. Ketika konsentrasi asam sulfat meningkat dalam proses ekstraksi, persen ekstraksi juga cenderung meningkat. Hal ini terjadi karena konsentrasi asam sulfat yang lebih tinggi dapat meningkatkan kekuatan pelarut dalam mengekstraksi senyawa target dari matriks atau bahan mentah (Adebayo et al., 2003).

Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap persentase ekstraksi nikel berkaitan dengan banyaknya ion H^+ di dalam larutan yang bereaksi dengan bijih nikel. Reaksi ekstraksi bijih nikel laterit menggunakan larutan asam sulfat mengikuti reaksi berikut (Stopic & Friedrich, 2016).

Pengaruh Rasio Solid:Liquid terhadap persen ekstraksi Ni

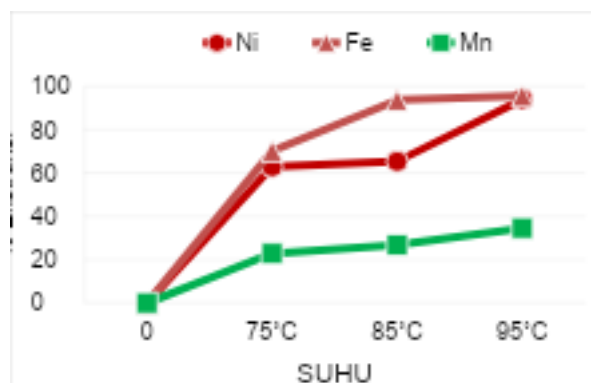


Gambar 4. Grafik hasil ekstraksi variasi rasio solid:liquid

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa kondisi yang memberikan persen ekstraksi Ni paling tinggi adalah pada rasio solid:liquid 125:500 g/ml yaitu 62,83 %. Semakin besar rasio solid:liquid maka semakin kecil persen ekstraksi nikel. Dalam proses ekstraksi nikel dari bijih limonit menggunakan ekstraksi asam sulfat terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi padatan dalam pelarut dan pergerakan ion-ion. Semakin banyak padatan yang terlarut dalam pelarut, semakin sulit bagi ion-ion untuk bergerak, yang dapat mempengaruhi efisiensi proses ekstraksi. Hal ini disebabkan oleh peningkatan viskositas larutan dan pengurangan ruang bagi ion untuk bergerak, yang pada gilirannya dapat memperlambat laju reaksi ekstraksi. Viskositas larutan berbanding lurus dengan konsentrasi padatan, di mana peningkatan konsentrasi padatan dalam larutan akan menyebabkan peningkatan viskositas. Hal ini sejalan dengan temuan Savira dan Bahtiar yang menunjukkan bahwa viskositas larutan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi padatan (Savira & Bahtiar, 2022). Penelitian menunjukkan bahwa semakin besar rasio berat bijih terhadap volume larutan asam sulfat, semakin kecil persen ekstraksi nikel yang dapat dicapai. Penelitian oleh Astuti dkk menunjukkan bahwa rasio bijih terhadap reagen ekstraksi yang lebih tinggi dapat mengakibatkan penurunan efisiensi ekstraksi nikel. Dalam eksperimen mereka, variasi rasio bijih terhadap larutan asam sulfat (5%, 10%, dan 20% w/v) menunjukkan bahwa peningkatan rasio ini berhubungan dengan penurunan persen ekstraksi nikel (Astuti et al., 2021). Hal ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa peningkatan rasio berat bijih dapat mengurangi konsentrasi asam sulfat yang efektif dalam larutan, sehingga mengurangi kemampuan asam untuk melarutkan nikel dari bijih.

Rasio berat bijih terhadap volume larutan asam sulfat juga salah satu parameter yang berpengaruh pada proses ekstraksi. Secara umum diketahui bahwa rasio berat bijih terhadap volume larutan yang semakin besar akan menghasilkan persen ekstraksi yang lebih kecil karena ketersediaan pelarut terhadap logam yang akan direaksikan lebih sedikit. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa rasio berat bijih terhadap volume larutan asam sulfat berpengaruh terhadap persen ekstraksi nikel. Semakin besar rasio berat bijih terhadap volume larutan asam sulfat, semakin kecil persen ekstraksi nikel (Utama, 2021).

Pengaruh Suhu terhadap persen ekstraksi Ni



Gambar 5. Grafik hasil ekstraksi variasi Suhu

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kondisi yang memberikan persen ekstraksi Ni paling tinggi adalah pada suhu 95°C yaitu 93,9%. Semakin tinggi suhu ekstraksi nikel menggunakan asam sulfat, semakin besar persen ekstraksi yang diperoleh.

Menurut Wanta, dkk (2018) secara teoritis, semakin tinggi suhu maka semakin banyak pula %recovery nikel yang didapatkan. Hal ini disebabkan karena laju reaksi akan meningkat dan membuat tingginya suhu akan meningkatkan energi di dalam proses ekstraksi, membuat partikel larutan lebih sering bertumbukkan dengan padatan sehingga akan memudahkan padatan terlarut dan meningkatkan %recovery. (A. & M. Wanta, 2018)

Pada umumnya, peningkatan temperatur dalam proses ekstraksi dapat meningkatkan persentase ekstraksi Ni. Dalam beberapa kasus, peningkatan temperatur dapat meningkatkan kinetika reaksi dan mempercepat ekstraksi nikel dari matriks atau bahan mentah. Suhu yang lebih tinggi juga dapat meningkatkan kelarutan nikel dalam pelarut yang digunakan, sehingga memungkinkan lebih banyak nikel untuk terlarut dan diekstraksi.

Pada suhu yang lebih tinggi, molekul-molekul dalam sistem memiliki energi kinetik yang lebih tinggi. Semakin tinggi energi kinetik, semakin sering tumbukan antara molekul-molekul yang terlibat dalam reaksi. Dalam proses ekstraksi, suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan peluang tumbukan antara senyawa yang akan diekstraksi dan pelarut, memfasilitasi proses ekstraksi.

Peningkatan temperatur menyebabkan peningkatan persentase ekstraksi nikel disebabkan karena semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pergerakan spesi yang bereaksi di dalam larutan. Tingginya pergerakan spesi yang bereaksi menyebabkan frekuensi tumbukan antara spesies yang bereaksi akan semakin tinggi yang menyebabkan tingginya produk reaksi yang terbentuk. (Wahab et al., 2021)

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa kondisi optimum untuk variasi konsentrasi yakni pada konsentrasi 2,25 M dengan persen ekstraksi nikel mencapai 93,9%, besi 95,5% dan mangan 34,5%. Kondisi optimum untuk variasi Solid-Liquid yakni pada 125/500 gr/ml dengan persen ekstraksi nikel mencapai 93,9%, besi

95,5% dan mangan 34,5%. Kondisi optimum untuk variasi suhu yakni pada suhu 95°C dengan persen ekstraksi nikel mencapai 93,9%, besi 95,5% dan mangan 34,5%

DAFTAR RUJUKAN

- Adebayo, A. O., Ipinmoroti, K. O., & Ajayi, O. O. (2003). Dissolution kinetics of chalcopyrite with hydrogen peroxide in sulphuric acid medium. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 17(3), 213–218.
- Alief Lie, N., Palit, C., Dahani, W., & Kurniawati, R. (2023). Pengaruh ph dan Ukuran Partikel Dalam Proses Flotasi Bijih Nikel Limonit Effect of ph and Particle Size in Flotation Process of Limonite Nickel Ore. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 6(2), 79–86.
- Arifin, M., Widodo, S. Dan Anshariah., et al. (2015). Karakteristik Endapan Nikel Laterit Pada Blok X PT. Bintang Delapan Mineral Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Geomine*, 1(1), 37–45.
- Astuti, W., Mufakhir, F. R., Nurjaman, F., Sumardi, S., Herlina, U., Bahfie, F., & Petrus, H. T. B. M. (2021). Journal Homepage : Limonit Indonesia Menggunakan Pelindian Atmosferik Limonit Indonesia Menggunakan Pelindian Atmosferik Effect Of Ore Characteristic On The Extraction Of Nickel From Indonesian Limonite Ores Using Atmpspheric Leaching Email : widi.mineral. *Jurnal Metal Indonesia*, 43(1), 9–16.
- Bahfie, Manaf, Astuti, N. & H. (2021). Tinjauan Teknologi Proses Ekstraksi Bijih Nikel Laterit. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 17(No 3), 135–138.
- Firdiyano, .solihin. (2014). Perilaku Pelarutan Logam Nikel dan Besi dari Bijih Nikel Kadar Rendah Sulawesi Tenggara. *Majalah Metalurgi*, 29, 139–144.
- Herlina, U., Nurjaman, F., Handoko, A. S., & Shofi, A. (2020). Techno economic analysis of nickel laterite ore processing to become Nickel Pig Iron (NPI) using Hot Blast Cupola Furnace. *Dinamika Teknik Mesin*, 10(1), 76. <https://doi.org/10.29303/dtm.v10i1.322>
- Ledyantje Lintjewas., Iwan Setiawan., A. A. K. (2019). Profil Endapan Nikel Laterit di Daerah Palangga, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Riset Geotam*.
- Rabbani Rafif Abidin, Sulaeman, & Hartaja M. Hatta Wicaksono. (2022). Karakteristik Endapan Nikel Laterit Dan Unsur Tanah Jarang Pada Daerah Pulau Gebe, Halmahera Tengah, Maluku Utara. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 17(2), 65–79. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v17i2.345>
- Savira, N., & Bahtiar, B. (2022). Studi Kualitas Susu Kuda Liar Sumbawa Berdasarkan Koefisien Viskositas Dan Dielektrisitas. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 8(1), 91. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i1.8401>
- Solís Marcial, O. J., Nájera Bastida, A., Bañuelos, J. E., Valdés Martínez, O. U., Luevano, L. A., & Serrano Rosales, B. (2019). Chalcopyrite Leaching Kinetics in the Presence of Methanol. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 17(12), 1–10.
- Stopic, S., & Friedrich, B. (2016). Hydrometallurgical processing of nickel lateritic ores. *Vojnotehnicki Glasnik*, 64(4), 1033–1047. <https://doi.org/10.5937/vojtehg64-10592>
- Thamsi, A. B., Bakri, H., Harwan, H., Nasrullah, N., & Aswadi, M. (2022). Karakteristik Mineralogi Bijih Besi Daerah Kadong-Kadong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Pertambangan*, 5(4), 158–164. <https://doi.org/10.36706/jp.v5i3.454>
- Tyassena, F. Y. P., Prameswara, G., & Suherman, A. F. (2023). Studi Pengaruh Konsentrasi Solvent Dan Kondisi Operasi Terhadap Persen (%) Recovery Nikel Pada Proses Atmospheric Leaching Ore Laterite Asal Morowali Dengan Asam Sulfat. *Journal of Chemical Process Engineering*, 8(1), 49–54. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v8i1.1761>
- US Geological Survey. (2015). *Nickel*. Mineral Commodity Summaries.
- Utama, K. (2021). Journal Homepage : Limonit Indonesia Menggunakan Pelindian Atmosferik Effect Of Ore Characteristic On The Extraction Of Nickel From Indonesian Limonite Ores Using Atmpspheric Leaching Email : widi.mineral@gmail.com. 43(1).
- Wahab, W., Ashari, D., Deniyatno, D., Firdaus, F., Anshari, E., Mili, M. Z., Nafiu, R. A., & Armid, A. (2022). Presipitasi besi dari larutan hasil pelindian bijih nikel laterit. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 18(3), 167–175. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol18.no3.2022.1176>
- Wahab, W., Deniyatno, D., Ismayanti, W., & Supriatna, Y. I. (2021). Pengaruh Variabel Pelindian Terhadap Ekstraksi Nikel Dalam Pelindian Bijih Nikel Laterit. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 10(2), 127–134. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v10i2.33125>
- Wanta, A. & M. (2018). Studi Kinetika Proses Atmospheric Pressure Acid Leaching Bijih Nikel

- Limonit Menggunakan Larutan Asam Nitrat Konsentrasi Rendah. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(No 2), 77–84.
- Wanta, K. C., Tanujaya, F. H., Susanti, R. F., Petrus, H. T. B. M., Perdana, I., & Astuti, W. (2018). Studi Kinetika Proses Atmospheric Pressure Acid Leaching Bijih Laterit Limonit Menggunakan Larutan Asam Nitrat Konsentrasi Rendah. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(2), 19. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.35644>
- Yohanala, F., Tyassena, P., Sari, Y., Asdiana, A., Sari, I., Teknik, J., Mineral, K., & Makassar, P. A. T. I. (2022). Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap % Recovery Pada Proses Leaching Bijih Nikel Laterit Asal Pulau Kabaena Sulawesi Tenggara. 1, 2020–2023.
- Zainuri, M., Fisika, J., & Negeri, U. (2012). (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO_3 DAN SiO_2). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)* ISSN: 2087-9946, 2(1), 20–29

