



Perbandingan Ekstraksi Nikel Non-Sulfida dengan Teknik Sulfidasi dalam Upaya Peningkatan Ekstraksi Nikel pada Crude di PT X

Comparison of Non-Sulfide Nickel Extraction and Sulfidation Techniques to Improve Nickel Recovery from Crude at PT X

Muhamad Ismatulloh¹, Gabriel Ricardo Ananda Putra², dan Fahny Ardian³

E-mail Korespondensi : ismatullohmuhamad0@gmail.com

¹²³Program Studi Teknologi Metalurgi, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung, Indonesia 40211

Info Article

| **Submitted:** 23 May 2025 | **Revised:** 31 May 2025 | **Accepted:** 3 June 2025

How to Cite : Muhammad Ismatulloh, "Perbandingan Ekstraksi Nikel Non-Sulfida dengan Teknik Sulfidasi dalam Upaya Peningkatan Ekstraksi Nikel pada Crude di PT X", *Tech : Journal of Engineering Science*, Vol. 1, No. 1, 2025, P. 1-13.

ABSTRACT

Improving the efficiency and selectivity of nickel extraction is essential to meet increasing industrial demands and reduce processing costs. This study aims to compare the effectiveness of non-sulfide and sulfidation methods for nickel extraction from crude nickel ore. The extraction processes were conducted using Electric Furnace Units 5, 6, 7, and 8, which operate under the Rotary Kiln-Electric Furnace (RKEF) technology. The results show that Furnaces 5 and 6, which applied the non-sulfide method, produced low-grade ferronickel. In contrast, Furnaces 7 and 8, where sulfur was added (sulfidation process), successfully formed nickel sulfide (Ni_3S_2). This comparison indicates that sulfur addition in the extraction process can enhance the formation of more specific nickel compounds. However, further evaluation is required to assess the efficiency and environmental impact of both methods.

Keyword: Nickel Extraction, Non-Sulfide, Sulfidation, Ferronickel, Nickel Sulfide.

ABSTRAK

Peningkatan efisiensi dan selektivitas proses ekstraksi nikel menjadi sangat penting untuk memenuhi kebutuhan industri yang terus meningkat serta menekan biaya pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas metode ekstraksi nikel non-sulfida dan sulfidasi pada bijih nikel mentah. Proses ekstraksi dilakukan menggunakan tungku listrik 5, 6, 7, dan 8 yang menggunakan teknologi Rotary Kiln-Electric Furnace (RKEF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tungku 5 dan 6 yang menerapkan metode non-sulfida menghasilkan feronikel dengan kadar rendah (*low-grade ferronickel*). Sementara itu, pada tungku 7 dan 8 yang ditambahkan sulfur (proses sulfidasi), berhasil terbentuk senyawa nikel sulfida (Ni_3S_2). Perbandingan ini mengindikasikan bahwa penambahan sulfur dalam proses ekstraksi dapat meningkatkan pembentukan senyawa nikel yang lebih spesifik. Namun, diperlukan evaluasi lebih lanjut terkait efisiensi serta dampak lingkungan dari kedua metode tersebut.

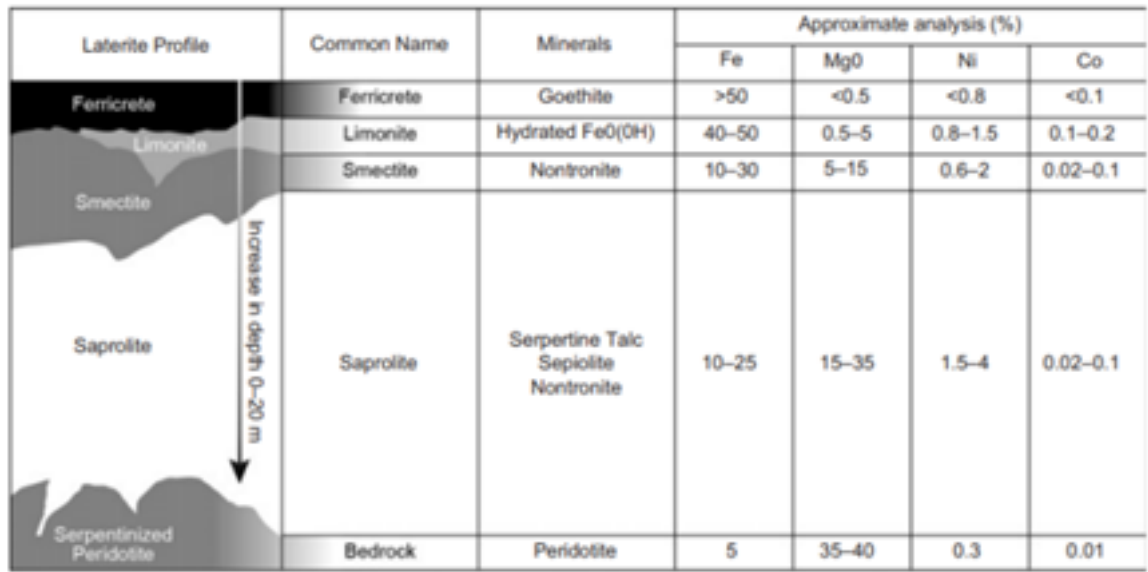
Kata Kunci: Ekstraksi Nikel, Non-Sulfida, Sulfidasi, Ferronikel, Nikel Sulfida.



Pendahuluan

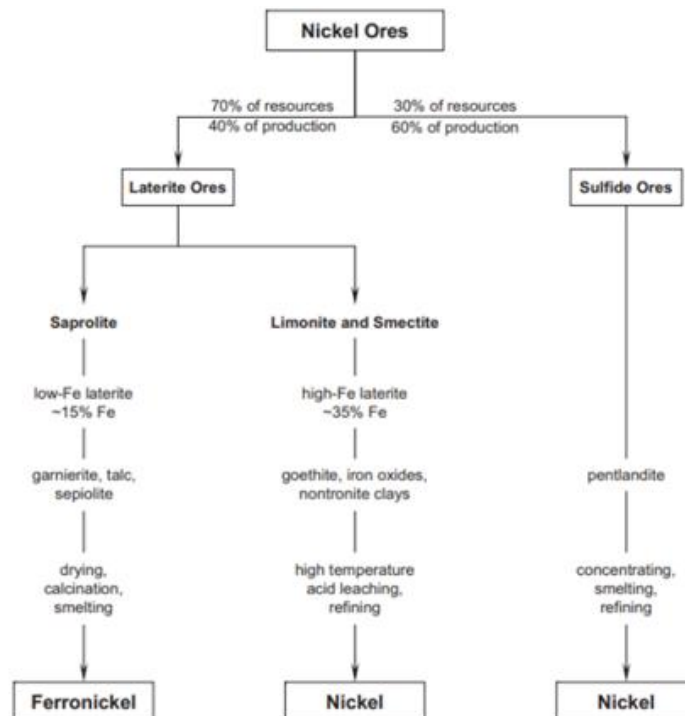
Nikel adalah unsur kimia logam dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ni dan nomor atom 28. Sebagai logam strategis, nikel memegang peranan penting dalam berbagai industri, terutama dalam produksi baterai kendaraan listrik, baja tahan karat, dan perangkat elektronik (USGS, 2023). Seiring meningkatnya permintaan global, pengembangan metode ekstraksi yang efisien dan ramah lingkungan menjadi semakin penting.

Bijih nikel secara umum diklasifikasikan menjadi dua jenis utama yaitu bijih sulfida dan bijih laterit, dengan laterit sebagai jenis yang paling melimpah di Indonesia (Dalvi et al., 2004). Bijih laterit terbagi menjadi dua tipe, yakni limonit (lapisan atas, kaya Fe) dan saprolit (lapisan bawah, kaya Mg dan Si), yang dibedakan berdasarkan struktur dan komposisi mineral pada profil pelapukan tanah (Crundwell et al., 2011). Berikut struktur lapisan tanah nikel dapat dilihat pada **Gambar 1**.

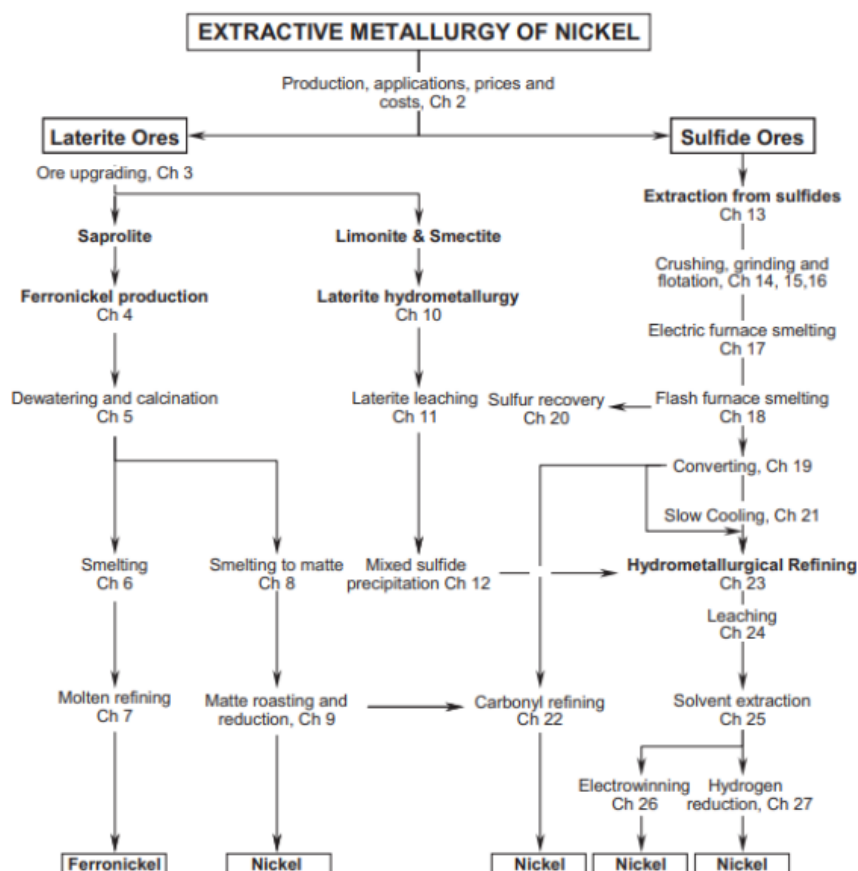


Gambar 1 Struktur Lapisan Tanah Nikel (Sumber: Crundwell et al., 2011)

Di Indonesia sendiri umumnya ditemukan bijih nikel dalam bentuk laterit yang menjadikannya salah satu negara penghasil nikel di dunia dari jenis laterit. Terdapat tiga pilihan proses pirometalurgi nikel laterit komersial saat ini yaitu pengolahan menjadi *Ferronickel* jenis *shot/ingot* dan *Ferronickel luppen*, pengolahan nikel matte dan pengolahan menjadi Nickel Pig Iron (NPI) (Setiawan, 2016). Jalur metode pengolahan yang digunakan berdasarkan jenis bijih nikel dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.

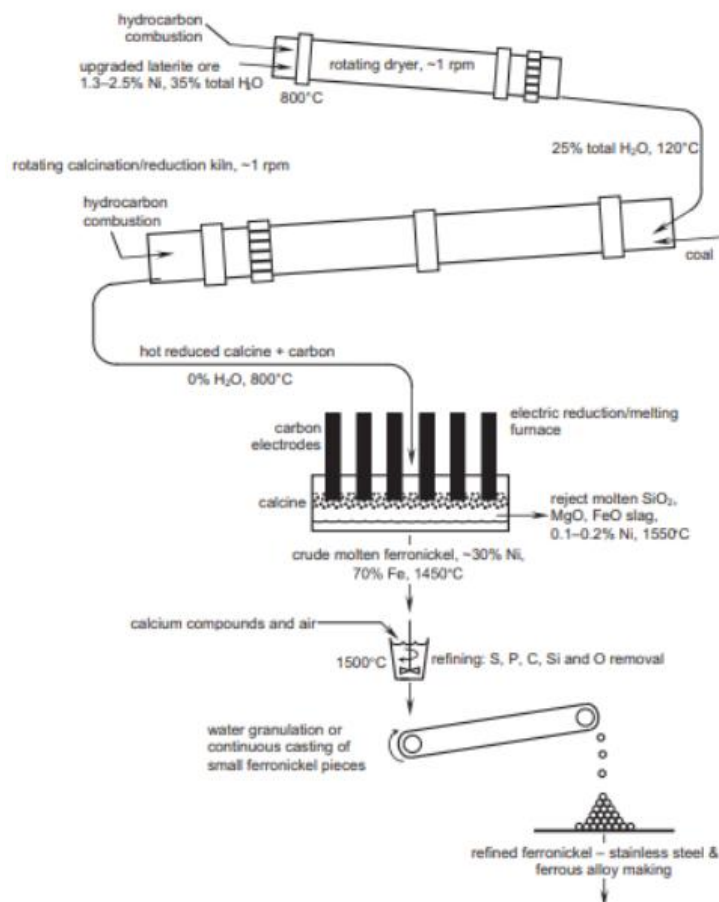


Gambar 2 Tipe Pengolahan Berdasarkan Jenis Bijih Nikel (Sumber: Crundwell et al., 2011)



Gambar 3 Jalur-Jalur Pengolahan Nikel (Sumber: Crundwell et al., 2011)

Pada proses pembuatan *Ferronickel* metode yang digunakan adalah pirometalurgi melalui kalsinasi dan peleburan. bijih saprolit paling cocok untuk diolah dengan metode peleburan karena memiliki kandungan SiO dan MgO yang tinggi. Ikatan oksigen yang kuat dalam SiO, MgO dan oksida lainnya juga membuat metode peleburan menjadi opsi karena hanya nikel dan besi yang mudah tereduksi. Selain itu pemilihan pengolahan menggunakan metode hidrometalurgi tidak disarankan karena tingginya kadar MgO yang membuat kebutuhan asam sulfat untuk proses leaching ikut tinggi. Sebaliknya, pengolahan bijih limonit paling optimal menggunakan metode hidrometalurgi untuk mengambil kandungan nikel, kobalt, dan skandium di dalam bijihnya. Alur proses peleburan bijih saprolit dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Alur Proses Peleburan Bijih Saprolit (Sumber: Crundwell et al., 2011)

Berdasarkan Crundwell et al., (2011), hasil olahan nikel saprolit umumnya mengandung ~15% besi dan ~20% – 30% nikel. Crundwell juga menyatakan biaya operasi peleburan *Ferronickel* lebih rendah dari metode *Leaching*. Peleburan *Ferronickel* memerlukan biaya sekitar 6000USD/ton Ni sedangkan metode *Leaching* memerlukan biaya 10000USD/ton Ni.

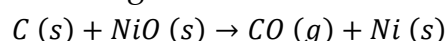
Sulfur adalah salah satu unsur non-metal berwarna kuning dengan nomor atom 16 dan massa atom 32g/mol. Berdasarkan jurnal dari Boyd, (2016), sulfur dapat ditemukan pada lapisan tanah gunung berapi. Salah satu penghasil sulfur di Jawa Timur berada pada Gunung Ijen Kab. Bondowoso. Sulfur umumnya digunakan untuk proses *Natural Gas Purification* dan juga *side-product* dari penyulingan minyak. Pada produksi nikel secara pirometalurgi, sulfur juga dapat digunakan sebagai reduktor aditif untuk meningkatkan efisiensi reduksi bijih laterit. Penambahan sulfur telah terbukti meningkatkan laju metalisasi nikel dan memfasilitasi pembentukan fase sulfida seperti FeS, yang membantu dalam pemisahan nikel dari matriks mineral lainnya (Setiawan et al., 2023). Tumpukan sulfur powder dapat dilihat pada **Gambar 5**.

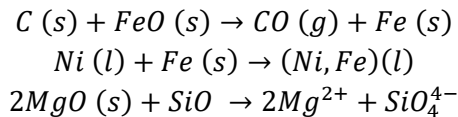


Gambar 5 Tumpukan Sulfur (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

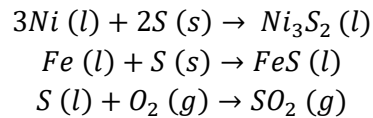
Terdapat Smelter yang sudah mulai menjalankan proses penambahan sulfur atau sulfidasi pada *tapping* tungku. Pada proses sulfidasi terjadi reaksi sulfidasi dimana nikel akan mengikat sulfur dan membentuk *Nickel-Sulphide* yang dapat meningkatkan ekstraksi nikel di dalam *crude*. Peningkatan ekstraksi nikel bertujuan untuk pembuatan *Nickel-Matte*, dimana *Nickel-Matte* merupakan bahan utama dalam manufaktur baterai. Disisi lain, terdapat tungku smelter yang masih menggunakan metode *Rotary Kiln-Electric Furnace* (RKEF) konvensional untuk memproduksi *Ferronickel* (FeNi). Perbedaan proses FeNi dan Nikel *Matte* adanya penambahan sulfur sehingga berlangsung reaksi sulfidasi dan pembentukan Nikel *Matte* (senyawa nikel dan sulfur, $\text{Ni}_2\text{S}_3 + \text{NiS}$) dan logam *matte* lainnya (Co_2S_3) (Hutabarat, 2021).

Penggunaan sulfur dapat mengikat nikel didalam *crude* yang membentuk *Nickel-Sulphide* (NiS) dan meningkatkan ekstraksi nikel di dalam *crude* yang semula 13%-16% menjadi 24%-30% (Nurjaman et al., 2020). Penambahan sulfur juga mencegah besi mengalami metalisasi (*metalization*). Reaksi kimia yang terjadi di dalam *Electric Furnace* adalah sebagai berikut:

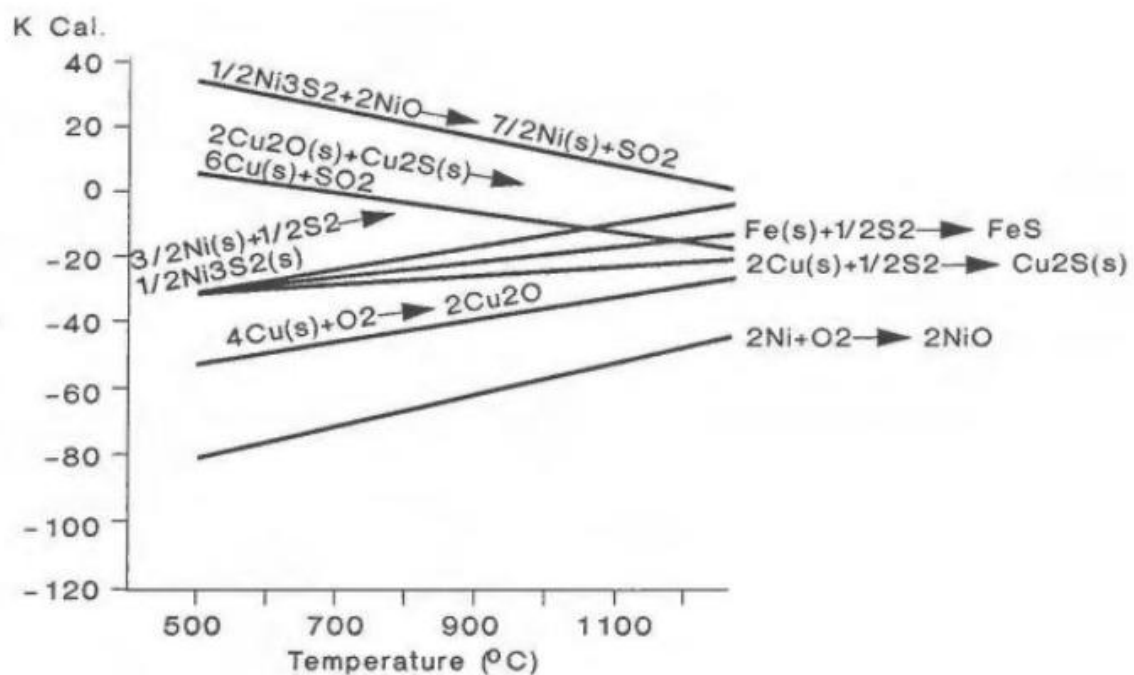




Selain terjadi reaksi kimia pada *Electric Furnace* terjadi juga reaksi kimia pada proses *tapping*. Reaksi sulfidasi *crude* pada saat proses *tapping* adalah sebagai berikut:



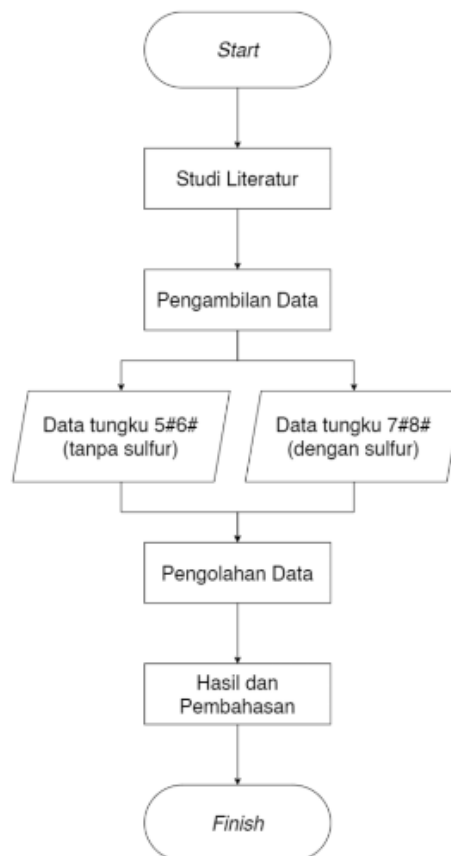
Terjadinya reaksi sulfidasi nikel dan besi secara teoritis mengacu pada diagram kesetimbangan termodinamika sulfidasi. Adapun diagram kesetimbangan termodinamika sulfidasi dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6 Diagram Kesetimbangan Termodinamika Sulfidasi (Sumber: Diaz et al., 1988)

Metode Penelitian

Dalam proses penelitian ini diperlukan tahap-tahapan dalam penyusunannya. Dimulai dari studi literatur, pengambilan dan pengolahan data, hingga penarikan hasil dan pembahasan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode pengolahan data sekunder yang diambil pada saat proses *tapping* berlangsung di tungku 5#, 6#, 7# dan 8# Smelter. Data yang diambil meliputi %recovery Ni, %recovery Cr, %recovery Si, %recovery P, %recovery S, dan %recovery C yang berada pada tungku 5#, 6#, 7# dan 8#. Adapun diagram alir proses penelitian untuk tugas akhir dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7 Diagram Alir Penelitian

Data sekunder akan digunakan sebagai pembanding dari hasil *tapping* 5#6# (tanpa sulfidasi) dengan 7#8# (dengan sulfidasi). Dengan data yang sudah diolah akan didapatkan hasil berupa perbandingan produk dengan sulfidasi dan tanpa sulfidasi.

Hasil dan pembahasan

Smelter memiliki 4 unit *Electric Arc Furnace* (EAF) dengan nomor tungku 5#, 6#, 7#, dan 8#. Untuk sementara hanya tungku 7# dan 8# yang menjalankan proses sulfidasi pada saat proses *tapping* dan untuk tungku 5# dan 6# tidak menggunakan sulfida.

Penambahan sulfur bertujuan untuk mengikat Ni dengan S sehingga terjadi peningkatan persen nikel dalam *crude*. Penambahan sulfur dalam proses reduksi bijih nikel laterit bertujuan untuk membentuk senyawa nikel sulfida (NiS) yang memiliki titik leleh lebih rendah dibandingkan senyawa oksida nikel. Hal ini memfasilitasi pemisahan nikel dari matriks mineral lainnya, sehingga meningkatkan kadar nikel dalam produk akhir. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa penambahan sulfur dalam proses reduksi selektif bijih limonit meningkatkan kadar nikel dalam konsentrat hingga 3,56% dengan tingkat perolehan nikel sebesar 95,97% (Herlina et al., 2022). Peningkatan ekstraksi *crude*

juga terbukti pada penelitian ini dengan analisa laboratorium *Quality Control* pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Hasil Analisa Laboratorium *Nickel Tapping Quality Control*

No. Tungku	Hasil Analisa Lab					
	Ni	Cr	Si	P	S	C
5#	14,23%	0,17%	0,04%	0,035%	0,28%	1,53%
5#	14,41%	0,20%	0,05%	0,031%	0,21%	1,45%
5#	14,43%	0,17%	0,04%	0,028%	0,29%	1,85%
5#	14,58%	0,15%	0,04%	0,030%	0,39%	1,46%
6#	14,49%	0,17%	0,04%	0,026%	0,28%	1,91%
6#	14,59%	0,16%	0,04%	0,029%	0,29%	1,80%
6#	14,61%	0,17%	0,04%	0,028%	0,32%	1,87%
6#	14,62%	0,16%	0,04%	0,028%	0,29%	1,81%
7#	20,58%	0,17%	0,05%	0,046%	10,71%	0,37%
7#	21,06%	0,10%	0,04%	0,039%	9,73%	0,24%
7#	21,59%	0,16%	0,05%	0,042%	9,84%	0,29%
7#	21,64%	0,12%	0,05%	0,036%	12,10%	0,62%
8#	22,72%	0,09%	0,05%	0,029%	8,45%	0,24%
8#	22,72%	0,11%	0,04%	0,044%	11,54%	0,26%
8#	22,88%	0,13%	0,06%	0,050%	10,90%	0,26%
8#	22,95%	0,07%	0,03%	0,034%	11,94%	0,23%

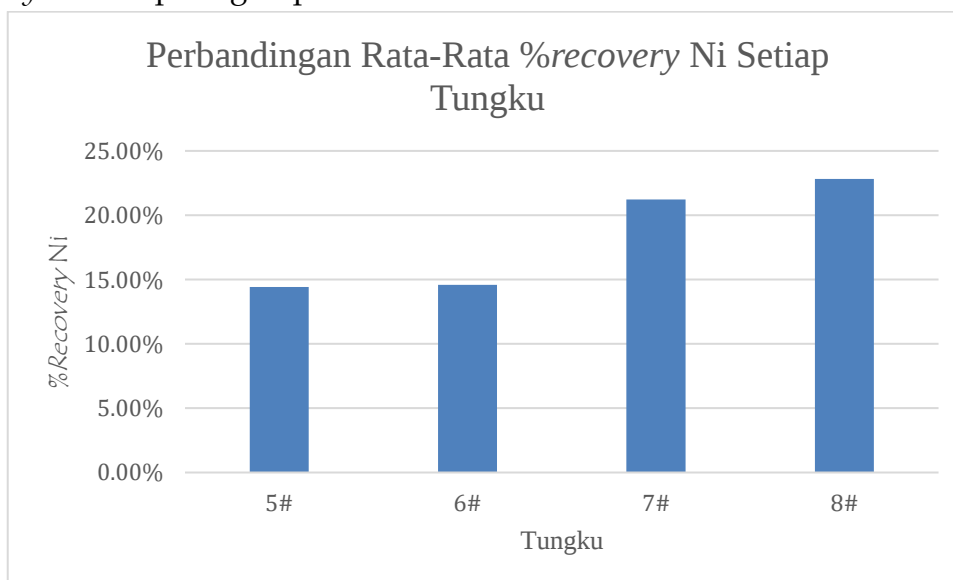
Proses Sulfidasi ini bertujuan untuk mendapatkan *Nickel-Sulfide* dari bijih saprolit. Teknik sulfidasi yang digunakan di tungku 7#8# merupakan metode yang baru dikembangkan oleh Tiongkok. Alasan proses sulfidasi yang dilakukan pada saat proses tapping agar tungku 7#8# dapat sewaktu-waktu tidak melakukan sulfidasi. Beda halnya dengan injeksi sulfur pada *Rotary Kiln* (RK) atau *Electric Furnace* (EF) yang proses sulfidasinya paten.

Berdasarkan jurnal "*Effect Of Sulfur In The Reductants On Sulfidation Mechanism Of Nickel Laterite*" karya Nurjaman et al., (2021), harga Ferronickel bergantung terhadap Nickel Grade di dalamnya. Sedangkan kandungan besi didalamnya tidak terlalu diperhatikan. Maka dari itu upaya untuk meningkatkan *recovery* nikel dilakukan dengan cara mengurangi *recovery* besi atau menghambat metalisasi besi. Selain itu, Nurjaman et al.. (2021) juga menyatakan pentingnya penggunaan belerang dalam proses reduksi selektif nikel laterit yang dapat menghambat metalisasi oksida besi. Hal ini dapat meningkatkan kadar nikel dan *recovery* dalam *crude*.

Penelitian dilakukan menggunakan antrasit dengan variasi kandungan sulfur 2,68% dan 5% sebagai reduktor. Dari hasil uji coba yang dilakukan

ditemukan bahwa antrasit dengan kandungan sulfur 5% menghasilkan kadar nikel dan recovery nikel yang lebih tinggi, yaitu masing-masing 3,564 dan 95,97%. Oleh karena itu, kandungan sulfur dalam antrasit dapat mensubstitusi penambahan sulfur secara aditif dalam reduksi selektif bijih nikel laterit.

Dari hasil pengambilan data di setiap tungku Smelter, hasil ekstraksi dari tungku 5#6# dengan tungku 7#8# memiliki recovery nikel yang berbeda. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan sulfur pada tungku 7#8# sebagai pereduksi selektif. Penggunaan Teknik sulfidasi memang diperuntukkan untuk mendapatkan persen ekstraksi yang lebih tinggi. Pertimbangan ini harus diserahkan kepada perusahaan agar dapat menentukan *output* yang diinginkan. Karena metode yang tidak menggunakan sulfidasi pada tungku 5# dan 6# akan menghasilkan produk Ferronickel. Adapun grafik perbandingan rata-rata %*recovery* Ni setiap tungku pada **Gambar 8**.



Gambar 8 Perbandingan Rata-Rata %*recovery* Ni Setiap Tungku

Berdasarkan pada **Tabel 1** dan **Gambar 8** Tungku 5 dan 6 menunjukkan kadar nikel berkisar antara 14,23% hingga 14,61%, dengan rata-rata sekitar 14,4%. Sebaliknya, tungku 7 dan 8 yang menggunakan teknik sulfidasi menghasilkan kadar nikel yang jauh lebih tinggi, yaitu antara 20,56% hingga 22,95%, dengan rata-rata sekitar 21,9%.

Menurut Zhang et al. (2019), sulfidasi membentuk senyawa nikel sulfida (NiS) yang lebih mudah direduksi dibanding nikel dalam bentuk oksida, sehingga mempercepat proses ekstraksi dan meningkatkan perolehan logam. Penambahan sulfur juga mengubah jalur termodinamika reduksi nikel yang lebih menguntungkan pada suhu tinggi (Zhou et al., 2020).

Tingginya kadar sulfur dalam hasil lab tungku 7 dan 8 (hingga 11,94%) menunjukkan keberhasilan proses sulfidasi. Dalam studi oleh Wang et al. (2018),

keberadaan sulfur dalam sistem reaksi dapat membantu pembentukan fase NiS yang stabil, sehingga meningkatkan efisiensi pemisahan nikel dari mineral pengotornya.

Dilihat dari hasil, metode sulfidasi yang digunakan di tungku 7 dan 8 meningkatkan kadar nikel hingga 50% lebih tinggi dibanding metode non-sulfida. Ini menjadikan teknik sulfidasi sebagai pendekatan yang lebih efisien dan ekonomis untuk meningkatkan hasil produksi nikel dari bijih laterit.

Penutup

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal yaitu Proses operasi yang dilakukan pada tungku 5#, 6#, 7#, dan 8# Smelter menggunakan *Rotary Kiln-Electric Furnace* (RKEF). Pada tungku 5# dan 6# membentuk *low-grade Ferronickel* (FeNi). Sedangkan pada tungku 7# dan 8# terjadi proses tambahan yaitu penambahan sulfur (sulfidasi) untuk membentuk *nickel-sulfide* (Ni₃S₂).

Saran

Dari penelitian ini Perlu optimasi untuk penambahan sulfur per ton kalsin yang diumpankan pada tungku 7#8# dengan tambahan data umpan kalsin yang masuk ke Electric Furnace.

Daftar Pustaka

- Boyd, D. A. (2016). Sulfur and its Role In Modern Material Sciene. *Angewandte Chemie International Edition*, 55, 2-19. <https://doi.org/10.1002/anie.201604615>
- Bratasena, M. E., Alfaraby, F., & Pramudita, R. D. (2020). Optimasi Sistem RKEF dan Bahan Bakar Alternatif pada Produksi Ferronickel untuk Meningkatkan Efektivitas Ekstraksi Industri Berbasis Nikel di Indonesia. *Upaya Industri Pertambangan dalam Menghadapi Pandemi Covid-19*.
- Crundwell, F. K., Moats, M. S., Ramachandran, V., Robinson, T. G., & Davenport, W. G. (2011). *Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt, and Platinum-Group Metals*. Amsterdam: Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63541-8>
- Dalvi, A. D., Bacon, W. G., & Osborne, R. C. (2004). The Past and the Future of Nickel Laterites. *JOM*, 56(5), 20-27. <https://doi.org/10.1007/s11837-004-0261-9>

- Diaz, C. M., Landolt, C. A., Vahed, A., Warner, A. M., & Taylor, J. C. (1988). A Review of Nickel Pyrometallurgical Operation. *JOM: the journal of the Minerals, Metals & Material Society*, 211-239. <https://doi.org/10.1007/BF03258548>
- Herlina, U., Miftahurrahman, M., Priadi, D., & Suharno, B. (2022). Effect of sulfur in the reductants on sulfidation mechanism of nickel laterite. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/361750455_Effect_of_sulfur_in_the_reductants_on_sulfidation_mechanism_of_nickel_laterite
- Hutabarat, I. (2021). Bahan Tayangan Kuliah Metalurgi Non-Ferrous 10. Bandung: Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung.
- Hutabarat, I. (2021). Bahan Tayangan Kuliah Metalurgi Non-Ferrous 11. Bandung: Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung.
- Nurjaman, F., Bahfie, F., Ulin, H., Astuti, W., & Suharno, B. (2020). Kajian Literatur Parameter Proses Reduksi Selektif Bijih Nikel Laterit. *JMI*, 42(2), 63-71. https://www.researchgate.net/publication/348255909_Kajian_Literatur_Parameter_Proses_Reduksi_Selektif_Bijih_Nikel_Laterit
- Setiawan, I. (2016). Pengolahan Nikel Laterit Secara Pirometalurgi: Kini Dan Penelitian Kedepan. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016, (pp. 1-7). Jakarta. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/837>
- Liu, F., Li, B., Wei, Y., Zhou, S., & Wang, H. (2023). Effect of Elemental Sulfur on the Reduction Process of Laterite Nickel Ore. *Materials Transactions*, 64(12). https://www.jstage.jst.go.jp/article/matertrans/64/12/64_MT-M2022189/_html/-char/ja
- U.S. Geological Survey (USGS). (2023). Mineral Commodity Summaries 2023: Nickel. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-nickel.pdf>
- Wang, L., Sun, W., & Wang, Q. (2018). Investigation of nickel extraction from low-grade laterite ores via selective sulfidation roasting. *Minerals Engineering*, 122, 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.03.012>

- Zhang, W., Li, Q., & Wang, J. (2019). Sulfidation roasting of laterite ores for enhanced nickel recovery. *Hydrometallurgy*, 185, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.02.005>
- Zhou, Y., Huang, S., & Zhang, X. (2020). Thermodynamic analysis of sulfidation roasting of nickel laterite ore. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 139(4), 2497–2506. <https://doi.org/10.1007/s10973-019-09066-9>

Biografi Singkat Penulis



Muhamad Ismatulloh adalah mahasiswa Program Studi Teknologi Metalurgi, Politeknik Energi dan Pertambangan (PEP) Bandung. Ia memiliki ketertarikan pada bidang karakterisasi material dan pengembangan teknologi proses metalurgi.



Gabriel Ricardo merupakan lulusan Program Studi Teknologi Metalurgi, PEP Bandung, tahun 2023. Selama masa studinya, ia aktif dalam berbagai kegiatan akademik dan proyek penelitian yang berfokus pada optimalisasi proses metalurgi ekstraktif.



Fahny Ardian adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Metalurgi, PEP Bandung. Ia memiliki pengalaman mengajar dan meneliti di bidang metalurgi, khususnya terkait proses ekstraksi dan karakterisasi material. Sebagai pembimbing, ia aktif mendampingi mahasiswa dalam pengembangan riset dan inovasi teknologi di bidang energi dan pertambangan.