



**PERBANDINGAN BATUBARA DAN  $\text{CaSO}_4$  SEBAGAI REDUKTOR DALAM PROSES  
REDUKSI BIJIH NIKEL LATERIT**

**Flaviana Yohanala Prista Tyassena<sup>1,\*</sup>, Tri Gustiany Agus<sup>1</sup>, Muhammad Aslam Nur<sup>1</sup>,  
Gyan Prameswara<sup>1</sup>, Idi Amin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia Mineral Politeknik ATI Makassar  
Jl. Sunu No.220, Kota Makassar, 90211

\*E-mail: flaviana.yohanala@atim.ac.id

*Masuk Tanggal : 20 Januari, revisi tanggal: 28 Februari, diterima untuk diterbitkan tanggal : 8 Juni 2022*

**Abstrak**

Berdasarkan data ESDM pada Tahun 2020 Indonesia memiliki 52% cadangan nikel yang ada di dunia. Cadangan nikel di Indonesia ini sebagian besar (90%) tersebar di Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, dan Maluku. Pirometalurgi konvensional merupakan metode pengkayaan mineral yang sering digunakan namun memiliki kelemahan dimana dibutuhkan energi yang besar dan berakibat pada biaya yang besar. Oleh karena itu saat ini banyak dilakukan penelitian untuk mengembangkan proses pirometalurgi suhu rendah dengan memanfaatkan reduktor. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan dua jenis reduktor, yaitu batubara dan  $\text{CaSO}_4$  serta melihat peranannya dalam proses reduksi selektif. Dua jenis reduktor, yaitu batu bara dan  $\text{CaSO}_4$ , masing-masing dicampur dengan ore nikel dengan perbandingan berat 1:4 dan 1:10. Proses reduksi selektif dilakukan dengan kalsinasi menggunakan furnace pada variasi suhu 800°C, 900°C, dan 1000°C selama 120 menit. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa reduktor  $\text{CaSO}_4$  pada suhu 1000°C menghasilkan % recovery yang lebih tinggi mencapai 36% dibandingkan dengan batubara yang hanya mencapai 17%. Kandungan Sulfur pada  $\text{CaSO}_4$  akan berikatan dengan besi membentuk FeS dan kalsium akan berikatan dengan silikat. Proses pemisahan secara magnetik lebih lanjut diperlukan untuk memisahkan pengotor-pengotor non-magnetik yang terbentuk, yaitu FeS dan  $\text{CaSi}_2\text{O}_5$  sehingga akan didapatkan % recovery nikel yang lebih tinggi. Sedangkan hasil yang tidak optimal pada batubara disebabkan karena rendahnya kandungan karbon, serta tingginya kandungan zat pengotor dan air.

**Kata Kunci:** Nikel, Pengkayaan, Mineral, Reduktor, Reduksi

**Abstract**

Based on ESDM data in 2020, Indonesia has 52% of the world's nickel reserves. Most of the nickel reserves in Indonesia (90%) are located in Central Sulawesi, South Sulawesi, Southeast Sulawesi and Maluku. Conventional pyrometallurgy is a mineral enrichment method that is often used but has the disadvantage that it requires large amounts of energy and results in high costs. Therefore, currently a lot of research is being done to develop a low temperature pyrometallurgical process by utilizing a reducing agent. This research was conducted with the aim of comparing two types of reducing agents, namely coal and  $\text{CaSO}_4$  and seeing their role in the selective reduction process. Two types of reducing agents, namely coal and  $\text{CaSO}_4$ , were mixed with nickel ore in a weight ratio of 1:4 and 1:10, respectively. The selective reduction process was carried out by calcining using a furnace at various temperatures of 800°C, 900°C, and 1000°C for 120 minutes. The results obtained showed that the reducing agent  $\text{CaSO}_4$  at a temperature of 1000°C produced a higher % recovery reaching 36% compared to coal which only reached 17%. Sulfur content in  $\text{CaSO}_4$  will bind to iron to form FeS and calcium will bind to silicate. Further magnetic separation process is required to separate the formed non-magnetic impurities, namely FeS and  $\text{CaSi}_2\text{O}_5$  so that a higher % nickel recovery will be obtained. While the results that are not optimal in coal can be caused by the low carbon content, as well as the high content of impurities and water.

**Keywords:** Nickel, Enriching, Mineral, Reductor, Reduction

## 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data ESDM pada Tahun 2020 [1] Indonesia memiliki cadangan nikel terbesar di dunia. Indonesia memiliki 52% cadangan nikel yang ada di dunia. Total cadangan Nikel yang tersimpan di Indonesia pada Tahun 2020 mencapai 72 juta ton. Cadangan nikel di Indonesia ini sebagian besar (90%) tersebar di Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, dan Maluku. Dengan adanya cadangan nikel yang besar ini Indonesia berperan penting dalam penyediaan bahan baku nikel di dunia.

Terdapat dua jenis bijih nikel yaitu *ore sulfida* dan *ore laterit* dimana 60% nikel di dunia adalah *ore laterit*. *Ore laterit* ini digolongkan lagi menjadi dua jenis yaitu *saprolit* yang berkadar nikel tinggi dan *limonit* yang berkadar nikel rendah. Bijih jenis *saprolit* mempunyai kandungan besi rendah dan magnesium serta silikat yang tinggi, sedangkan *limonit* adalah sebaliknya. Jenis bijih nikel akan menentukan metode pengolahan nikel yang sesuai [2].

Pirometalurgi adalah salah satu cara pengolahan mineral yang banyak digemari oleh industri. Menurut Nurjaman dkk, 2021 pirometalurgi cukup digemari karena prosesnya yang mudah, terbukti dapat menghasilkan produk yang tinggi, dan tanpa menghasilkan limbah kimia berbahaya [3]. Pirometalurgi konvensional yang sering digunakan untuk menghasilkan ferronikel biasanya memanfaatkan Blast Furnace atau *Rotary Kiln Electric Furnace (RKEF)*. Namun kedua metode ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan energi yang banyak karena suhu operasi yang dibutuhkan tinggi. Kebutuhan energi yang besar akan mengakibatkan pemborosan secara ekonomi, terutama untuk pengolahan bijih laterit. Oleh karena itu saat ini banyak dilakukan penelitian untuk mengembangkan proses pirometalurgi suhu rendah.

Proses reduksi selektif merupakan salah satu teknologi pirometalurgi tanpa suhu yang terlalu tinggi. Pada proses ini suatu bahan reduktor ditambahkan sebagai reduktor untuk membantu mereduksi senyawa oksida nikel dan sebagian senyawa oksida besi. Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Prasetyo, dkk, 2016 dan Devalini, 2018 menunjukkan bahwa reduksi pada suhu 600 – 1000 °C dapat meningkatkan kandungan nikel dalam ore jenis *saprolit* dan *limonit* [2,4].

## 2. PROSEDUR PERCOBAAN

### 2.1 Proses Persiapan

Penelitian ini dilakukan mengikuti alur dasar pengolahan mineral tahap awal. Pertama, bijih

nikel laterit yang berasal dari Sulawesi Tengah, Indonesia diayak menggunakan siever kasar dan siever halus pada rentang ukuran aperture 6300-180 µm. Berikutnya dilakukan proses ball milling atau proses kominusi untuk dapat memecah bijih dan membebaskan mineral yang terkandung di dalamnya. Kemudian kembali dilakukan pengayakan dengan rentang ukuran yang sama. Partikel yang lolos ayak (<180 µm) kemudian dianalisa terlebih dahulu dengan X-Ray Fluorescence agar dapat diketahui kandungan nikel dan mineral lainnya sebelum proses reduksi.

Ore nikel berukuran <180 µm diambil untuk kemudian dicampur dengan bahan reduktor. Terdapat dua jenis reduktor yang ingin dibandingkan pada penelitian ini, yaitu batu bara dan CaSO<sub>4</sub>. Batubara yang digunakan merupakan batubara jenis lignit yang berasal dari Kalimantan. Batubara yang telah dihancurkan dan diayak tersebut kemudian dicampur dengan sampel ore nikel dengan perbandingan 1 : 4 (berat) hingga homogen. Sampel jenis kedua dibuat dengan mencampurkan sampel ore nikel <180 µm dengan CaSO<sub>4</sub>. Kalsium sulfat yang digunakan dihancurkan hingga ukuran 200 mesh dan dikeringkan terlebih dahulu dengan oven. Kemudian ore nikel dicampur dengan CaSO<sub>4</sub> dengan perbandingan berat 1 : 10 .

### 2.2 Proses Reduksi

Proses reduksi selektif dilakukan dengan kalsinasi menggunakan furnace. Kedua jenis sampel yang telah ditambahkan reduktor kemudian direduksi pada variasi suhu 800°C, 900°C, dan 1000°C selama 120 menit. Sampel kemudian didinginkan secara alami tanpa melalui proses quenching, sebelum dianalisa.

### 2.3 Karakterisasi Mineral

Untuk mengetahui sifat dan keunikan dari sampel laterite ini maka dilakukanlah proses karakterisasi. Karakterisasi mineral dilakukan dengan analisis untuk mengetahui jumlah dan jenis mineral yang terdapat pada sampel dan juga untuk mengetahui kadar masing-masing elemen. Analisis kadar elemen di dalam sampel menggunakan X-Ray Fluorescence Rigaku Primini Benchtop dengan waktu scan 5 menit per sampel. Hasil analisa kemudian digunakan untuk menghitung nilai Recovery ore nikel dengan rumus berikut ini. [5]

$$\text{Recovery Nikel} = \frac{\% \text{ Nikel konsentrat}}{\% \text{ Nikel dalam Ore Laterit}} \quad (1)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

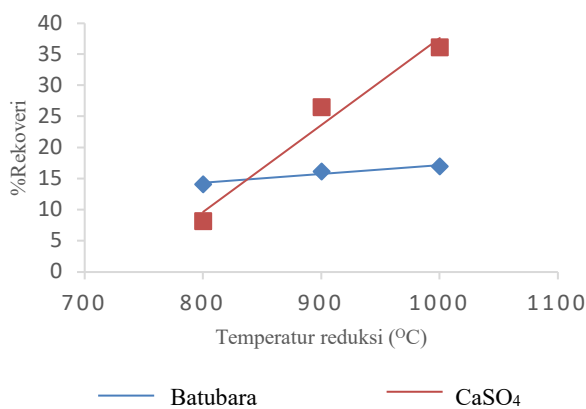
Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua jenis reduktor. Bahan

reduktor perlu ditambahkan untuk menambah kualitas nikel. Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan, proses reduksi selektif dengan menggunakan reduktor terbukti dapat meningkatkan kadar nikel. Tabel 1 menunjukkan komposisi bijih nikel sebelum diberikan perlakuan reduksi selektif.

Tabel 1. Hasil XRF bijih nikel sebelum reduksi

Unsur	% massa
Nikel	1.91 %
Cobalt	0.07 %
Silika	19.69 %
Aluminium	7.08 %
Besi	40.57 %
Kalsium	0.56 %
Magnesium	9.57 %

Hasil XRF menunjukkan unsur yang paling dominan terkandung pada bijih laterit adalah besi (Fe) sebanyak 40.57%, sedangkan nikel sendiri hanya terdapat 1.9% dari total sampel. Berdasarkan karakterisasi menggunakan XRF ini terlihat bahwa bijih laterit asal Morowali ini dapat digolongkan ke dalam bijih limonit, dimana terdapat kandungan besi yang dominan. Untuk dapat meningkatkan kandungan nikel pada ore, recovery besi harus ditekan. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menghambat peningkatan recovery besi adalah dengan menambahkan reduktor dalam proses reduksi. Bahan reduktor yang biasa digunakan dalam proses reduksi ore nikel adalah karbon, klorida, dan sulfat [6]. Oleh karena itu pada penelitian dipilih batubara untuk melihat pengaruh karbon dan CaSO<sub>4</sub> untuk melihat pengaruh sulfur dalam proses reduksi. Perbandingan dua reduktor pada berbagai temperatur tersaji pada Gambar 1.

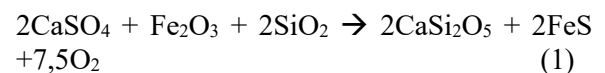


Gambar 1. Pengaruh penambahan reduktor batubara dan CaSO<sub>4</sub> pada suhu reduksi 800 – 1000 °C.

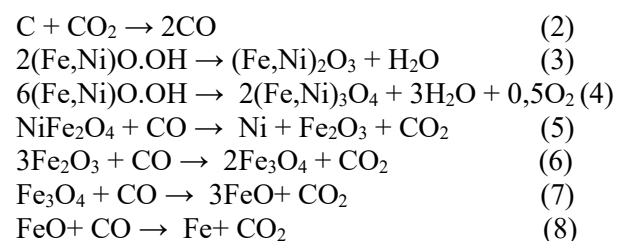
Hasil recovery nikel yang didapatkan dengan bahan reduktor batubara dan CaSO<sub>4</sub> dalam

berbagai suhu ditunjukkan pada Gambar 1. Grafik ini menunjukkan bahwa proses reduksi selektif dengan reduktor CaSO<sub>4</sub> pada suhu yang lebih tinggi menghasilkan % recovery nikel yang lebih tinggi. Suhu kalsinasi yang semakin tinggi akan membantu ore untuk mengalami dekomposisi sehingga nikel akan terlepas dari pengotor-pengotornya [2].

Pada Gambar 1 terlihat reduktor CaSO<sub>4</sub> menghasilkan % recovery nikel yang lebih tinggi dibandingkan reduktor batubara pada suhu 900 dan 1000°C. Nilai recovery tertinggi didapatkan untuk suhu 1000°C mencapai 36%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Suharno dkk. [7]. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dinyatakan bahwa reduktor berbasis sulfat akan menghasilkan kandungan nikel yang paling tinggi bila dibandingkan reduktor karbonat dan klorida. Penambahan CaSO<sub>4</sub> akan dapat meningkatkan selektifitas nikel dengan menurunkan kadar dari pengotor-pengotor yang tidak diinginkan. CaSO<sub>4</sub> yang dimasukkan sebagai reduktor akan terurai, dimana kalsium (Ca) akan mengikat senyawa silikat, sedangkan sulfur (S) akan berikatan dengan besi (Fe) menjadi FeS. Mekanisme reaksi ditunjukkan pada persamaan reaksi (1). Kalsium silikat dan FeS ini merupakan komponen non-magnetik yang akan menjadi tailing pada proses pemisahan selanjutnya [8]. Proses pemisahan selanjutnya, dalam hal ini adalah pemisahan secara magnetik, menjadi sangat penting untuk dilakukan agar didapatkan % recovery nikel yang lebih tinggi.



Li dkk. pada penelitian sebelumnya yang dilakukan menyebutkan bahwa material yang mengandung karbon, seperti batubara, kerap digunakan sebagai reduktor pada proses reduksi bijih nikel [9]. Reaksi Boudouard akan merubah karbon menjadi gas karbon monoksida (CO) yang akan mereduksi oksida logam [3]. Mekanisme reaksi yang terjadi ditunjukkan pada reaksi (2)-(8).



Pada hasil yang ditunjukkan pada Gambar 1 terlihat bahwa hasil % recovery nikel yang didapatkan untuk reduktor batubara tidak optimal walaupun perbandingan jumlah reduktor yang ditambahkan jauh lebih banyak (1:4) dibandingkan CaSO<sub>4</sub> (1:10). Hasil % recovery Ni tertinggi yang didapatkan dari reduktor batubara adalah 17% yang dicapai pada suhu 1000°C. Hal ini dapat dikaitkan dengan hasil analisa proksimat yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisa Proksimat Batubara

ASTM	% berat
Moisture	19.29%
Ash Content	5.41%
Volatile Matter	34.87%
Fixed Carbon	40.43%
Total Sulphur	0.173%

Analisa proksimat dari batubara yang digunakan menunjukkan bahwa *fix carbon* pada batubara yang digunakan tergolong cukup rendah, sebesar 40,43%. walaupun jumlah batubara yang ditambahkan 1:4 namun bila dihitung dari kandungan karbonnya, maka perbandingan antara *ore* dengan karbon hanya 1:10, sama seperti jumlah penambahan CaSO<sub>4</sub>. Kurangnya kandungan karbon pada batubara akan berakibat pada kurangnya jumlah gas monoksida (CO) yang terbentuk. Gas monoksida merupakan reduktor yang akan mereduksi oksigen yang terikat pada nikel dan besi sehingga menjadi NiO dan FeO. Faktor lain yang dapat berpengaruh adalah *volatile matter* atau kandungan zat pengotor pada batubara yang terbilang cukup tinggi, mencapai 34,87%. Kandungan VM yang tinggi hanya akan menjadi impurities pada hasil kalsinasi *ore*, sehingga akan menurunkan % *recovery* nikel. Besarnya kandungan air yang terkandung pada batubara (19.29%) juga akan menjadi penghambat dalam proses reduksi.

#### 4. KESIMPULAN

Penambahan CaSO<sub>4</sub> sebagai bahan reduktor dalam proses reduksi selektif bijih laterit nikel terbukti dapat meningkatkan kadar nikel dalam bijih, rekovery nikel mencapai 36%. Hasil ini didapatkan pada penambahan reduktor CaSO<sub>4</sub> dengan perbandingan berat 1:10 dan direduksi pada suhu 1000°C selama 120 menit. Kandungan Sulfur pada CaSO<sub>4</sub> akan berikatan dengan besi membentuk FeS dan kalsium akan berikatan dengan silikat. Proses pemisahan secara magnetik lebih lanjut diperlukan untuk memisahkan pengotor-pengotor non-magnetik dengan material magnetik seperti NiO, sehingga

akan didapatkan % rekovery nikel yang lebih tinggi.

Kandungan karbon pada batubara mencapai 40%, hal ini menjadi hambatan pada proses reduksi sehingga reduktor batubara tidak dapat mencapai hasil optimal. Begitupula dengan tingginya kandungan pengotor dan air pada batubara yang juga akan menjadi penghambat pada proses reduksi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] ESDM, "Peluang Investasi Nikel Indonesia," Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Available: <https://www.esdm.go.id/id/booklet/booklet-tambang-nikel-2020>, 2020.
- [2] Prasetyo, A.B., Setiawan, I., dan Meyta, "Analisis XRD dan SEM terhadap Hasil Kalsinasi pada Bijih Nikel Laterit Jenis Saproilit," disajikan pada Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta, 2016.
- [3] Nurjaman, F., Sari, Y., Handoko, A.S., Bahfie, F., Herlina, U., Miftahurrahman, M., Priadi, D., Ferdian, D., dan Suharno, B., "Effect of Sulfur in the Reductants on Sulfidation Mechanism of Nickel Laterite," Indonesian Mining Journal, Vol.24, No.2, pp. 93-103, October 2021.
- [4] Devalini, P.M., "Reduksi Langsung Bijih Nikel Laterit Limonitik dengan Variasi Massa Inner Coal dan Outer Coal Menggunakan Reaktor Bed Batu Bara Dolomit," Departemen Teknik Material. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2018.
- [5] Nurjaman, F., Sa'adah, A., Shofi, A., Apriyana, W. and Suharno, B., "The effect of additives and reductors in selective reduction process of laterite nickel ore", Jurnal Sains Materi Indonesia, 20(1), pp. 8–14. doi: 10.17146/jsmi.2018.20.1.5404. 2018.
- [6] Dong, J., Wei, Y., Zhou, S., Li, B., Yang, Y. And Mclean, A., "The effect of additives on extraction of Ni, Fe and Co from nickel laterite ores", JOM, 70(10), pp. 2365–2377. doi: 10.1007/s11837-018-3032-8. 2018.
- [7] Suharno, B., Nurjaman, F., Ramadini, C. and Shofi, A., "Additives in selective reduction of lateritic nickel ores: Sodium sulfate, sodium carbonate, and sodium chloride", Mining, Metallurgy & Exploration, 38(5), pp. 2145–2159. doi: 10.1007/s42461-021-00456-1. 2021.
- [8] Subagja, R., Prasetyo, A.B., dan Sari, W.M., "Peningkatan Kadar Nikel dalam Laterit Jenis Limonit dengan Cara Peletasi, Pemanggangan

- Reduksi, dan Pemisahan Magnet Campuran Bijih, Batubara, dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,” Jurnal Metalurgi, Vol. 2, pp. 103-115, Agustus, 2016.
- [9] Li, Y., Sun, Y., Han, Y. and Gao, P., “Coalbased reduction mechanism Of low-grade laterite ore”, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 23(11), pp. 3428–3433. doi: 10.1016/S1003-6326(13)62884-8. 2013.