

# PENINGKATAN KADAR NIKEL BIJIH LIMONIT MELALUI PROSES REDUKSI SELEKTIF DENGAN VARIASI WAKTU DAN PERSEN REDUKTOR

Muhammad Ikhwanul Hakim<sup>1,a</sup>, Andinnie Juniarsih<sup>1</sup>, Iwan Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jenderal Sudirman Km 3 Cilegon, Banten 42435, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI Gedung 470, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan

<sup>a</sup> m.ikhwanulhakim@gmail.com

**Abstrak.** Indonesia memiliki cadangan bijih laterit dalam jumlah yang melimpah, salah satunya dalam bentuk bijih limonit. Akan tetapi bijih limonit jarang dipilih oleh industri untuk dijadikan sebagai bahan baku karena hanya mengandung sedikit nikel. Beberapa proses dapat digunakan untuk meningkatkan kadar nikel di dalam bijih limonit, salah satunya adalah proses reduksi. Proses reduksi merupakan proses untuk mereduksi logam oksida menjadi logam dengan menggunakan reduktor tertentu. Reduksi selektif juga berarti mereduksi logam oksida apa saja dan mencegah reduksi senyawa oksida lain yang terdapat pada bijih. Proses ini diharapkan dapat membebaskan nikel dari pengotornya sehingga akan meningkatkan kadar nikel. Salah satu daerah yang mempunyai cadangan bijih limonit dalam jumlah besar berada di Sangaji, Halmahera Timur dengan kadar nikel 0,8 - 1,5% dan besi 40 - 50%<sup>[2]</sup>. Penelitian dilakukan dengan variabel waktu 30, 60, 120 dan 180 menit dengan variasi penambahan reduktor yaitu 0, 7, 14 dan 21%. Analisis awal menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDX. Setelah proses reduksi, sampel dianalisis akhir menggunakan XRD, SEM-EDX dan AAS untuk mengetahui peningkatan kadar Ni pada sampel tersebut. Kadar Ni optimum yang diperoleh dari variasi waktu yaitu pada waktu 180 menit sebesar 1,34% dengan persen ekstraksi sebesar 57,67%. Sedangkan kadar Ni optimum yang diperoleh dari variasi penambahan reduktor yaitu pada penambahan 14% reduktor sebesar 1,74% dengan persen perolehan sebesar 89,35%.

**Keyword:** limonit, reduksi, waktu, reduktor, kadar Ni

## Pendahuluan

Sumber daya nikel Indonesia diperkirakan mencapai 2,633 milyar ton bijih dengan cadangan sebesar 577 juta ton bijih<sup>[1]</sup>. Keberadaan bijih limonit sebenarnya terletak dekat dengan permukaan, berbeda dengan bijih saprolit yang harus dilakukan eksplorasi lebih mendalam karena berada di bawah bijih limonit.

Bijih limonit jarang dipilih oleh industri nikel untuk dijadikan bahan baku karena hanya mengandung sedikit nikel. Kecenderungan industri-industri yang hanya mengolah bijih nikel dengan kandungan yang tinggi, menyebabkan persediaan bijih nikel laterit jenis saprolit di Indonesia terus berkurang. Akibatnya, industri pertambangan tidak dapat bertahan karena hanya bergantung dengan bijih saprolit yang cadangannya semakin menipis.

Salah satu daerah yang mempunyai cadangan besar berada di Sangaji, Halmahera Timur dengan kadar nikel 0,8 - 1,5% dan besi 40 - 50%<sup>[2]</sup>. Mengingat bijih limonit mengandung lebih banyak besi dan sedikit nikel, bijih limonit tidak bisa langsung diolah seperti halnya bijih saprolit. Kadar nikel dalam bijih saprolit diatas 1,5% memungkinkan untuk langsung diolah melalui jalur peleburan. Berbeda halnya dengan bijih limonit yang memiliki kadar nikel rata-rata dibawah 1,5% tidak memungkinkan untuk langsung diolah melalui jalur peleburan karena selain mengeluarkan

biaya yang cukup tinggi dan hasil yang didapatkan sangat minim, proses tersebut tidak bisa mendapatkan kadar nikel yang murni.

Bijih limonit perlu dilakukan proses untuk meningkatkan kadar nikel, salah satunya yaitu reduksi selektif. Reduksi selektif adalah proses reduksi logam oksida menjadi logam menggunakan reduktor tertentu yang dilakukan pada temperatur dibawah titik lebur oksida tersebut<sup>[3]</sup>. Reduksi selektif dipilih karena proses peningkatan kadar nikel jauh lebih mudah dan lebih cepat. Menurut Man Jiang, proses reduksi selektif dapat meningkatkan kadar nikel<sup>[4]</sup>.

Waktu dan penambahan persen reduktor saat proses reduksi selektif sangat mempengaruhi untuk mendapatkan kadar nikel yang optimum. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, semakin lama waktu proses reduksi akan memberikan kecenderungan terhadap peningkatan persen perolehan konsentrat<sup>[5]</sup>. Selain itu, semakin besar jumlah persen reduktor yang digunakan akan semakin tinggi konsentrat yang dihasilkan<sup>[5]</sup>.

Adanya proses seperti reduksi, maka besar harapan kedepannya agar industri dalam negeri untuk mengolah bijih limonit. Berdasarkan Peraturan Menteri dan Sumber Daya Mineral, Indonesia harus meningkatkan nilai tambah mineral melalui kegiatan pengolahan dan pemurnian mineral di dalam negeri<sup>[7]</sup>. Maka dari itu, industri pengolahan tambang perlu melihat fenomena ini sebagai peluang guna turut andil dalam mengolah bijih limonit yang masih melimpah di Indonesia.

## Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan bahan yaitu bijih limonit, sulfur dan grafit. Ketiga bahan tersebut dilakukan pengeringan dan dipreparasi hingga berukuran -200 +230# kemudian dianalisis awal. Bijih limonit diambil sebanyak 100 gram lalu dicampurkan sulfur sebanyak 7% dan grafit yang divariasikan yaitu 0, 7, 14 dan 21%. Hasil pencampuran tersebut dilakukan pelletizing menggunakan perekat yaitu aquadest. Pelet dikeringkan di oven selama 2 jam kemudian di reduksi menggunakan muffle furnace. Variabel waktu menggunakan sampel 100 gram limonit, 7 gram sulfur dan 7 gram grafit dengan variasi waktu 30, 60, 120 dan 180 menit pada temperatur 1100°C. Sedangkan untuk variabel reduktor menggunakan 100 gram limonit, 7 gram sulfur dan variasi grafit yaitu 0, 7, 14 dan 21 gram. Setelah direduksi, sampel digerus kembali untuk dianalisis akhir menggunakan AAS, XRD dan SEM-EDX.

## Hasil dan Pembahasan

### Analisis Awal Bijih Limonit

Bijih limonit dilakukan analisis awal menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescent*) yaitu teknik analisis yang dapat menganalisis unsur-unsur yang membangun suatu material. XRF digunakan untuk mengetahui semua kandungan yang ada di dalam bijih limonit dengan akurasi yang relatif tinggi. **Tabel 1** menunjukkan komposisi unsur pada bijih limonit serta kadar dalam persen berat hasil XRF.

**Tabel 1** Data Analisis XRF Komposisi Unsur Pada Bijih Limonit

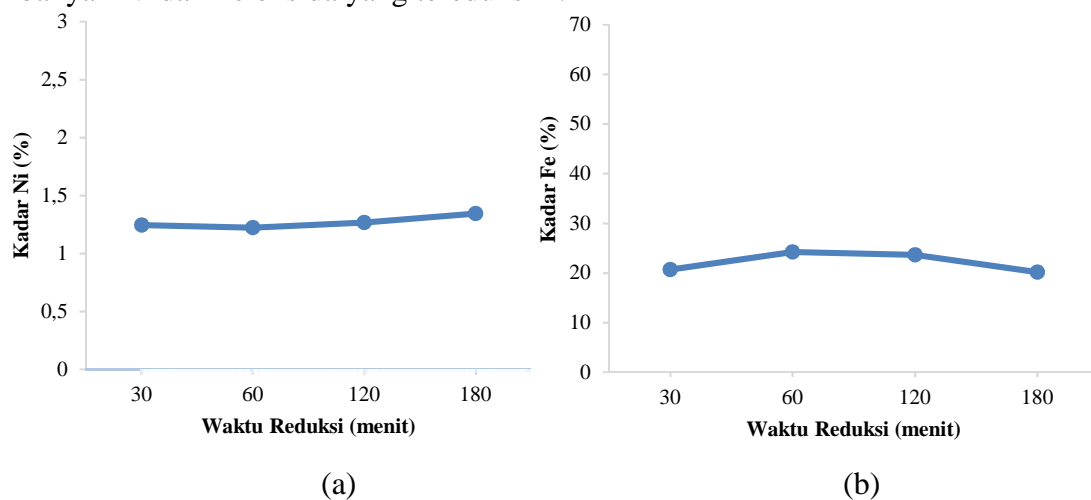
Komponen	Fe	Si	Al	Cr	Mn	Ni	Co	Mg	Ca
Kadar (% berat)	24,34	6,93	1,23	0,53	1,08	1,11	0,13	1,82	0,086

Untuk melihat komposisi senyawa pada bijih limonit dapat dilihat pada Tabel A.2. Analisis awal pada Tabel A.2 sesuai dengan penelitian terdahulu yang sudah pernah diteliti oleh beberapa ahli, yakni bijih limonit memiliki kadar Ni <1,5%, kadar Fe oksida >40%, kandungan SiO<sub>2</sub> <20%, kadar MgO <5%, kadar Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> <5% dan Co <2%<sup>[12]</sup>.

## Pengaruh Waktu Reduksi Terhadap Kadar Serta Persen Ekstraksi Fe dan Ni

Salah satu variabel yang sangat mempengaruhi hasil dari proses reduksi adalah waktu reduksi. Secara teoritis, semakin lama waktu proses reduksi, intensitas puncak fasa logam juga akan semakin meningkat dan intensitas pengotor akan turun<sup>[7]</sup>. Variasi waktu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 30 menit, 60 menit, 120 menit dan 180 menit. Sedangkan variabel tetapnya yaitu ditambahkan reduktor sebanyak 7% dan zat aditif sulfur sebanyak 7% masing-masing diambil dari berat awal sampel bijih limonit. Reduksi dilakukan pada temperatur 1100°C.

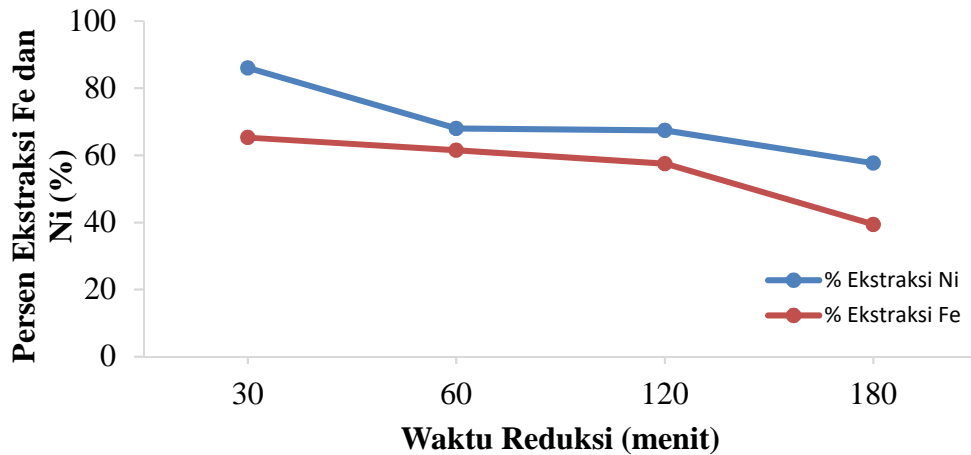
Kadar Ni tertinggi yang didapat adalah pada waktu reduksi selama 180 menit. Berdasarkan **Gambar 1(a)**, kadar Ni yang didapat cenderung mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya waktu proses reduksi. Kadar Ni yang didapat pada variasi waktu reduksi 30, 60, 120 dan 180 menit masing-masing adalah 1,24%; 1,22%; 1,26%; dan 1,34%. Tentunya kadar Ni yang memiliki kecenderungan peningkatan ini sangat diharapkan. Hal ini karena gas CO yang dihasilkan akan semakin banyak dan waktu kontak semakin lama, sehingga semakin lama waktu reduksi akan semakin banyak Ni dan Fe oksida yang tereduksi<sup>[4]</sup>.



**Gambar 1.** Pengaruh Waktu Reduksi Terhadap Persen Kadar Ni (a) dan Fe (b) dengan Penambahan Reduktor 7% pada Temperatur 1100°C

Berbeda halnya dengan kadar Fe yang didapat pada **Gambar 1(b)** mengalami kecenderungan penurunan. Kadar Fe yang didapat pada variasi waktu reduksi 30, 60, 120 dan 180 menit masing-masing adalah 20,7%; 24,23%; 23,66%; dan 20,16%. Kadar Fe yang didapat setelah proses reduksi lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar Fe yang ada pada bijih limonit awal. Hal ini disebabkan karena jumlah reduktor yang diperlukan untuk mereduksi besi oksida maupun nikel oksida berkurang dengan seiring bertambahnya waktu reduksi. Akibatnya sebagian dari nikel dan besi yang telah mengalami proses reduksi akan teroksidasi kembali dan nikel oksida yang terbentuk akan bereaksi dengan magnesium silikat<sup>[9]</sup>. Variasi waktu yang terbaik jika dibandingkan keseluruhan adalah pada proses reduksi selama 180 menit karena didapat selektivitas Ni yang tinggi dengan kadar Fe yang lebih rendah.

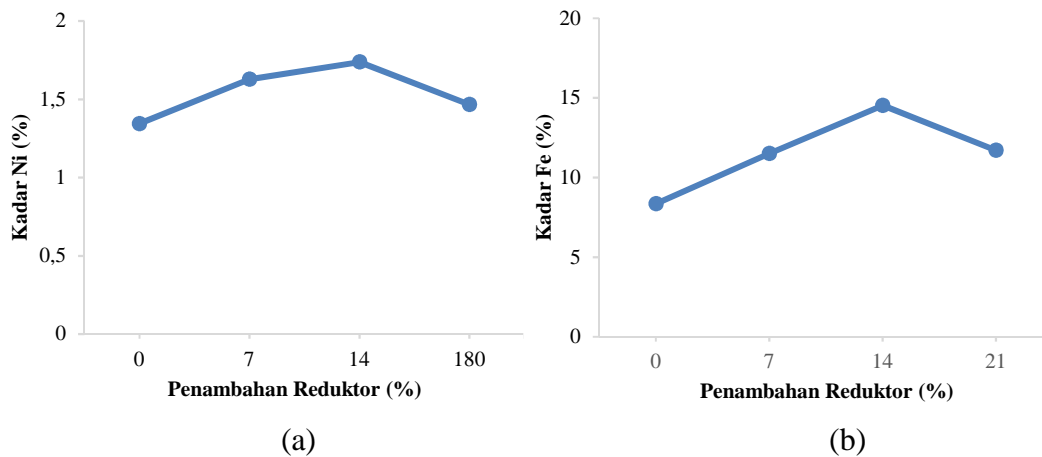
Persen ekstraksi Ni maupun Fe pada **Gambar 2** cenderung mengalami penurunan. Persen ekstraksi Ni yang didapat pada variasi waktu reduksi 30, 60, 120 dan 180 menit masing-masing adalah 86,07%; 68,01%; 67,45%; dan 57,67%. Sedangkan persen ekstraksi Fe yang didapat pada variasi waktu reduksi 30, 60, 120 dan 180 menit masing-masing adalah 65,29%; 61,53%; 57,52%; dan 39,43%. Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi kadar Ni dan Fe yang didapat maka persen ekstraksi untuk kedua unsur tersebut akan turun karena nilai kadar dan persen ekstraksi berbanding terbalik.



**Gambar 2.** Pengaruh Waktu Reduksi Terhadap Persen Ekstraksi Fe dan Ni (%) dengan Penambahan Reduktor 7% pada Temperatur 1100°C

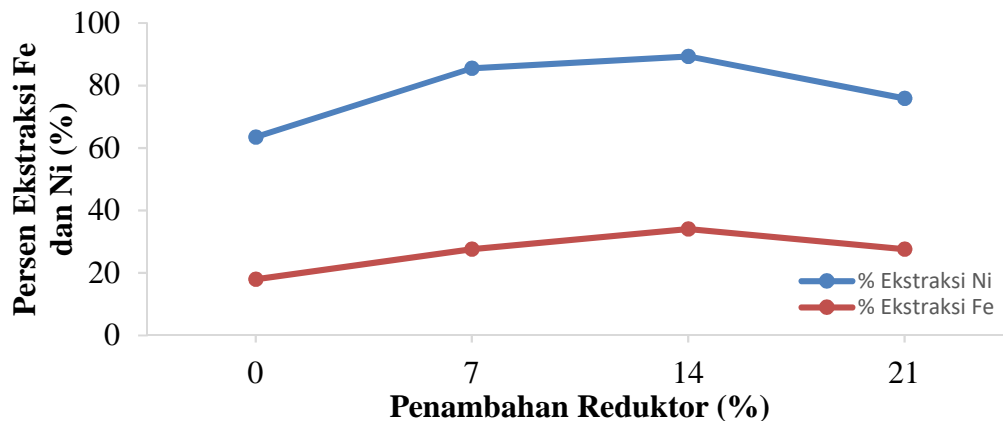
### Pengaruh Reduktor Terhadap Kadar Serta Persen Ekstraksi Fe dan Ni

Variabel penambahan reduktor juga sangat mempengaruhi hasil dari proses reduksi selektif. Penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo, dkk menunjukkan bahwa semakin besar jumlah persen reduktor yang digunakan akan semakin tinggi konsentrasi yang dihasilkan<sup>[4]</sup>. Variasi penambahan reduktor pada penelitian ini adalah 0, 7, 14 dan 21% grafit dari berat awal sampel bijih limonit. Variabel tetap yang digunakan yaitu penelitian dilakukan pada temperatur 1100°C dengan waktu selama 180 menit dan penambahan zat aditif sulfur sebanyak 7% dari berat awal sampel bijih limonit. Grafik pada **Gambar 3** menunjukkan bahwa kadar Ni dan Fe mengalami kenaikan hanya sampai penambahan reduktor sebesar 14%.



**Gambar 3.** Pengaruh Penambahan Reduktor Terhadap Persen Kadar Ni (a) dan Fe (b) pada Temperatur 1100°C Selama 180 Menit

Kadar Ni yang didapat pada variasi penambahan reduktor 0, 7, 14 dan 21% masing-masing adalah 1,34%; 1,63%; 1,74%; dan 1,47%. Hal tersebut terjadi karena semakin tinggi penambahan reduktor, kadar Ni dan Fe yang didapat mengalami peningkatan namun pada saat kandungan karbon telah mencapai nilai optimal, penambahan karbon selanjutnya akan menyebabkan terbentuknya residu karbon dalam jumlah besar yang akan menghalangi berlangsungnya proses reduksi<sup>[8]</sup>. Kadar Fe yang didapat pada variasi penambahan reduktor 0, 7, 14 dan 21% masing-masing adalah 8,35%; 11,52%; 14,53%; dan 11,70%. Penambahan reduktor yang melebihi nilai optimal menyebabkan penurunan kadar Ni dan Fe. Apabila reduktor ditambahkan dalam jumlah semakin berlebih, maka atmosfer di dalam krusibel semakin reduktif memungkinkan bagi Fe dan Ni metalik untuk teroksidasi lagi menjadi bentuk oksidanya<sup>[9]</sup>.



**Gambar 4.** Pengaruh Penambahan Reduktor Terhadap Persen Ekstraksi Fe dan Ni (%) pada Temperatur 1100°C Selama 180 Menit

**Gambar 4** memperlihatkan persen ekstraksi Ni yang didapat pada variasi penambahan reduktor 0, 7, 14 dan 21% masing-masing adalah 63,49%; 85,59%; 89,35%; dan 75,86%. Sedangkan untuk persen ekstraksi Fe yang didapat pada variasi penambahan reduktor 0, 7, 14 dan 21% masing-masing adalah 18,00%; 27,63%; 34,1%; dan 27,65%.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

1. Waktu proses reduksi selektif mempengaruhi peningkatan kadar nikel. Secara teoritis, semakin lama waktu proses reduksi, intensitas puncak fasa logam juga akan semakin meningkat dan intensitas pengotor akan turun<sup>[8]</sup>. Kadar nikel tertinggi yang didapat pada variabel waktu reduksi yaitu 1,34% dengan persen perolehan yang terendah yaitu 57,67%. Kadar Fe pada variasi ini merupakan yang terendah yaitu 20,16% dengan perolehan sebesar 39,43%.
2. Variabel penambahan reduktor juga sangat mempengaruhi hasil dari proses reduksi selektif. Semakin tinggi penambahan reduktor, kadar Ni dan Fe yang didapat mengalami peningkatan namun pada saat kandungan karbon telah mencapai nilai optimal, penambahan karbon selanjutnya akan menyebabkan terbentuknya residu karbon dalam jumlah besar yang akan menghalangi berlangsungnya proses reduksi<sup>[8]</sup>. Kadar nikel tertinggi yang didapat pada variabel persen reduktor yaitu 1,74% dengan persen perolehan yang didapat yaitu 89,35%. Kadar Fe pada variasi ini yaitu 14,53% dengan perolehan sebesar 34,1%.

### Saran

1. Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah perlunya dilakukan proses konsentrasi seperti *magnetic separation* agar didapat kadar konsentrat nikel yang tinggi.

### Daftar Pustaka

- [1] Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. *Kajian Supply Demand Mineral*. Jakarta.
- [2] Binudi. R, dan Edi. H. 2008. *Penelitian Pendahuluan Pembuatan Nickel Containing Pig Iron (NCPI)*. Prosiding Seminar Material Metalurgi.
- [3] Alain Vignes. 2011. *Extractive Metallurgy 1: Basic Thermodynamics and Kinetics*. ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. Great Britain and United States.
- [4] Jiang. Man, dkk. 2013. *Mechanism of Sodium Sulfate in Promoting Selective Reduction of Nickel Laterite Ore During Reduction Roasting Process*. China.
- [5] Prasetyo. Agus Budi, dkk. 2014. *Optimasi Proses Reduksi Bijih Nikel Laterit Jenis Limonit Sebagai Bahan Baku NPI (Nickel Pig Iron)*. LIPI.

- [6] Brand, W., Butt, R. & Elias, M., 1998. *Nickel Laterites: Classification and Features*. Journal of Australian Geology and Geophysics. 17(4), pp.81-88.
- [7] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2014. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2014*. Jakarta.
- [8] Li, J., Bunney, K., Walting, H.R., Robinson, D.J., 2013. *Thermal Pretreatment of Refractory Limonite Ores to enhance the Extraction of Nickel and Cobalt under Heap Leaching Condition*. Minerals Engineering 41 page 71-78.
- [9] Zhou, S., Wei, Y., Li, B, Wang, H., Ma, B., Wang, C. 2015. *Chloridization And Reduction Roasting Of Highmagnesium Low-Nickel Oxide Ore Followed By Magnetic Separation To Enrich Ferronickel Concentrate*. Metallurgical And Materials Transactions B Page 1-9. J.