

# OPTIMASI PROSES REDUKSI BIJIH NIKEL LATERIT JENIS LIMONIT SEBAGAI BAHAN BAKU NPI (*NICKEL PIG IRON*)

Agus Budi Prasetyo\*, F. Firdiyono, Ani Febriana  
Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI  
Gedung 470, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan  
E-mail : \*chencen\_abp@yahoo.com

Masuk tanggal : 04-01-2014, revisi tanggal : 13-03-2014, diterima untuk diterbitkan tanggal : 21-03-2014

## Intisari

**OPTIMASI PROSES REDUKSI BIJIH NIKEL LATERIT JENIS LIMONIT SEBAGAI BAHAN BAKU NPI (*NICKEL PIG IRON*).** Telah dilakukan percobaan reduksi bijih nikel laterit jenis limonit sebagai bahan baku pembuatan NPI (*nickel pig iron*) yang berasal dari Sangaji, Halmahera. Percobaan ini dimaksudkan untuk meningkatkan kadar Ni dan Fe. Tahapan percobaan yaitu penggerusan bijih nikel limonit sampai menjadi ukuran -80 mesh, analisa sampel untuk mengetahui kadar Ni dan Fe di dalam bijih, pembuatan pelet, proses reduksi dan pemisahan dengan magnetik separator. Dari analisis awal bijih nikel laterit jenis limonit diperoleh kadar NiO sebesar 1,42 % dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 69,55 %. Sebagian bijih kemudian dibuat pelet dengan menambahkan batubara sebagai reduktor dan bentonit sebagai binder. Proses reduksi dilakukan menggunakan *muffle furnace*. Variabel yang digunakan yaitu perbedaan temperatur 900 °C - 1100 °C, waktu reduksi selama 1 sampai 4 jam serta perbedaan % reduktor batubara sebesar 5 %, 7,5 %, 10 %, 12,5 % dan 15 %. Hasil Reduksi kemudian di konsentrasi menggunakan magnetik separator. Hasil konsentrasi berupa konsentrat dan tailing kemudian dianalisis dengan AAS (*atomic absorption spectroscopy*) untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kadar Ni dan Fe setelah dilakukan reduksi. Hasil analisis AAS dari konsentrat menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur reduksi akan semakin tinggi kadar Ni dan Fe. Dari hasil percobaan di atas diperoleh data optimum yaitu pada suhu 1100 °C dengan reduktor 7,5 % dan waktu reduksi selama 3 jam.

*Kata kunci : Nikel laterit, Limonit, Nickel Pig Iron (NPI), Reduksi, Konsentrat, Tailing*

## Abstract

**OPTIMIZATION OF LIMONITIC NICKEL LATERITE REDUCTION AS RAW MATERIAL OF NPI (*NICKEL PIG IRON*).** Experiment in reduction has been done to the limonite type of nickel laterite derived from Sangaji, Halmahera, as raw material to produce Nickel Pig Iron (NPI). This experiment was intended to increase the Ni and Fe content. The stages of experiment consist of : grinding process to reduce limonite ore up to - 80 mesh, analysis of Ni and Fe content in groundes limonite, pelletizing, reduction process, and magnetic separation. From the initial analysis of limonite ore was obtained 1.42 % NiO and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> at 69.55 %. Most of the ore then was formed to pellets by adding coal as reductant and bentonite as binder. The reduction process was done using *muffle furnace*. The variable for reduction test were covering : temperature differences from 900 to 1100 °C and reduction time 1 to 4 h and then variable amount of reductant coal difference of 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, and 15%. The result of reduction was separated using magnetic separator into the form of concentrates and tailings which were then analyzed by AAS (*atomic absorption spectroscopy*) to determine how much increasing Ni and Fe content after reduction. The results of AAS analysis showed that the higher the temperature reduction, the higher Ni and Fe content in concentrate. The results showed that the optimum temperature was 1100 °C with 7.5% reductant and reduction time for 3 h.

*Keywords : Nickel laterite , Limonite , Nickel Pig Iron (NPI), Reduction, Concentrate, Tailing*

## PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai cadangan nikel laterit yang cukup besar, di mana lebih dari 2 milyar ton cadangan berupa laterit nikel

kadar rendah<sup>[1]</sup>. Salah satu daerah yang mempunyai cadangan besar berada di Halmahera dengan kadar nikel 0,8-1,5% dan besi 40-50%<sup>[2]</sup>. Pemanfaatan bijih nikel laterit yang mengandung unsur nikel

dan besi untuk industri baja telah dilakukan sejak Indonesia mencanangkan regulasi tentang penggunaan bahan baku lokal sebagai sumber daya alam sebesar-besarnya untuk memberikan nilai tambah bahan baku lokal tersebut. Selain itu dengan diberlakukannya UU Minerba No. 4 tahun 2009 yang mengharuskan perusahaan pertambangan mengolah bahan mineral sebelum dipasarkan, serta dengan mempertimbangkan potensi yang ada, pengembangan *pig iron* yang mengandung nikel dan besi sebagai bahan baku material baja tahan karat akan sangat menarik. Hal ini akan menjadi tumpuan industri logam tahan karat di Indonesia<sup>[1]</sup>. Lebih dari 90% nikel dipergunakan dalam bentuk paduan, karena penambahan nikel dalam paduan dapat memberikan beberapa sifat unggul pada paduan tersebut<sup>[3]</sup>. Sifat unggul tersebut antara lain sifat ketahanan terhadap korosi, peningkatan kekuatan, dan sifat-sifat fisik khusus lainnya.

*Nickel pig iron (NPI)* adalah feronikel *grade* rendah yang mengandung 3-5% Ni<sup>[4]</sup>. Kandungan nikel tersebut jauh lebih rendah jika dibanding dengan feronikel konvensional yaitu 25-40% Ni. Salah satu negara yang memproduksi NPI adalah Cina yang membuat NPI dari bahan baku bijih laterit kadar rendah yang diimpor dari Filipina dan Indonesia. NPI pertama kali diproduksi di China dari bijih nikel laterit kadar rendah menggunakan tanur tiup atau bisa juga menggunakan tungku busur listrik<sup>[5]</sup>. Dari tanur tiup dihasilkan NPI dengan kandungan 1,5-8% Ni, sedangkan dari tungku busur listrik dihasilkan NPI dengan kandungan 10-25% Ni. Bijih nikel laterit yang mengandung 0,8-2% Ni yang diolah dengan tanur tiup mini dapat menghasilkan NPI yang selanjutnya dapat digunakan untuk memproduksi baja tahan karat seri 300 menggunakan NPI 4-5% Ni sedangkan untuk seri 400 dapat menggunakan NPI >5% Ni<sup>[6]</sup>.

Proses pembuatan NPI secara umum meliputi tahapan pengeringan bahan baku, preparasi, peletasi, kalsinasi/reduksi, diikuti dengan peleburan. Pembuatan NPI

di Indonesia oleh industri sudah dilakukan oleh PT. Indoferro yang merupakan satu-satunya produsen NPI di Indonesia. Pada penelitian ini akan dilakukan percobaan peningkatan kadar Ni dan Fe dari bijih nikel laterit kadar rendah jenis limonit dengan variasi percobaan berupa waktu reduksi, temperatur reduksi, dan jumlah reduktor.

## PROSEDUR PERCOBAAN

Prosedur percobaan yang dilakukan diilustrasikan pada Gambar 1. Sampel bijih nikel kadar rendah jenis limonit diperoleh dari Sangaji, Halmahera. Sampel dipreparasi dengan menggunakan *jaw crusher* dan dihaluskan dengan *disk mill* untuk menghasilkan ukuran butiran -80 mesh. Sebagian sampel dianalisis menggunakan XRF (*X-ray fluorescence*). Hasil analisis awal terhadap bijih limonit dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis XRF bijih laterit kadar rendah jenis limonit

Oksida	Konsentrasi (%)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	69,55
SiO <sub>2</sub>	14,84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,63
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,56
MnO	1,4
NiO	1,42
CoO	0,2
MgO	3,04
CaO	0,12

Hasil dari preparasi selanjutnya dibuat menjadi pelet dengan ditambah batubara dan bentonit sebagai reduktor dan *binder*-nya. Reduktor menggunakan batubara yang berasal dari Dongdang, Kalimantan Timur. Hasil analisis proksimat dan ultimat terhadap batubara tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Pelet dikeringkan dalam oven kemudian direduksi dengan menggunakan *spread furnace*, tipe

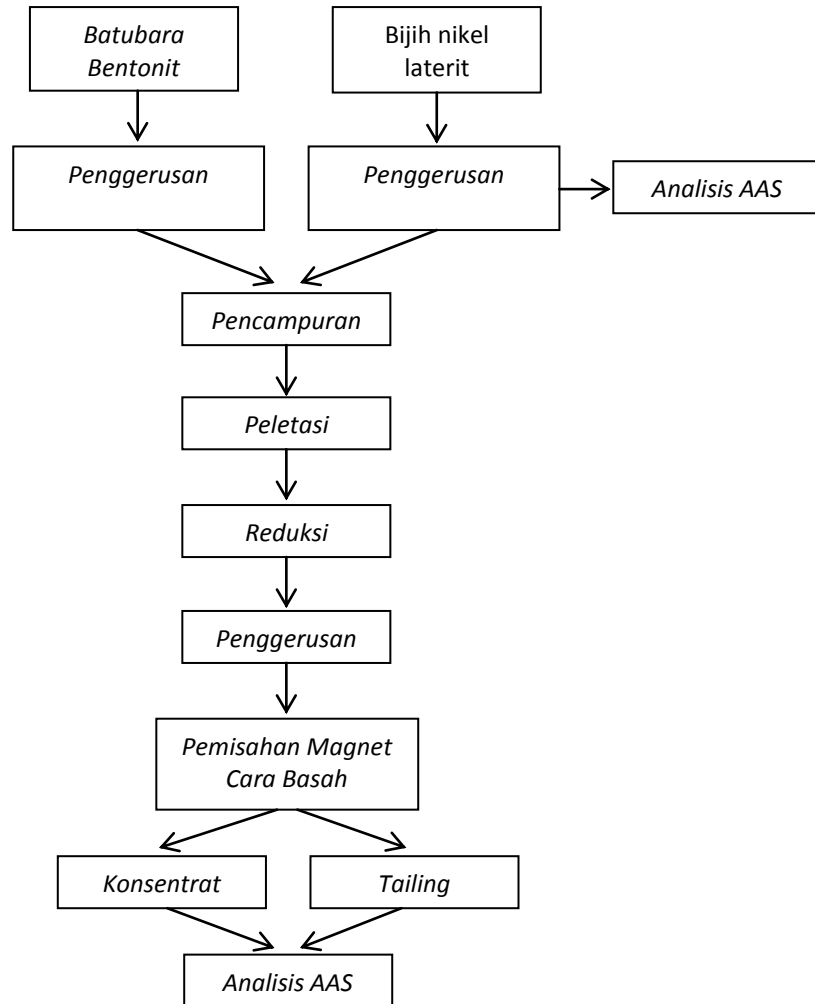
*carbolite* yang dapat digunakan untuk memanaskan sampel hingga 1200 °C.

Variabel temperatur yang digunakan dalam percobaan reduksi, yaitu 900, 950, 1000, dan 1100 °C dengan waktu reduksi

bervariasi antara 1 sampai 4 jam, dan jumlah batubara yang digunakan dalam proses reduksi ini adalah: 5, 7,5 , 10, 12,5 dan 15%.

**Tabel 2.** Hasil analisa proximat dan ultimat batubara dari daerah Dongdang, Kalimantan Timur

Fixed carbon	Volatile Matter	Ash Content	Moisture	Nilai Kalor
33,4%	43,3%	13,5%	9,85%	5555,1kal



**Gambar 1.** Diagram alir percobaan reduksi bijih nikel laterit jenis Limonit

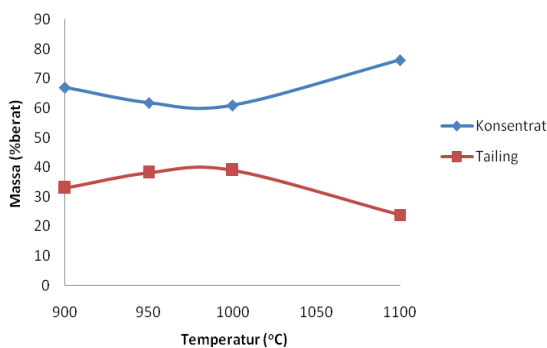
Pelet hasil reduksi digerus terlebih dahulu dengan menggunakan *disk mill*, selanjutnya dikonsentrasikan menggunakan magnetik separator basah merek Schimadzu. Magnetik separator ini dioperasikan pada 4 Ampere dan 59-60 Volt untuk mendapatkan konsentrat dengan kadar Fe dan Ni yang

tinggi, serta *tailing* dengan kadar Fe dan Ni yang rendah<sup>[7]</sup>. Konsentrat dan *tailing* dari hasil pemisahan tersebut masing-masing dianalisis dengan menggunakan AAS (*atomic absorption spectroscopy*) untuk mengetahui kenaikan kadar Fe dan Ni pada sampel hasil reduksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

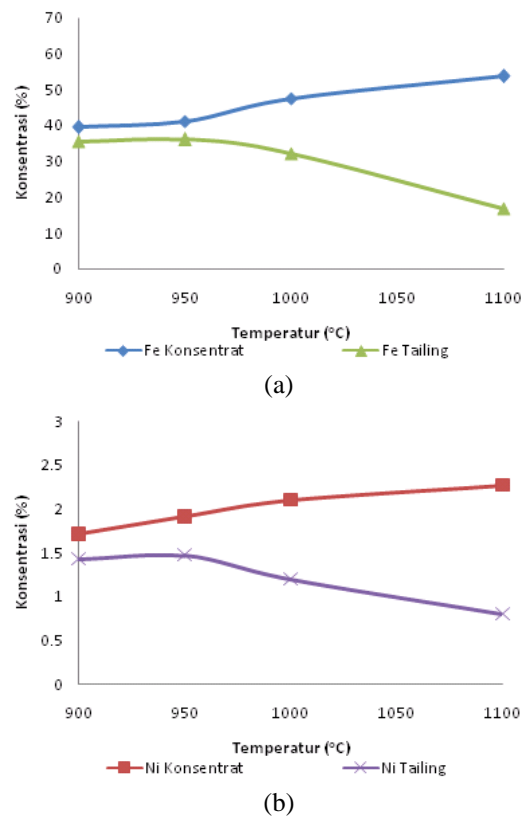
### Pengaruh Temperatur Reduksi

Untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap proses reduksi maka dilakukan pemanggangan pelet pada temperatur yang bervariasi mulai dari 900 °C hingga 1100 °C. Kondisi operasi yang lain dibuat konstan, yaitu waktu pemanggangan selama 1 jam, jumlah reduktor batubara dan *binder* yang ditambahkan masing-masing sebanyak 15% dan 2%. Pelet hasil konsentrasi digerus terlebih dahulu kemudian dikonsentrasi menggunakan magnetik separator basah. Hasil konsentrasi pada percobaan dengan variasi temperatur reduksi ini digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik perbandingan % berat konzentrat dan *tailing* dengan variabel temperatur pada proses reduksi bijih nikel limonit

Hasil analisis AAS yang digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur proses maka besi yang tereduksi semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan naiknya temperatur maka besi yang terkonsentrasi akan semakin besar. Percobaan ini menggunakan bijih laterit jenis limonit dengan kandungan besi lebih dominan dari pada kandungan yang lainnya. Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3(a) dan 3(b) memperlihatkan kadar unsur Fe dan Ni yang terkandung dalam konzentrat dan *tailing* hasil analisis dengan AAS.



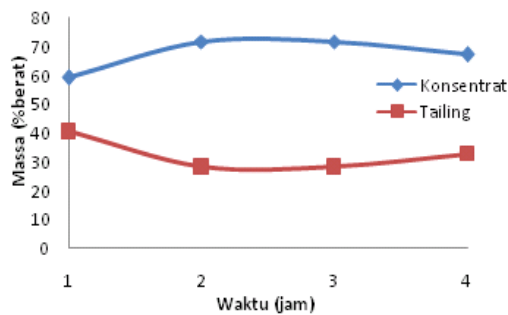
**Gambar 3.** Grafik perbandingan variabel temperatur terhadap % kadar (a) Fe dan (b) Ni pada proses reduksi bijih nikel limonit

Pada Gambar 3 terlihat bahwa dengan meningkatnya temperatur proses maka konsentrasi Fe dan Ni juga meningkat. Sebaliknya, kandungan besi dan nikel dalam *tailing* akan terus menurun seiring dengan naiknya temperatur proses. Hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur proses akan semakin banyak gas reduktor yang dapat bereaksi dengan oksida-oksida logam yang ada dalam bijih. Dari hasil analisis tersebut diperoleh % kadar Fe dan Ni paling tinggi pada konzentrat hasil proses reduksi pada temperatur 1100 °C, yaitu kadar Fe 53,6% dan Ni 2,27%. Begitu juga sebaliknya untuk *tailing* diperoleh % kadar paling rendah, yaitu Fe 16,7% dan Ni 0,8%.

### Pengaruh Waktu Reduksi

Percobaan pengaruh waktu reduksi terhadap peningkatan kadar Fe dan Ni di dalam konzentrat dilakukan dengan

variabel waktu reduksi mulai dari 1 jam hingga 4 jam. Seperti pada percobaan sebelumnya, terhadap pelet hasil reduksi digerus terlebih dahulu dengan menggunakan *disk mill*, selanjutnya dilakukan proses konsentrasi dengan menggunakan magnetik separator. Hasil perolehan konsentrat dan *tailing* pada percobaan variabel waktu reduksi bijih nikel laterit kadar rendah jenis limonit pada temperatur 1100 °C dengan jumlah reduktor batubara sebesar 10%, dan jumlah *binder* sebanyak 2% ditunjukkan pada Gambar 4.

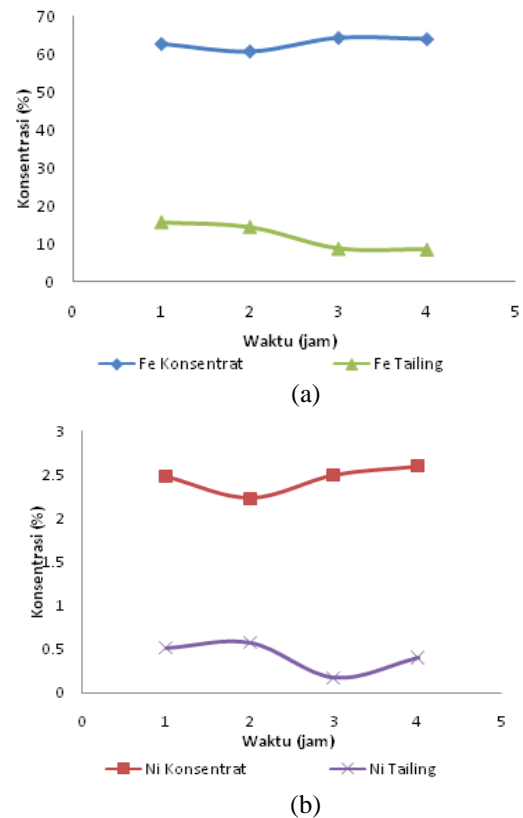


**Gambar 4.** Grafik perbandingan % berat konsentrat dan *tailing* dengan variabel waktu pada proses reduksi bijih nikel limonit

Dari pengamatan pada Gambar 4 terlihat bahwa semakin lama waktu proses reduksi akan memberikan kecenderungan terhadap peningkatan persen perolehan konsentratnya. Hal ini karena gas CO yang dihasilkan akan semakin banyak, dan waktu kontak semakin lama, sehingga semakin lama waktu reduksi akan semakin banyak Fe dan Ni oksida yang akan tereduksi<sup>[8]</sup>. Dari data dan grafik dapat dilihat konsentrat hasil reduksi yang paling tinggi dengan *tailing* yang paling rendah telah dapat dicapai pada waktu proses reduksi selama 3 jam, yaitu sebesar 71,7% untuk konsentrat dan 28,3% untuk *tailing*, sehingga kelebihan waktu proses tidak akan memberikan pengaruh hasil percobaan yang lebih baik.

Konsentrat dan *tailing* hasil proses konsentrasi dari bijih yang telah mengalami perlakuan reduksi dengan

variabel waktu kemudian dianalisis dengan menggunakan AAS untuk mengetahui kadar Ni dan Fe. Hasil analisis tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.



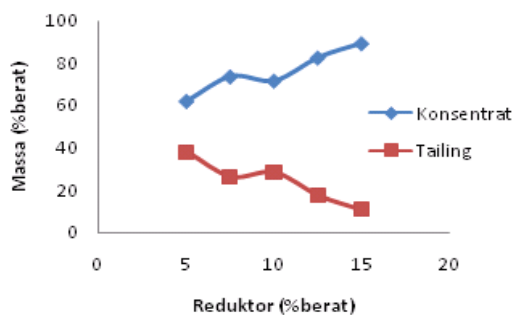
**Gambar 5.** Grafik perbandingan variabel waktu reduksi terhadap % kadar; (a) Fe dan (b) Ni pada proses reduksi bijih nikel limonit

Hasil analisis terhadap konsentrat dan *tailing*-nya ditunjukkan pada Gambar 5 (a) dan 5 (b). Dari Gambar 5 terlihat bahwa perpanjangan waktu reduksi tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap peningkatan kadar Fe dan Ni dalam konsentrat. Pada percobaan dengan variabel waktu proses ini diperoleh data optimum untuk kadar Fe terjadi pada waktu proses selama 3 jam, yaitu sebesar 64,2%, dengan kadar Ni untuk waktu proses tersebut sebesar 2,5%.

### Pengaruh Jumlah Reduktor

Percobaan pengaruh jumlah reduktor terhadap peningkatan kadar Fe dan Ni di dalam konsentrat dilakukan dengan

variabel jumlah reduktor batubara yang digunakan dalam proses mulai dari 5% hingga 15% berat. Seperti pada percobaan sebelumnya, terhadap pelet hasil reduksi terlebih dahulu digerus dengan menggunakan *disk mill*, selanjutnya dilakukan proses konsentrasi dengan menggunakan magnetik separator. Hasil perolehan konsentrat dan *tailing* pada percobaan pemanggangan reduksi bijih nikel laterit jenis limonit dengan variabel jumlah reduktor pada temperatur 1100 °C, dengan waktu reduksi selama 3 jam, dan jumlah *binder* tetap sebanyak 2% ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti tertera pada Gambar 6.

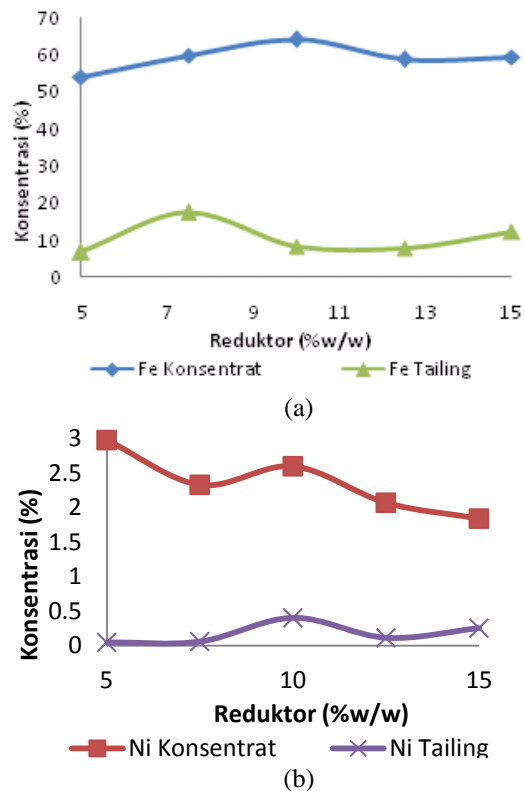


**Gambar 6.** Grafik perbandingan % berat konsentrat dan *tailing* dengan variabel reduktor pada proses reduksi bijih nikel limonit

Konsentrat dan *tailing* hasil proses konsentrasi terhadap bijih yang telah mengalami proses perlakuan reduksi dengan variabel jumlah reduktor kemudian dianalisis dengan menggunakan AAS untuk mengetahui kadar Fe dan Ni Hasil analisis tersebut ditunjukkan pada Gambar 7.

Dari hasil percobaan reduksi dengan variabel jumlah reduktor batubara, terlihat semakin besar jumlah % reduktor yang digunakan akan semakin tinggi konsentrat yang dihasilkan seperti yang terlihat pada Gambar 6. Hal ini terjadi karena dengan semakin banyak jumlah reduktor batubara yang digunakan maka akan menghasilkan gas reduktor yang semakin besar, sehingga jumlah Fe dan Ni oksida yang akan tereduksi juga akan semakin besar.

Konsentrat yang paling tinggi diperoleh pada proses reduksi dengan reduktor 15%, yaitu sebesar 89,3% dan *tailing* sebesar 10,7%. Keadaan tersebut menunjukkan kondisi yang menguntungkan karena dengan adanya peningkatan jumlah reduktor yang digunakan akan memperbesar jumlah perolehan konsentratnya.



**Gambar 7.** Grafik perbandingan variabel temperatur reduksi dengan % kadar; (a) Fe dan (b) Ni pada proses reduksi bijih nikel limonit

Selanjutnya akan terlihat bila dikaitkan dengan hasil analisis terhadap konsentrat dan *tailing*-nya seperti pada Gambar 7(a) dan 7(b), yaitu dengan semakin meningkatnya jumlah reduktor yang digunakan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kadar Fe dan Ni di dalam konsentrat. Bila dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan jumlah batubara yang diperlukan dalam proses reduksi diperoleh angka 5% batubara untuk 1 stoikiometrinya. Karena batubara yang digunakan dalam percobaan

ini mempunyai nilai karbon yang sudah pasti sekitar 33,4% dan *volatile matter* sekitar 43,3%, maka jumlah batubara sebesar 7,5% diperkirakan sudah hampir sama dengan 1 stoikiometrinya. Sehingga dalam percobaan terlihat penggunaan jumlah batubara lebih besar dari 10% tidak akan memberikan hasil yang lebih efektif. Pada percobaan dengan menggunakan batubara sebanyak 7,5% akan diperoleh kadar Fe dalam konsentrat sebesar 59,8% dan kadar Ni sebesar 2,33%, sedangkan kadar Fe dalam *tailing* sebesar 17,5% dengan Ni sebesar 0,055%.

### KESIMPULAN

Dari percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa umumnya peningkatan kadar Fe dan Ni di dalam konsentrat dapat meningkat dengan semakin meningkatnya jumlah reduktor, waktu reduksi dan temperatur reduksi. Dari ketiga variabel tersebut terlihat bahwa temperatur proses reduksi memegang peranan yang sangat penting dibandingkan dengan dua variabel yang lainnya. Temperatur proses di bawah 1100 °C kurang memberikan persen peningkatan perolehan konsentrat dan kadarnya. Pemakaian jumlah batubara dan waktu reduksi yang berlebihan tidak memberikan peningkatan terhadap konsentrat dan kadarnya secara signifikan. Diperoleh data optimum dari proses reduksi bijih nikel laterit kadar rendah jenis limonit untuk peningkatan kadar Fe dan Ni-nya, yaitu reduksi dengan temperatur 1100 °C selama 3 jam dan % reduktor batubara sebesar 7,5%. Percobaan ini cukup menarik karena dapat meningkatkan kadar Fe dan Ni dengan sangat baik, sehingga diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan NPI.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetyo. A.B, dan Prasetyo. P. 2011.,, Peningkatan kadar nikel dan besi dari bijih nikel laterit kadar rendah jenis saprolit untuk bahan baku NCPI". *Majalah Metalurgi.*: Vol 26, Nomor 3.
- [2] Binudi. R, dan Edi. H. 2008.,, Penelitian Pendahuluan Pembuatan Nickel Containing Pig Iron (NCPI)". *Prosiding Seminar Material Metalurgi.*
- [3] Diaz et al. 1993.,,Low Temperature Thermal Upgrading Of Lateritic Ores". *U.S. Patent Document.* Patent number.: 5.178.666.
- [4] R.A. Bergman. 2003.,,Nickel production from low-iron laterite ores : Process descriptions". *CIM Bulletin.* : Vol 96, No 1072.
- [5] Lennon, Jim. May 11, 2007.,,The Chinese Nickel Outlook and The Role of Nickel Pig Iron". *Presentation to International Nickel Study Group, Macquarie Research Commodities.*
- [6] Edi H . 2008.,,Peleburan Bijih Nikel Laterit Menggunakan Blast Furnace : Pelajaran dari China". *Jurnal Metalurgi 2008* : hal. 107-111.
- [7] Kim, J. et al. 2010.,,Calcination of Low-grade Laterite for Concentration of Ni by Magnetic Separation". *Minerals engineering* : Vol 23, 282–288.
- [8] Zulhan Z. 2010.,,Hand Out Engineering Process Metallurgy I". *Teknik Metalurgi.* ITB.

