

# PENGARUH PENDINGINAN MEDIA AIR DAN UDARA TERHADAP KUAT TEKAN PELET KOMPOSIT DAN SPON HASIL PROSES REDUKSI LANGSUNG DENGAN MENGGUNAKAN SIMULATOR ROTARY KILN

Yopy Henpristian<sup>1\*</sup>, Iwan Dwi Antoro<sup>2</sup>, Daniel P Malau<sup>3</sup>

<sup>1),3)</sup> Teknik Metalurgi, FT. UNTIRTA

Jl. Jenderal Sudirman Km 03 Cilegon, Banten 42435

<sup>2)</sup> Pusat Penelitian Metalurgi - LIPI Puspitek Serpong, Tangerang Selatan

## ABSTRAK

Indonesia memiliki cadangan bijih nikel yang cukup banyak yaitu 15,70% dari cadangan nikel dunia atau sebesar 1576 juta ton, akan tetapi sebagian besar bijih nikel laterit kadar rendah (limonit) belum dimanfaatkan dengan baik. Bijih nikel limonit dapat dimanfaatkan dalam proses pembuatan besi baja melalui proses reduksi menjadi FeNi spons. Kualitas FeNi spons dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya yaitu komposisi pelet dan waktu reduksi. Komposisi pelet yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rasio bijih nikel limonit dan batu bara sebesar 90:10, 85:15 dan 80:20%. Proses reduksi menggunakan simulator *rotary kiln* yang berada di Pusat Penelitian Metalurgi - LIPI Serpong dengan temperatur 1000 °C dan waktu reduksi 30, 45 dan 60 menit. Pelet hasil reduksi atau FeNi spons dilakukan pendinginan menggunakan media air untuk meminimalisir terjadinya reaksi oksidasi akibat oksigen yang berada dalam udara bebas. Selanjutnya FeNi spons dikarakterisasi untuk mengetahui pengaruh dari variabel yang digunakan. Karakterisasi yang dilakukan meliputi uji tekan, SEM, dan uji porositas. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, kuat tekan FeNi spon tertinggi diperoleh pada pendinginan menggunakan media udara yaitu sebesar 25,2 kg/butir dengan waktu reduksi 30 menit dan penambahan 10% batu bara.

**KATA KUNCI :** *limonit, reduksi, FeNi spons, persen Fe metal, persen Ni*

## ABSTRACT

Indonesia has nickel ore deposit about 15.70% of the world's nickel deposit or approximately 1576 million tons, but mostly in the form of low grade laterite nickel ore (limonite) that has not been benefited until now. Limonite nickel ore can be utilized in the steel making process through the reduction process becomes FeNi sponge. The quality of FeNi sponge is influenced by several factors including that the composition of the pellets and time reduction. The composition pellets were used in this study is the ratio of limonite ore and coal by 90:10, 85:15 and 80: 20%. The reduction process used a rotary kiln simulator located in Metallurgical Research Center - LIPI Serpong at temperature of 1000 C and reduction time of 30, 45 and 60 minutes. Pellet FeNi sponges or resulted from reduction are cooled in water to minimize oxidation reactions due to oxygen in free air. Furthermore FeNi sponge is characterized to determine the effect of the variables used. Characterization used are compressive test, SEM and porosity test. Based on the results obtained, the highest compressive strength of FeNi sponge is achieved by sponge with air cooling as equal to 25.2 kg / item, with reduction time of 30 minutes and coal addition of 10%.

*Key words: limonite ore, reduction, Fe/Ni sponge, persentase of Fe metal, persentase of Ni metal*

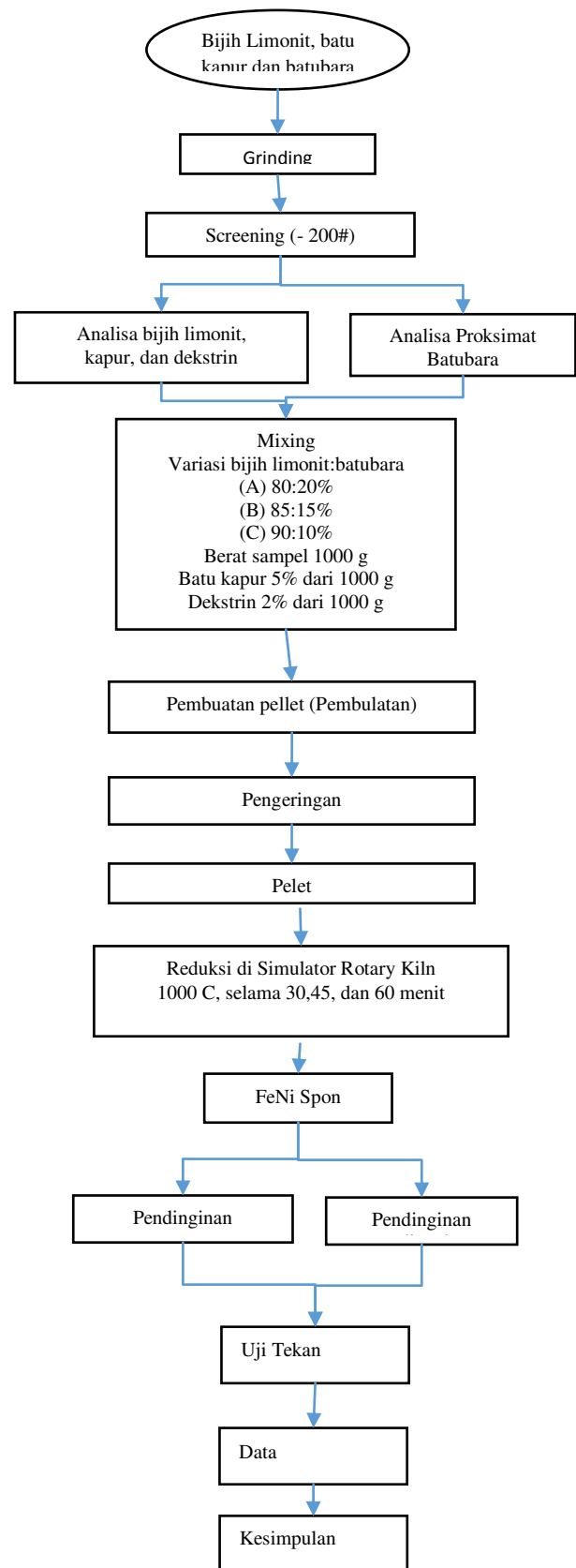
## I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan laterit yang melimpah. Padahal laterit mempunyai potensi sebagai bahan baku pembuatan baja berkekuatan tinggi. Namun, sampai kini pemanfaatan laterit sebagai sumber bahan baku besi baja belum signifikan. Besi dan baja sangat penting untuk perkembangan setiap perekonomian modern dan dianggap sebagai tulang punggung dari peradaban manusia. Bahkan di tingkat konsumsi per kapita dari besi dan baja diperlakukan sebagai salah satu indikator penting dari pembangunan sosial-ekonomi dan standar hidup rakyat di negara manapun. Semua ekonomi industri besar pada saat akan maju ditandai dengan adanya besi dan industri baja yang kuat dan pertumbuhan ekonomi, setidaknya dalam tahap awal perkembangan mereka sebagian besar telah dibentuk oleh kekuatan Besi dan industri baja.

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan bijih limonit menjadi FeNi spon. Nilai kuat tekan pada besi spons merupakan salah satu persyaratan yang telah diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI mensyaratkan nilai kuat tekan besi spons sebesar 90 kg/butir. Kuat tekan sebesar ini antara lain dimaksudkan agar besi spons yang dihasilkan tidak mudah pecah dan menjadi debu pada saat transportasi ketika proses pengiriman. Apabila pecah dan menjadi debu maka akan mudah dihisap oleh sistem *dedusting* pada saat dilebur dengan menggunakan *Electric Arc Furnace (EAF)*.

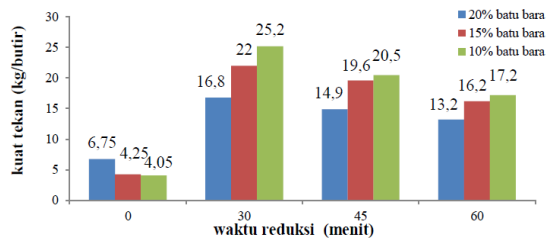
## PROSEDUR PERCOBAAN

Prosedur percobaan yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir, gambar 1. Pertama, bijih limonit, batubara dan kapur digerus halus dan diayak sampai dengan ukuran mesh - 200#. Kemudian dilakukan analisa kimia dengan menggunakan X-Ray Fluorescence



pada bijih limonit, kapur dan dekstrin. Pada batubara dilakukan analisa proksimat. Pelet komposit dibuat dengan komposisi bijih limonit dan batu bara 80:20, 85:15, dan 90:10. Kapur ditambahkan sebesar 5 % dan dekstrin diimbuhkan sebesar 2%. Komposit pellet yang terbentuk kemudian dikeringkan pada temperatur 100 °C selama 30 menit sehingga menjadi dry pellet dengan kadar air berkurang sebesar kurang lebih 15%. Dry pellet ini kemudian dilakukan proses reduksi dengan menggunakan simulator rotary kiln pada temperatur 1000 C dengan variasi waktu selama 30, 45, dan 60 menit. Selanjutnya pellet hasil reduksi didinginkan dengan media air dan udara. Pendinginan dengan media air dilakukan dengan memasukkan pellet ke dalam air. Pendinginan udara dilakukan dengan mengeluarkan sampel dari rotary kiln kemudian menampungnya ke dalam suatu wadah dan membiarkan sampel tersebut mengalami proses pendinginan dalam wadah tersebut. Kemudian dilakukan uji tekan terhadap pellet tersebut.

## HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN



**Gambar 2.** Kuat Tekan FeNi Spon Pendinginan Media Udara (Suhu Kamar)

Pada waktu reduksi 0 menit, kuat tekan FeNi spon paling rendah karena pada waktu reduksi 0 menit adalah kuat tekan pelet sebelum mengalami reduksi. Sebelum direduksi, pelet terlebih dahulu dilakukan proses drying (pengeringan). Drying adalah proses penghilangan air yang terkandung di dalam green pelet. Air tersebut adalah air yang terkandung secara intertisi di antara partikel halus bahan baku yang berasal dari penambahan air pada saat pembuatan green pelet. Proses drying hanya menghilangkan air intertisi,

sedangkan air hidrat atau air kristal yang bersenyawa dengan bahan baku seperti FeO(OH) dalam bijih limonit masih ada sehingga kuat tekan pelet masih rendah. Semakin banyak bijih limonit yang digunakan, maka semakin banyak pula air hidrat yang terkandung dalam pelet sehingga akan menurunkan kuat tekan pelet hasil drying. Kuat tekan pelet tertinggi pada waktu reduksi 0 menit adalah 6,75 kg/butir yang diperoleh pada komposisi penambahan 20% batu bara karena pada komposisi tersebut kandungan air hidrat dalam pelet lebih sedikit dari pada komposisi 10 dan 15% batu bara. Hal ini sesuai dengan teori pada buku “Pelletizing of Iron Ores” yang menyatakan bahwa air dalam senyawa hidrat baru dapat diuapkan pada temperatur 400 °C.

Pada Gambar 2, pelet mengalami peningkatan kuat tekan pada waktu reduksi 30 menit dan kemudian turun kembali seiring bertambahnya waktu reduksi. Peningkatan kuat tekan pada waktu reduksi 30 menit karena terjadinya pelepasan air hidrat dan terbentuknya ikatan baru yang memiliki kekuatan lebih besar dari pada yang dimiliki oleh pelet pada waktu reduksi 0 menit. Kuat tekan yang diperoleh pada waktu reduksi 30 menit yaitu 16,8 kg/butir untuk komposisi penambahan 20% batu bara, 22 kg/butir untuk 15% batu bara dan 25,2 kg/butir untuk 10% batu bara. Pada waktu reduksi 45 dan 60 menit terjadi penurunan kuat tekan FeNi spon. Penurunan kuat tekan FeNi spon disebabkan oleh proses gasifikasi batu bara. Semakin lama waktu reduksi, maka kandungan karbon padat dalam komposisi pelet yang bertransformasi menjadi gas CO akan semakin banyak sehingga dapat meningkatkan banyaknya oksigen yang terlepas di dalam pelet. Jadi semakin banyak karbon yang mengalami gasifikasi

dan semakin banyak oksigen yang terlepas maka porositas yang dihasilkan akan semakin banyak seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data porositas FeNi Spon pendinginan media air

Komposisi (%)	Waktu Reduksi (menit)	Porositas (%)
20	30	13,022
	45	13,263
	60	17,845
15	30	11,883
	45	12,656
	60	15,263
10	30	10,864
	45	11,084
	60	13,445

Pada Tabel 1, nilai porositas yang dimiliki oleh FeNi spon komposisi 20% batu bara lebih besar dari pada yang dimiliki FeNi spon komposisi 15 dan 10% batu bara. Hal ini dapat menyebabkan kuat tekan yang dimiliki oleh FeNi spon pendinginan media air pada komposisi 20% batu bara lebih rendah dari pada kuat tekan yang dimiliki FeNi spon pada komposisi 15 dan 10% batu bara.

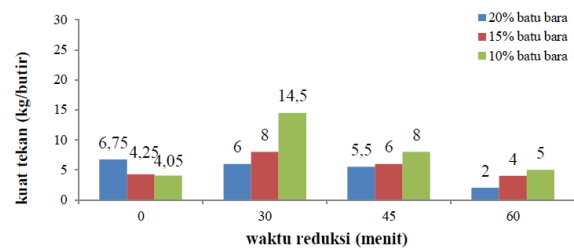
Tabel 2. Data Analisa Karbon Sisa FeNi Spon Pendinginan Media Air

Komposisi pelet	Waktu Reduksi (menit)	Karbon Sisa (%)	Karbon awal – karbon sisa (%)
90:10%	30	2,75	7,25
	45	0,17	9,83
	60	0,10	9,90
85:15%	30	4,70	10,30
	45	2,36	12,64
	60	0,24	14,76
80:20%	30	7,39	12,61
	45	0,91	14,09
	60	0,14	14,86

Pada Tabel 2, pada komposisi 10% batu bara karbon yang telah mengalami gasifikasi pada waktu reduksi 30, 45 dan 60 menit masing-masing sebanyak 7,25%, 9,83% dan 9,90% dari % wt pelet. Apabila semakin sedikit karbon yang mengalami gasifikasi menjadi gas CO maka porositas yang terbentuk akan semakin sedikit pula

sehingga kuat tekan FeNi spon menjadi lebih tinggi.

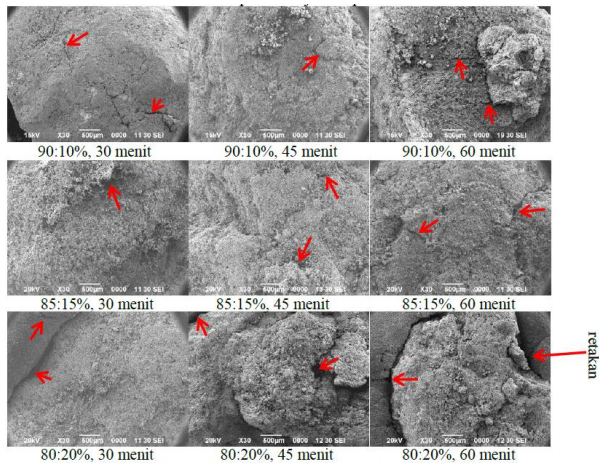
Media pendingin lainnya adalah air (suhu kamar). Pendinginan menggunakan media air dilakukan selain bertujuan untuk meminimalkan terjadinya reaksi oksidasi yang dapat menurunkan persen Fe metal, pendinginan media air juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses pendinginan cepat menggunakan media air terhadap kuat tekan yang diperoleh oleh FeNi spon.



Gambar 3. Kuat Tekan FeNi Spon Pendinginan Media Air

Sama seperti yang terjadi pada pendinginan media udara, kuat tekan pelet yang diperoleh pada pendinginan media air juga cenderung mengalami kenaikan dari waktu reduksi 0 sampai 30 menit dan kemudian terjadi penurunan sampai waktu reduksi 60 menit. Akan tetapi pada pendinginan media air ini, kuat tekan yang diperoleh pada komposisi penambahan 20% batu bara mengalami penurunan dari waktu reduksi 0 sampai 60 menit. Kuat tekan rata-rata tertinggi dengan pendinginan media air diperoleh pada waktu reduksi 30 menit dengan komposisi penambahan 10% batu bara yaitu sebesar 14,5 kg/butir. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada komposisi penambahan 10% batu bara karena karbon dalam pelet yang mengalami proses gasifikasi menjadi gas CO lebih sedikit dari pada yang terjadi pada komposisi 15 dan 20% batu bara,

sehingga porositas dan retakan pada FeNi spon komposisi penambahan 10% batu bara lebih sedikit dari pada komposisi penambahan 15 dan 20% batu bara seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 4.



Gambar 4. Data analisa pengujian SEM FeNi spon pendinginan media air

Pelet yang telah direduksi harus didinginkan dengan hati-hati. Pendinginan dengan udara tidak membuat pelet mengalami kerusakan. Sebaliknya, pendinginan yang terjadi dengan menggunakan media air akan lebih cepat mencapai suhu kamar dari pada pendinginan udara. Pendinginan cepat tersebut dapat merusak struktur kristal dan mengakibatkan terjadinya retakan pada pelet bahkan pecah sehingga kuat tekan yang dihasilkan lebih rendah dari pada kuat tekan pelet pendinginan media udara.[13] Kuat tekan yang dihasilkan dari kedua proses pendinginan tersebut masih belum mencapai standar kuat tekan minimal sesuai SNI 07 - 0942 - 1989 maupun ASTM E382-72. Hal ini dikarenakan pada jenis binder yang digunakan pada penelitian ini adalah dekstrin. Dekstrin merupakan jenis binder organik yang apabila dipanaskan akan ikut terbakar dan tidak meninggalkan sisa

sehingga porositas yang dihasilkan akan semakin banyak dan menurunkan kuat tekan FeNi spon.

## Kesimpulan

Kuat tekan FeNi spon tertinggi diperoleh pada pendinginan menggunakan media udara yaitu sebesar 25,2 kg/butir dengan waktu reduksi 30 menit dan penambahan 10% batu bara. Proses rcobaan ini berapa persen metalisasi yang terjadi.pendinginan FeNi spon harus dilakukan secara perlahan dengan menggunakan gas inert seperti Argon agar tidak terjadi retakan dan oksidasi pada FeNi spon yang dapat menurunkan kuat tekan dan persen Fe metal FeNi spon.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.A. Boateng. 2008. *Rotary Kilns*. Amerika ASTM. 382-72
3. Cornelius S.H dan Cornelis Klein. *Manual of Mineralogy*
- Dalvi, A. Bacon, W. & Osborne, R. 2004. *The Past and the Future of Nickel Laterites*. Toronto: PDAC 2004 International Convention.
- Direktorat Jenderal Mineral dan Batu bara, Kemenntrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012.
- DM. Basso, A. Manaf. 2010. Karakteristik Reduksi Bijih Besi Laterit. *Majalah Metalurgi*. Vol. 25.
- D.A. Iwan, R. Binudi. 2013. Percobaan Pemanasan Awal Tanpa Beban pada Simulator Rotary Kiln. Pusat Penelitian Metalurgi-LIP Serpong. Tangerang.
- Hitoshi TSUJI. *Behavior of Reduction and Growth of Metal in Smelting of Saprolit Ni-Ore in a Rotary Kiln for Production of Ferro-nickel Alloy*. ISIJ International. Vol. 52, No. 6
- H.S. Ray. 1992. *Kinetics of Metallurgical Reactions*. International Science Publisher. New York.

- Jauhari, M., 2010, Kelebihan Batubara, Jurnal Alami, Vol.10 (1):14-18
- Jean Cunat. Pierre. 2004. *Alloying Elements in Stainless Steel and Other Chromium-Containing Alloys*.
- Kruger, P Von. Silva, C A. Batista, Claudio Vieira. Araujo, F G S. Seshadri, V. 2010. Relevant Aspects Related to Production of Iron Nickel Alloys (Pig Iron Containing Nickel) in Mini Blast Furnace. UFOP Federal University of Ouro Preto. Brazil
- Kurt Mayer. 1980. *Peletizing of Iron Ore*. Springer-Verla Berlin Heidelberg New York.
- Patnaik. N.K. *Prospects of Indian DRI Industry and Availability of Non Coking Coal*. India
- Peraturan Menteri ESDM. No 1 Tahun 2014
- Ross HU. 1980. *Physical Chemistry: Part I Thermodynamics. Direct Reduced Iron Technology and Economics of Productions and Use*. Warrendale : The Iron and Steel Society
- Standar Nasional Indonesia. 07 - 0942 – 1989. *Standard Classification of Coals by rank*. ASTM D 388-99.