

PEMANFAATAN LIMBAH DAPUR LISTRIK *FINES PELLETT* UNTUK PEMBUATAN BESI SPONS

Erlina Yustanti

Jurusan Teknik Metalurgi Fakultas Teknik
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
email: rline68@yahoo.com

ABSTRAK

Limbah industri *finest pellet* yang dimiliki oleh PT. X sekitar 75.000 ton pertahun, dengan kandungan Fe sekitar 65-69%. Oleh karenanya maka perlu dilakukan penelitian guna memanfaatkan limbah industri ini untuk dijadikan bahan baku pembuatan besi spons. Parameter yang berpengaruh terhadap kinetika reaksi diantaranya adalah ukuran butir dan temperatur reduksi. Variasi ukuran butir *finest pellet* yang digunakan antara 130,97 sampai dengan 3700 μm yang dicampur dengan batubara lignit sebagai reduktor dengan komposisi 50:50 wt% Proses reduksi dilakukan dengan *tube furnace* pada temperatur 900 °C, 950 °C dan 1000 °C dengan waktu tahan selama 90 menit. Hasil penelitian menunjukkan pada ukuran butir 130,97 μm dan temperatur 1000 °C memiliki nilai persen metalisasi 89,23% dan persen reduksi 93,08%. Sedangkan energi aktivasi terendah dicapai pada ukuran butir 130,97 μm dengan nilai energi aktivasi sebesar 13,70 kkal/mol. Nilai persen metalisasi dan persen reduksi meningkat seiring dengan kenaikan temperatur reduksi dan berbanding terbalik terhadap ukuran butir *finest pellet*. Pada ukuran terkecil 130,97 μm memiliki nilai persen metalisasi dan persen reduksi maksimal dikarenakan dengan ukuran butir paling kecil memiliki luas permukaan kontak saat reduksi dengan reduktor gas CO memiliki peluang terbesar sehingga proses reduksi berjalan optimal.

Kata kunci : *finest pellet*, besi spons, batubara lignit, reduksi langsung, persen metalisasi

ABSTRACT

Pellet finest industrial waste which is owned by PT. X about 75,000 tons per year, with Fe content between 65-69%. Therefore it is necessary to study in order to take advantage of this industrial waste used as raw material for manufacture of sponge iron. The parameters that influence the kinetics of such reactions is the reduction of grain size and temperature. Variation of grain size pellet finest are used between 130.97 up to 3700 μm are mixed with lignite coal as a reducing agent to the composition of 50:50 percent. Reduction process carried out by the tube furnace at a temperature of 900 °C, 950 °C and 1000 °C with holding time for 90 minutes. The results showed the grain size and temperature of 1000 °C 130.97 μm has a value of 89.23% percent metallization and percent reduction of 93.08%. While the lowest activation energy is achieved at a grain size of 130.97 μm with an activation energy value of 13.70 kcal / mol. Metallization and the percent value percent reduction increased with increasing temperature and inversely proportional to the reduction grain size pellet finest. In the smallest size has a value of 130.97 μm percent maximum metallization and percent reduction due to the small grain size has a surface area of contact while the reduction with CO reductant gas has the greatest chance of making the reduction process is running optimally.

Keywords: *finest pellets, sponge iron, coal, lignite, direct reduction, percent metallization*

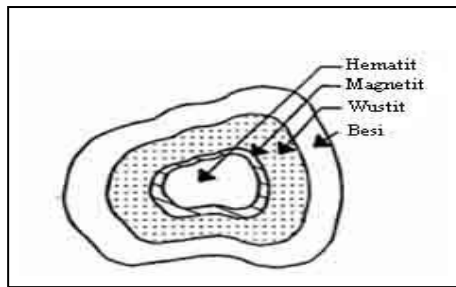
1. PENDAHULUAN

PT. X merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak di bidang pembuatan besi baja di Indonesia. Untuk memproduksi baja diperlukan bahan baku dan bahan-bahan penunjang yang sebagian besar masih di “import”. Salah satu bahan baku yang digunakan dalam pembuatan besi baja tersebut yaitu *pellet*, yang bersumber dari beberapa negara, antara lain Kanada, Brazil dan Peru. Kebutuhan *pellet* besi PT. X pertahunnya mencapai 2,5 juta ton. Selama proses transportasi *pellet* tersebut akan menerima beban mekanis berupa gesekan, tekanan, maupun guncangan maka sebagian *pellet* akan terkikis dan hancur. Syarat ukuran *pellet* yang bisa direduksi ukuran 6-20 mm, sedangkan *pellet* yang berukuran di bawah 6 mm tidak memungkinkan lagi digunakan sebagai umpan, dan disebut “debu pelet” atau *finer pellet*. Jumlah *finer pellet* ini bisa mencapai 3% dari jumlah *pellet* yang di “import” atau sekitar 75.000 ton *finer pellet* pertahunnya [Dewi, 1992]. Biasanya *finer pellet* di buang sebagai limbah dapur reduksi dan menimbulkan masalah khusus karena selain mengotori, juga mengganggu lingkungan. *Finer pellet* ternyata masih memiliki kualitas yang baik, yaitu mengandung 65-69% Fe. Berdasarkan pertimbangan ini, maka *finer pellet* perlu dimanfaatkan agar mempunyai nilai ekonomis yang lebih baik yaitu dengan melakukan proses reduksi dengan menggunakan *tube furnace* untuk menghasilkan besi spons yang memiliki persen metalisasi yang tinggi. Salah satu variabel yang dapat mempengaruhi besar persen metalisasi adalah besar ukuran butiran dari *finer pellet*. Ukuran butiran *finer pellet* yang relatif halus dapat mempercepat proses reduksi dikarenakan panas lebih merata berpindah ke seluruh permukaan butiran *finer pellet* sehingga proses reduksi menjadi semakin cepat. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan besi spons dari *finer pellet* dengan berbagai variasi ukuran butiran yang akan di reduksi dengan batubara jenis lignit sebagai reduktor menggunakan *tube furnace*. Batubara yang digunakan yaitu jenis lignit (*brown coal*), batubara jenis ini di pilih karena ketersediaannya melimpah di alam dan memiliki harga yang sangat murah bila di dibandingkan dengan batubara jenis lain. Batubara lignit merupakan batubara lunak yang susunan utamanya dari bahan yang mudah menguap (*volatile matter*) dan kandungan air tinggi dengan *fixed carbon* yang rendah. Di karenakan batubara lignit memiliki kandungan *volatile matter* yang tinggi maka dapat tergasifikasi dengan temperatur yang cukup rendah sehingga proses reduksi menjadi lebih cepat. Penggunaan batubara pada penelitian ini merupakan salah satu upaya untuk mengoptimalkan batubara lignit yang ada di Indonesia sebagai salah satu bahan baku lokal pada industri baja. Berdasarkan catatan yang ada, Indonesia memiliki jumlah sumber daya batubara yang sangat besar, sekitar 57,8 milyar ton. [Pusat Litbang TekMira, 2006]. Untuk mendapatkan persen metalisasi yang optimum diperlukan pengaturan variabel ukuran butir *finer pellet*, komposisi batubara lignit sebagai reduktor dan variasi temperatur proses reduksi, sehingga proses reduksi dalam *tube furnace* dapat menghasilkan persen metalisasi yang optimum.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Reduksi Bijih Besi

Bijih besi adalah batuan yang mengandung mineral besi sejumlah mineral pengotor seperti silika, alumina, magnesia dan nikel. Umumnya bijih besi lebih mudah berikatan dengan unsur oksigen sehingga di alam besi lebih banyak berbentuk oksida seperti *hematite* (Fe_2O_3), *magnetite* (Fe_3O_4), *goethite* ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) atau *limonite* ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) [Hulbrut, 1971]. Sebelum digunakan sebagai bahan baku pembuatan besi baja, bijih besi yang masih dalam bentuk oksida harus melalui suatu tahapan proses tertentu. Tahapan proses tersebut di butuhkan untuk melepaskan sejumlah oksigen yang terikat pada bijih besi sehingga pada akhirnya yang tersisa pada bijih besi tersebut hanya Fe dalam bentuk logamnya, tahapan proses ini di sebut reduksi bijih besi. Proses reduksi bijih besi secara umum terbagi atas dua metode yaitu reduksi tidak langsung (*indirect reduction*) dan reduksi langsung (*direct reduction*). Proses reduksi bijih besi secara tidak langsung dilakukan dalam *blast furnace* dengan reduktor berupa kokas batubara atau *char* dengan temperatur di atas titik lebur besi dengan produk berupa lelehan logam Fe yang selanjutnya di umpankan ke dalam BOF (*Basic Oxygen Furnace*) dan sebagian kecil akan di cetak menjadi *pig iron*. Proses reduksi langsung merupakan proses pemisahan Fe dari oksigen dengan reduktor berupa padatan seperti batubara atau gas alam (CH_4). Proses reduksi langsung dilakukan di bawah titik lebur sehingga produk yang dihasilkan dalam bentuk padatan (*besi spons*) [Sun, 1997]. Reduksi langsung bijih besi oleh batubara terjadi ketika gas CO hasil gasifikasi batubara secara langsung berdifusi secepat gas CO terbentuk [Ross, 1980]. Tumbukan secara langsung antara bijih besi dengan batubara akan terganggu ketika terbentuk logam besi pada permukaan bijih besi seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skematik Besi Oksida yang Tereduksi Secara Parsial [Sun, 1997]

Pada Gambar 1 terlihat bahwa pada bagian paling luar terdapat lapisan logam besi, hal ini menjadikan bagian permukaan besi oksida telah tereduksi sempurna menjadi besi. Kemudian yang terjadi adalah difusi atom C melalui lapisan logam besi menuju permukaan besi oksida. Reaksi yang terjadi ditunjukkan oleh persamaan (1) [Ross, 1980]:



Pada persamaan (1) terlihat bahwa atom karbon akan mereduksi FeO sehingga menghasilkan Fe dan gas CO. Secara termodinamika diketahui bahwa gas CO berfungsi sebagai reduktor sebagaimana terlihat pada persamaan (2), (3) dan (4) [Rosenqvist, 1980]:



Hasil dari reaksi antara besi oksida dengan gas CO akan menghasilkan gas CO₂, kemudian akan bereaksi dengan karbon yang masih tersisa sehingga menghasilkan gas CO kembali (reaksi *Boudouard*) [Ross, 1980]:



Jadi, pada dasarnya proses reduksi adalah proses difusi atom C dan gas CO menuju permukaan besi oksida yang kemudian mengikat atom O dan membawanya keluar sebagai gas produk berupa gas CO ataupun CO₂. Tabel 1. merupakan nilai koefisien difusi atom C, gas H₂ dan gas CO.

Tabel 1. Nilai Koefisien Difusi (D) pada Tekanan 1 atm

Unsur	D (m ² det ⁻¹)	Referensi
C pada temperatur 1000 ⁰ C	1,1 x 10 ⁻⁶	Habashi, 1969
H ₂ pada temperatur 727-1227 ⁰ C	10,82 - 21,07	Turkdogan, 1999
CO pada temperatur 727-1227 ⁰ C	1,63 - 3,20	Turkdogan, 1999

2.2 Termodinamika Reduksi Langsung Bijih Besi Dengan Padatan Karbon.

Untuk mengetahui kespontanan suatu reaksi dapat dilihat dari nilai perubahan energi bebasnya (ΔG) dari reaksi tersebut, jika ΔG bernilai negatif maka reaksi cenderung akan berubah secara spontan sedangkan jika bernilai positif maka reaksi cenderung akan berubah secara spontan pada arah yang sebaliknya dan ketika ΔG = 0, menunjukkan bahwa reaksi berada pada kondisi kesetimbangan. ΔG dan konstanta kesetimbangan (K) keduanya saling berhubungan, seperti yang terlihat pada persamaan 6 [Habashi, 1969]:

$$\Delta G - \Delta G^0 = RT \ln K \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan: ΔG = Perubahan energi bebas (kkal atau kj/mol)

T = Temperatur (K)

ΔG⁰ = Perubahan energi bebas standar (kkal atau kj/mol)

K = Konstanta kesetimbangan

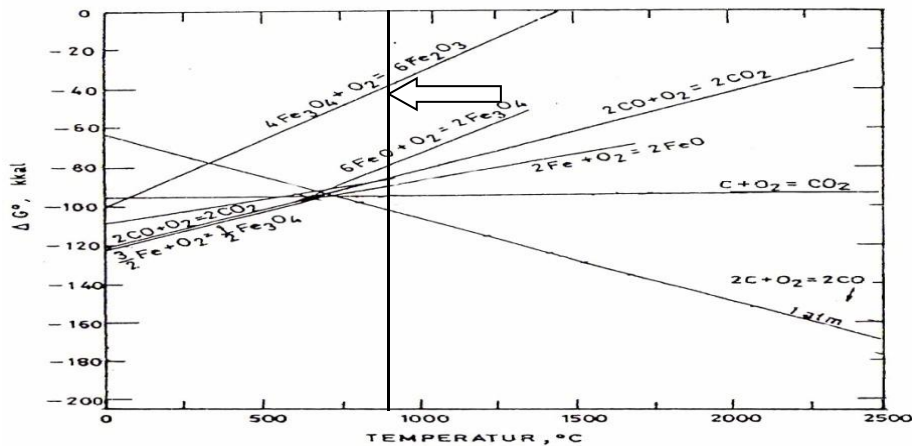
R = Tetapan gas (1,987 kal/mol atau 8,314 j/mol.K)

Pada umumnya, reaksi-reaksi kimia pada proses metalurgi berlangsung pada temperatur dan tekanan tetap, sehingga di dapat nilai ΔG=0, yang berarti bahwa reaksi berada pada kondisi

kesetimbangan yang mengakibatkan persamaan 6 berubah seperti yang diperlihatkan pada persamaan 7 [Habashi, 1969].

$$\Delta G^0 = RT \ln K \dots \dots \dots (7)$$

Untuk dapat mengetahui ΔG^0 dari suatu reaksi oksidasi, dapat dilihat pada diagram *Ellingham* pada Gambar 2.

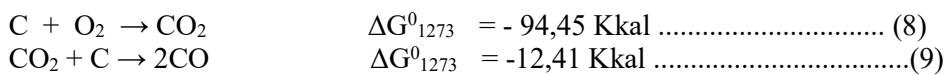


Gambar 2 Diagram Ellingham Fe, Karbon dan Oksidanya [Rosenqvist, 1983].

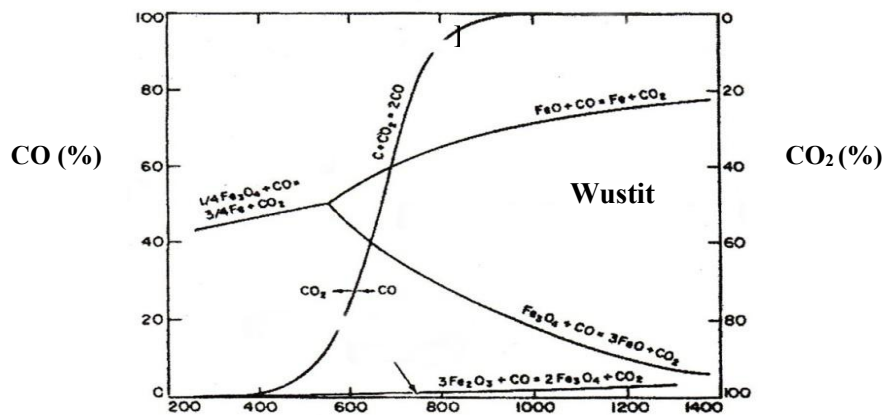
Pada Gambar 2 terlihat bahwa terdapat tiga bentuk senyawa besi oksida. Jika ditarik garis tegak lurus terhadap temperatur 1000°C pada diagram *Ellingham* terlihat bahwa senyawa yang akan pertama kali direduksi adalah senyawa *hematite* (Fe_2O_3) kemudian dilanjutkan dengan reduksi *magnetite* (Fe_3O_4) dan yang terakhir adalah *wustiet* (FeO). Tiga tahapan ini berdasarkan kestabilan senyawa-senyawa tersebut pada temperatur dan tekanan yang konstan. Persamaan reaksi reduksi besi oksida oleh gas CO diperlihatkan pada persamaan reaksi (2)-(4).

2.3 Kestimbangan Boudouard

Reduksi bijih besi oleh batubara sebenarnya terjadi karena bijih besi direduksi oleh gas CO yang merupakan hasil dari reaksi gasifikasi batubara yaitu C dengan CO_2 yang dikenal dengan reaksi Boudouard seperti yang ditunjukkan pada persamaan (9). Kestimbangan *Boudouard* akan menjelaskan secara termodinamika bagaimana kestabilan gas CO pada saat proses reduksi. Keberadaan karbon pada suatu proses reduksi menyebabkan CO_2 menjadi tidak stabil pada temperatur tinggi dan akan tereduksi menjadi CO [Biswas, 1981].



Reaksi *Boudouard* bersifat endotermis ($\Delta H^0_{1273 \text{ K}} = +63,45 \text{ Kkal}$) artinya reaksi ini membutuhkan energi atau dengan kata lain untuk mendapatkan kestabilan gas CO memerlukan temperatur yang tinggi

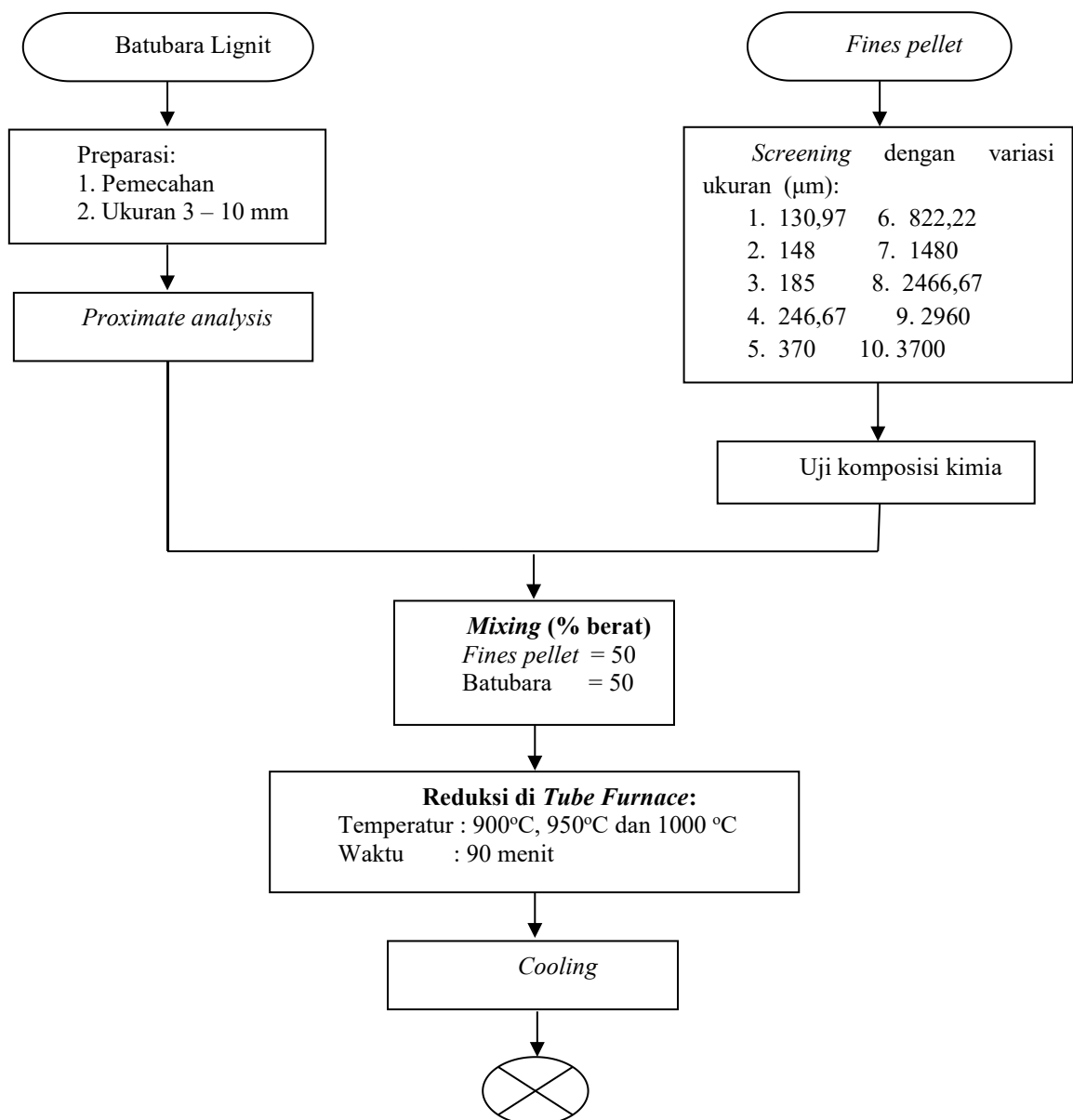


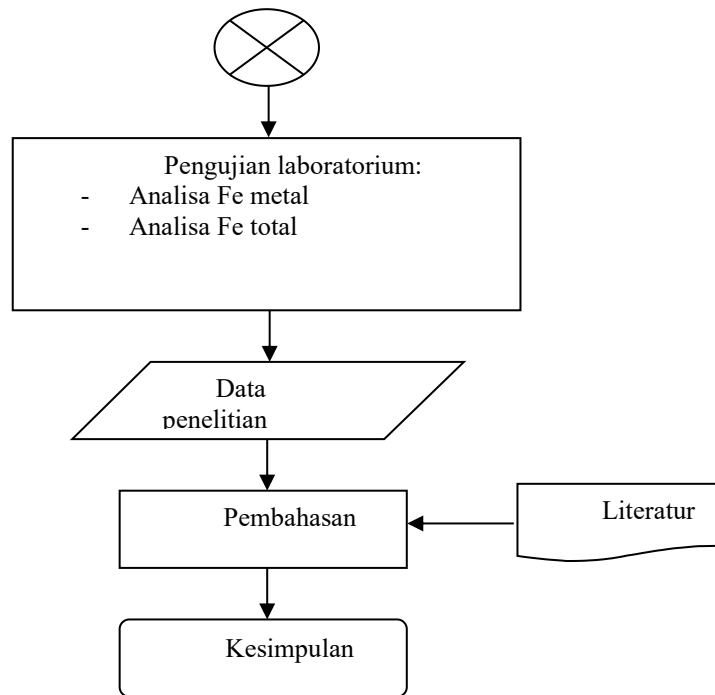
Gambar 3 Kestimbangan Gas CO dan CO_2 Terhadap Temperatur untuk Sistem Fe-O-C [Ross, 1980].

Pada Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa terdapat empat daerah kestabilan yaitu daerah kestabilan *hematite*, *magnetite*, *wustite* dan besi. Ketika suatu kesetimbangan antara gas CO dan CO₂ berada pada salah satu daerah kestabilan seperti pada daerah *wustite* maka *hematite* dan *magnetite* akan tereduksi menjadi *wustite*. Dapat terlihat bahwa pada temperatur 700°C kurva kesetimbangan *Boudouard* menyentuh kurva *wustite*-besi dan pada temperatur 650°C akan bersilangan dengan kurva *magnetite-wustite*. Dari kedua keadaan ini dapat di analisa bahwa secara termodinamika *wustite* tidak dapat di reduksi pada temperatur di bawah 700°C, begitu juga dengan *magnetite* tidak dapat di reduksi pada temperatur di bawah 650°C. Dengan melihat Gambar 3 dapat dijelaskan juga pada kurva pembentukan gas CO, bahwa pada temperatur di atas 900°C gas CO akan stabil yaitu akan di dapatkan 100% CO dan 0% CO₂. Hal ini terjadi jika terdapat karbon yang selalu ada pada proses tersebut. Untuk itu, sebaiknya suatu proses reduksi dilakukan pada temperatur di atas 900°C. Kestabilan CO akan menurun seiring dengan menurunnya temperatur. Hal ini yang menjadi dasar mengapa penelitian ini dilakukan dengan variasi temperatur di atas 900°C.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan Yang Digunakan

Tube Furnace putar skala laboratorium, *screen* ukuran 130,97; 148; 185; 246,67; 370; 822,22; 1480; 2466,67; 2960; 3700 μm , *X-ray Fluorescence Spectrometer*, timbangan digital, batangan magnet, gelas ukur 1 liter, *erlenmayer* 50 ml, labu ukur 250 ml, *buret*, 50 ml, *plate stirrer* dan pengaduk magnetik.

Komposisi kimia dari *finest pellet* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Komposisi Kimia Finest Pellet

Komposisi Kimia	%
Fe total	67,60
Fe ²⁺	0,55
Al ₂ O ₃	1,76
SiO ₂	2,01
TiO ₂	0,08
CaO	1,10
MnO ₂	6,28

Komposisi batubara lignit pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil komposisi batubara lignit

Komposisi	Kadar (%)
<i>Fixed carbon</i>	32,17
<i>Volatile matter</i>	39,12
<i>Ash</i>	16,83
<i>Moisture</i>	16,46
Sulfur	1,257

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisa basah penentuan nilai Normalitas K₂Cr₂O₇ diperlukan untuk penentuan % Fe total dan % Fe metal berdasarkan rumus pada persamaan 10 dan persamaan 11.

$$\%Fe_{Total} = \frac{(N \times V) K_2Cr_2O_7 \times BA \cdot Fe}{Berat\ Sampel\ (mg)} \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

$$\% Fe_{metal} = \frac{2,50 \times (N \times V) K_2Cr_2O_7 \times BA \cdot Fe}{Berat\ Sampel\ (mg)} \times \frac{1}{3} \times 100 \dots\dots\dots(11)$$

Maka selanjutnya nilai % metalisasi dapat dihitung berdasarkan persamaan 12.

$$\% \text{Metalisasi (mtz)}: \frac{Fe_{metal}}{Fe_{total}} \times 100\% \dots\dots\dots(12)$$

Untuk mengetahui nilai energi aktivasi yang dibutuhkan dalam suatu proses reduksi, dapat di hitung dengan menggunakan persamaan Arrhenius seperti yang diperlihatkan pada persamaan reaksi 13 dan 14 [Habashi, 1969].

$$k = A \exp^{-Ea/RT} \dots\dots\dots(13)$$

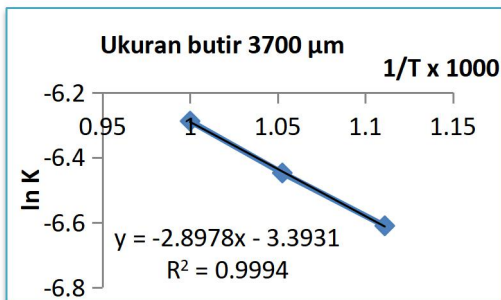
$$\ln k = \ln A - Ea/RT \dots\dots\dots(14)$$

Sebagai contoh pengukuran energi aktivasi pada ukuran butir 3700 μm pada berbagai temperatur diperlihatkan pada Tabel 4.

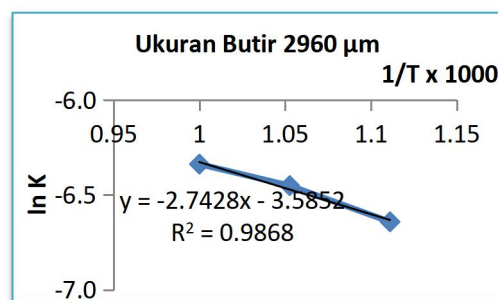
Tabel 4. Penentuan Energi Aktivasi pada temperatur 900°C, 950°C dan 1000°C

k	ln k=y	1/T	(1/T)*1000 = x	Gradien	Ea
0.00135	6.61064	0.001111	1.111111111	2.8978	24.09231
0.00158	6.44795	0.001053	1.052631579		
0.00186	6.28843	0.001	1		

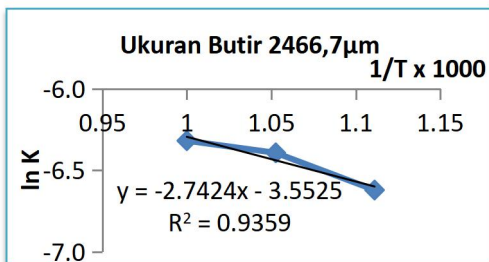
3.1 Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Energi Aktivasi



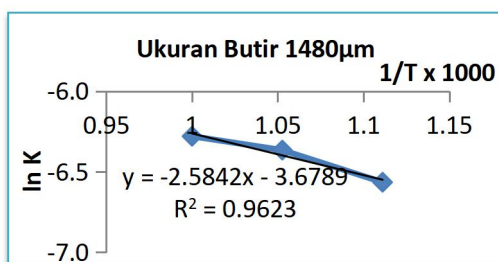
a)



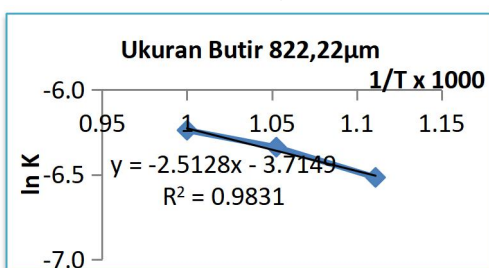
b)



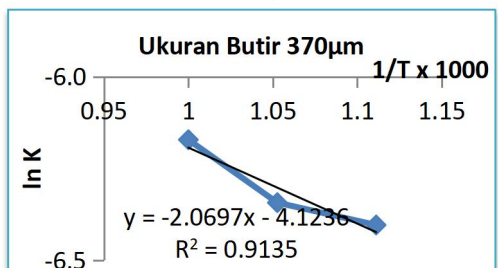
c)



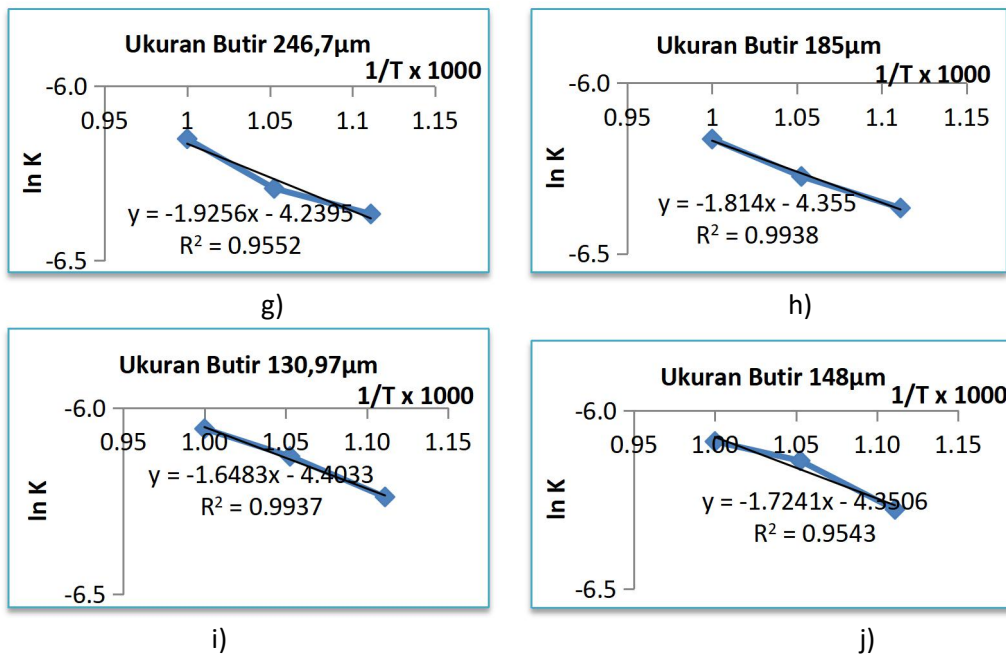
d)



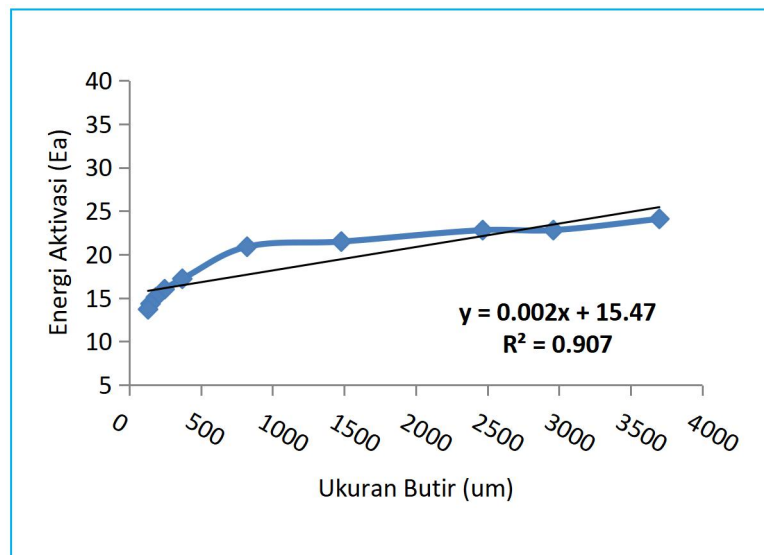
e)



f)



Gambar 5 Ukuran Butir terhadap $\ln K$



Gambar 6. Pengaruh Ukuran Butir terhadap Energi Aktivasi

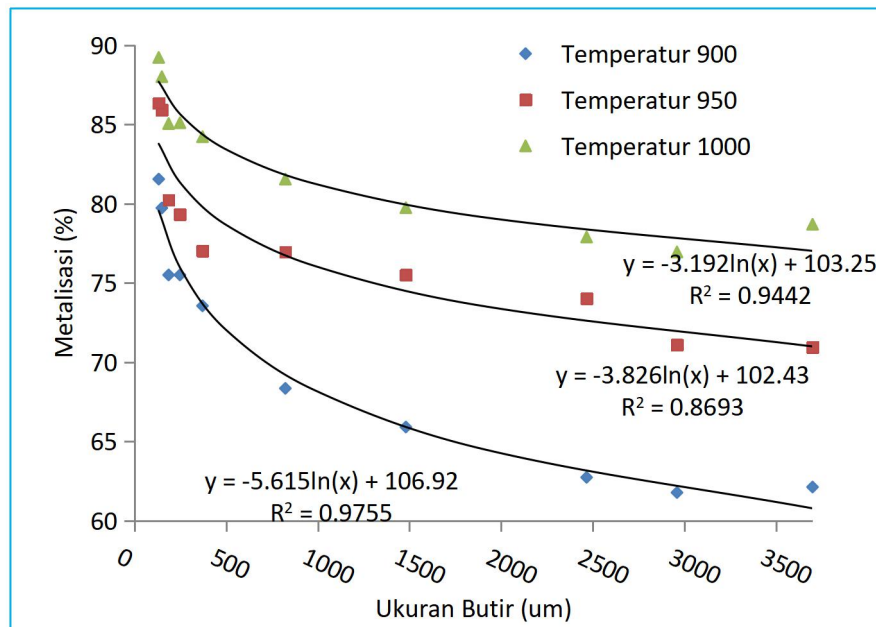
Berkaitan dengan derajat liberasi, makin halus mineral makin tinggi derajat liberasi mineral. Partikel yang berukuran lebih halus memiliki luas permukaan per satuan berat yang lebih besar, sehingga luas permukaan kontak efektif antara *finest pellet* dan reduktor semakin besar. Dengan demikian dapat dikatakan semakin besarnya kontak efektif maka keberhasilan proses reaksi reduksi lebih tinggi. Namun jika reaksi berjalan dengan cepat, tidak diperlukan partikel yang halus karena biasanya penghalusan partikel dibutuhkan untuk reaksi yang berjalan lambat.

Dalam reduksi *finest pellet* dengan gas pereduksi CO yang dihasilkan dari batubara, proses ini termasuk kepada reaksi heterogen yang memiliki tahap pengendali laju reaksi. Tahap pengendali laju ini merupakan tahapan yang berlangsung paling lambat dapat berupa *diffusion controlled*, *chemical controlled* atau *intermediate controlled*. Penentuan pengendali laju ini dapat diketahui dari besarnya energi aktivasi dari proses reduksi yang terjadi. Gambar 5. a) – j) memperlihatkan grafik hasil perhitungan antara konstanta laju ($\ln K$) terhadap $1/T$ dari masing-masing ukuran butir yang akan digunakan untuk menghitung Energi aktivasi yang ditunjukkan Gambar 6. Dari sepuluh persamaan yang dihasilkan dapat kita lihat bahwa reliabilitas terbesar di dapat pada persamaan Gambar 5. a), artinya keberhasilan proses paling tinggi di peroleh pada ukuran butir 3700 μ m. Gambar 6. menunjukkan hubungan antara Energi aktivasi dengan ukuran butir. Energi aktivasi terendah sebesar 13,70 kkal/mol terjadi pada ukuran butir 130,97 μ m. Sedangkan yang tertinggi terjadi pada ukuran

butir 3700 μm sebesar 24,09 kkal/mol. Hasil ini menjelaskan energi aktivasi yang dihasilkan lebih dari 10 kkal/mol. Dengan kata lain keseluruhan proses reduksi yang berlangsung merupakan proses yang dikendalikan oleh reaksi kimia (*chemical controlled*) yang sangat tergantung pada temperatur. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ukuran butir kurang berpengaruh pada proses reaksi reduksi.

3.2 Pengaruh Ukuran Butir dan Temperatur Terhadap Persen Metalisasi

Ukuran butir dan temperatur proses yang digunakan untuk mereduksi *finest pellet* dapat mempengaruhi tingkat metalisasi dari besi spons yang dihasilkan. Persen metalisasi yaitu perbandingan antara logam Fe terhadap Fe total dalam besi spons.



Gambar 7. Pengaruh Ukuran Butir terhadap Persen Metalisasi.

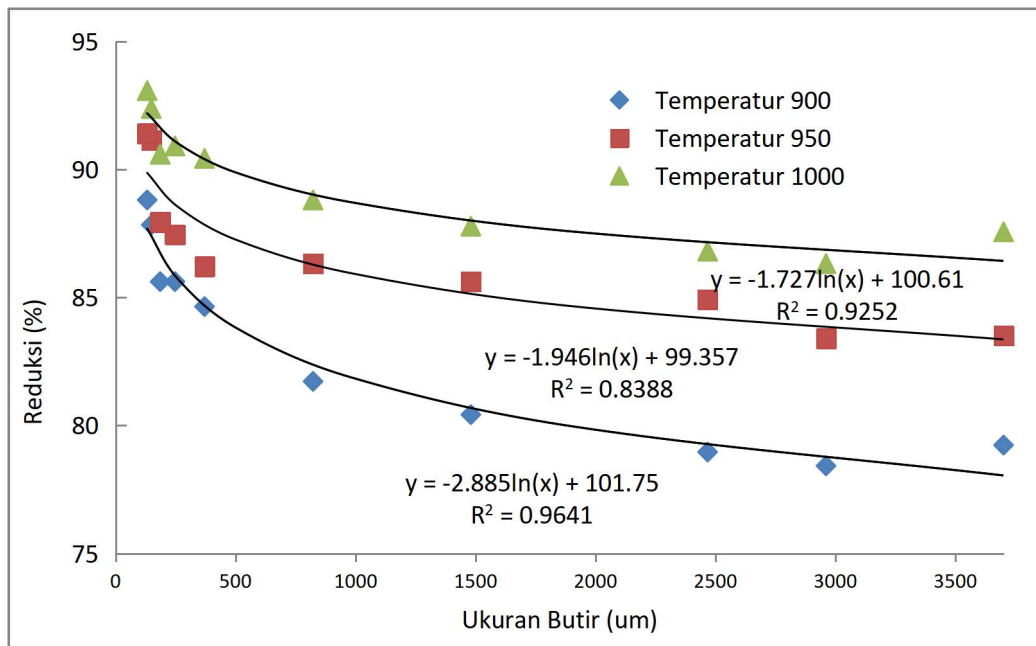
Pada Gambar 7 dapat dilihat pengaruh dari ukuran butir dan temperatur reduksi terhadap persen metalisasi. Menurut Gambar 7 metalisasi besi spons menurun sebanding dengan semakin besarnya ukuran butir namun berbanding terbalik dengan peningkatan temperatur. Persen metalisasi terbesar diperoleh pada ukuran 130,97 μm berturut-turut pada temperatur 900, 950 dan 1000°C adalah 81,5508; 86,3402 dan 89,2256%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *tube furnace* maka laju perpindahan panas juga akan meningkat dan mengakibatkan laju reaksi reduksi dapat lebih cepat dan pembentukan logam Fe banyak terjadi. Pada temperatur 900 dan 950°C, tingkat metalisasi *finest pellet* lebih rendah daripada metalisasi pada temperatur 1000°C. Hal ini dipengaruhi oleh reaksi gasifikasi karbon yang dihasilkan dari batubara yang berjalan lambat. Menurut Diagram Kesetimbangan gas CO dan CO₂, keberadaan karbon pada suatu proses reduksi menyebabkan CO₂ menjadi tidak stabil pada temperatur tinggi dan akan tereduksi menjadi CO, dengan kata lain gas CO akan stabil pada temperatur yang tinggi di atas 900°C. [Biswas, 1981]. Demikian pula jika dilihat dari Diagram *Ellingham*, pada temperatur 1000°C reduksi FeO menjadi Fe dapat berlangsung jika kondisi dalam proses reduksi dapat menghasilkan komposisi gas CO melebihi daerah kestabilan FeO dan adanya sisa karbon pada proses reduksi. Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan bahwa pada temperatur 1000°C, reaksi gasifikasi berjalan lebih cepat sehingga gas CO yang dihasilkan mencukupi untuk mereduksi FeO menjadi logam Fe dengan waktu proses yang sama menjadi lebih sempurna dan lebih tinggi dibandingkan temperatur 900 dan 950°C seperti terlihat pada Gambar 7.

3.3 Pengaruh Ukuran Butir dan Temperatur Terhadap Persen Reduksi

Seperti halnya metalisasi, persen reduksi juga dipengaruhi oleh temperatur. Penentuan % reduksi berdasarkan persamaan 15.

$$\text{Persen Reduksi} = \frac{\%0_{\text{awal}} - \%0_{\text{akhir}}}{\%0_{\text{awal}}} \times 100\% \dots \dots \dots (15)$$

Pada Gambar 8. terlihat bahwa persen reduksi tertinggi diperoleh pada temperatur 1000°C sebesar 93,08%. Sementara untuk temperatur 900 dan 950°C, persen reduksinya berturut-turut hanya sebesar 88,81 dan 91,41%. Ini menunjukkan bahwa temperatur sangat berpengaruh karena temperatur tinggi dibutuhkan untuk menjaga kestabilan gas CO yang merupakan hasil reaksi gasifikasi batubara sebagai reduktor yang digunakan pada proses reduksi *finer pellet*. Sedangkan untuk pengaruh ukuran butir baik itu terhadap persen metalisasi maupun persen reduksi, secara kinetika tidak terlalu berpengaruh meski hasil tertinggi sama-sama dihasilkan pada ukuran butir 130,97µm. Hal ini dikarenakan dari energi aktivasi yang diperoleh seperti yang sudah diperlihatkan pada Gambar 6, menunjukkan bahwa proses dikendalikan oleh reaksi kimia yang sangat tergantung pada temperatur.



Gambar 8. Pengaruh Ukuran Butir terhadap Persen Reduksi

5. KESIMPULAN

1. Energi aktivasi dari *finer pellet* terendah terjadi pada ukuran butir 130,97µm sebesar 13,70 kkal/mol dan tertinggi sebesar 24,09 kkal/mol pada ukuran butir 3700 µm.
2. Metalisasi *finer pellet* meningkat dengan naiknya temperatur reduksi.
3. Persen metalisasi terbesar diperoleh pada ukuran 130,97 µm berturut-turut pada temperatur 900, 950 dan 1000°C adalah 81,55; 86,34 dan 89,23%.
4. Nilai persen reduksi berbanding lurus dengan nilai persen metalisasi, persen reduksi tertinggi juga diperoleh pada ukuran butir 130,97µm pada temperatur 900, 950 dan 1000°C berturut-turut 88,81; 91,41; 93,08%
5. Ukuran butir dan temperatur reduksi cukup memberikan pengaruh terhadap kenaikan nilai persen metalisasi dan persen reduksi.
6. Parameter optimum proses pada ukuran butir 130,97 µm, temperatur reduksi 1000 °C dengan waktu tahan selama 90 menit.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bhawan, P. 2007. "Sponge Iron Industry". *Central Pollution Control Board*. East Arjun Nager. Delhi.
- Biswas, A.K.1981. "Principles Of Blast Furnace Ironmaking". Gootha Publishing House. Brisbane, Australia.
- Brimacombe, J. K. 1991. "The Rotary Kiln- Toward A New Undersatnding of An Old Reactor". *The University of British Columbia Vancouver*, B. C. Kanada.
- Cunningham, B. C. 1980. "Direct Reductions Process". *Iron and Steel Society*. Warrendale.
- Dewi, P K. 1992. "Uji Laboratorium Proses Reduksi Briket Campuran Debu *Pellet* Dan batubara Dengan Menggunakan Gas CO₂". Pusat Pengembangan Teknologi Mineral. Bandung, Indonesia.
- Edstrom, J, O, 1953, Jour, I.S.I, Vol. 175.
- Habashi, F, 1969, "Extractive Metallurgy", Volume 1, Gordon dan Breach, New York.
- H. B. Jensen dan R. M. Smailer, 1980, "The Handling, Storage and Shipment of Direct Reduced Iron", Lukens Steel Company.
- Lankford. et al. 1985. " The Making, Shaping and Treating of Steel". *United States Steel*. 10 edition. *Herbick & Held*. Pitsburg Pennsylvania. USA.
- Patnaik, N. K. 2000. "Prospects of Indian DRI Industry and Avaibility of Non Coking Coal". India.
- Rosenqvist, T. 1983. "Principles of Exstractive Metallurgy". McGraw- Hill Book Co. Singapura.
- Ross, H. U. 1980. "Physical Chemistry: Part I Thermodynamics". *Direct Reduced Iron Technology and Economics of Productions and Use*. Warrendale. *The Iron and Steel Society of AIME*. Warrendale. USA.
- Ross, H. U. 1980. "Physical Chemistry: Part II Reaction Kinetics". *Direct Reduced Iron Technology and Economics of Productions and Use.. The Iron and Steel Society of AIME*. Warrendale. USA.
- Sibakin, J. R.1980. *Development Of Direct Reduction In The Iron And Steel Industri: Chapter 2. Direct Reduced Iron Technology and Economics of Productions and Use*. The Iron and Steel Society of AIME. Warrendale. USA.
- Stephenson R L dan Smailer R M. 1980. "Direct Reduction Iron Technology and Economics of Production and Use". Warendale. USA.
- Sun, S. 1997. "A Study of Kinetics and Mechanism of Iron Ore Reduction in Ore/Coal Composites". *McMaster University*. Canada.
- Setyadi, G. 2006. "Overview Rotary Kiln Untuk Reduksi". *KS Review*. Cilegon.
- Venkateswaran, V dan J. K Brimacombe. 1976. "Mathematical Model of The SL/RN Direct Reduction Process". *University of British Columbia*. Kanada.
- [http://www.Google.co.id/direct reduction.htm](http://www.Google.co.id/direct%20reduction.htm). Juni 2010.