

STUDY PENGGUNAAN REDUKTOR PADA PROSES REDUKSI PELLET BIJIH BESI LAMPUNG MENGGUNAKAN *ROTARY KILN*

¹Yayat Iman Supriyatna, ²Muhammad Amin, dan ³Suharto

^{1,2,3}UPT.Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI,
JL.Ir.Sutami KM.15 Tanjung Bintang Lampung Selatan
Telp.(0721) 350054 Fax.(0721) 350056

e-mail : yayat_iman@yahoo.com

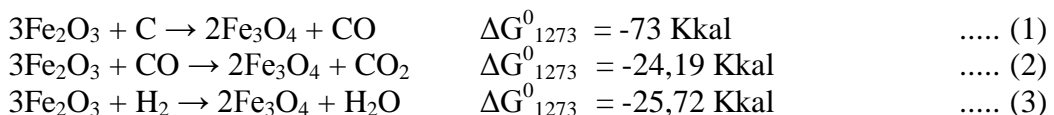
Abstrak. Telah dilakukan penelitian studi penggunaan reduktor pada proses reduksi pellet bijih besi lampung menggunakan rotary kiln. Berdasarkan percobaan yang dilakukan melalui proses pembuatan pellet bijih besi, penghalusan reduktor batubara hingga mesh -80+100, analisis kandungan proximat dan kalori reduktor (kokas, arang kayu, batu bara dan arang batok) serta dilakukan uji coba pembakaran reduktor batubara pada tungku rotary kiln. Hasil yang di dapat dari uji coba dengan menggunakan reduktor batubara menjadi dasar (standar) dalam perhitungan kebutuhan reduktor jenis lain untuk proses yang sama. Berdasarkan FC yang dimiliki bahan reduktor kebutuhan masing-masing reduktor yaitu batubara 70kg, arang kayu 41,3kg, arang batok 39,87kg, dan kokas 39,46kg. Sedangkan berdasarkan nilai kalori bahan reduktor, maka kebutuhan batubara 70kg, arang kayu 57,92kg, arang batok 76,42kg dan kokas 52,05kg. Berdasarkan kedua parameter FC dan kalori kebutuhan batubara paling besar namun jika ditinjau dari segi biaya paling kecil dimana jika berdasarkan FC dan kalori biaya untuk batubara sebesar Rp.63.000 sedangkan reduktor lain lebih besar.

Kata kunci: reduktor, batubara, pellet bijh besi, rotary kiln, lampu.

1. Pendahuluan

Bijih besi merupakan bahan baku utama dalam pembuatan logam-besi. Untuk mendapatkan logam-besi tersebut, bijih besi yang masih dalam bentuk oksida harus melalui suatu tahapan tertentu. Tahapan tersebut dikenal dengan proses reduksi.

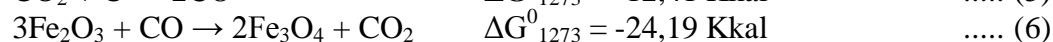
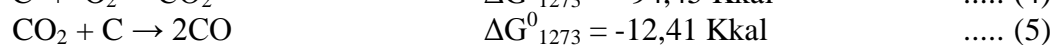
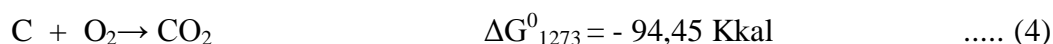
Reduksi bijih besi berlangsung pada temperatur yang cukup tinggi. Pada proses reduksi dibutuhkan bahan lain sebagai reduktor yang akan mengubah oksida besi dengan muatan tinggi menjadi oksida besi dengan muatan yang lebih rendah atau bahkan menjadi logam. Reduktor yang dapat digunakan dapat berupa C, CO atau H₂ seperti yang ditunjukkan pada reaksi berikut [Ross., 1980]:



Ketika suatu reduktor direaksikan secara langsung dengan bijih besi, maka reaksi disebut reduksi langsung. Sebaliknya jika suatu reduktor tidak secara langsung direaksikan dengan bijih besi maka reaksi disebut reduksi tidak langsung [Biswas., 1981]. Persamaan (1), (2) dan (3) merupakan contoh persamaan reduksi langsung.

Salah satu contoh persamaan reduksi tidak langsung adalah reduksi bijih besi dengan reduktor batubara. Dikatakan sebagai reduksi tidak langsung karena batubara akan melalui gasifikasi terlebih dahulu sebelum bertindak sebagai reduktor. Adapun

yang sebenarnya menjadi reduktor adalah gas CO hasil gasifikasi batubara. Untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada reaksi berikut [Rosenqvist., 1983]:



Gas CO pada persamaan reaksi (6) merupakan hasil penggabungan reaksi 4 dan 5 (reaksi gasifikasi batubara) sehingga reaksi (6) disebut reduksi tidak langsung.

Dalam perkembangan selanjutnya istilah reduksi langsung menjadi lebih umum digunakan sebagai suatu teknologi pembuatan besi spons. Adapun besi spons digunakan sebagai salah satu bahan baku pada industri baja yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas baja yang dihasilkan [Ross., 1980]. Proses reduksi langsung didefinisikan sebagai suatu proses menghasilkan besi-metal dengan mereduksi bijih besi ataupun bentuk senyawa oksida lainnya dibawah temperatur lebur setiap material yang terlibat di dalamnya [Feinman., 1999]. Hasil proses reduksi langsung disebut dengan DRI (*Direct Reduction Iron*), karena hasilnya masih dalam bentuk padatan dan secara fisik pada permukaannya terlihat rongga-rongga atau porositas maka disebut juga dengan besi spons.

Secara umum teknologi proses reduksi langsung terbagi menjadi tiga kategori yaitu [Sibakin.,1980]:

1. Teknologi dengan penggunaan reduktor padat dalam granular bed.
2. Teknologi dengan penggunaan reduktor gas dalam granular bed.
3. Teknologi dengan penggunaan reduktor gas dalam fluidizedbed.

Karbon merupakan salah satu reduktor yang banyak digunakan untuk mereduksi bijih besi. Penelitian menunjukkan bahwa karbon pada pelet komposit karbon memiliki dua fungsi yaitu sebagai reduktor dan sebagai agen karburasi dengan terbentuknya CO (Kazuhiro Nagata, 2001 ; B Anameric, Agustus 2006).

Sumber karbon untuk proses reduksi dapat diperoleh dari batubara, kokas, *char* dan grafit. Jenis karbon yang digunakan sebagai reduktor ini berperan pada kecepatan memberikan kondisi yang baik sehingga proses reduksi berjalan dengan baik.

Namun bahan baku reduktor ini seiring waktu semakin meningkat harganya, seperti kokas yang harganya meningkat hampir tiga kali lipat pada tahun 2003. Oleh pemilihan reduktor yang efisien dan ekonomis sangat diperlukan untuk mengurangi biaya produksi namun tidak mengurangi kualitas produk dan menghambat proses reduksi.

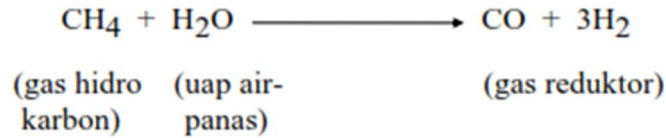
Berdasarkan hal-hal tersebut diatas maka pada penelitian ini dilakukan percobaan reduksi langsung menggunakan reduktor batubara dan membandingkannya dengan bahan reduktor lain.

1.1 Proses Reduksi

Tujuan proses reduksi adalah untuk menghilangkan ikatan oksigen dari biji besi. Proses reduksi ini memerlukan gas reduktor seperti hidrogen atau gas karbon monoksida (CO). Proses reduksi ini ada 2 macam yaitu proses reduksi langsung dan proses reduksi tidak langsung.

- Proses Reduksi Langsung

Proses ini biasanya digunakan untuk merubah pellet menjadi besi spons (*sponge iron*) atau sering disebut besi hasil reduksi langsung (*direct reduced iron*). Gas reduktor yang dipakai biasanya berupa gas hidrogen atau gas CO yang dapat dihasilkan melalui pemanasan gas alam cair (LNG) dengan uap air didalam suatu reaktor yaitu melalui reaksi kimia berikut :



Dengan menggunakan gas CO atau hidrogen dari persamaan diatas maka proses reduksi terhadap pellet biji besi dapat dicapai melalui reaksi kimia berikut ini:



- Proses Reduksi Tidak Langsung

Proses ini dilakukan dengan menggunakan tungku pelebur yang disebut juga tanur tinggi (*blast furnace*). Biji besi hasil penambangan dimasukkan ke dalam tanur tinggi tersebut dan didalam tanur tinggi dilakukan proses reduksi tidak langsung yang cara kerjanya yaitu bahan bakar batu bara yang telah dikeringkan (kokas) dengan kandungan karbon (C) diatas 80%, tidak hanya berfungsi sebagai bahan bakar, tetapi juga berfungsi sebagai pembentuk gas CO yang berfungsi sebagai reduktor. Untuk menimbulkan proses pembakaran maka ke dalam tanur tersebut ditiupkan udara dengan menggunakan blower, sehingga terjadi proses oksidasi sebagai berikut:



Gas CO yang terjadi dapat menimbulkan reaksi reduksi terhadap biji yang dimasukkan ke dalam tanur tersebut. Sedangkan panas yang ditimbulkan berguna untuk mencairkan besi yang telah tereduksi tersebut.

Untuk mengurangi kotoran-kotoran (*impurity*) dari logam cair, ke dalam tanur biasanya ditambahkan sejumlah batu kapur (*limestone*). Batu kapur tersebut akan membentuk terak (*slag*) dan dapat mengikat kotoran-kotoran yang ada didalam logam cair. Karena berat jenis terak lebih rendah dari berat jenis cairan besi maka terak tersebut berada dipermukaan logam cair sehingga dapat dikeluarkan melalui lubang terak.

1.1.1 Batubara

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen.

Batu bara juga adalah batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk.

Analisis unsur memberikan rumus formula empiris seperti $\text{C}_{137}\text{H}_{97}\text{O}_9\text{NS}$ untuk bituminus dan $\text{C}_{240}\text{H}_{90}\text{O}_4\text{NS}$ untuk antrasit.

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batu bara umumnya dibagi dalam lima kelas: antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit dan gambut.

- **Antrasit** adalah kelas batu bara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.
- **Bituminus** mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batu bara yang paling banyak ditambang di Australia.
- **Sub-bituminus** mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.
- **Lignit** atau batu bara coklat adalah batu bara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.
- **Gambut**, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

Dibawah ini adalah kualitas rata-rata dari beberapa endapan batu bara Eosen di Indonesia.

Tabel 1.
Kualitas rata-rata endapan batubara Eosen di Indonesia

Tambang	Cekungan	Perusahaan	Kadar air total (%ar)	Kadar air inheren (%ad)	Kadar abu (%ad)	Zat terbang (%ad)	Belerang (%ad)	Nilai energi (kkal/kg)(ad)
Satui	Asam-asam	PT Arutmin Indonesia	10.00	7.00	8.00	41.50	0.80	6800
Senakin	Pasir	PT Arutmin Indonesia	9.00	4.00	15.00	39.50	0.70	6400
Petangis	Pasir	PT BHP Kendilo Coal	11.00	4.40	12.00	40.50	0.80	6700
Ombilin	Ombilin	PT Bukit Asam	12.00	6.50	<8.00	36.50	0.50 - 0.60	6900
Parambahan	Ombilin	PT Allied Indo Coal	4.00	-	10.00 (ar)	37.30 (ar)	0.50 (ar)	6900 (ar)

(ar) - as received, (ad) - air dried, Sumber: Indonesian Coal Mining Association, 1998

1.1.2 Arang Kayu

Arang adalah residu hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen volatil dari hewan atau tumbuhan. Arang umumnya didapatkan dengan memanaskan kayu, gula, tulang, dan benda lain. Arang yang hitam, ringan, mudah hancur, dan meyerupai batu bara ini terdiri dari 85% sampai 98% karbon, sisanya adalah abu atau benda kimia lainnya.

Arang kayu adalah arang yang terbuat dari bahan dasar kayu. Arang kayu paling banyak digunakan untuk keperluan memasak seperti yang dijelaskan sebelumnya. Sedangkan penggunaan arang kayu yang lainnya adalah sebagai penjernih air, penggunaan dalam bidang kesehatan, dan masih banyak lagi. Bahan kayu yang digunakan untuk dibuat arang kayu adalah kayu yang masih sehat, dalam hal ini kayu belun membusuk.



Gambar 1. Arang kayu

1.1.3 Arang tempurung kelapa

Arang tempurung kelapa adalah arang yang berbahan dasar tempurung kelapa. Pemanfaatan arang tempurung kelapa ini termasuk cukup strategis sebagai sektor usaha. Hal ini karena jarang masyarakat yang memanfaatkan tempurung kelapanya. Selain dimanfaatkan dengan dibakar langsung, tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai bahan dasar briket arang.

Tempurung kelapa yang akan dijadikan arang harus dari kelapa yang sudah tua, karena lebih padat dan kandungan airnya lebih sedikit dibandingkan dari kelapa yang masih muda. Harga jual arang tempurung kelapa terbilang cukup tinggi. Karena selain berkualitas tinggi, untuk mendapatkan tempurung kelapanya juga terbilang sulit dan harganya cukup mahal.



Gambar 2. Arang tempurung kelapa

1.1.4 Kokas

Kokas ialah residu padat yang tertinggal bila batubara dipanaskan tanpa udara sampai sebagian zat yang mudah menguapnya hilang. Batubara kokas adalah batubara yang bila dipanaskan tanpa udara sampai suhu tinggi akan menjadi lunak, terdevolatilasi, mengembang, dan memadat kembali membentuk material yang porous.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini akan meninjau penggunaan reduktor dalam proses reduksi pellet bijih besi menjadi sponge iron. Reduktor yang digunakan dalam uji coba yaitu batubara, hasil reduksi dari batubara ini nanti menjadi standar dalam menentukan kebutuhan reduktor dalam proses reduksi. Parameter yang ditinjau yaitu nilai FC dan kalori dari masing-masing bahan reduktor.

Penelitian ini di lakukan pada tanggal 12 Juli s.d 5 Agustus 2011 bertempat di laboratorium UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung Tanjung Bintang Lampung Selatan.

Bahan yang di gunakan yaitu bijih besi, tepung tapioka, air dan alat-alatnya yaitu rotary kiln, penghalus arang (*disk mill*), mesin pellet sederhana, pengaduk (*mixer*), oven pengering. Data yang dipakai bersumber dari data primer yaitu bersumber langsung dari data hasil percobaan penelitian di lapangan dan data sekunder yang didapat dari studi literature maupun dari instansi terkait.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada percobaan yang telah dilakukan dengan menggunakan batubara diperoleh data dari Tabel 2.

Tabel 2.
Hasil uji coba reduksi pellet bijih besi menggunakan reduktor batubara

Rata – rata hasil uji coba penggunaan reduktor batubara	
Reduktor	Batubara
Jumlah batubara	70 kg
Suhu reduksi	1200 ⁰ C
Berat pellet	50 kg
Berat produk	37,2 kg
Fe total	60,28%
Fe metal	60,35%
Derajat metalisasi	99,8%

Hasil analisa bahan reduktor dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Hasil analisa proximate reduktor

No.	Nama contoh	% Hasil analisa proximat				Kalori (Kj/kg)
		Moisture	Volatile	Ash	FC	
1	Arang kayu	10,03	8,75	4,37	76,85	7009,4
2	Arang batok	5,39	11,03	3,98	79,6	5312,71
3	Kokas	7,22	5,84	6,51	80,43	7600
4	Batubara	8,96	40,22	5,48	45,34	5800

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, pada proses reduksi *pellet* bijih besi menjadi *sponge iron* menggunakan batubara membutuhkan batubara sebanyak 70kg dengan suhu reduksi 1200⁰C. Berdasarkan hasil tersebut dan dibandingkan dengan hasil analisa proximat maka dapat diprediksi kebutuhan bahan reduktor lainnya.

Secara matematis maka total C (karbon) yang dibutuhkan untuk proses diatas dengan bahan baku batubara dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total FC dalam batubara} &= 45,34\% \text{ Wt} \\ \text{Kebutuhan batubara} &= 70 \text{ kg} \\ \text{Maka kebutuhan C (karbon)} &= \text{Total FC dlm bahan} \times \text{Kebutuhan bahan} \\ &= 45,34\% \times 70 \text{ kg} \\ &= 31,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dapat diketahui untuk mereduksi pellet sebanyak 50 kg dibutuhkan C (karbon) sebanyak 31,74 kg. Sehingga untuk mereduksi *pellet* dengan komposisi dan jumlah yang sama maka kebutuhan bahan reduktor lain dapat diketahui. Sebagai contoh dapat dihitung kebutuhan reduktor arang kayu dengan melihat FC hasil analisa proximat.

$$\begin{aligned} \text{Total FC dalam arang kayu} &= 76,85\% \\ \text{Kebutuhan C (karbon)} &= 31,74 \text{ kg} \\ \text{Maka kebutuhan arang kayu} &= \frac{\text{Kebutuhan FC}}{\text{Total FC dalam bahan}} \\ &= \frac{31,74}{76,85\%} \\ &= 41,30 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh data dari Tabel 4.

Tabel 4.
Kebutuhan reduktor untuk mereduksi 50 kg *pellet* menjadi *sponge iron* dengan komposisi dan jumlah yang sama

No	Nama bahan	Kebutuhan bahan (kg)
1	Batubara	70,00
2	Arang kayu	41,30
3	Arang batok	39,87
4	Kokas	39,46

Dari hasil perhitungan dapat diketahui untuk mereduksi *pellet* menjadi *sponge iron* dengan komposisi dan jumlah yang sama pemakaian kokas paling sedikit. Namun hal ini perlu diperhatikan juga dari segi biaya untuk pemakaian bahan tersebut. Perbandingan biaya untuk masing – masing bahan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5.
Perbandingan biaya untuk masing-masing bahan reduktor berdasarkan FC

No	Nama bahan	Kebutuhan bahan (kg)	Harga per kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Batubara	70	900	63.000
2	Arang kayu	41,30	2000	82.600
3	Arang batok	39,87	3000	119.610
4	Kokas	39,46	9500	374.870

Sedangkan kebutuhan reduktor ini jika ditinjau berdasarkan nilai kalori yang dibutuhkan untuk proses reduksi maka hasilnya ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6.
Perbandingan biaya untuk masing-masing bahan reduktor berdasarkan kalori

No	Nama bahan	Kebutuhan bahan (kg)	Harga per kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Batubara	70	800	63.000
2	Arang kayu	57,92	2000	115.844
3	Arang batok	76,42	3000	229.262
4	Kokas	52,05	9500	494.487

Berdasarkan nilai FC sesuai Tabel 5 biaya untuk mereduksi *pellet* menjadi *sponge iron* dengan komposisi dan jumlah yang sama hasilnya menunjukkan bahwa biaya reduksi pellet bijih besi menggunakan reduktor batubara nilainya paling kecil jika dibandingkan bahan reduktor yang lain. Sedangkan berdasarkan kebutuhan kalor sesuai Tabel 6 hasilnya menunjukkan hal yang sama yaitu biaya penggunaan reduktor batubara nilainya paling kecil.

Untuk saat ini biaya penggunaan batubara sebagai reduktor pada proses reduksi pellet bijih besi menjadi *sponge iron* paling kecil jika ditinjau dari segi FC dan kalori. Namun jika ditinjau dari kualitas *sponge* yang diinginkan atau efek pencemaran hasil pembakaran yang ramah lingkungan maka bahan reduktor arang batok atau kokas dapat digunakan dengan pertimbangan biaya bahan reduktor yang lebih besar tentunya.

4. Kesimpulan

- Kebutuhan reduktor untuk mereduksi *pellet* menjadi *sponge iron* dengan komposisi dan jumlah yang sama kebutuhan pemakaian batubara paling sedikit.
- Biaya reduktor yang paling kecil (berdasarkan nilai FC) dibandingkan reduktor yang lain dalam mereduksi *pellet* menjadi *sponge iron* dengan komposisi dan jumlah yang sama yaitu menggunakan batubara dengan besar biaya Rp. 63.000
- Biaya reduktor yang paling kecil (berdasarkan nilai kalori) dibandingkan reduktor yang lain dalam mereduksi *pellet* menjadi *sponge iron* dengan komposisi dan jumlah yang sama yaitu menggunakan batubara dengan besar biaya Rp. 63.000

5. Daftar Pustaka

- Anonim, (2010). Pemanfaatan laterit untuk SRP, Pusat Teknologi Sumberdaya Mineral – BPPT.
- Biswas, A.K. (1981). Principles of Blast Furnace Iron Making, Cootha Publishing House, Brisbane Australia
- Chirons N. P., Coal Age Handbook of Coal Surface Mining (ISBN 0-07-011458-7).
- <http://basarmanaloe.blogspot.com/2012/07/reduksi-bijih-besi.html>
- <http://www.file-edu.com/2011/10/proses-reduksi-pada-pembuatan-besi-dan.html>
- Chakrabarti A.K., (2010). “Steel Making”, 2nd edition, PHI Learning Private Limited New Delhi.
- http://id.wikipedia.org/wiki/Batu_bara
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Arang>
- Jamali A., Pemanfaatan Bijih Besi Lokal Sebagai Bahan Baku Industri Besi Baja Nasional, Laporan Akhir Program Kompetitif LIPI, UPT. BPML - LIPI, 2007.