



**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA V**  
"Kontribusi Kimia dan Pendidikan Kimia dalam  
Pembangunan Bangsa yang Berkarakter"  
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS  
Surakarta, 6 April 2013



**MAKALAH  
PENDAMPING**

**KIMIA ANORGANIK  
(Kode : C-02)**

**ISBN : 979363167-8**

## **UJI COBA PROSES REDUKSI BIJIH BESI LOKAL MENGUNAKAN *ROTARY KILN***

**Suharto<sup>1,\*</sup>, Yayat Iman Supriyatna<sup>2</sup>, M.Amin<sup>3</sup>.**

<sup>1,2,3</sup> UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI, Lampung, Indonesia  
JL. Ir. Sutami KM. 15 Tanjung Bintang Lampung Selatan

\*Keperluan korespondensi, Telp.(0721) 350054 Fax.(0721) 35005,  
email : harto\_berg@yahoo.com

### **ABSTRAK**

Telah dilakukan proses reduksi langsung yang dilakukan dibawah titik lebur dalam tungku rotary kiln sehingga produk yang dihasilkan dalam bentuk padatan (sponge iron). Proses dilakukan dengan terlebih dahulu dilakukan pembuatan pellet bijih besi. Pada penelitian ini variabel yang digunakan yaitu suhu reduksi dan jenis binder. Untuk mengetahui hasil reduksi pellet bijih besi menjadi sponge iron terbaik maka pada sponge iron hasil reduksi dilakukan analisa Fe total, Fe metal dan komposisi lainnya. Kemudian dihitung derajat metalisasi. Sponge iron dengan derajat metalisasi terbesar merupakan proses reduksi yang terbaik. Hasil analisa sementara dari percobaan didapat data Fe total dan metal sampel A1 sebesar 70,91% dan 60,35%, sampel A2 sebesar 70,91% dan 55,33%, sampel A3 sebesar 70,91% dan 48,41%, sampel A4 sebesar 65,70% dan 62,62%, sampel A5 sebesar 65,70% dan 60,33%, sampel A6 sebesar 65,70% dan 61,33%. Berdasarkan nilai Fe total dan Fe metal maka nilai metalisasi dari sampel A1 sampai A6 secara berturut yaitu 85,11%, 78,03%, 68,27%, 95,31%, 91,83% dan 93,35%. Dari hasil penelitian ini didapat derajat metalisasi sponge dengan binder bentonit (suhu reduksi 1100 °C, metalisasi 95,31%) lebih besar daripada derajat metalisasi sponge dengan binder aci (suhu reduksi 1100 °C, metalisasi 78,03%) pada suhu reduksi yang sama.

**Kata Kunci:** *bijih besi; reduksi; rotary kiln; sponge iron*

### **PENDAHULUAN**

Besi dan baja aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari cukup luas mulai dari perabotan rumah tangga, konstruksi bangunan, peralatan perang seperti

pedang, meriam dan kapal perang, alat-alat industri, alat-alat berat dan lain-lain [1].

Bahan baku awal dalam pembuatan besi dan baja adalah bijih

besi (*iron ore*). Bijih besi yang didapatkan dari alam umumnya merupakan senyawa besi dengan oksigen seperti hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), limonite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), atau siderite ( $\text{Fe}_2\text{CO}_3$ ). Sebelum digunakan sebagai bahan baku pembuatan besi baja, besi yang dikandung dalam bijih besi harus dipisahkan dari oksigen dan pengotor yang mengikatnya. Proses penghilangan oksigen dan pengotor bijih besi disebut proses reduksi bijih besi. Proses reduksi bijih besi secara umum terbagi atas dua metode yaitu reduksi langsung (*direct reduction*) dan reduksi tidak langsung (*indirect reduction*).

Proses reduksi bijih besi secara tidak langsung dilakukan dalam *blast furnace* dengan reduktor berupa kokas, batu bara atau char dengan temperatur di atas titik lebur besi dengan produk berupa lelehan logam Fe yang selanjutnya diumpankan ke dalam BOF (*Basic Oxygen Furnace*) dan sebagian kecil akan dicetak menjadi *pig iron* [2]. Proses reduksi ini kurang efektif karena belum mampu mengolah bijih besi dengan kandungan besi (Fe) di bawah 60 %, disamping itu membutuhkan konstruksi alat yang cukup rumit dan keterbatasan arang kayu sebagai reduktor serta efisiensi bahan bakar/reduktor yang masih rendah  $\pm 1,1$  ton arang kayu/ton *pig iron* [3].

Sedangkan proses reduksi langsung merupakan proses pemisahan

Fe dari oksigen dengan reduktor berupa padatan seperti batubara atau gas alam ( $\text{CH}_4$ ). Proses reduksi langsung dilakukan di bawah titik lebur dalam tungku reduksi sehingga produk yang dihasilkan dalam bentuk padatan (besi *spons*) [4]. Proses reduksi ini lebih efisien karena sudah mampu mengolah langsung bijih besi dengan kandungan besi (Fe) di bawah 60%.

Salah satu proses reduksi langsung yaitu dengan menggunakan *rotary kiln*. *Rotary kiln* merupakan tungku putar yang digunakan untuk kalsinasi, dimana suhu operasinya berkisar antara  $700^\circ\text{C} - 1000^\circ\text{C}$ . *Rotary kiln* dipilih karena dapat digunakan untuk proses kontinyu. Karakteristik bahan baku merupakan hal yang sangat sensitif dalam pembuatan sponge iron. Karakteristik kimia dan fisik merupakan faktor yang penting pada pengoperasian *rotary kiln*.

Bahan baku bijih besi pada unit *rotary kiln* cukup fleksibel bisa berupa *iron ore pellet*, *lump ore*, atau pasir besi[5]. Kandungan Fe minimum 53% dan kandungan *gangue* maksimum 5%.

Batu kapur digunakan sebagai bahan aditif pada proses reduksi bijih besi di *rotary kiln* yang berfungsi sebagai penyerap belerang dari campuran bahan baku selama proses reduksi [6]. Bahan ini dicampur terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam rotary kiln.

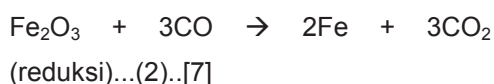
Reduktor yang digunakan pada proses rotary kiln adalah batubara, mulai dari jenis antrasit sampai lignite. Tiap jenis batubara memerlukan adaptasi operasi *rotary kiln* terutama dalam hal rasio antara bijih besi dan jumlah reduktor yang dibutuhkan. Untuk penggunaan batubara dengan kandungan kalori rendah, diperlukan tambahan bahan bakar seperti gas alam atau bahan bakar cair, untuk menjaga profil temperatur yang dibutuhkan dalam proses. Berdasarkan data tersebut maka banyak batubara Indonesia memenuhi persyaratan sebagai bahan pereduksi.

Reaksi yang terjadi di *rotary kiln* :

*Boudard reaction*:



Proses reduksi:



Pada kegiatan sebelumnya telah dilakukan proses reduksi pellet bijih besi menggunakan tungku diam dimana hasilnya cukup bagus yaitu dihasilkan sponge iron dengan metalisasi mencapai 96%. Proses reduksi pada tungku diam ini masih terdapat beberapa kekurangan yaitu proses reduksi belum dapat berjalan kontinyu, produk ada yang melekat satu sama lain dan pellet yang berada ditengah (tidak terpanggang) tidak mengalami proses reduksi yang sempurna. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah - masalah yang terjadi pada reduksi dengan

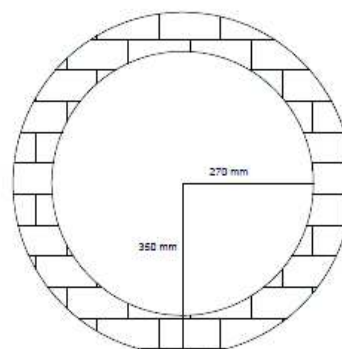
menggunakan tungku diam maka pada penelitian ini dilakukan proses reduksi pellet bijih besi dengan menggunakan *rotary kiln*.

## METODE PENELITIAN

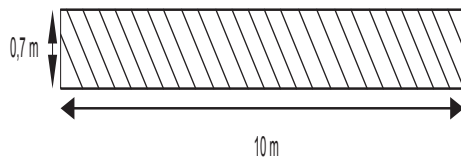
### Bahan dan Alat

1. Bahan
  - Bijih besi kadar ;
  - Bentonit
  - Aci
  - Batubara
  - Air
2. Alat
  - Mesin pelletizer
  - Magnetik separator
  - *Rotary kiln* (panjang 10 m dan diameter dalam 54 cm)
  - Mesh ukuran 100
  - *Thermocouple*
  - Mixer
  - Timbangan

Desain *rotary kiln* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



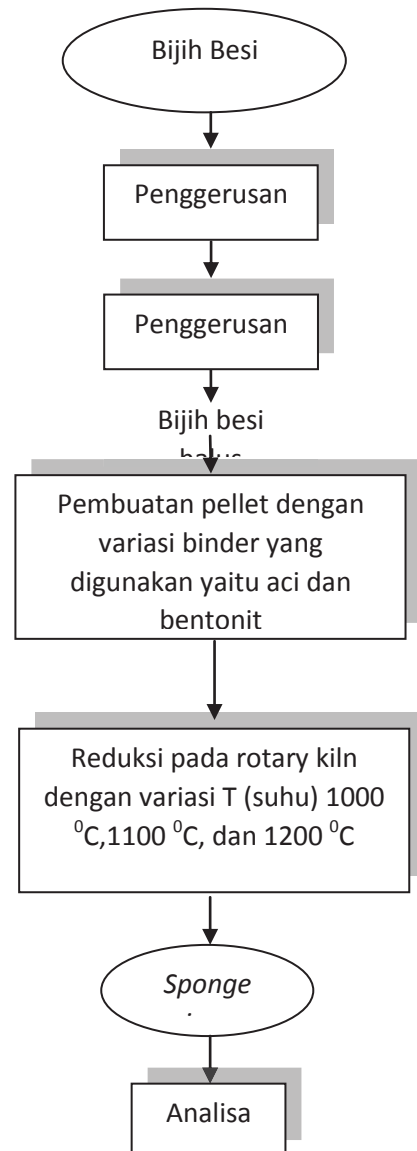
Gambar 1. *Rotary kiln* tampak depan



Gambar 2. *Rotary kiln* tampak samping

### Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan meliputi tiga tahapan yaitu persiapan bahan baku, persiapan alat dan pengambilan data dan analisa hasil percobaan. Persiapan bahan baku meliputi penggerusan bijih besi, *screening* dengan mesh  $\pm 100$ , dan magnetisasi bijih besi. Untuk persiapan alat yaitu penyiapan alat pembuat pellet, mixer, magnetik separator dan *rotary kiln*. Sedangkan pengambilan data dan analisa dilakukan setelah bahan berupa pellet sudah tersedia kemudian direduksi dalam tungku putar (*rotary kiln*) dan hasilnya dianalisa kadar Fe total dan Fe metalnya sehingga diketahui derajat metalisasinya. Untuk langkah percobaan dapat dilihat pada blok diagram Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram kegiatan penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

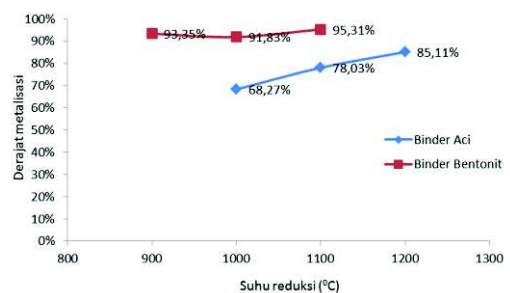
Hasil percobaan dengan memvariasikan binder yang digunakan dan suhu reduksi. Setelah proses reduksi dilakukan analisa kimia untuk mengetahui kadar Fe total dan Fe metal produk *sponge iron*. Adapun hasil percobaan tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa kimia kadar Fe total dan Fe metal produk sponge

Sampel	Fe total (%)	Fe metal (%)	Derajat metalisasi (%)	Keterangan
A1	70,91	60,35	85,11	Aci, 40 menit, 1200 °C
A2	70,91	55,33	78,03	Aci, 40 menit, 1100 °C
A3	70,91	48,41	68,27	Aci, 40 menit, 1000 °C
A4	65,70	62,62	95,31	Bentonit, 40 menit, 1100 °C
A5	65,70	60,33	91,83	Bentonit, 40 menit, 1000 °C
A6	65,70	61,33	93,35	Bentonit, 40 menit, 900 °C

#### Pengaruh suhu terhadap derajat metalisasi

Dari hasil percobaan dapat dilihat bahwa dengan semakin tinggi suhu proses yang digunakan untuk reduksi pellet bijih besi maka derajat metalisasi juga semakin lebih besar. Baik pellet bijih besi dengan binder bentonit maupun dengan binder aci menunjukkan hal yang sama. Hal ini dikarenakan pellet bijih besi sudah mulai tereduksi pada suhu 700 °C. Dengan suhu ruangan *rotary kiln* yang melebihi suhu teoritis untuk terjadinya reduksi bijih besi maka proses reduksi berlangsung dengan sempurna.

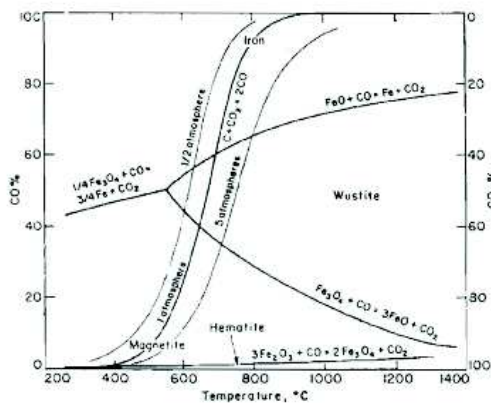


Gambar 4. Pengaruh temperatur terhadap metalisasi besi

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 untuk *sponge iron* dengan binder aci diperoleh metalisasi terbaik 85,11% dengan suhu reduksi 1200 °C. Sedangkan *sponge* dengan binder bentonit diperoleh metalisasi terbaik dengan nilai 95,31% pada suhu reduksi 1100 °C. Dari gambar 4 dapat dilihat metalisasi semakin tinggi dengan naiknya temperatur, ini sesuai dengan reaksi utama (1) dan (2) yang terjadi.

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini jika ditinjau dari laju

kenaikan metalisasi menunjukkan hasil yang menaik tajam setelah temperatur 1000 – 1100 °C. Hal ini berkaitan dengan reaksi Boudouard (1) yang berlangsung spontan pada temperatur di atas 1000 °C.



Gambar 5. Pengaruh tekanan CO pada kesetimbangan reduksi oksida besi [9]

Perubahan oksida besi menjadi logam dibawah pengaruh tekanan CO, hal ini dapat dilihat dari reaksi (1). Pengaruh tekanan CO dapat dilihat pada Gambar 5 yang menunjukkan bahwa perubahan oksida besi menjadi logam besi dapat terjadi melalui magnetit ( $Fe_3O_4$ ) maupun wustit. Keduanya dapat direduksi oleh CO. Seiring dengan tingginya temperatur semakin tinggi tekanan gas CO, perubahan oksida besi menjadi logam semakin banyak jumlahnya. Pada tekanan 1 atm, konsentrasi gas CO akan mencapai 100% pada temperatur dibawah 1000 °C namun dengan karbon berlebih produksi CO masih terus berlangsung sehingga reduksi juga masih terus terjadi.[8] Sehingga dengan

proses reduksi yang terus berlangsung maka kadar Fe metal pada *sponge iron* semakin tinggi. Berdasarkan Gambar 5 pada suhu > 700°C jika gas CO lebih dari 50% maka produk Fe metal akan semakin besar.

**Pengaruh binder terhadap derajat metalisasi**

Antara binder bentonit dengan binder aci dengan suhu reduksi (1100 °C) yang sama diperoleh derajat metalisasi terbaik untuk *sponge* dengan binder bentonit yaitu sebesar 95,31% dan untuk binder aci sebesar 78,03%. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa untuk suhu reduksi yang sama *sponge iron* dengan binder bentonit derajat metalisasinya lebih besar daripada derajat metalisasi *sponge iron* dengan binder aci.

**KESIMPULAN**

1. Semakin tinggi suhu proses maka derajat metalisasi yang diperoleh semakin tinggi.
2. Nilai derajat metalisasi tertinggi yaitu 95,31% untuk *sponge iron* dengan binder bentonit dan suhu reduksi 1200 °C.
3. Derajat metalisasi *sponge iron* dengan binder bentonit (suhu reduksi 1100 °C, metalisasi 91,83%) lebih besar dari pada derajat metalisasi *sponge* dengan binder acimetalisasi (suhu reduksi 1100 °C, metalisasi 78,03%) pada suhu reduksi yang sama.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya kegiatan penelitian dan penulisan makalah ini.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Koffle, T. 1999. *Development of Direct Reduction in the iron and Steel Industry*. Direct Reduced Iron Technology and Economics of Productions and Use. The Iron and Steel Society. Warrendale. Hal 3-8
- [2] Biswas, A.K., 1981, *Principles of Blast Furnace Iron Making*, Cootha Publishing House, Brisbane Australia.
- [3] Amin, M. dan Adil Jamali, 2003, Pengolahan Pellet Bijih Besi Halus menjadi Hot Metal di dalam Kupola. *Jurnal Kimia Indonesia* Vol. 1 (2), h. 87-92
- [4] Sun, S., 1997, *A Study of Kinetics and Mechanism of Iron Ore Reduction in Ore/Coal*,
- [5] Error! Hyperlink reference not valid. diakses tanggal 19 Juni 2012
- [6] <http://basarmanaloe.blogspot.com/2012/07/reduksi-bijih-besi>
- [7] Indarto Katim dkk., 1994, *Pemanfaatan Pasir Besi Titan untuk Pembuatan Besi Cor, Titan Oksida dan Logam Titan*. Puslit Metalurgi LIPI

[8] Pusat Teknologi Sumberdaya Mineral - BPPT. 2010. *Pemanfaatan Laterit untuk SRP*

[9] A.K. Chakrabarti, 2010, *Steel Making*, 2nd edition, PHI Learning Private Limited New Delhi.

## TANYA JAWAB

**Nama Penanya** : **Zainus Salimin**

**Nama Pemakalah** : **Suharto**  
**Pertanyaan** :

1. Apakah fungsi binder ACI dan bentonite dalam percobaan pembuatan sponge tersebut?
2. Apakah pembentukan senyawa dari ACI dan bentonit sehingga didalam percobaan bentonit memberikan hasil yang terbaik?

**Jawaban** :

1. Sel binder organik, bentonite binder anorganik. Dua-duanya mengikat komposit pellet
2. Hasil percobaan % metalisasi dengan bentonit lebih baik dibanding dengan binder ACI karena binder bentonite dapat membuat sponge yang lebih kompak sehingga C nya tidak cepat terbuka.

**Nama penanya** : **Hamidatul K**  
**Pertanyaan** :

1. Fungsi batubara pada pembuatan sponge iron?
2. Bagaimana pembentukan pori pada sponge iron? Apa yang mempengaruhinya?

**Jawaban** :

ISBN = 979363167-8

1. Sebagai sumber karbon untuk membuat CO sehingga gas reduktan untuk mereduksi fisik
2. Pori terbentuk sebagai akibat batu bara dan aci yang tergasifikasi.