



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN KARBON PADA  
PROSES REDUKSI LANGSUNG BATU BESI**

**SKRIPSI**

**KOMARUDIN**

**0405040414**

**FAKULTAS TEKNIK**

**DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL**

**DEPOK**

**DESEMBER 2008**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN KARBON PADA  
PROSES REDUKSI LANGSUNG BATU BESI**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**KOMARUDIN**

**0405040414**

**FAKULTAS TEKNIK**

**DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL**

**DEPOK**

**DESEMBER 2008**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Komarudin**

**NPM : 0405040414**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 3 Januari 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Komarudin  
NPM : 0405040414  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Penambahan Karbon Pada Proses Reduksi Langsung Batu Besi

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Johnny Wahyuadi S.,DEA (.....)  
Penguji 1 : Ir. Andi Rustandi, MT (.....)  
Penguji 2 : Ir. Sri Sarnety (.....)  
Penguji 3 : Maitrise Adji Kawigraha, MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 31 Desember 2008

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Johnny Wahyuadi S., DEA selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan baik moral maupun materiil;
- (3) Irma Widiastari yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada saya.
- (4) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu metalurgi dan material ke depan.

Depok, 20 Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Komarudin  
NPM : 0405040414  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Studi Pengaruh Penambahan Karbon Pada Proses Reduksi Langsung Batu Besi**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 24 Desember 2008  
Yang menyatakan

(Komarudin)

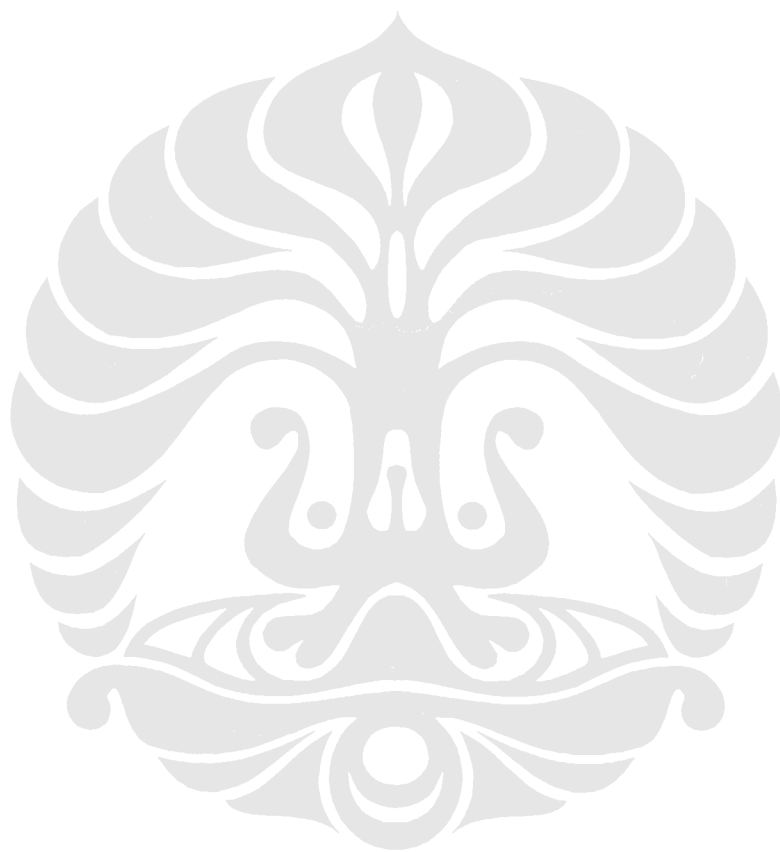
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 TUJUAN PENULISAN .....	4
1.3 BATASAN MASALAH .....	4
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 TERMODINAMIKA REAKSI REDUKSI .....	6
2.1.1 Termokimia Reaksi .....	6
2.1.2 Energi Bebas .....	10
2.1.3 Diagram Ellingham .....	11
2.1.4 Tahapan Reaksi Reduksi .....	12
2.1.5 Diagram Bouduard .....	14

2.2	MEKANISME REDUKSI LANGSUNG .....	15
2.2.1	Pembentukan Gas Reduktor .....	15
2.2.2	Adsorpsi Gas Pada Besi Oksida .....	18
2.2.3	Proses Difusi Pada Besi Oksida .....	21
2.2.3.1	<i>Dasar Difusi</i> .....	21
2.2.3.2	<i>Mekanisme Reaksi</i> .....	22
2.3	KINETIKA REAKSI REDUKSI .....	23
2.4	METODE KARAKTERISASI .....	24
2.4.1	X-Ray Diffraction (XRD) .....	24
2.4.2	X-Ray Fluorecence (XRF) .....	27
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN .....	30
3.2	PROSEDUR PENELITIAN .....	31
3.2.1	Persiapan Bahan Baku .....	31
3.2.2	Pencampuran (Mixing) .....	31
3.2.3	Kompaksi .....	31
3.2.4	Reduksi Langsung .....	32
3.2.5	Karakterisasi .....	33
<b>BAB IV</b>	<b>DATA HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
4.1	DATA KARAKTERISASI BAHAN BAKU .....	34
4.2	DATA HASIL REDUKSI LANGSUNG .....	34
4.2.1	Hasil Penelitian Pada Temperatur 600 °C .....	34
4.2.2	Hasil Penelitian Pada Temperatur 800 °C .....	35
4.2.3	Hasil Penelitian Pada Temperatur 1000 °C .....	35
<b>BAB V</b>	<b>ANALISA dan PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>



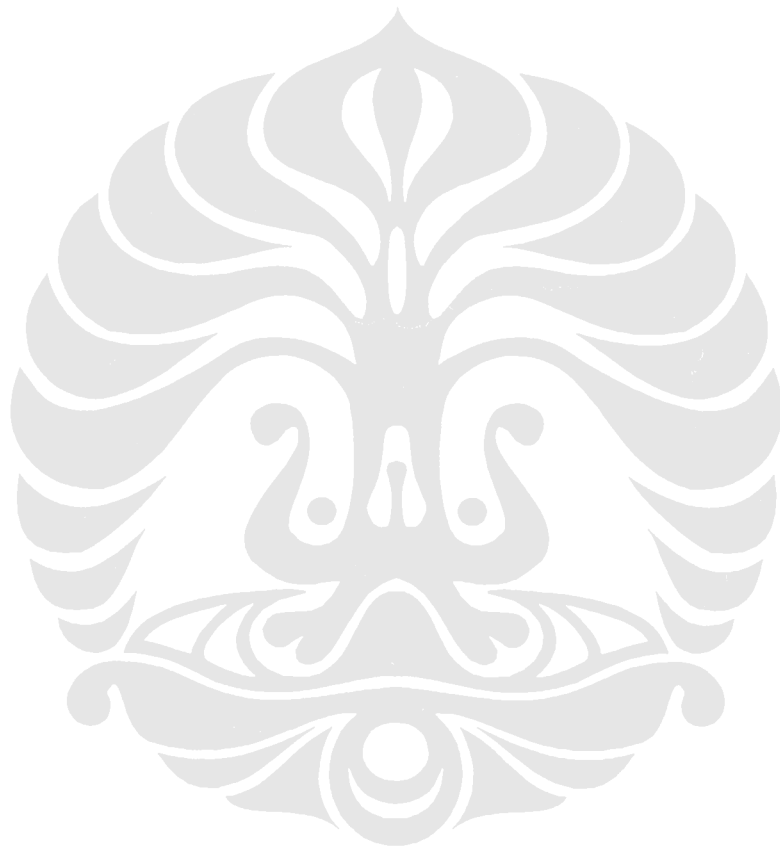
5.1 REDUKSI LANGSUNG PADA TEMPERATUR 600 °C .....	37
5.2 REDUKSI LANGSUNG PADA TEMPERATUR 800 °C ....	38
5.2 REDUKSI LANGSUNG PADA TEMPERATUR 1000 °C ..	40
<b>BAB VI KESIMPULAN .....</b>	<b>45</b>
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>48</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Produksi Besi Berdasarkan Unit Proses .....	2
Gambar 1.2	<i>Iron Nugget</i> .....	3
Gambar 2.1	Diagram Ellingham .....	11
Gambar 2.2	Diagram Gaussner-Bouduard .....	14
Gambar 2.3	Gasifikasi Karbon .....	16
Gambar 2.4	Skema Arah Pergerakan Gas CO dan Reduksi .....	18
Gambar 2.5	Mekanisme Reduksi Langsung Pada Pellet Berpori .....	22
Gambar 2.6	Mekanisme X-Ray Diffraction .....	25
Gambar 2.7	Geometri Pemantulan X-Ray .....	25
Gambar 2.8	Interaksi Antara Foton dengan Atom .....	26
Gambar 2.9	Contoh Hasil XRD .....	26
Gambar 2.10	Keluarnya Elektron Yang Tereksitasi .....	27
Gambar 2.11	Pengisian Kekosongan Elektron .....	28
Gambar 2.12	Pelepasan Energi .....	28
Gambar 2.13	Contoh Hasil XRF .....	29
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian .....	30
Gambar 3.2	Briket Silinder Tampak Atas (kiri) dan Tampak Samping (kanan) .....	31
Gambar 3.3	Alat Kompaksi (kiri) dan Cetakan Kompaksi (kanan) .....	32
Gambar 3.4	<i>Nabertherm Furnace</i> .....	32
Gambar 3.5	Mesin XRD (kiri) dan Sampel XRD (kanan) .....	33
Gambar 5.1	Diagram Gaussner-Bouduard .....	38

Gambar 5.2	Grafik Pengaruh Penambahan Karbon vs Intensitas Fe Pada Temperatur 800 °C .....	39
Gambar 5.3	Grafik Pengaruh Penambahan Karbon vs Intensitas Fe Pada Temperatur 1000 °C .....	41
Gambar 5.4	Kondisi Sampel Pada Saat Gasifikasi Karbon .....	42
Gambar 5.5	Perubahan Pada Sampel 1000 °C Setiap Penambahan Karbon	43



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar Energi Panas dan Energi Bebas Pembentukan CO ....	7
Tabel 2.2	Standar Energi Panas dan Energi Bebas Pembentukan CO <sub>2</sub> ...	7
Tabel 2.3	Standar Energi Panas dan Energi Bebas Pembentukan FeO ..	8
Tabel 2.4	Standar Energi Panas dan Energi Bebas Pembentukan Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	9
Tabel 2.5	Standar Energi Panas dan Energi Bebas Pembentukan Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9
Tabel 4.1	Unsur Senyawa Pada Sampel Batu Besi .....	34
Tabel 4.2	Data Hasil Reduksi Langsung Batu Besi Pada Temperatur 600 °C .....	35
Tabel 4.3	Data Hasil Reduksi Langsung Batu Besi Pada Temperatur 800 °C .....	35
Tabel 4.4	Data Hasil Reduksi Langsung Batu Besi Pada Temperatur 1000 °C .....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Grafik XRD Sampel Pada Temperatur 600 °C .....	48
Lampiran 2	Grafik XRD Sampel Pada Temperatur 800 °C .....	50
Lampiran 3	Grafik XRD Sampel Pada Temperatur 1000 °C .....	53

