



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGUJIAN SIFAT TEMPERATUR PELUNAKAN MATERIAL
REFRAKTORI SILIKA (SiO_2) PADA *LINING* TUNGKU INDUKSI
PELEBURAN BESI COR**

TUGAS SARJANA

**Disusun oleh:
JOHAN ALANDRA
L2E 606 029**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
SEMARANG**

2012

HALAMAN TUGAS SARJANA

Diberikan Kepada : Nama : Johan Alandra
NIM : L2E606029

Dosen Pembimbing : Yusuf Umardani, ST, MT

Jangka Waktu : 12 (dua belas) bulan

Judul : **Pengujian Sifat Temperatur Pelunakan Material Refraktori Silika (SiO_2) Pada *Lining* Tungku Induksi Peleburan Besi Cor**

Isi Tugas : Mengetahui dan menganalisis sifat temperature pelunakan material refraktori silika untuk lining tungku induksi peleburan besi cor, analisa titik pelunakan refraktori dengan uji *Pyrometric Cone Equivalent*.

Semarang, 11 Desember 2012

Pembimbing



Yusuf Umardani, ST, MT


NIP. 197008061998021001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Johan Alandra

NIM : L2E606029

Tanda Tangan : 

Tanggal : 11 Desember 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Johan alandra

NIM : L2E606029

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Pengujian Sifat Temperatur Pelunakan Material Refraktori Silika (SiO_2) Pada *Lining* Tungku Induksi Peleburan Besi Cor.



Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Yusuf Umardhani, ST, MT

Penguji : Ir. Sudargana, MT

Penguji : Dr. Joga Darma Setiawan, PhD

()
()
()

Semarang, 11 Desember 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr.Sulardjaka,ST,MT

NIP. 197008061998021001

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

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : JOHAN ALANDRA
NIM : L2E606029
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
Departemen : UNIVERSITAS DIPONEGORO
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGUJIAN SIFAT TEMPERATUR PELUNAKAN MATERIAL
REFRAKTORI SILIKA (SiO₂) PADA LINING TUNGKU INDUKSI
PELEBURAN BESI COR**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 11 Desember 2012

Yang menyatakan



(Johan Alandra)
NIM. L2E606029

ABSTRACT

Metalurgy industries in Indonesia mostly are still using induction furnace so the demand of refractory as furnace cover keeps increasing. Refractory has limited availability caused by constant using in high temperature and causing lining degraded by friction and the forming of lining by scrap and liquid metal. This research has objectives of determining softening properties of silica (SiO_2), such as Pyrometric Cone Equivalent (PCE). This research could give valuable information to metalurgy industry specially in Ceper Klaten so that it could minimize faulty in production process.

In this study, refractory raw material powder crushed, then ground into powder. After it is mixed with an adhesive and printed from with mold dextrin triangle with a height of 30 mm, 8 mm base side, then upper 2 mm.

Analysis results acquired from refractory specimen concluded that PCE was at SK28 or equals 1646°C .

Keywords: *Silica refractory (SiO_2), sintering, Pyrometric Cone Equivalent (PCE).*

ABSTRAK

Industri proses pengecoran logam di Indonesia yang masih menggunakan tungku induksi terbilang cukup banyak sehingga permintaan bahan refraktori untuk pelapis tungku mengalami peningkatan. Refraktori memiliki umur yang terbatas akibat pemakaian yang berlangsung terus menerus pada temperatur tinggi dan akibatnya *Lining* refraktori juga akan mengalami degradasi akibat gesekan dan terbenturnya *lining* oleh *scrap* dan logam cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat pelunakan bahan refraktori silika (SiO_2) yang berupa bentuk *Pyrometric Cone Equivalent* (PCE). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada industri pengecoran logam khususnya di Daerah Ceper Klaten sehingga mampu meminimalisir kegagalan dalam proses operasinya.

Dalam penelitian ini, bahan baku serbuk refraktori dihaluskan digiling sampai halus. Kemudian dicampur dengan bahan perekat berupa diextrin dicetak dengan cetakan berbentuk segitiga dengan tinggi 30 mm, sisi dasar 8 mm, sisi atas 2 mm.

Hasil analisa diperoleh data untuk bahan serbuk refraktori silika dimana. Titik pelunakan/nilai PCE bahan refraktori silika berada pada SK 28 atau setara dengan 1646°C .

Kata Kunci: refraktori silika (SiO_2), *sintering*, PCE.

MOTTO

“ Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah.”

(Thomas Alva Edison)

“Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil; kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik”

(Evelyn Underhill)

PERSEMBAHAN

Dengan Segala Pengorbanan, Sepenuh Hati
Ku Persembahkan Tugas Sarjana ini Kepada :

“Kedua Orang Tua ku”

“Supardi & Watini”

Yang telah berjuang, merawat, mendidik dengan kasih sayang,
memberikan motivasi serta doa yang tiada hentinya, semoga
Allah SWT membalas kebaikan mu dengan
Tempat Terindah kelak. Amin

KakakKu

Prasetyo

“Terima kasih atas inspirasi, dukungan dan semangat serta arahan
untuk bisa membahagiakan kedua orang tua”

Semua Sahabat-Sahabatku,

Terimakasih untuk semuanya, persahabatan, ilmu, kasih sayang, dan
pengorbanan yang telah dilakukan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang tiada hentinya mencurahkan nikmat dan hidayahnya, sehingga dengan segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **"Pengujian Sifat Temperatu Pelunakan Material Refraktori Silika (SiO₂) Pada Lining Tungku Induksi Peleburan Besi Cor"** ini. Dan Shalawat salam semoga selalu tercurah kepada pemimpin dan panutan kita Rosulullah Muhammad SAW.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Yusuf Umardani, ST, MT selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan-masukan serta membantu dalam memperoleh material penelitian.
2. Bapak Supri selaku kepala bagian pengujian refraktori di Balai Besar Keramik (BBK) Bandung, yang telah memberikan bimbingan dan bantuannya dalam proses pembuatan dan pengujian.
3. Bapak Broto dan Wahyu selaku teknisi di Laboratorium Thermofluid dan Lab. Metalurgi Fisik Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah membantu proses pembuatan dan pengujian.
4. Semua pihak yang telah membantu dan menyumbangkan pemikiran dalam penyusunan Tugas Sarjana ini.

Akhir kata dengan selesainya tugas akhir ini berarti selesai pula masa studi penulis di Teknik Mesin UNDIP. Semoga dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain

Semarang, 29 Oktober 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSUTUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	v
HALAMAN ABSTRAK	vi
HALAMAN <i>ABSTRACT</i>	vii
HALAMAN MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	5

BAB II DASAR TEORI

2.1 Proses Pembuatan Besi	7
2.2 Tungku Induksi	8
2.3 Klasifikasi Material Refraktori	8
2.3.1 Refraktori Basa	13
2.3.2 Refraktori Alumina Tinggi	13

2.3.3	Refraktori <i>Silica</i>	14
2.3.4	Refraktori <i>Fireclay High Duty</i>	14
2.4	Refraktori Monolitik.....	15
2.4.1	Refraktori <i>Castable</i>	16
2.4.2	Refraktori Mortar.....	17
2.5	Refraktori Pada Tungku Induksi.....	17
2.6	Jenis-jenis Kerusakan Refraktori.....	19
2.6.1	<i>Slagging</i> dan <i>Spalling</i>	19
2.6.2	Pengkerutan (<i>Shrinkage</i>).....	19
2.6.3	Abrasi (<i>Abbrasion</i>).....	20
2.6.4	Retakan (<i>Crack</i>).....	20
2.7	Faktor-faktor yang Berpengaruh pada Kekuatan Refraktori.....	22
2.8	Karakteristik Refraktori.....	23
2.8.1	Karakteristik Sifat Kimia Refraktori.....	23
2.8.2	Karakteristik Sifat Fisik dan Mekanik Refraktori.....	23
2.9	Material Refraktori Silika.....	27
2.9.1	Mineral-mineral Silika.....	27
2.9.2	Alumina-Silika (<i>Mullite</i>).....	27
2.10	<i>Sintering</i>	29
2.11	Proses Pencetakan Refraktori <i>Green Body Strength</i>	31
2.12	Karakteristik Refraktori Silika.....	32
2.13	Karakteristik Sifat Refraktorines.....	32
2.11.1	<i>Pyrometric Cone Equivalent</i>	32
2.11.2	Kuat Tekan Dingin/ <i>Cold Crushing Strength</i>	32

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Spesifikasi Bahan Baku.....	36
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	36
3.3	Bahan Baku Pembuatan Refraktori.....	39
3.4	Peralatan dan Prosedur Pengujian.....	39
3.5	Variabel dan Parameter Pengujian.....	40

3.5.1	Variabel.....	40
3.5.2	Parameter	40
3.6	Pembuatan Spesimen Uji.....	40
3.6.1	Pembuatan Spesimen Pengujian <i>Pyrometric Cone Equivalent</i> (PCE)	40
3.7	Karakterisasi Refraktori.....	41
3.7.1	Karakteristik Sifat Refraktorines	41
3.7.1.1	Analisa <i>Pyrometric Cone Equivalent</i> (PCE).....	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penelitian.....	42
4.1.1	Pengujian Sifat Refraktorines (PCE)	42
4.2	Pembahasan Hasil Pengujian Refraktori	43

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	48

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses peleburan logam	7
Gambar 2.2	Diagram proses pengecoran produk besi cor	8
Gambar 2.3	Proses penuangan logam cair ke dalam pola cetakan	8
Gambar 2.4	Skematik dari tungku induksi (<i>coreless</i>).....	9
Gambar 2.5	Proses pengadukan logam cair di dalam tungku	10
Gambar 2.6	Tungku induksi PT. Suyuti Sido Maju, Ceper	11
Gambar 2.7	Produk Serbuk Refraktori Monolitik	15
Gambar 2.8	Sampel Refraktori <i>Castable</i>	16
Gambar 2.9	Konstruksi <i>lining</i> refraktori tungku induksi	19
Gambar 2.10	Tahapan awal terhadap serangan <i>slag</i>	20
Gambar 2.11	Retakan yang terjadi pada refraktori.....	21
Gambar 2.12	Diagram fasa <i>ternary</i> sistem MgO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂	24
Gambar 2.13	Diagram fasa alumina-silika	29
Gambar 2.14	Mekanisme proses <i>sintering</i>	30
Gambar 2.15	Skema proses pencetakan spesimen uji.....	31
Gambar 2.16	Sampel uji refraktori	32
Gambar 2.17	Metode penyusunan <i>cone</i> dan tampilan setelah pengujian	33
Gambar 2.16	Ilustrasi pengujian kuat tekan dingin	35
Gambar 3.1	Diagram alir proses pengujian sifat refraktorines	37
Gambar 3.2	Cetakan segitiga kerucut	39
Gambar 3.3	Refraktorines <i>furnace</i>	40
Gambar 3.4	Alur pembuatan spesimen uji PCE	41
Gambar 4.1	Hasil pengujian PCE	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Refraktori Monolitik Berdasar Bentuk Fisik	15
Tabel 2.1	Kandungan Komposisi Kimia Refraktori.....	24
Tabel 2.2	Sifat Fisik dan Mekanik Material Refraktori	26
Tabel 2.3	Sifat Refraktori Silika	27
Tabel 2.4	Persamaan Temperatur <i>Pyrometric Cone</i> untuk Pengujian Refraktori	34
Tabel 3.1	Spesifikasi Komposisi Bahan.....	36
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Sifat Refraktorines (PCE)	43
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Sifat Refraktorines (PCE)	44
Tabel 4.3	Persamaan Temperatur <i>Pyrometric Cone</i> Untuk Pengujian Refraktori	45
Tabel 4.4	Data Katalog Bahan Refraktori silika	46

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Simbol	Definisi	Satuan
A	Area / Luas Penampang	mm^2
F	Gaya	N (Newton)
	<i>Load</i> / Pembebanan	N (Newton)
T	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$
σ	<i>Cold Crushing Strength</i>	MPa (N/mm^2)