



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH PADUAN ABU BATUBARA DAN PASIR INTI COR
BEKAS TERHADAP KONDUKTIVITAS TERMAL DAN
KUAT TEKAN DINGIN SEBAGAI BAHAN REFRAKTORI**

TUGAS SARJANA

**Diajukan sebagai salah satu tugas dan syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1)**

Disusun oleh:

MEHDI MAULANA

L2E 306 030

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
SEMARANG
2011**

TUGAS SARJANA

Diberikan Kepada : Nama : Mehdi Maulana
NIM : L2E 306 030

Dosen : 1. Ir. Yurianto, MT
Pembimbing 2. Ir. Sumar Hadi Suryo

Jangka Waktu : 9 Bulan (sembilan bulan)

Judul : **Pengaruh Paduan Abu Batubara dan Pasir Inti Cor Bekas Terhadap Konduktivitas Termal dan Kuat Tekan Dingin Sebagai Bahan Refraktori**

Isi Tugas : Mengetahui dan membahas komposisi atau kandungan mineral dari abu batubara, pasir inti cor bekas dan tanah liat, membuat paduan untuk refraktori, mencari nilai konduktivitas termal dan kekuatan tekan dingin, serta menganalisa struktur mikro hasil paduan, sehingga hasil analisa dapat dijadikan sebagai referensi dalam alternatif pembuatan refraktori.

Pembimbing I



Ir. Yurianto, MT
NIP. 195507271986031008

Semarang, Juni 2011

Pembimbing II



Ir. Sumar Hadi Suryo
NIP. 195801021986031002

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Sarjana ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh sebutan keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah atau karya Tugas Sarjana ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 27 Juni 2011

Yang Menyatakan,



Mehdi Maulana

NIM. L2E 306 030

HALAMAN PENGESAHAN

Naskah Tugas Sarjana ini diajukan oleh:

Nama : Mehdi Maulana

NIM : L2E 306 030

Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin

Judul : Pengaruh Paduan Abu Batubara dan Pasir Inti Cor Bekas
Terhadap Konduktivitas Termal dan Kuat Tekan Dingin
Sebagai Bahan Refraktori

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

TIM PENGUJI

Penguji I : Ir. Yurianto, MT ()

Penguji II : Ir. Sumar Hadi Suryo ()

Penguji III : Yusuf Umardhani, ST, MT ()

Semarang, 27 Juni 2011

Jurusan Teknik Mesin
Ketua,

Dr. Ir. Dipl Ing Berkah Fajar TK.

NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Mehdi Maulana
NIM : L2E 306 030
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
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 :

“Pengaruh Paduan Abu Batubara dan Pasir Inti Cor Bekas Terhadap Konduktivitas Termal dan Kuat Tekan Dingin Sebagai Bahan Refraktori”

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 mempublikasikan 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 : 27 Juni 2011

Yang Menyatakan,



Mehdi Maulana
NIM. L2E 306 030

ABSTRACT

Waste problems difficult to solve along with the rapid progress of this industry now become one of the reason for the study of the waste into useful goods high. In this research, coal ash and sand casting core of the former is a waste of two objects which by nature has the potential to become an alternative material manufacture of clay-based refractories. This research aims to determine the influence of alloy on the thermal conductivity and cold crushing strength as a refractory material.

Alloy preparation process starts from the drying process of raw material (coal ash and sand casting core used) until dry, then ground or crushed and sifted through the stages of screening to obtain powder of mesh size 50, 100, & 200. All ingredients are then mixed manually with ash-silica composition variation (%), 5:45, 10:40, 15:35, 20:30, 25:25, and clay 50%. Furthermore, before the alloy was burned to process the print press forming method using a hidroulic press at 80 kg/cm^3 ($\varnothing 2.5 \times 3 \text{ cm}$ cylinder and beam $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}$). Sintering temperature or the combustion of the alloy is 1000°C . Analysis and testing of specimens that do include: phase analysis with XRD, thermal conductivity, cold crushing strength, and micro-structures by SEM.

The results showed that in all three materials are the same mineral content ie Quartz SiO_2 phase, low. The measurement results indicate the price of their properties of thermal conductivity minimum (best) is on a variable mesh 50, the composition of AB 25%, Si 25%, TL 50% of 22.36 W/mK and the value of cold crushing strength (σ) the maximum (best) is the variable mesh 100, the composition of AB 15%, Si 35%, TL 50% of 8.81 MPa (N/mm^2). Effect of powder size and composition of coal ash with sand casting core used to provide values of thermal conductivity tends to decrease, while the value of cold crushing strength tends to increase. Based on the analysis and the results obtained showed that the refractories are made to give enough value to more of the waste (coal ash and sand casting core used) as an alternative to the manufacture of refractory materials.

Keywords: *coal ash, clay, refractory, thermal conductivity, cold crushing strength.*

ABSTRAK

Permasalahan limbah yang sulit terpecahkan seiring dengan pesatnya kemajuan industri sekarang ini menjadi salah satu alasan dilakukannya studi pemanfaatan limbah menjadi barang berdaya guna tinggi. Dalam penelitian ini, abu batubara dan pasir inti cor bekas merupakan dua obyek pemanfaatan limbah yang berdasarkan karakteristiknya berpotensi menjadi bahan alternatif pembuatan refraktori berbahan dasar tanah liat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paduan terhadap konduktivitas termal dan kuat tekan dingin sebagai bahan refraktori.

Proses preparasi paduan dimulai dari proses penjemuran bahan baku (abu batubara dan pasir inti cor bekas) hingga kering, kemudian ditumbuk atau digerus dan diayak sampai ke tahap *screening* hingga memperoleh ukuran serbuk *mesh* 50, 100, & 200. Semua bahan kemudian dicampur secara manual dengan variasi komposisi abu-silika (%) 5:45, 10:40, 15:35, 20:30, 25:25, dan tanah liat 50%.. Selanjutnya sebelum paduan dibakar dilakukan proses pembentukan dengan metode cetak tekan menggunakan *hidroulic press* sebesar 80 kg/cm^3 (silinder $\varnothing 2,5 \times 3$ cm dan balok $2 \times 2 \times 2$ cm). Suhu sintering atau pembakaran dari paduan adalah $1000 \text{ }^\circ\text{C}$. Analisa dan pengujian spesimen yang dilakukan antara lain: analisa fasa dengan XRD, konduktivitas termal, kekuatan tekan, dan mikro struktur dengan SEM.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dalam ketiga bahan tersebut terdapat kandungan mineral yang sama yakni SiO_2 dengan fasa *Quartz, low*. Hasil pengukuran sifat-sifatnya menunjukkan harga konduktivitas termal minimum (terbaik) ada pada variabel mesh 50, komposisi AB 25%, Si 25%, TL 50% sebesar $22,36 \text{ W/mK}$ dan nilai kuat tekan dingin (σ) maksimum (terbaik) ada pada variabel mesh 100, komposisi AB 15%, Si 35%, TL 50% sebesar $8,81 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$. Pengaruh ukuran serbuk dan komposisi abu batubara dengan pasir inti cor bekas memberikan nilai konduktivitas termal cenderung menurun, sedangkan nilai kuat tekan dingin cenderung meningkat. Berdasarkan analisa dan hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa refraktori yang dibuat cukup memberi nilai guna lebih terhadap limbah (abu batubara dan pasir inti cor bekas) sebagai bahan alternatif pembuatan refraktori.

Kata kunci: abu batubara, tanah liat, refraktori, konduktivitas termal, kuat tekan dingin

PRAKATA

Alhamdulillah, segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahNya kepada penulis, sehingga penyusunan Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari, tanpa bantuan dari pihak lain Tugas Sarjana ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini, antara lain:

1. Ir. Yurianto, MT selaku Dosen Pembimbing I.
2. Ir. Sumar Hadi Suryo selaku Dosen Pembimbing II.
3. Yusuf Umardhani, ST, MT, selaku penguji sidang TA
4. Pihak penyedia bahan baku abu batubara, pasir inti cor bekas, dan tanah liat.
5. Civitas akademik dan lembaga yang membantu proses pengujian spesimen.
6. Rekan-rekan satu tim TA, (Benni, Padang Yanuar, dan Abu Mutholib), termasuk angkatan 2006 dan 2007 Teknik Mesin UNDIP.
7. Emmpoet ku, dan sahabat sahabat Red'One yang senantiasa ikut mendukung.
8. Semua pihak yang terkait, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan Skripsi ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Terakhir, dengan selesainya Tugas Sarjana ini berarti selesai pula masa studi penulis di Teknik Mesin UNDIP. Semoga sepenggal episode kehidupan penulis di kampus dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain dan dapat dijadikan persiapan untuk menjalani penggalan episode kehidupan selanjutnya Amiin.

Semarang, Juni 2011

Penulis

MOTTO

Berpikirlah efisien...., maka kesuksesan akan ada di belakangmu..!!

DAN,...

Apapun yang bisa kita lakukan atau kita bayangkan kita bisa, lakukanlah.., karna sesungguhnya dalam keberanian terdapat kejeniusan, kekuatan dan keajaiban...

**ALLAH TIDAK MEMBEBANI SESEORANG MELAINKAN SESUAI KESANGGUPANNYA,
MAKA IA AKAN MENDAPATKAN SESUATU YANG DIUSAHAKANNYA.**

(Al Baqarah: 286)

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk:

Ayah & Ibunda tercinta....

Kakanda Arief & Lia sekeluarga....

All my Family. . .

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
LAPORAN UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
PRAKATA	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.3. Perumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Abu Batubara	5
2.2. Pasir Silika	6
2.3. Tanah Liat	7

2.4	Refraktori	8
2.5	Jenis-Jenis Refraktori	11
2.5.1.	Refraktori Semen Tahan Api	11
2.5.2.	Refraktori Alumina Tinggi	12
2.5.3.	Batu Bata Silika	12
2.5.4.	Magnesit	12
2.5.5.	Refraktori Khromit	12
2.5.6.	Refraktori Zirkonia	13
2.5.7.	Refraktori Oksida (Alumina)	13
2.5.8.	Monolitik	13
2.6.	<i>Screening</i>	14
2.7.	<i>Sintering</i>	16
2.8.	Mekanisme <i>Sintering</i>	17
2.9.	Konduktivitas Termal	17
2.9.1.	Hukum Dasar Konduktivitas Termal	18
2.9.2.	Persamaan Pada Keadaan Steady-Satu Dimensi	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Bahan Penelitian	21
3.2	Peralatan Penelitian	22
3.3	Alur Kerja Penelitian	23
3.4	Parameter Pengujian	27
3.5	Metode Pengujian yang Dilakukan	27
3.5.1	Uji Komposisi Bahan	27
3.5.2	Uji Konduktivitas Termal	29
3.5.3	Uji Tekan (<i>Compression Test</i>)	30
3.5.4	Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Identifikasi Komposisi Bahan	33
4.1.1	Hasil Pengujian XRD abu batubara	33

4.1.2	Hasil Pengujian XRD pasir inti cor bekas (silika).....	35
4.1.3	Hasil Pengujian XRD tanah liat	36
4.1.4	Foto SEM bahan baku (AB, Si, dan TL)	38
4.2	Spesimen Uji	39
4.3	Konduktivitas Termal Spesimen	40
4.3.1	Perhitungan nilai konduktifitas termal (k_{uji})	40
4.3.2	Nilai konduktifitas termal spesimen	43
4.3.3	Analisa grafik nilai konduktifitas termal	44
4.4	Kekuatan Tekan Dingin Spesimen	45
4.4.1	Data uji dan nilai kuat tekan spesimen	45
4.4.2	Analisa grafik nilai kuat tekan (σ)	46
4.5	Struktur Mikro spesimen	47

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data uji komposisi bahan
- Lampiran 2. Data pengujian tekan spesimen
- Lampiran 3. Testing of refractory materials
- Lampiran 4. Dokumentasi proses penelitian

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	(a). <i>Lining</i> refraktori tungku busur/ arc (BEE, 2005)	9
	(b). Dinding bagian dalam refraktori dengan blok <i>burner</i> (BEE, 2005)	9
Gambar 2.2.	Kerucut <i>pyrometric</i> (Biro Efisiensi Energi, 2004)	10
Gambar 2.3.	Analisa dengan <i>screen</i> bertingkat	15
Gambar 2.4.	Skema <i>Solid State Sintering</i> (SSS)	17
Gambar 2.5.	Struktur komposit dinding datar	19
Gambar 2.6.	Skema alat untuk pengujian konduktivitas thermal	20
Gambar 3.1.	Abu batubara	21
Gambar 3.2.	Pasir silika (limbah inti cetakan logam)	21
Gambar 3.3.	Diagram alir metode penelitian	23
Gambar 3.4.	Diagram alir persiapan bahan	24
Gambar 3.5.	Diagram alir pembuatan spesimen	25
Gambar 3.6.	Diagram alir pengujian spesimen	26
Gambar 3.7.	Alat uji komposisi (<i>X-Ray Diffraction</i>)	27
Gambar 3.8.	Diagram alir uji komposisi	28
Gambar 3.9.	Alat uji konduktivitas termal	29
Gambar 3.10.	Diagram alir pengujian konduktivitas termal	30
Gambar 3.11.	Alat uji tekan (CCSCCTM tipe HT-8391)	30
Gambar 3.12.	Diagram alir pengujian kekuatan tekan	31
Gambar 3.13.	Alat uji SEM JSM-35C	31
Gambar 3.14.	Diagram alir pengujian SEM	32
Gambar 4.1.	Grafik hasil pengujian XRD abu batubara	34
Gambar 4.2.	Grafik hasil pengujian XRD pasir inti cor (silika)	35
Gambar 4.3.	Grafik hasil pengujian XRD tanah liat	37
Gambar 4.4.	Hasil foto SEM abu batubara	38
Gambar 4.5.	Hasil foto SEM pasir inti cor bekas	38
Gambar 4.6.	Hasil foto SEM tanah liat	39
Gambar 4.7.	Bahan uji 1	39

Gambar 4.8. Bahan uji 2	39
Gambar 4.9. Bahan uji 3	39
Gambar 4.10. Hubungan nilai “k” dengan komposisi	44
Gambar 4.11. Hubungan nilai kuat tekan.dengan komposisi	46
Gambar 4.12. Hasil SEM spesimen <i>Mesh 50</i> , AB20%-Si30%-TL50%	47
Gambar 4.13. Hasil SEM spesimen <i>Mesh 100</i> , AB15%-Si35%-TL50%	47
Gambar 4.14. Hasil SEM spesimen <i>Mesh 200</i> , AB20%-Si30%-TL50%	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kandungan unsur abu batubara	6
Tabel 2.2.	Sifat-sifat refraktori (The Carbon Trust, 1993)	9
Tabel 2.3.	Sifat-sifat batu bata tahan api (BEE, 2005)	11
Tabel 2.4.	Standart ukuran <i>sieve</i>	14
Tabel 3.1.	Spesifikasi mesin SEM JSM-35C	32
Tabel 4.1.	Data hasil pengujian XRD pada abu batubara	33
Tabel 4.2.	Hasil analisa mineral abu batubara	34
Tabel 4.3.	Data hasil pengujian XRD pada pasir inti cor bekas	35
Tabel 4.4.	Data hasil pengujian XRD tanah liat	36
Tabel 4.5.	Hasil analisa mineral tanah liat	37
Tabel 4.6.	Temperatur <i>steady state</i> untuk sampel 5	40
Tabel 4.7.	Temperatur <i>steady state</i> untuk sampel 10	41
Tabel 4.8.	Temperatur <i>steady state</i> untuk sampel 15	42
Tabel 4.9.	Hasil perhitungan nilai k untuk mesh 50	43
Tabel 4.10.	Hasil perhitungan nilai k untuk mesh 100	43
Tabel 4.11.	Hasil perhitungan nilai k untuk mesh 200	43
Tabel 4.12.	Beban max dan nilai kuat tekan tiap spesimen	45

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

<u>Lambang</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
q	Laju perpindahan kalor	Watt
A	Area / Luas bidang	mm ²
$\frac{\partial T}{\partial x}$	Temperatur <i>gradient</i> dalam arah perpindahan kalor	°C/m
k	Konduktivitas termal	W/mK
T	Suhu temperatur	°C
t	<i>Time</i> / Waktu	sec (detik)
	<i>Load</i> / Pembebanan	N (Newton)
F _{max}	<i>Maximum Force</i> / Gaya Maksimum	N (Newton)
	<i>Stress</i> / Tegangan	MPa (N/mm ²)
ε	<i>Strain</i> / Regangan	%
σ	Kuat Tekan	N/mm ²

Singkatan:

AB	= Abu Batubara
Si	= Silika
TL	= Tanah Liat
<i>PCE</i>	= <i>Pyrometric Cones Equivalent</i>
Bal	= Balok
Sil	= Silinder
Kub	= Kubus
<i>XRD</i>	= <i>X-Ray Diffraction</i>
<i>SSS</i>	= <i>Solid State Sintering</i>
k _s	= k standart
<i>CCSCCTM</i>	= <i>Computer Control Servohydraulic Concrete Compression Testing Machine</i>
<i>SEM</i>	= <i>Scanning Electron Microscope</i>