



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

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

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai tugas dan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1)  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro**

**Disusun oleh:**

**BENNI**

**L2E 306 009**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
SEMARANG  
JUNI 2011**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Benni  
NIM : L2E 306 009

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

Jangka Waktu : 1 (satu) semester

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

Isi Tugas : 1. Mempelajari tentang tahanan termal dari paduan.  
2. Membahas tentang limbah batu bara dan bekas pasir inti  
cor.  
3. Mencari nilai Tahanan termal terhadap komposisi  
paduan.  
4. Mempelajari tentang sifat mekanis dari paduan.

Semarang, 24 Juni 2011

Dosen Pembimbing I



Ir. Yurianto, MT  
NIP. 195527071986031008

Dosen Pembimbing II



Ir. Sumar Hadi Suryo  
NIP. 195801021986031002

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penyusunan 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, 24 Juni 2011

Yang Menyatakan,




Benni  
NIM. L2E 306 009

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
NAMA : Benni  
NIM : L2E 306 009  
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pengaruh Paduan Abu Batubara dan Pasir Inti Cor  
Bekas Terhadap Tahanan Termal dan Kuat Tekan  
Dingin Sebagai Bahan Refraktori

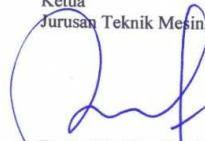
Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

### TIM PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Yurianto, MT (  )  
Pembimbing II : Ir. Sumar Hadi Suryo (  )  
Penguji : Ir. Eflita Yohana, MT (  )

Semarang, 24 Juni 2011

Ketua  
Jurusan Teknik Mesin



**Dr. Ir. Dipl Ing Berkah Fajar TK.**

NIP. 195907221987031003

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

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

Nama : Benni  
NIM : L2E 306 009  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

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 Tahanan 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 : 24 Juni 2011

Yang Menyatakan



Benni  
L2E 306 009

## ABSTRACT

*Waste always cause environmental problems, especially if classified categories of hazardous materials and toxic (B3). So need for waste handling waste that is bennefits coal from Company located in Semarang, and sand waste (silica sand) in the can of brass foundry in the town of Pati. And the use of clay as an additive agent. Waste sand and waste coal ash will made as a refractory material. Refractories made from a mixture of waste and composite material. The object is to know the level of thermal resistance and mechanical properties of the alloy. The test alloys included: compressive strength test, the test material composition (XRD) and micro-structure test with spot EDS-SEM (Scanning Electron Microscope). In the composition of refractory materials using waste coal ash with the proportion of waste sand and clays the variation in composition: Abu coal: 25%, 20%, 15%, 10%, 5%: Silica Sand: 25%, 30%, 35%, 40%, 45%: Clay: 50%, with a smoothing treatment to 50.100 and 200 mesh. Based on test results, the proportion of waste that affect usage increased compressive strength value is dependent on alloy composition variation. After the integration process, then immediately carried out the formation of beam-shaped specimens with dimensions of 2x2x10 cm and dimensionless cylindrical 2.5 x3 cm with a method of printing press using a press machine with a loading of 200 kg/cm<sup>3</sup>. After the sintering process up to 1000C temperature characteristic of a specimen obtained from the two compositions are mixed to obtain a sample specimen that has good mechanical properties, have high thermal resistance. So get into the criteria of high quality refractory materials and production costs arec heaper.*

**Key words:** *waste coal ash, waste sand, clay, refractory*

## ABSTRAK

Limbah selalu menimbulkan masalah lingkungan, apalagi jika tergolong kategori bahan berbahaya dan beracun (B3). Maka perlu adanya penanganan limbah yaitu pemanfaatan limbah batubara dari perusahaan yang terletak di Semarang, dan limbah pasir cetak (pasir silika) yang di dapat dari pengecoran di kota Pati. Serta penggunaan Tanah liat sebagai bahan tambah. Limbah abu batubara dan limbah pasir cetak ini akan di jadikan sebagai bahan refraktori. Refraktori dibuat dari campuran limbah dan bahan komposit. Tujuannya untuk mengetahui besarnya tahanan thermal dari paduan dan sifat mekanisnya. Pengujian paduan meliputi: uji kuat tekan, uji komposisi bahan (XRD) dan uji struktur mikro dengan spot EDS-SEM (Scanning Electron Microscope). Dalam komposisi bahan refraktori penggunaan proporsi limbah abu batubara dengan limbah pasir cetak dan Tanah liat yang variasi komposisinya: Abu batubara : 25%,20%,15%,10%,5%: Pasir Silika : 25%,30%,35%,40%,45%: Tanah Liat : 50%,dengan perlakuan penghalusan sampai *mesh* 50,100 dan 200.

Berdasarkan hasil pengujian, proporsi pemakaian limbah yang mempengaruhi peningkatan nilai kuat tekan adalah bergantung pada variasi komposisi paduan. Setelah dilakukan proses pepaduan, maka langsung dilakukan pembentukan spesimen berbentuk balok dengan dimensi 2x2x10 cm dan berbentuk silinder berdimensi  $\varnothing 2,5 \times 3$  cm dengan metode cetak tekan menggunakan *mesin press* dengan pembebanan sebesar 200 kg/cm<sup>3</sup>. Setelah itu dilakukan proses *sintering* sampai suhu 1000<sup>0</sup>C Karakteristik dari sebuah benda uji yang diperoleh dari dua komposisi campuran adalah memperoleh sebuah sampel benda uji yang memiliki sifat mekanis yang baik, memiliki tahanan thermal tinggi. Sehingga masuk kedalam kriteria bahan refraktori berkualitas tinggi serta biaya produksinya lebih murah.

**Kata kunci** : Limbah abu batubara, limbah pasir cetak, Tanah liat, refraktori.

**TUGAS AKHIR INI KU PERSEMBAHKAN KEPADA:**

*Ayahnda dan Ibunda yang tercinta..*

*Sudah lama menunggu kepulangan ku ke kampung halaman,,,*



## **MOTTO**

Guru adalah mereka yang menjadikan dirinya jembatan, para murid diundang untuk menyeberanginya, setelah semua menyebrang, dengan senang hati mereka menyeberanginya dan mendorong para murid untuk menciptakan

jembatan sendiri

(Nikos Kazantzakis)

## **DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN TUGAS SARJANA .....</b>	<b>ii</b>

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN ABSTRAK</b> .....	v
<b>HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>NOMENKLATUR</b> .....	xv

## **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat .....	2
1.3 Perumusan Masalah .....	2
1.4 Pembatasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3

## **BAB II DASAR TEORI**

2.1. Tinjauan Umum .....	5
2.2. Abu Batubara .....	5
2.2.1 Sifat Fisik dan Kimia Abu Batubara.....	7
2.3. Pasir Silika .....	7
2.4 Tanah liat (Clays) .....	9
2.4.1 Jenis Tanah Liat.....	9
2.5 Refraktori.....	13
2.6 Jenis-Jenis Refraktori .....	17
2.6.1 Refraktori Semen Tahan Api .....	17
2.6.2 Refraktori Alumina Tinggi .....	18
2.6.3. Batu Bata Silika .....	18
2.6.4. Magnesit .....	19

2.6.5. Refraktori Khromit .....	19
2.6.6. Refraktori Zirkonia .....	20
2.6.7. Refraktori Oksida (Alumina) .....	21
2.6.8. Monolitik .....	21

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Bahan Penelitian .....	22
3.2 Alatan Penelitian .....	22
3.3 Variabel Penelitian .....	23
3.4 Pengujian yang dilakukan.....	29
3.4.1 Pengujian Komposisi Bahan .....	20
3.4.2 Uji Tekan (Kekerasan) .....	32
3.4.3 Uji SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	34

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Spesimen Uji.....	36
4.2 Hasil Penelitian XRD .....	37
4.2.1 Pengujian XRD pada Paduan Refraktori.....	37
4.2.1.1 Tanah Liat .....	37
4.2.1.2 Abu Batubara .....	39
4.2.1.3 Pasir Silika .....	42
4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	44
4.4 Perhitungan Tahanan Termal Paduan.....	46
4.5 Pengujian Struktur Mikro Paduan.....	50

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	54
----------------------	----

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Budiyanto, Wahyu Gatot, 2008, "*Kriya Keramik*", Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
2. Indonesia Power, PLTU Suralaya, (2002).
3. J.P Holman, 1963, "*Heat Transfer*" Edisi ke Enam 1986
4. S.Wang, H. Wu , H, Journal of Hazardous Materials (2006).
5. Trisnawanti, Angga Fitria, 2008, "*Pemanfaatan Limbah Sandblasting Dan Clay PT. Pertamina UP IV Cilacap Sebagai Bahan Pembuatan Keramik Dengan metode Solidifikasi*", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. UNEP, 2006 "Tungku dan Refraktori"
7. Yoga Pratama, Heri T. Putranto, Coal fly ash conversion to zeolite for removal of chromium and nickel from wastewaters, (2007).
8. Zeaman, J.J., Barlow, J.W., Bourell, D.L., Crawford, R.H., Marcus, H.L. and Mcalea, K.P., Solid Freeform Fabrication : A New Direction In Manufacturing, Kluwer Academic, Boston, MA
9. <http://www.lenntech.com/home.htm>(Diunduh tanggal 25 Pebruari 2010, jam 09:54 WIB)

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A: Testing of refractory materials.
- Lampiran B: Data 1 hasil uji tekan
- Lampiran C: Dokumentasi Proses *Screening*
- Lampiran D: Code Standar SNI

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1	Abu Batubara.....	6
------------	-------------------	---

Gambar 2.2	Pasir Inti Cor Bekas .....	8
Gambar 2.3	Dua Partikel Kuarsa dengan lapisan air .....	11
Gambar 2.4	Dua Partikel Tanah Liat Plastis Dipisahkan Oleh Lapisan Air .....	12
Gambar 2.5	Refraktori Tungku Busur .....	14
Gambar 2.6	Dinding dalam Refraktori .....	14
Gambar 2.7	Kerucut Pyrometric.....	15
Gambar 2.8	Pelapisan Monolitik untuk Ladel .....	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Langkah Penelitian.....	24
Gambar 3.2	Diagram Alir Proses Screening dengan Mesh 200.....	26
Gambar 3.3	Diagram Alir Pencampuran Bahan.....	27
Gambar 3.4	Diagram Alir Pembuatan Spesimen Benda Uji.....	28
Gambar 3.5	Alat Uji Komposisi (Mesin XRD) .....	29
Gambar 3.6	Diagram alir uji komposisi.....	30
Gambar 3.7	Alat Uji Tekan <i>Computer Control Servo Hydraulic Concrete Compression Testing machine Type HT-8391PC</i> .....	32
Gambar 3.8	Diagram alir pengujian Tekan.....	33
Gambar 3.9	Alat uji SEM JSM-35C.....	34
Gambar 4.1	Bahan Uji 1 .....	36
Gambar 4.2	Bahan Uji 2 .....	36
Gambar 4.3	Bahan Uji 3 .....	36
Gambar 4.4	Grafik XRD tanah liat.....	37
Gambar 4.5	Grafik XRD Abu Batubara .....	39
Gambar 4.6	Grafik XRD Pasir Silika .....	42
Gambar 4.7	Grafik Gaya Maksimum Terhadap Komposisi .....	44
Gambar 4.8	Grafik Kuat Tekan Terhadap Komposisi.....	46
Gambar 4.9	Grafik Tahanan Termal Terhadap konduktivitas Termal .....	49
Gambar 4.10	Grafik Tahanan Termal Terhadap Komposisi.....	49
Gambar 4.11	Hasil Foto dari Pengujian SEM (a)AB 15%,Si35% Mesh 100 (b)AB 20%,Si30% Mesh 200. (c)AB 20%,Si30% Mesh 50. (d)Abu Batubara (e)Pasir Silika (f)Tanah Liat.....	52

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Komposisi Kimia Abu Batubara .....	7
Tabel 2.2	Sifat fisik pasir silika .....	9



Tabel 2.3	Sifat-sifat refraktori (The Carbon Trust, 1993) .....	13
Tabel 2.4	Klasifikasi refraktori berdasarkan komposisi kimianya .....	22
Tabel 2.5	Sifat-sifat batu bata tahan api (BEE, 2005) .....	23
Tabel 3.1	Spesifikasi mesin SEM JSM-35C .....	35
Tabel 4.1	Hasil XRD Tanah liat .....	38
Tabel 4.2	Hasil XRD Abu Batubara .....	40
Tabel 4.3	Data Analisa Mineral Abu Batubara .....	41
Tabel 4.4	Hasil XRD Pasir Silika .....	43
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Tekan.....	44
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Mesh 50 .....	46
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Mesh 100 .....	46
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Mesh 200 .....	47
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Tahanan Termal Mesh 50.....	48
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Tahanan Termal Mesh 100.....	48
Tabel 4.11	Hasil Perhitungan Tahanan Termal Mesh 200.....	48

## **ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN**

<b>LAMBANG</b>	<b>Nama</b>	<b>Pemakaian Pertama kali pada halaman</b>
----------------	-------------	--

<i>R</i>	Tahanan Termal	47
$\sigma$	kuat Tekan maksimum	47
<i>l</i>	lebar spesimen	47
<i>A</i>	Luas Penampang	47
<i>d</i>	tebal spesimen	47
<i>F</i>	gaya atau beban	47
<i>K</i>	Konduktivitas Termal	47
<i>L</i>	jarak antara kedua tumpuan	48

#### **SINGKATAN**

ASTM	The American Society for Testing and Material	33
PT.	Perseroan Terbatas	2
SNI	Standar Nasional Indonesia	2
MPa	Mega Pascal	16
°C	Derajat Celcius	