



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH CAMPURAN ABU BATUBARA DENGAN TANAH LIAT
PADA SIFAT ASAM DAN KEKUATAN TEKAN DINGIN
SEBAGAI BAHAN REFRAKTORI**

TUGAS SARJANA

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

Disusun oleh:

**MIERZA NOFA JUNIANTO
L2E 606 036**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2012

TUGAS SARJANA

Diberikan Kepada : Nama : Mierza Nofa Junianto
NIM : L2E 606 036

Dosen Pembimbing I : Ir. Sumar Hadi Suryo

Dosen Pembimbing II : Ir. Yurianto, M.T.

Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)

Judul : **Pengaruh Campuran Abu Batubara dengan Tanah Liat Pada Sifat Asam dan Kekuatan Tekan Dingin Sebagai Bahan Refraktori**

Isi Tugas : Menganalisa dan mengetahui komposisi atau kandungan mineral dari abu batubara dan tanah liat, membuat campuran untuk refraktori, menganalisa sifat asam, kekuatan tekan dingin, menentukan titik leleh campuran, sehingga hasil analisa dapat dijadikan sebagai referensi dalam alternatif pembuatan refraktori.

Pembimbing I



Ir. Sumar Hadi Suryo
NIP. 195801021986031002

Semarang, 25 April 2012

Dosen Pembimbing II



Ir. Yurianto, M.T.
NIP.195507271986031008

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, 25 April 2012

Yang Menyatakan,



Mierza Nofa Junianto

NIM.L2E 606 036





HALAMAN PENGESAHAN

Naskah Tugas Sarjana ini diajukan oleh:


Nama : Mierza Nofa Junianto
NIM : L2E 606 036
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Pengaruh Campuran Abu Batubara dengan Tanah Liat
Pada Sifat Asam dan Kekuatan 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. Sumar Hadi Suryo	()
Pembimbing II	: Ir. Yuriyanto, M.T.	()
Penguji	: Dr. Ir. Eflita Yohana, M.T.	()
Penguji	: Dr. Jamari, S.T., M.T.	()

Semarang, 25 April 2012
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Sulardjaka, ST., MT.
NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Mierza Nofa Junianto
NIM : L2E 606 036
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 Campuran Abu Batubara dengan Tanah Liat Pada Sifat Asam dan Kekuatan 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 : 25 April 2012

Yang Menyatakan,



Mierza Nofa Junianto
NIM.L2E606036

ABSTRACT

Coal ash is a coal combustion waste. Coal ash is classified into two namely, fly ash and ash deposits (bottom ash). Clay used in the manufacture of ceramic tools. Refractory material which is resistant to high temperatures, chemical attack and acid gases.

Starting material preparation process are from the drying process of raw materials (coal ash and clay) to dry, then ground and sieved through the stages of screening to obtain the size of 200 mesh powder, and then tested each of the raw material by SEM-EDS machine to determine the chemical elements in micro . After that each component (coal ash and clay) formed with size (50x50x50) mm for cold crushing strength testing and (10x50x50) mm for testing the nature of acidic. Then the mixing is done manually with the variation of coal ash composition (%):clay (%) = 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, and molase with water as a binder. Subsequently, do forming press process and dried 1 month later testing equivalent pyrometric cones, cold crushing strength, and acidic properties.

From the selection process, obtained a 50:50 mixture of the best and then used for testing specimens. From the results of SEM-EDS testing, clay and coal ash contains elements of silicon and aluminum are the main requirements in refractory elements. Value of the cold crushing strength mixture is 22.71 N/mm² that qualifies in the class of low-duty refractory. Acidic nature of the test results, the specimen of mixture is a neutral and neutral refractories are classified in.

Key words: *coal ash, clay, refractory, cold crushing strength, acidic nature, pyrometric cone equivalent, SEM-EDS*

ABSTRAK

Abu batubara merupakan limbah hasil pembakaran batubara. Abu batubara digolongkan menjadi dua yaitu, abu terbang (*fly ash*) dan abu endapan (*bottom ash*). Tanah liat digunakan dalam pembuatan alat-alat keramik. Refraktori yaitu material yang tahan terhadap suhu tinggi, serangan bahan kimia dan gas-gas asam.

Proses persiapan bahan dimulai dari proses penjemuran bahan baku (abu batubara dan tanah liat) hingga kering, kemudian ditumbuk, dihaluskan melalui tahap *screening* hingga memperoleh ukuran serbuk *mesh* 200, lalu diuji SEM-EDS masing-masing bahan baku untuk mengetahui unsur kimia secara mikro. Setelah itu masing-masing komponen (abu batubara dan tanah liat) dicetak dengan ukuran (50x50x50)mm untuk pengujian *cold crushing strength* dan (10x50x50)mm untuk pengujian sifat keasaman. Pencampuran kemudian dilakukan secara manual dengan variasi komposisi abu batubara : tanah liat (%) 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, dan molase serta air sebagai pengikatnya. Selanjutnya dilakukan proses cetak tekan lalu dikeringkan 1 bulan dikemudian dilakukan pengujian *pyrometric cones equivalent*, *cold crushing strength*, dan sifat asam.

Dari proses penyeleksian, didapat campuran 50:50 yang paling baik dan yang selanjutnya digunakan untuk spesimen pengujian. Dari hasil pengujian SEM-EDS, tanah liat dan abu batubara mengandung unsur silikon dan aluminium yang merupakan syarat utama unsur yang ada di refraktori. Nilai kuat tekan dingin campuran yaitu 22,71 N/mm² sehingga memenuhi syarat dalam kelas *low-duty refractory*. Hasil pengujian sifat asam, spesimen campuran bersifat netral dan digolongkan dalam refraktori netral.

Kata kunci: abu batubara, tanah liat, refraktori, kuat tekan dingin, sifat asam, *pyrometric cone equivalent*, SEM-EDS

PRAKATA

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

1. Bapak Ir. Sumar Hadi Suryo selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Ir. Yurianto, M.T. selaku Dosen Pembimbing II.
3. Rekan-rekan satu tim TA, (Bowo,Feri,Komting,Abas,Sumanto,Pangki,Faisol), termasuk angkatan 2006 dan warga Himpunan Teknik Mesin UNDIP.
4. Semua pihak yang terkait, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan penuh kerendahan hati, peneliti menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang peneliti miliki sehingga tentu saja penyusunan tugas sarjana ini jauh dari sempurna. Untuk itu, peneliti mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan peneliti 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 peneliti di kampus dapat memberikan manfaat bagi peneliti dan juga kepada orang lain dan dapat dijadikan persiapan untuk menjalani penggalan episode kehidupan selanjutnya.

Semarang, 25 April 2012

Peneliti

**“Jadilah manusia yang pandai bersyukur atas nikmatNYA, karena
sungguh dibalik kesusahan pasti datang kemudahan”**

PERSEMBAHAN

Tugas sarjana ini di persembahkan kepada:

*Ayahanda tercinta (alm) Soekarno,
Ibunda tercinta F. Chasanah,
Kakak-kakakku tercinta*

*Terimakasih pengorbanan, semangat, serta muara kasih sayang yang tiada terhenti &
air susu yang takkan bisa terbalas*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
ABSTRAK	vii
PRAKATA	viii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
NOMENKLATUR	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3. Perumusan Masalah	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metode Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Abu Batubara	6
2.2. Tanah Liat	6
2.3. Refraktori	8
2.3.1. Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Sifat Refraktori	8
2.3.2. Komposisi Penyusun Refraktori	10
2.3.3. Kerusakan pada Refraktori	12

2.3.4.	Jenis-Jenis Refraktori	14
2.4.	<i>Screening</i>	16
2.5.	Uji pH	17
2.5.1.	Larutan Asam	19
2.5.2.	Larutan Basa	19
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1.	Bahan Penelitian	21
3.1.1.	Abu Batubara (campuran <i>fly ash</i> dan <i>bottom ash</i>)	21
3.1.2.	Tanah Liat	22
3.2.	Peralatan Penelitian	22
3.3.	Alur Kerja Penelitian	26
3.4.	Parameter Pengujian	30
3.5.	Metode Pengujian yang Dilakukan	30
3.5.1	Pengujian Komposisi Unsur Bahan	30
3.5.2	Pengujian Kuat Tekan Dingin (<i>Cold Crushing Strength</i>)	30
3.5.3	Pengujian Nilai pH	31
3.5.4	Pengujian PCE (<i>Pyrometric Cone Equivalent</i>)	33
3.5.5	Seleksi Ketahanan Panas Spesimen	34
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Hasil Uji Unsur Bahan	36
4.1.1.	Hasil Pengujian EDS Abu Batubara	36
4.1.2.	Hasil Pengujian EDS Tanah Liat	37
4.1.3.	Analisis Unsur Kimia yang Terkandung	38
4.2.	Foto SEM Abu Batubara dan Tanah Liat	40
4.3.	Spesimen Uji	41
4.4.	Hasil Seleksi Ketahanan Panas Spesimen	42
4.5.	Hasil Pengujian PCE (<i>Pyrometric Cone Equivalent</i>)	43
4.6.	Hasil Uji pH	43
4.7.	Analisa Pengujian Kuat Tekan Dingin (<i>Cold Crushing Strength</i>)	44
4.7.1.	Data Nilai Uji Kuat Tekan Dingin	44
4.7.2.	Analisa Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 46

5.2 Saran 46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data uji unsur bahan
- Lampiran 2. Data hasil uji tekan
- Lampiran 3. Data hasil uji PCE
- Lampiran 4. Dokumentasi penelitian
- Lampiran 5. *Testing of refractory material*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Kerucut <i>Pyrometric</i>	10
Gambar 2.2.	Retakan pada refraktori	12
Gambar 2.3.	Penutupan refraktori oleh slag	13
Gambar 2.4.	Refraktori oksida dengan titik leleh dan tingkat keasaman	15
Gambar 2.5.	Analisa dengan <i>screen</i> bertingkat	17
Gambar 3.1.	Proses untuk mendapatkan butiran abu batubara ukuran <i>mesh</i> 200. a) Abu batubara mentah. b) Proses pengeringan (sangrai). c) Proses pengayakan <i>mesh</i> 200. d) Hasil akhir abu batubara	21
Gambar 3.2.	Proses untuk mendapatkan butiran tanah liat ukuran <i>mesh</i> 200. a) Bongkahan tanah liat kering. b) Proses penghalusan (dipalu). c) Hasil proses penghalusan. d) Proses penghalusan lanjut (diblender). e) Proses pengayakan <i>mesh</i> 200. f) Hasil akhir tanah liat <i>mesh</i> 200	22
Gambar 3.3.	<i>Mess</i> 200	23
Gambar 3.4.	Alat uji unsur (EDS)	23
Gambar 3.5.	<i>Hydraulic pressing machine</i>	24
Gambar 3.6.	Tungku pembakaran	24
Gambar 3.7.	Kertas pH	25
Gambar 3.8.	Alat uji tekan	25
Gambar 3.9.	Diagram alir penelitian	26
Gambar 3.10.	Diagram alir proses pembuatan spesimen	28
Gambar 3.11.	Diagram alir pengujian spesimen	29
Gambar 3.12.	Diagram alir pengujian kuat tekan dingin	31
Gambar 3.13.	Diagram alir pengujian nilai pH	32
Gambar 3.14.	(a). Bentuk spesimen uji PCE dan (b). letak spesimen dalam wadah	33
Gambar 3.15.	Diagram alir proses pengujian PCE	34
Gambar 3.16.	Diagram alir proses seleksi ketahanan panas	35
Gambar 4.1.	Grafik hasil pengujian EDS abu batubara	36
Gambar 4.2.	Grafik hasil pengujian EDS tanah liat	37
Gambar 4.3.	Hasil foto SEM abu batubara	41

Gambar 4.4.	Hasil foto SEM tanah liat	41
Gambar 4.5.	Sampel spesimen CCS campuran AB:TL=50:50	42
Gambar 4.6.	Sampel spesimen uji pH campuran AB:TL=50:50	42
Gambar 4.7.	Grafik hasil pengujian nilai pH	43
Gambar 4.8.	Grafik hubungan tegangan dengan regangan spesimen 1	45
Gambar 4.9.	Grafik hubungan tegangan dengan regangan spesimen 2	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Jumlah dan perkiraan produksi abu terbang dan abu dasar oleh PLTU di Indonesia	2
Tabel 2.1. Komposisi penyusun refraktori	11
Tabel 2.2. Jenis refraktori menurut sifat kimia yang dikandung	15
Tabel 2.3. Standar ukuran <i>sieve</i>	17
Tabel 4.1. Data hasil pengujian EDS pada abu batubara	36
Tabel 4.2. Data hasil pengujian EDS pada tanah liat	37
Tabel 4.3. Sifat unsur silikon	38
Tabel 4.4. Sifat unsur aluminium	38
Tabel 4.5. Sifat unsur besi	39
Tabel 4.6. Sifat unsur oksigen	39
Tabel 4.7. Sifat unsur karbon	40
Tabel 4.8. Sifat unsur kalium	40
Tabel 4.9. Nilai SK (<i>seger keigel</i>) spesimen	43
Tabel 4.10. Hasil pengujian kuat tekan dingin	44

NOMENKLATUR

<u>Lambang</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
A	<i>Area</i> / Luas bidang	mm ²
k	Konduktivitas termal	W/mK
T	Temperatur	°C
t	<i>Time</i> / Waktu	sec (detik)
W	<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
s	<i>Cold Crushing Strength</i>	lbf/in. ² (MPa)
	Laju pembebanan	N/min.
	Massa atom	g/mol
ρ	Densitas	g/cm ²

Singkatan:

AB	= Abu Batubara
TL	= Tanah Liat
EDS	= <i>Energy Dispersif Spektroskopi</i>
CCSCCTM	= <i>Computer Control Servohydraulic Concrete Compression Testing Machine</i>
SEM	= <i>Scanning Electron Microscope</i>
SK 15	= <i>Seger Kegel 15</i>
ASTM	= <i>American Standart Testing Material</i>
PCE	= <i>Pyrometric Cone Equivalent</i>
CCS	= <i>Cold Crushing Strength</i>
Wt%	= <i>Weigh percent</i>
At%	= <i>Atom percent</i>
ISO	= <i>International Standart of Operation</i>