



UNIVERSITAS DIPONEGORO

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

TUGAS SARJANA

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

Disusun oleh:

Sumanto

L2E 606 053

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
SEMARANG
2012**

TUGAS SARJANA

Diberikan Kepada : Nama : Sumanto
NIM : L2E 606 053

Dosen : Ir. Sumar Hadi Suryo

Pembimbing : Ir. Yuriyanto, MT

Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)

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

Isi Tugas : Mengetahui dan membahas komposisi atau kandungan mineral tanah liat dan abu batu bara, membuat campuran untuk mencari nilai angka kerefraktori.

Semarang, 24 April 2012

Pembimbing I



Ir. Sumar Hadi Suryo
NIP. 195801021986031002

Pembimbing II



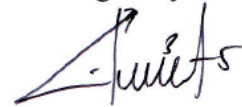
Ir. Yuriyanto, MT
NIP. 195507271986031008

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, 24 April 2012

Yang Menyatakan,



Sumanto

NIM. L2E 606 053

HALAMAN PENGESAHAN

Naskah Tugas Sarjana ini diajukan oleh:

Nama : Sumanto
NIM : L2E 606 053
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Pengaruh Campuran Abu Batubara dengan Tanah Liat
Pada Konduktivitas Listrik 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

Penguji I : Ir. Sumar Hadi Suryo

()

Penguji II : Ir. Yuriyanto, MT.

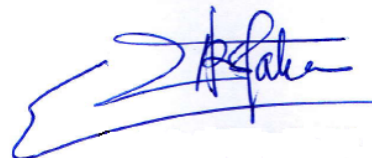
()

Penguji III : Dr. Ir. Toni Prahasto, MASC

()

Penguji IV : Dr. Achmad Widodo, ST. MT.

Semarang, 24 April 2012
Jurusan Teknik Mesin
Ketua,



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 : Sumanto
NIM : L2E 606 053
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 :

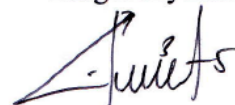
“Pengaruh Campuran Abu Batubara dengan Tanah Liat Pada Konduktivitas Listrik dan Kekuatan Tekan Dingin Sebagai Bahan Refraktori”

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 : 24 April 2012

Yang Menyatakan,



Sumanto

NIM. L2E 606 053

ABSTRACT

Waste disposal challenges difficulty as we live in an era of constant change and industrial sector will always rapidly develop, that is one of more reason in research of waste utilization. In this research, coal ash and clay are the waste to be utilized which indicate the characteristic of refractory material composition. This research has objective to understand the effect of composition in melting temperatur and cold crush strength as refractory material.

The process were initiated by the drying of composition material (coal ash and clay), then dissolved and underwent screening which resulted in grain form of 50, 100, and 200 variable mesh. Coal ash then mixed manually with clay in proportion of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50%. Then the raw materials were formed using 50 N/m³ hidroulic press (5x5x5cm and 5x1x1cm dimension). Heating temperatur is 1390 °C. specimens were analyzed and tested using *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) method, *Pyrometric Cones Equivalent* (PCE) method, and crush strength method.

The results indicate that in both raw materials contain Si (silicon) at 12.20% in coal ash and 29.15% in clay which is very significant mineral that required in refractory material. EDS indicates homogeneous and porosity in coal ash 50% and clay 50% proportion. Test resulted that specimen exhibit electric conductivity at $5 \times 10^{-7} \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$ and best cold crush strength at 22.71 MPa (N/mm²) which claimed by specimen with 50% coal ash and 50% clay proportion with variable mesh of 200. Proportion between coal ash and clay also mesh variable resulted in low voltage electric conductivity.

Keywords: coal ash, clay, refractory, electric conductivity, cold crush 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 tanah liat merupakan dua campuran pemanfaatan limbah yang berdasarkan karakteristiknya berpotensi menjadi bahan alternatif pembuatan refraktori berbahan dasar tanah liat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran terhadap konduktivitas listrik dan kekuatan tekan dingin sebagai bahan refraktori.

Proses preparasi campuran dimulai dari proses penjemuran bahan baku (abu batubara dan tanah liat) hingga kering, kemudian ditumbuk dan diayak sampai ke tahap *screening* hingga memperoleh ukuran serbuk *mesh* 200. Semua bahan kemudian dicampur secara manual dengan variasi komposisi abu terhadap tanah liat; 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, dengan komposisi bahan utama (tanah liat) sebanyak 50%, dan Selanjutnya sebelum campuran dibakar dilakukan proses pembentukan dengan metode cetak tekan menggunakan *hidroulic press* sebesar 50 N/m^3 (kubus, $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$ dan balok $5 \times 1 \times 1 \text{ cm}$). Suhu pembakaran dari campuran adalah $1390 \text{ }^\circ\text{C}$. Analisa dan pengujian spesimen yang dilakukan antara lain: analisa unsur EDS, uji temperatur leleh (PCE), konduktivitas listrik, dan kekuatan tekan dingin.

Pada pengujian analisa unsur didapatkan kandungan silikon (Si) campuran abu batubara 12,20%, dan tanah liat 29,15% dimana dalam refraktori kandungan silika sangat dibutuhkan. Pada pengujian EDS didapatkan homogenitas, dan porositas dari campuran 50% abu batubara: 50% tanah liat. Hasil pengukuran sifat-sifatnya menunjukkan harga konduktivitas listrik pada variabel *mesh* 200, komposisi AB 50%, TL 50% sebesar $5 \times 10^{-7} \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$ dan nilai kuat tekan dingin (σ) maksimum (terbaik) ada pada variabel *mesh* 200, komposisi AB 50%, TL 50% sebesar 22.71 MPa (N/mm^2). Pengaruh ukuran serbuk dan komposisi abu batubara dengan tanah liat memberikan nilai konduktivitas listrik tegangan rendah.

Kata kunci: abu batubara, tanah liat, refraktori, konduktivitas listrik, kekuatan tekan dingin

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'alamin., puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahNya, 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. Pihak penyedia bahan baku Abu Batubara dan tanah liat.
4. Civitas akademik dan lembaga yang membantu proses pengujian spesimen.
5. Rekan-rekan satu tim TA, (Pangky Mahendra, Faisol, dan Mirza), termasuk angkatan 2006 Teknik Mesin UNDIP.
6. 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, 24 April 2012

Penulis

Orang-orang yang suka memudahkan urusan orang lain maka Allah akan memudahkan urusannya dan sebaliknya.

*Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk:
Ibunda dan ayahanda tercintaTerimakasih atas kasih sayang, do'a dan
dukungannya selama ini
Kakak dan Adikku yang telah memberikan dukungan dan bantuan hingga
selesaiannya Tugas Sarjana ini.*

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	xvi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Manfaat	2
1.3. Perumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Abu Batubara	5
2.2. Tanah Liat	6
2.3. Refraktori	7
2.4. Jenis-Jenis Refraktori	9
2.4.1. Refraktori Asam	9

2.4.2.	Refraktori Basa	9
2.4.3.	Refraktori Netral	9
2.4.4.	Refraktori Semen Tahan Api	10
2.4.5.	Refraktori Alumina Tinggi	10
2.4.6.	Batu Bata Silika	10
2.4.7.	Refraktori Magnesit	11
2.4.8.	Refraktori Khromit	11
2.4.9.	Refraktori Zirkonia	11
2.4.10.	Refraktori Oksida (Alumina)	12
2.4.11.	Monolitik	12
2.5.	<i>Screening</i>	12
2.6.	Pyrometric Cones Equivalent (PCE)	14
2.7.	Alat Uji Tekan (<i>Cold Crushing Strength</i>)	15
2.8.	Konduktivitas Listrik	16

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Bahan Penelitian	19
3.2.	Peralatan Penelitian	20
3.3.	Alur Kerja Penelitian	22
3.4.	Parameter Pengujian	28
3.5.	Metode Pengujian yang Dilakukan	28
3.5.1.	Uji Komposisi Bahan	28
3.5.2.	Uji PCE (<i>Pyrometric Cones Equivalent</i>)	29
3.5.3.	pengujian Konduktivitas Listrik	30
3.5.4.	Uji Tekan (<i>Compression Test</i>)	32

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Uji Unsur Bahan	34
4.1.1.	Hasil Pengujian EDS Abu Batubara	34
4.1.2.	Hasil Pengujian EDS Tanah Liat	35
4.2.	Foto SEM Abu Batubara dan Tanah Liat	36
4.3.	Spesimen Uji	37

4.4. Seleksi Ketahanan Panas Spesimen	37
4.5. Hasil Pengujian <i>Pyrometric Cone Equivalent</i> (PCE).....	38
4.6. Hasil pengujian Konduktivitas Listrik	38
4.7. Analisa Pengujian Kuat Tekan Dingin (<i>cold crushing strength</i>)	40
4.7.1. Data uji nilai kuat tekan dingin.....	40
4.7.2. Analisa Grafik Hubungan Tegangan dengan Regangan.....	41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil uji komposisi bahan dan foto SEM
- Lampiran 2. Data Hasil Uji Temperatur Leleh *Pyrometric Cones Equivalent* (PCE)
- Lampiran 3. Data Hasil Uji Tekan
- Lampiran 4. *Testing of refractory materials*
- Lampiran 5. Dokumentasi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Analisa dengan <i>screen</i> bertingkat.....	13
Gambar 2.2.	Kerucut <i>pyrometric</i>	15
Gambar 2.3.	Spektrum konduktivitas listrik dan resistivitas	16
Gambar 2.4.	pengukuran hambatan listrik	18
Gambar 3.1.	Abu batubara	19
Gambar 3.2.	tanah liat	20
Gambar 3.3.	<i>Mesh 200</i>	20
Gambar 3.4.	Alat Cetak Tekan (<i>hydraulic press</i>)	21
Gambar 3.5.	Alat uji <i>Pyrometric Cones Equivalent</i> (PCE)	21
Gambar 3.6.	Tungku Pembakaran.....	21
Gambar 3.7.	Alat uji konduktivitas listrik (<i>Megger</i>).....	22
Gambar 3.8.	Alat uji tekan CCS tipe HT-8391	22
Gambar 3.9.	Diagram Alir alat metode penelitia	23
Gambar 3.10.	Diagram alir persiapan bahan.....	25
Gambar 3.11.	Diagram Alir proses pembuatan specimen.....	26
Gambar 3.12.	Diagram alir pengujian spesimen	27
Gambar 3.13.	Alat uji unsur (<i>Energy Dispersive Spectroscopy</i>)	28
Gambar 3.14.	Diagram Alir alat Uji Unsur.....	29
Gambar 3.15.	Diagram Alir Pengujian PCE	30
Gambar 3.16.	Diagram Alir Pengujian Konduktivitas Listrik	31
Gambar 3.17.	Alat uji tekan CCSCCTM tipe HT-8391.....	32
Gambar 3.18.	Diagram alir pengujian kekuatan tekan.....	33
Gambar 4.1.	Gambar hasil pengujian EDS abu batubara (LPPT UGM)	34
Gambar 4.2.	Grafik hasil pengujian EDS tanah liat (LPPT-UGM)	35
Gambar 4.3.	Hasil foto SEM abu batubara (LPPT-UGM).....	36
Gambar 4.4.	Hasil foto SEM tanah liat (LPPT-UGM)	36
Gambar 4.5.	sampel spesimen CCS Abu batubara Ukuran (5x5x5 cm).....	37
Gambar 4.6.	sampel spesimen konduktivitas listrik Ukuran (5x1x1 cm)	37
Gambar 4.7.	Grafik stress strain spesimen 1	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kandungan unsur abu batubara	6
Tabel 2.2. Sifat-sifat batu bata tahan api	10
Tabel 2.2. Standart ukuran <i>sieve</i>	13
Tabel 2.3. Konduktivitas Listrik berbagai bahan konduktor dalam satuan Mho/m	17
Tabel 4.1. Data hasil pengujian EDS pada abu batubara (LPPT UGM)	34
Tabel 4.2. Data hasil pengujian EDS pada tanah liat (LPPT-UGM)	35
Tabel 4.3. Nilai SK (Segeer Keigel) spesimen (Balai Besar Keramik Bandung).....	38
Tabel 4.4. Nilai hambatan spesimen	38
Tabel 4.5. Hasil pengujian kuat tekan dingin.....	40

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

<u>Lambang</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
A	<i>Area</i> / Luas bidang	mm ²
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
	Konduktivitas Litrik	Ω ⁻¹ m ⁻¹ (Mho/m)
ρ	Resistivitas Listrik	Ω m
R	Hambatan Listrik	Ω (Ohm)

Singkatan:

AB	= Abu Batubara
TL	= Tanah Liat
PCE	= <i>Pyrometric Cones Equivalent</i>
EDS	= <i>Energy-dispersive X-ray spectroscopy</i>
Bal	= Balok
Kub	= Kubus
SSS	= <i>Solid State Sintering</i>
CCSCCTM	= <i>Computer Control Servohydraulic Concrete Compression Testing Machine</i>