



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH CAMPURAN ABU VULKANIK DENGAN TANAH  
LIAT TERHADAP KONDUKTIVITAS LISTRIK DAN KUAT  
TEKAN DINGIN SEBAGAI BAHAN REFRAKTORI**

**TUGAS SARJANA**

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

**Disusun oleh:**

**BOWO SAPUTRO**

**L2E 006 023**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
SEMARANG  
2012**

## TUGAS SARJANA

- Diberikan Kepada : Nama : Bowo Saputro  
NIM : L2E 006 023
- Dosen : Ir. Sumar Hadi Suryo
- Pembimbing : Ir. Yurianto, MT
- Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)
- Judul : **Pengaruh Campuran Abu Vulkanik dengan Tanah Liat Terhadap Konduktivitas Listrik dan Kuat Tekan Dingin sebagai Bahan Rerafaktori**
- Isi Tugas : 1. Menganalisis dan mengetahui komposisi atau kandungan mineral dari abu vulkanik dan tanah liat pada nilai konduktivitas listrik terendah dan kekuatan tekan dingin tertinggi.
2. Melakukan pengujian meliputi :
- Uji XRF (*X-Ray Fluorescence*)
  - Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)
  - Uji Kuat Tekan Dingin (*Cold Crushing Strength*)
  - Uji Konduktivitas Listrik

Pembimbing I



Ir. Sumar Hadi Suryo  
NIP. 195801021986031002

Semarang, 14 Maret 2012

Pembimbing II



Ir. Yurianto, 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, 14 Maret 2012

Yang Menyatakan,



**Bowo Saputro**

NIM. L2E 006 023





## HALAMAN PENGESAHAN

Naskah Tugas Sarjana ini diajukan oleh:

Nama : Bowo Saputro  
NIM : L2E 006 023  
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Pengaruh Campuran Abu Vulkanik dengan Tanah Liat Terhadap Konduktivitas Listrik 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.

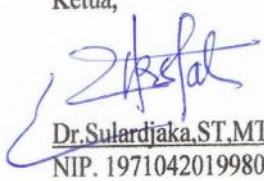
### TIM PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Sumar Hadi Suryo (  )  
Pembimbing II : Ir. Yuriyanto, MT (  )  
Penguji I : Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT (  )  
Penguji II : Ir. Bambang Yuniyanto, MSc (  )

Semarang, 14 Maret 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 : Bowo Saputro  
NIM : L2E 006 023  
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 Vulkanik dengan Tanah Liat Terhadap Konduktivitas Listrik 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 : 14 Maret 2012

Yang Menyatakan,



**Bowo Saputro**  
NIM. L2E 006 023

## **ABSTRACT**

*The waste problem is still difficult to solve along with the rapid advancement of this industry, it is now one of the reasons the feasibility study and utilization of waste into useful goods high. Volcanic ash and clay, including the waste based on the characteristics of a potential alternative to the manufacture of refractory materials. This study aims to determine the effect of volcanic ash mixed with clay to the electrical conductivity and compressive strength of the cold as the refractory material.*

*Mixture preparation process is started from raw material to the drying process, pulverization, refining and sifting through all stages of screening to obtain the 150 mesh size powder. The material is then mixed manually with a variation in the composition of volcanic ash and clay (%) 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, and molasses and water as fastener. The method of formation process is using a hydraulic press with a load 60 N/m<sup>2</sup>. Heat resistance selection of the mixture is 900°C, 1000°C, 1100°C. Analysis and testing of specimens that do, include composition analysis by XRF (X-Ray Fluorescence), micro-structure with SEM (Scanning Electron Microscope) electrical conductivity, and cold crushing strength.*

*Key words: volcanic ash, clay, refractory, electrical conductivity, cold crushing strength*

## ABSTRAK

Permasalahan limbah masih sulit terpecahkan seiring dengan pesatnya kemajuan industri sekarang ini menjadi salah satu alasan dilakukannya studi pemanfaatan limbah menjadi barang berdaya guna tinggi. Abu vulkanik dan tanah liat termasuk limbah yang berdasarkan karakteristiknya berpotensi menjadi bahan alternatif pembuatan refraktori. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran abu vulkanik dengan tanah liat terhadap konduktivitas listrik dan kuat tekan dingin sebagai bahan refraktori.

Proses preparasi campuran dimulai dari proses penjemuran bahan baku hingga kering, penumbukan, penghalusan dan pengayakan sampai ke tahap *screening* hingga memperoleh ukuran serbuk *mesh* 150. Bahan tersebut kemudian dicampur secara manual dengan variasi komposisi abu vulkanik dan tanah liat (%) 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, dan molase serta air sebagai pengikatnya. Proses pembentukan dengan metode cetak tekan menggunakan *hidroulic press* dengan pembebanan  $60 \text{ N/m}^2$ . Seleksi ketahanan panas dari campuran adalah  $900^\circ\text{C}$ ,  $1000^\circ\text{C}$ ,  $1100^\circ\text{C}$ . Analisa dan pengujian spesimen yang dilakukan meliputi analisa komposisi dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*), mikro struktur dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) konduktivitas listrik, dan kuat tekan dingin.

**Kata kunci:** abu vulkanik, tanah liat, refraktori, konduktivitas listrik, 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. Sumar Hadi Suryo selaku Dosen Pembimbing I.
2. Ir. Yurianto, MT selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyusun Tugas Akhir ini.
3. Teman seperjuanganku Achmad,Ferry,Ryan yang selalu memberi dukungan tanpa lelah,semoga sukses kawan
4. Teman-teman angkatan 2006, yang selalu memberi dukungan sehingga terselesaikanya tugas akhir ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan tugas akhir 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 akhir ini berarti selesai pula masa studi penulis di Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Semoga dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain.

Semarang,14 Maret 2012

Penulis



Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

- ❖ Bapak H.Imam Mochtar,S.Pd dan Ibu Kisti Hidayati,S.Pd.I yang telah sabar membesarkan aku, cinta dan kasih sayangnya sepanjang masa serta doa restunya yang selalu menyertaiku.
- ❖ Endah Dewi Astuti,S.ST beserta Woro Yuniarti selaku kakak dan adik yang telah memberikan dukungan sehingga terselesaikannya Tugas Sarjana ini.

## MOTTO

*Janganlah takut pada masa depan, jangan pula menangis untuk masa lalu  
(Percy Bysshe Shelley ,pujangga Inggris)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TUGAS SARJANA</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b>	
<b>TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	viii
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	1
1.2.1 Tujuan .....	1
1.2.2 Manfaat .....	2
1.3. Perumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metode Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1. Abu Vulkanik .....	5
2.2. Tanah Liat .....	6
2.3. Refraktori .....	7
1.4.Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Kekuatan Refraktori .....	10

1.5.	Komposisi Penyusun Refraktori .....	11
1.6.	Kekuatan Fisis Refraktori.....	13
1.7.	Ikatan Kimia Refraktori .....	13
2.6.	Kerusakan Refraktori .....	14
2.7.	<i>Screening</i> .....	16
2.10	Bentuk Butir dan Ukuran Serbuk.....	18
2.11	XRF ( <i>X-Ray Fluorescence</i> ).....	20
2.12	Konduktivitas Listrik.....	22

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1	Bahan Penelitian .....	24
3.2	Peralatan Penelitian .....	26
3.3	Alur Kerja Penelitian .....	39
3.4	Parameter Pengujian .....	32
3.5	Metode Pengujian yang Dilakukan .....	33
3.5.1	Pengujian Komposisi Bahan .....	33
3.5.2	Uji Konduktivitas Listrik .....	34
3.5.3	Uji Tekan ( <i>Compression Test</i> ) .....	36
3.5.4	Uji SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	36

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1	Hasil Identifikasi Komposisi Bahan .....	38
4.1.1	Komposisi abu vulkanik .....	38
4.1.2	Komposisi tanah liat.....	39
4.1.3	Komposisi Paduan 50% abu vulkanik : 50% tanah liat .....	39
4.1.4	Komposisi <i>Refraktori SK34</i> .....	40
4.2	Spesimen Uji .....	44
4.3	Seleksi Ketahanan Panas Spesimen .....	47
4.3.1	Seleksi Ketahanan Panas I .....	46
4.3.2	Seleksi Ketahanan Panas II .....	47
4.3.3	Seleksi Ketahanan Panas III .....	47

4.4	Uji Konduktivitas Listrik .....	48
4.4.1	Perhitungan nilai konduktivitas listrik .....	48
4.4.2	Analisa data konduktivitas listrik spesimen .....	52
4.5	Kekuatan Tekan Dingin Spesimen .....	50
4.5.1	Data uji dan nilai kuat tekan spesimen .....	50
4.5.2	Analisa data nilai kuat tekan .....	51
4.6	Struktur Mikro Spesimen .....	52

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	53

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data uji komposisi bahan
- Lampiran 2. Data pengujian tekan specimen
- Lampiran 3. Laporan uji (SEM) *Scanning Electron Microscope*
- Lampiran 4. *Testing of Refractory Materials*
- Lampiran 5. Dokumentasi proses penelitian

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	(a). <i>Lining</i> refraktori tungku busur/ arc (BEE, 2005) .....	8
	(b). Dinding bagian dalam refraktori dengan blok <i>burner</i> (BEE, 2005) .....	8
Gambar 2.2.	Kerucut <i>pyrometric</i> (Biro Efisiensi Energi, 2004) .....	9
Gambar 2.3.	Retakan pada refraktori .....	15
Gambar 2.4.	Penutupan Refraktori oleh <i>slag</i> .....	15
Gambar 2.5.	Analisa dengan <i>screen</i> bertingkat .....	17
Gambar 2.6.	Berbagai jenis bentuk butiran.....	19
Gambar 2.7.	Pengklasifikasian ukiran butir standard <i>wentworth</i> .....	20
Gambar 2.8.	Spektrum hubungan energi dengan intensitas.....	21
Gambar 2.9.	Benda Uji Konduktivitas Listik.....	23
Gambar 3.1.	Abu Vulkanik .....	24
Gambar 3.2.	Tanah Liat .....	25
Gambar 3.3.	Refraktori SK34 .....	26
Gambar 3.4.	<i>Mesh 150</i> .....	26
Gambar 3.5.	Peralatan konvesional .....	26
Gambar 3.6.	Mesin <i>X-Ray Fluorescence (XRF) rigaku corporation</i> .....	27
Gambar 3.7.	Alat cetak tekan ( <i>hydraulic press</i> ) .....	27
Gambar 3.8.	Tungku Pemanas (tungku Carbolite) .....	27
Gambar 3.9.	Mega Ohmmeter.....	28
Gambar 3.10.	alat uji tekan CCSCCTM tipe HT - 83911 .....	28
Gambar 3.11.	Alat Uji SEM INSPEX S50 FEI .....	28
Gambar 3.12.	Diagram Alir metode penelitian .....	29
Gambar 3.13.	Diagram alir persiapan bahan .....	30
Gambar 3.14.	Diagram alir proses pembuatan spesimen .....	31
Gambar 3.15.	Diagram alir pengujian spesimen .....	32
Gambar 3.16.	Diagram alir uji komposisi.....	33
Gambar 3.17.	Diagram alir uji konduktivitas listrik.....	34
Gambar 3.18.	Alat uji tekan CCSCCTM tipe HT-8391 .....	35
Gambar 3.19.	Diagram alir pengujian kuat tekan .....	35

Gambar 3.20. Alat uji SEM INSPEX S50 FEI .....	36
Gambar 3.21. Diagram alir pengujian SEM .....	37
Gambar 4.1. Bentuk spesimen uji : kubus (5x1x1) cm.....	45
Gambar 4.2. Bentuk spesimen uji : kubus (5x1x1) cm.....	45
Gambar 4.3 Bentuk potongan <i>Refraktori SK34</i> .....	45
Gambar 4.4. Bentuk specimen komposisi 10% Abu Vulkanik : 90% Tanah Liat.....	46
Gambar 4.5. Bentuk specimen komposisi 20% Abu Vulkanik : 80% Tanah Liat.....	47
Gambar 4.6. Bentuk specimen komposisi 30% Abu Vulkanik : 70% Tanah Liat.....	47
Gambar 4.7. Bentuk specimen komposisi 40% Abu Vulkanik : 60% Tanah Liat.....	48
Gambar 4.8. Bentuk specimen komposisi 50% Abu Vulkanik : 50% Tanah Liat.....	48
Gambar 4.9. Bentuk specimen kubus (5x5x5) cm sebelum dan sesudah uji tekan .....	51
Gambar 4.10. Bentuk Refraktori SK34 sebelum dan sesudah uji tekan .....	51
Gambar 4.11. SEM <i>micrographs of specimen</i> 50% Abu Vulkanik : 50% Tanah Liat ..	52
Gambar 4.12. SEM <i>micrographs of specimen</i> Refraktori SK34 .....	52



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Sifat-sifat refraktori (The Carbon Trust, 1993) .....	8
Tabel 2.2.	Komposisi Penyusun Refraktori .....	12
Tabel 2.3.	Standard Ukuran <i>sieve</i> .....	17
Tabel 2.4.	Konduktivitas Listrik untuk 9 Logam dan Paduan Umum pada Temperatur Ruangan.....	22
Tabel 4.1.	Komposisi kimia abu vulkanik .....	38
Tabel 4.2.	Komposisi kimia tanah liat .....	39
Tabel 4.3.	Komposisi kimia paduan 50% abu vulkanik : 50% tanah liat .....	39
Tabel 4.4.	Komposisi kimia Refraktori SK34 .....	40
Tabel 4.5.	Sifat senyawa silika .....	41
Tabel 4.6.	Sifat senyawa alumina .....	42
Tabel 4.7.	Sifat senyawa kalsium oksida .....	42
Tabel 4.8.	Sifat senyawa besi oksida .....	43
Tabel 4.9.	Sifat senyawa kalium oksida.....	43
Tabel 4.10.	Sifat senyawa titanium oksida .....	44
Tabel 4.11.	Sifat senyawa mangan dioksida.....	44
Tabel 4.12.	Nilai hambatan tiap spesimen .....	48
Tabel 4.13.	Gaya max.dan nilai kuat tekan tiap spesimen.....	50

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

<b><u>Lambang</u></b>	<b><u>Keterangan</u></b>	<b><u>Satuan</u></b>
A	<i>Area</i> / Luas bidang	mm <sup>2</sup>
T	Suhu temperatur	°C
t	<i>Time</i> / Waktu	sec (detik)
	<i>Load</i> / Pembebanan	N (Newton)
F <sub>max</sub>	<i>Maximum Force</i> / Gaya Maksimum	N (Newton)
	<i>Stress</i> / Tegangan	MPa (N/mm <sup>2</sup> )
ε	<i>Strain</i> / Regangan	%
σ	Kuat Tekan	N/mm <sup>2</sup>
	Konduktivitas Listrik	<sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> (Mho/m)
ρ	Resistivitas Listrik	m
R	Hambatan Listrik	(Ohm)

### **Singkatan:**

AV	= Abu Vulkanik
TL	= Tanah Liat
PCE	= <i>Pyrometric Cones Equivalent</i>
XRF	= <i>X-Ray Fluorescence</i>
CCSCCTM	= <i>Computer Control Servohydraulic Concrete Compression Testing Machine</i>
SEM	= <i>Scanning Electron Microscope</i>
SK 34	= <i>Seger Kegel 34</i>