



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH PADUAN ABU VULKANIK DENGAN TANAH LIAT PADA  
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:**

**RYAN INDRIANSYAH**

**L2E 606 052**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
SEMARANG**

**2012**

## TUGAS SARJANA

- Diberikan Kepada : Nama : Ryan Indriansyah  
NIM : L2E 606 052
- Dosen : 1. Ir. Sumar Hadi Suryo  
Pembimbing : 2. Ir. Yurianto, MT
- Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)
- Judul : **Pengaruh Paduan Abu Vulkanik dengan Tanah Liat Pada Konduktivitas Termal dan Kuat Tekan Dingin Sebagai Bahan Refraktori**
- Isi Tugas : 1. Menganalisa dan mengetahui komposisi atau kandungan mineral dari abu vulkanik dan tanah liat pada nilai konduktivitas termal dan kuat tekan dingin tertinggi.
2. Melakukan pengujian meliputi:
- Uji komposisi (XRF)
  - Uji SEM (*Scanning Electron Mikroscope*)
  - Uji konduktivitas termal
  - Uji tekan (*compression test machine*)

Semarang, 14 Maret 2012

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Sumar Hadi Suryo  
NIP. 195801021986031002

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,

**Ryan Indriansyah**

NIM. L2E 606 052

## HALAMAN PENGESAHAN

Naskah Tugas Sarjana ini diajukan oleh:

Nama : Ryan Indriansyah  
NIM : L2E 606 052  
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Pengaruh Paduan Abu Vulkanik dengan Tanah Liat Pada  
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

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

Semarang, 14 Maret 2012  
Jurusan Teknik Mesin  
Ketua,

**Dr. Sulardjaka.**  
NIP. 197104201998021001

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

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

Nama : Ryan Indriansyah  
NIM : L2E 606 052  
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 Vulkanik dengan Tanah Liat Pada 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 : 14 Maret 2012

Yang Menyatakan,

**Ryan Indriansyah**  
NIM. L2E 606 052

## **ABSTRACT**

*The amount of volcanic ash that is still difficult to solve one of the reasons the feasibility study and utilization of waste into a high-efficient goods. In this study, volcanic ash and clay are the two objects is based on the characteristics of waste utilization has the potential to become an alternative manufacture of refractory materials. This research aims to deetermine 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 (volcanic ash and clay) up to dry, then pounded, mashed (blend) and sifted through the stages of screening to obtain powder of mesh size 150. All materials are then mixed manually with the composition variation of volcanic ash - clay (%) 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, and the molasses and water as the straps .. Furthermore, prior to the formation of alloys burned performed by the method of printing press using a press at 60 N/m<sup>2</sup> hidroulic (Ø2.5x3 cm cylinder and beam 5x5x5 cm). Selection of the heat resistance of the alloy is 900°C, 1000°C, 1100°C.*

*Analysis and testing of specimens that do include: analysis of phase with the XRF (X-Ray Fluorescence), thermal conductivity, compressive strength, and microstructures by SEM (Scanning Electron Microscope). In the testing phase analysis obtained the content of silica dioxide (SiO<sub>2</sub>) alloy 50 % volcanic ash: 50% clay 50.72% and 69.05% SK34 refractory where the content of silica refractories are needed. In testing the SEM (Scanning Electron Microscope) can be seen clearly density, homogeneity, and porosity of the blend of 50% volcanic ash : 50 % clay, and refractory SK34.*

**Key words:** *sewage, ash, clay, refractory, thermal conductivity, compressive strength of cold.*

## ABSTRAK

Banyaknya limbah abu vulkanik gunung berapi yang hingga saat ini masih sulit terpecahkan menjadi salah satu alasan dilakukannya studi pemanfaatan limbah menjadi barang berdaya guna tinggi. Dalam penelitian ini, abu vulkanik dan tanah liat merupakan dua obyek pemanfaatan limbah yang berdasarkan karakteristiknya berpotensi menjadi bahan alternatif pembuatan refraktori. 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 vulkanik dan tanah liat) hingga kering, kemudian ditumbuk, dihaluskan (*blend*) dan diayak sampai ke tahap *screening* hingga memperoleh ukuran serbuk *mesh* 150. Semua bahan kemudian dicampur secara manual dengan variasi komposisi abu vulkanik – tanah liat (%) 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, dan molase serta air sebagai pengikatnya. Selanjutnya sebelum paduan dibakar dilakukan proses pembentukan dengan metode cetak tekan menggunakan *hidroulic press* sebesar  $60 \text{ N/m}^2$  (silinder  $\text{Ø}2,5 \times 3 \text{ cm}$  dan balok  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$ ). Seleksi ketahanan panas dari paduan adalah  $900^\circ\text{C}$ ,  $1000^\circ\text{C}$ ,  $1100^\circ\text{C}$ .

Analisa dan pengujian spesimen yang dilakukan antara lain: analisa fasa dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*), konduktivitas termal, kekuatan tekan, dan mikro struktur dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Pada pengujian analisa fasa didapatkan kandungan Silika dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) paduan 50% abu vulkanik: 50% tanah liat 50,72% dan *refractory SK34* 69,05% dimana dalam refraktori kandungan silika sangat dibutuhkan. Pada pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) dapat dilihat secara jelas densitas, homogenitas, dan porositas dari paduan 50% abu vulkanik: 50% tanah liat dan *refractory SK34*.

**Kata kunci:** limbah, abu vulkanik, 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. Sumar Hadi Suryo selaku Dosen Pembimbing I.
2. Ir. Yurianto, MT selaku Dosen Pembimbing II.
3. Rekan-rekan satu tim TA (Abas, Feri, Bowo), termasuk teman-teman angkatan 2006 Teknik Mesin UNDIP, Civitas akademik dan lembaga yang membantu proses pengujian spesimen.
4. 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, 14 Maret 2012

Penulis



## **MOTTO**

*Terkadang kita harus menggenggam tangan kita sendiri untuk menyakinkan bahwa diri kita kuat...*

*Terkadang kita juga harus melepas orang lain agar kita kembali bangkit...*

*Namun kita tak akan pernah melepas ALLAH SWT untuk membuktikan bahwa kita mampu...*

*Ada jalan yang tidak pernah kita pikirkan dan ada kekuatan yang tak pernah kita bayangkan...*

**Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:**

**Kedua Orang tua penulis, Bapak Mundriyanto dan Ibu Sri Sumariatun serta kakak dan adik-adikku yang telah memberikan kasih sayang dan dukungannya dengan ikhlas.**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>TUGAS SARJANA</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>viii</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	2
1.3. Perumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metode Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II    DASAR TEORI</b>	
2.1. Abu Vulkanik.....	6
2.2. Tanah Liat/Lempung ( <i>Clay</i> ) .....	7
2.3. Refraktori .....	7
2.4. Faktor-Faktor yang Berpengaruh pada Kekuatan Refraktori ...	10
2.5. Komposisi Penyusun Refraktori .....	11

2.6.	Kekuatan Fisis Refraktori .....	12
2.7.	Ikatan Kimia Refraktori .....	12
2.8.	Kerusakan refraktori .....	13
2.9.	<i>Screening</i> .....	15
2.10.	Bentuk Butir dan Ukuran Serbuk .....	17
2.11.	<i>X-Ray Flourescence</i> (XRF) .....	18
2.12.	Konduktivitas Termal .....	19
2.12.1.	Hukum Dasar Konduktivitas Termal.....	20
2.12.2.	Persamaan Pada Keadaan <i>Steady</i> -Satu Dimensi .....	20

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1.	Bahan Penelitian .....	23
3.2.	Peralatan Penelitian .....	25
3.3.	Alur Kerja Penelitian .....	29
3.4.	Parameter Pengujian .....	33
3.5.	Metode Pengujian yang Dilakukan.....	33
3.5.1.	Pengujian Komposisi Bahan.....	33
3.5.2.	Uji Konduktivitas Termal.....	35
3.5.3.	Uji Tekan ( <i>Compression Test</i> ).....	36
3.5.4.	Uji SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ).....	37

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

4.1.	Hasil Identifikasi Komposisi Bahan .....	39
4.1.1.	Komposisi abu vulkanik .....	39
4.1.2.	Komposisi tanah liat .....	40
4.1.3.	Komposisi Paduan 50% Abu Vulkanik dan 50% Tanah Liat.....	40
4.1.4.	Komposisi <i>Refractory SK34</i> .....	41
4.2.	Spesimen Uji.....	45
4.3.	Seleksi Ketahanan Panas Spesimen.....	47
4.3.1.	Seleksi Ketahanan Panas I.....	47

4.3.2.	Seleksi Ketahanan Panas II.....	48
4.3.3.	Seleksi Ketahanan Panas III .....	49
4.4.	Konduktivitas Termal Spesimen.....	50
4.4.1.	Perhitungan nilai konduktivitas termal ( $k_{uji}$ ) .....	50
4.4.2.	Analisa data pengujian konduktivitas termal.....	52
4.5.	Kekuatan tekan dingin spesimen .....	52
4.5.1.	Data uji dan nilai kuat tekan spesimen .....	52
4.5.2.	Analisa data nilai kuat tekan ( $\sigma$ ).....	53
4.6.	Struktur mikro spesimen.....	54

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1.	Kesimpulan .....	56
5.2.	Saran .....	56

## **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) .....	10
Gambar 2.3.	Retakan pada refraktori .....	14
Gambar 2.4.	Penutupan Refraktori oleh <i>slag</i> .....	15
Gambar 2.5.	Analisa dengan <i>screen</i> bertingkat .....	16
Gambar 2.6.	Berbagai jenis bentuk butiran.....	17
Gambar 2.7.	Spektrum hubungan energi dengan intensitas.....	19
Gambar 2.8.	Struktur komposit dinding datar .....	21
Gambar 2.9.	Skema alat untuk pengujian konduktivitas termal .....	22
Gambar 3.1.	Abu Vulkanik .....	23
Gambar 3.2.	Tanah Liat .....	24
Gambar 3.3.	<i>Refractory SK34</i> .....	25
Gambar 3.4.	<i>Mesh 150</i> .....	25
Gambar 3.5.	Peralatan konvesional .....	25
Gambar 3.6.	Mesin <i>X-Ray Fluorescence (XRF) rigaku corporation</i> .....	26
Gambar 3.7.	Alat cetak tekan ( <i>hydraulic press</i> ) .....	26
Gambar 3.8.	Tungku Pemanas (tungku Carbolite) .....	27
Gambar 3.9.	Alat uji konduktivitas termal.....	27
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.....	34
Gambar 3.17.	Alat uji konduktivitas termal.....	35
Gambar 3.18.	Alat uji tekan CCSCCTM tipe HT-8391 .....	36
Gambar 3.19.	Diagram alir pengujian kuat tekan .....	37

Gambar 3.20. Alat uji SEM INSPEX S50 FEI .....	37
Gambar 3.21. Diagram alir pengujian SEM .....	38
Gambar 4.1. Bentuk specimen uji : silinder ( $\varnothing$ 2,5 x3) cm .....	46
Gambar 4.2. Bentuk specimen uji: kubus (5x5x5) cm.....	46
Gambar 4.3. Bentuk potongan <i>refractory</i> SK34 kubus (5x5x5) cm.....	46
Gambar 4.4. Bentuk potongan <i>refractory</i> SK34 silinder ( $\varnothing$ 2,5 x3) cm.....	47
Gambar 4.5. Bentuk specimen komposisi 10% Abu Vulkanik : 90% Tanah Liat.....	48
Gambar 4.6. Bentuk specimen komposisi 20% Abu Vulkanik : 80% Tanah Liat.....	48
Gambar 4.7. Bentuk specimen komposisi 30% Abu Vulkanik : 70% Tanah Liat.....	48
Gambar 4.8. Bentuk specimen komposisi 40% Abu Vulkanik : 60% Tanah Liat.....	49
Gambar 4.9. Bentuk specimen komposisi 50% Abu Vulkanik : 50% Tanah Liat.....	49
Gambar 4.10. Bentuk specimen silinder ( $\varnothing$ 2,5 x3) komposisi 10% : 90% Tanah Liat sampai 50% :50% Tanah Liat.....	50
Gambar 4.11. Bentuk specimen kubus (5x5x5) cm sebelum dan sesudah uji tekan ....	53
Gambar 4.12. Bentuk <i>Refractory SK34</i> sebelum dan sesudah uji tekan.....	53
Gambar 4.13. SEM <i>micrographs of specimen</i> 50% Abu Vulkanik : 50% Tanah Liat ..	53
Gambar 4.14. SEM <i>micrographs of specimen Refractory SK34</i> .....	54



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Sifat-sifat refraktori (The Carbon Trust, 1993) .....	8
Tabel 2.2.	Komposisi Penyusun <i>Refractory</i> .....	12
Tabel 4.1.	Komposisi kimia abu vulkanik .....	39
Tabel 4.2.	Komposisi kimia tanah liat .....	40
Tabel 4.3.	Komposisi kimia paduan 50% abu vulkanik : 50% tanah liat .....	41
Tabel 4.4.	Komposisi kimia <i>refractory SK34</i> .....	41
Tabel 4.5.	Sifat senyawa silika .....	42
Tabel 4.6.	Sifat senyawa alumina .....	43
Tabel 4.7.	Sifat senyawa kalsium oksida .....	43
Tabel 4.8.	Sifat senyawa besi oksida .....	44
Tabel 4.9.	Sifat senyawa kalium oksida.....	44
Tabel 4.10.	Sifat senyawa titanium oksida .....	45
Tabel 4.11.	Sifat senyawa mangan dioksida.....	45
Tabel 4.12.	Temperature <i>steady state</i> 50% Abu Vulkanik : 50% Tanah Liat .....	50
Tabel 4.13.	Temperature <i>steady state refractory SK34</i> .....	51

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

<u>Lambang</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Satuan</u>
q	Laju perpindahan kalor	Watt
A	Area / Luas bidang	mm <sup>2</sup>
$\frac{\partial T}{\partial x}$	Temperatur <i>gradient</i> dalam arah perpindahan kalor	°C/m
k	Konduktivitas termal	W/m °C
T	Suhu temperatur	°C
t	<i>Time</i> / Waktu	sec (detik)
	<i>Load</i> / Pembebanan	N (Newton)
Fmax	<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>

### Singkatan:

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