



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**KARAKTERISASI MATERIAL GEOPOLIMER BERBAHAN  
DASAR ABU VULKANIK**

**TUGAS AKHIR**

**JUWANTONO**

**L2E 006 062**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG**

**SEPTEMBER 2011**

## TUGAS AKHIR

Diberikan Kepada : Nama : Juwantono  
NIM : L2E 006 062

Dosen Pembimbing : Dr.-Ing. Ir. A.P. Bayuseno, MSc

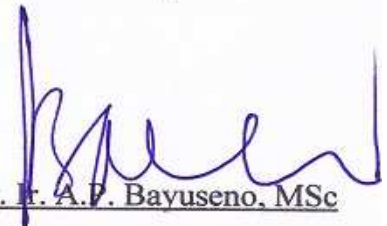
Jangka Waktu : 12 Bulan (Dua belas bulan)

Judul : **Karakterisasi Material Geopolimer Berbahan Dasar Abu Vulkanik**

Isi Tugas : Untuk mempelajari kelayakan abu vulkanik sebagai bahan dasar untuk membuat material geopolimer untuk aplikasi bahan bangunan dan menganalisis pengaruh suhu pemanasan, lama pemanasan dan umur material terhadap nilai kuat tekan material geopolimer berbahan dasar abu vulkanik serta untuk mengetahui senyawa kimia yang terdapat pada material geopolimer berbahan dasar abu vulkanik.

Semarang, 22 September 2011

Dosen Pembimbing




Dr.-Ing. Ir. A.P. Bayuseno, MSc

NIP. 196205201989021001

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Juwantonono  
NIM : L2E 006 062  
Tanda Tangan :   
Tanggal : 22 September 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Juwantono

NIM : L2E 006 062

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Karakterisasi Material Geopolimer Berbahan Dasar Abu Vulkanik

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr.-Ing. Ir. A.P. Bayuseno, MSc

Penguji : Muchammad, ST, MT

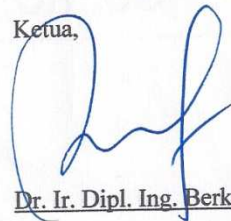
Penguji : Dr. MSK. Tony Suryo U., ST, MT



Semarang, 22 September 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



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 : JUWANTONO  
NIM : L2E 006 062  
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 :

**KARAKTERISASI MATERIAL GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR ABU VULKANIK.**

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 memublikasikan 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 : 22 September 2011

Yang menyatakan



( JUWANTONO )  
NIM. L2E 006 062

## **MOTTO**

**“Hidup memberikan banyak peluang sukses, asal ada kemauan disitu  
pasti ada jalan”**

**“Rahasia kebahagiaan bukan melakukan apa yang disenangi  
melainkan menyenangkan apa yang dilakukan”**

## **PERSEMBAHAN**

**Tugas Akhir ini kupersembahkan kepada:**

- **Kedua orang tuaku tercinta Bapak Jaelan dan Ibu Fatimah**
- **Mas Pur**
- **Mas Jarwo**

## ABSTRAK

Akhir-akhir ini, industri semen dan beton semakin disorot, khususnya oleh para pecinta lingkungan. Hal ini disebabkan oleh emisi gas karbon dioksida yang dihasilkan akibat pembuatan semen. Dalam pembuatan satu ton semen portland, akan dihasilkan kurang lebih sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer. Hal ini perlu dicari cara untuk mengurangi emisi karbon dioksida, misalnya adalah dengan cara mengurangi penggunaan semen dalam konstruksi bangunan yaitu dengan menggantikannya dengan menggunakan material geopolimer. Penelitian karakterisasi material geopolimer ini bertujuan untuk mempelajari kelayakan abu vulkanik sebagai bahan dasar untuk membuat material geopolimer dan untuk mengetahui proses-proses yang optimum dalam rangka untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang optimum serta untuk mengetahui senyawa yang terdapat dalam material geopolimer berbahan dasar abu vulkanik.

Dalam penelitian ini material geopolimer dibuat dengan menggunakan bahan dasar abu vulkanik yang dicampur dengan larutan alkali yaitu sodium hidroksida dan sodium silikat dengan berbagai variasi suhu pemanasan, lama waktu pemanasan serta umur material geopolimer.

Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai kuat tekan yang paling optimum yaitu sebesar 16,81 MPa dengan perlakuan suhu pemanasan 80 °C lama pemanasan 12 jam serta umur material 30 hari. Dalam pengujian XRD di dominasi oleh senyawa *Albite*.

Kata Kunci: Geopolimer, Abu vulkanik, Sodium hidroksida, Sodium silikat, XRD, *Albite*.

## **ABSTRACT**

*Recently, cement and concrete industry have been paid more attention especially by environmental community. This is mainly focussed on carbon dioxide gas which is produced from the making of cement. To make one tonne of portland cement, will produce approximately one tonne carbon dioxide which will be released into the atmosphere. It is necessary to find method to reduce carbon dioxide emissions, for example, by reducing the use of cement in building construction and to replacing it by geopolymer materials. The objective of geopolymer materials characterization was to study about feasibility of volcanic ash as based material for making geopolymer materials and to determine the optimum process for getting values of compressive strength, also to determine the composition of geopolymer materials that used volcanic ash as based materials.*

*In this research, geopolymer materials were made of volcanic ash as based materials that were mixed alkaline solution of sodium hydroxide and sodium silicate with variety of heating temperature, heating time, and age of geopolymer materials.*

*The results of the testing that have been done shows that the most optimum of compressive strength is 16,81 MPa with 80 °C of heating treatment temperature, 12 hours of heating time, and 30 days of age of materials. In the XRD evaluation, phase mineral are dominated by Albite.*

*Keywords: Geopolymer, Volcanic ash, Sodium hydroxide, Sodium silicate, XRD, Albite.*



## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbil'alamin.* Semoga puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang tiada hentinya mencurahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga dengan segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas ini. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada panutan kita Rosulullah Muhammad SAW.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Dr.-Ing. Ir. A.P. Bayuseno, MSc selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
2. Mas Bowo selaku teknisi di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah banyak membantu dalam pengujian spesimen.
3. Taufiq Nurfides yang selalu mendukung dan membantu dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
4. Semua pihak yang telah membantu tersusunya laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan kami di masa yang akan datang. Akhir kata Penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, 22 September 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Halaman Tugas Akhir</b> .....	ii
<b>Halaman Pernyataan Orisinalitas</b> .....	iii
<b>Halaman Pengesahan</b> .....	iv
<b>Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir untuk Kepentingan Akademis</b> .....	v
<b>Abstrak</b> .....	vii
<b>Kata Pengantar</b> .....	ix
<b>Daftar isi</b> .....	x
<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 .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Metode Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4

### BAB II DASAR TEORI

2.1 Istilah Ilmu Geopolimer .....	5
2.2 Material Penyusun Geopolimer .....	7
2.2.1 Prekursor .....	7
2.2.2 Aktivator .....	10
2.3 Sifat-sifat Geopolimer dan Aplikasinya.....	10
2.4 Penelitian-penelitian Tentang Material Geopolimer.....	12
2.5 Batako (Bata Tras Kapur) .....	16
2.6 Abu Vulkanik Gunung Merapi .....	17

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Diagram Alir Penelitian .....	19
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
3.3	Alat dan Bahan .....	21
3.3.1	Peralatan yang digunakan .....	21
3.3.2	Bahan yang digunakan .....	22
3.4	Pengujian Bahan Baku Abu Vulkanik .....	23
3.5	Pembuatan Spesimen Material Geopolimer .....	25
3.6	Komposisi Campuran Material Geopolimer .....	26
3.7	Pengujian Karakterisasi Material Geopolimer .....	27
3.7.1	Pengujian XRD .....	27
3.7.2	Pengujian Kuat Tekan .....	30

### **BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1	Pengujian Komposisi Kimia Abu Vulkanik .....	33
4.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	38
4.2.1	Pengaruh Suhu Pemanasan terhadap Kuat Tekan .....	38
4.2.2	Pengaruh Umur Material terhadap Kuat Tekan .....	40
4.2.3	Pengaruh Lama Pemanasan terhadap Kuat Tekan .....	43
4.3	Perbandingan Nilai Kuat Tekan Antara Material Geopolimer dengan Mortar Semen Portland .....	45
4.4	Hasil Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	46

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

5.1	Kesimpulan .....	51
5.2	Saran .....	51

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik produksi semen di dunia pada tahun 1840 - 2000 dan emisi gas CO <sub>2</sub> yang dihasilkan .....	1
Gambar 2.1	Struktur kimia polysialate .....	6
Gambar 2.2	Pengaruh suhu pemanasan terhadap kuat tekan dalam literatur .....	13
Gambar 2.3	Pengaruh lama pemanasan terhadap kuat tekan dalam literatur .....	14
Gambar 2.4	Pengaruh umur material terhadap kuat tekan dalam literatur .....	15
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	19
Gambar 3.2	Spektrum hubungan energi dengan intensitas .....	23
Gambar 3.3	Diagram alir pembuatan spesimen .....	25
Gambar 3.4	Difraksi sinar -x .....	27
Gambar 3.5	Mesin <i>X-Ray Diffraction (XRD) Rigaku Corporation</i> .....	30
Gambar 3.6	<i>Computer control servo hydraulic concrete compression testing machine</i> .....	32
Gambar 3.7	Sampel material geopolimer diuji tekan hingga retak .....	32
Gambar 4.1	Grafik hubungan tegangan dan regangan pada suhu 40 °C .....	38
Gambar 4.2	Grafik hubungan tegangan dan regangan pada suhu 60 °C .....	38
Gambar 4.3	Grafik hubungan tegangan dan regangan pada suhu 80 °C .....	39
Gambar 4.4	Grafik hubungan suhu pemanasan terhadap kuat tekan rata-rata .....	39
Gambar 4.5	Grafik hubungan tegangan dan regangan pada umur material 7 hari .....	40
Gambar 4.6	Grafik hubungan tegangan dan regangan pada umur material 21 hari .....	41
Gambar 4.7	Grafik hubungan tegangan dan regangan pada umur material 30 hari .....	41
Gambar 4.8	Grafik hubungan umur material terhadap kuat tekan rata-rata .....	42
Gambar 4.9	Grafik hubungan tegangan dan regangan pada pemanasan 8 jam .....	43
Gambar 4.10	Grafik hubungan tegangan dan regangan pada pemanasan 16 jam ..	43
Gambar 4.11	Grafik hubungan tegangan dan regangan pada pemanasan 24 jam ..	44
Gambar 4.12	Grafik hubungan lama pemanasan terhadap kuat tekan rata-rata .....	44

Gambar 4.13	Grafik perbandingan nilai kuat tekan antara material geopolimer dengan mortar semen portland .....	45
Gambar 4.14	Grafik hasil pengujian XRD .....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ukuran dan toleransi bata tras kapur .....	17
Tabel 2.2	Syarat fisik bata tras kapur .....	17
Tabel 4.1	Komposisi kimia abu vulkanik .....	33
Tabel 4.2	Sifat senyawa silika .....	34
Tabel 4.3	Sifat senyawa alumina .....	35
Tabel 4.4	Sifat senyawa kalsium oksida .....	35
Tabel 4.5	Sifat senyawa besi oksida .....	36
Tabel 4.6	Sifat senyawa kalium oksida .....	36
Tabel 4.7	Sifat titanium oksida .....	37
Tabel 4.8	Sifat senyawa mangan dioksida .....	37
Tabel 4.9	Data Hasil Pengujian XRD pada material geopolimer .....	47
Tabel 4.10	Perbandingan <i>peak</i> yang dihasilkan dari pengujian XRD dengan database <i>albite</i> pada JCPDS-ICDD .....	49

## NOMENKLATUR

<b>Simbol</b>	<b>Definisi</b>	<b>Satuan</b>
$n$	Orde difraksi	(-)
$\theta$	Sudut difraksi bragg	(°)
$\lambda$	Panjang gelombang dari sinar -x	(Å)
$d$	Jarak antar bidang	(Å)
$\sigma$	Kuat tekan	(MPa)
$P$	Beban maksimum	(N)
$A$	Luas penampang	(mm <sup>2</sup> )