

**PEMANFAATAN LUMPUR GEOTHERMAL (*GEOTHERMAL SLUDGE*)  
UNTUK PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN  
MORTAR SEBAGAI SUPLEMEN BAHAN AJAR MATA KULIAH  
TEKNOLOGI BETON PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK  
BANGUNAN UNS**

*Indah Nurkholis Meiyati<sup>1</sup>, Rima Sri Agustin<sup>2</sup>, Eko Supri Murtiono<sup>3</sup>*

**ABSTRAK**

Penelitian yang mensubstitusi semen dengan lumpur *geothermal* dalam konteks volume bertujuan untuk mengetahui komposisi adukan yang paling ideal bila ditinjau dari segi kuat tekan pada sampel mortar. Dalam penelitian ini, dibuat sampel kubus ukuran 50x50x50 mm dengan 4 variasi mix desain yaitu adukan 1 (100% PC; 0% LG), 2 (90% PC; 10% LG), 3 (80% PC; 20% LG) dan 4 (70% PC; 30% LG). Perbandingan berat antara PC dengan pasir adalah 1 : 2,75 dengan faktor air semen mendekati 0,485. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe I dengan benda uji dites dalam umur 28 dan 56 hari.

Bila ditinjau dari segi kuat tekan, penggunaan lumpur *Geothermal* berpengaruh terhadap kuat tekan sampel mortar yang dibuktikan dengan perhitungan nilai korelasi. Kuat tekan optimal sampel diketahui dari data uji dengan variasi lumpur *geothermal* sebesar 20%. Pada adukan ini, kuat tekan yang dihasilkan sebesar 27,093 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur mortar 28 hari dan 27,266 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur mortar 56 hari.

Kontribusi peneliti untuk bidang pendidikan yaitu Bahan ajar yang dihasilkan setelah penelitian ini berupa suplemen bahan ajar tentang pemanfaatan lumpur *geothermal* untuk pengganti sebagian semen ditinjau dari kuat tekan mortar atau lebih jelasnya modul untuk mata kuliah Teknologi Beton semester III Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan UNS pada kompetensi dasar 4 materi mortar.

**Kata Kunci** : Lumpur *Geothermal*, Pengganti Semen, Kuat Tekan Mortar, Bahan Ajar Mortar

- 
1. Mahasiswa Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS
  2. Pembimbing I : Rima Sri Agustin, S.T., M.T.  
Pembimbing II : Eko Supri Murtiono, S.T., M.T.

### ABSTRACT

The study was substituting cement with geothermal sludge in context volume to find the most ideal if mortar composition in terms of the compressive strength of the mortar samples. In this research, made 50x50x50 mm cube sample size with 4 variations of mix designs that stirring 1 (100% PC; 0% GS), 2 (90% PC, 10% GS), 3 (80% PC, 20% GS) and 4 (70% PC; 30 % GS). The ratio weight between the PC and the sand is 1: 2.75 with cement water factor approaching 0.485. The cement that used in this study were Portland cement type I with test specimens were tested at the age of 28 and 56 days.

When viewed in terms of compressive strength, the use of geothermal sludge take effect towards compressive strength mortar samples as evidenced by the correlation value of calculation. Optimal compressive strength known sample of test data with geothermal sludge variation of 20%. In this stirring, compressive strength generated at 27.093 Kg /cm<sup>2</sup> at the age of 28 days mortar and 27.266 Kg / cm<sup>2</sup> at the age of 56 days mortar.

Contributing researchers to the field of education, namely teaching materials produced after this research is a supplement teaching materials on the use of sludge geothermal for partial replacement of cement in terms of the compressive strength of mortar or more details modules for the course Concrete Technology III Semester Study Program Building Techniques UNS on basic 4th competencies in mortar material.

Keyword : Geothermal Sludge, Cement Subtitution, Mortar Compressive Strength, Mortar Teaching Materials

- 
1. Student of Vocational Technical Education FKIP UNS
  2. 1<sup>st</sup> Lecturer : Rima Sri Agustin, S.T., M.T.  
2<sup>nd</sup> Lecturer : Eko Supri Murtiono, S.T., M.T.

## PENDAHULUAN

Mortar pada pembuatan batako ataupun paving sebagai bahan konstruksi mengandung semen yang berperan sangat penting sebagai perekat antar material-material penyusunnya. Ddalam produksi semen, pabrik-pabrik semen mengeluarkan emisi gas rumah kaca yang efeknya berdampak pada kelangsungan hidup makhluk hidup. Selain itu juga menimbulkan kebisingan dan getaran mekanik dari rangkaian produksi semen yang dapat langsung dirasakan oleh masyarakat setempat.

Sangat bermanfaat apabila ada material lain yang dapat menggantikan semen sebagai material penyusun konstruksi bangunan, mampu berperan sama halnya seperti semen namun lebih ramah lingkungan, tidak menimbulkan polutan dan tidak menimbulkan limbah merusak lingkungan hidup.

penggunaan semen dapat digantikan dengan bahan lain yang bersifat pozzolan. Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina, dengan bentuknya yang halus bercampur dengan air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi secara kimiawi sama dengan kalsium hidroksida (senyawa hasil reaksi antara semen dan air) pada suhu kamar membentuk senyawa kalsium aluminat hidrat yang mempunyai sifat seperti semen.

Semen adalah material tambang yang sumbernya bisa habis suatu saat nanti. Ketika sumber pozzolan semakin menipis, perlu dicari sumber alam lain untuk menggantikannya. Menurut Nanang Nurdiyanto (2010), lumpur panas bumi atau biasa disebut lumpur *geothermal* yang berasal dari PLTP Dieng mempunyai sifat pozzolan karena mengandung mineral silika

alumina sehingga dapat digunakan sebagai pengganti semen.

Lumpur *geothermal* merupakan serbuk yang berasal dari limbah padat *geothermal* yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP). Endapan lumpur yang dihasilkan pada tempat pengendapan PLTP Dieng setiap bulannya mencapai 165 ton. Jumlah tersebut cukup besar dan pada umumnya hanya dibiarkan begitu saja di tempat pengendapan.

Limbah padat *geothermal* mengandung unsur logam yang beberapa diantaranya logam berat, antara lain *Si, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, As, Sb, Au, Ag, Hg*, dan *Se*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan yang terjadi antara variasi lumpur *geothermal* terhadap kuat tekan dan kuat tekan mortar maksimal yang dihasilkan. Hasil penelitian ini digunakan sebagai modul bahan ajar. Berdasarkan paparan diatas, yaitu inovasi mortar dengan pemanfaatan lumpur *geothermal* perlu dikenalkan dalam materi kuliah khususnya mata kuliah Teknologi Beton.

## KAJIAN PUSTAKA

### Bahan Ajar

Menurut Zulkarnaini (2009:1), bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru atau instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di kelas.

Menurut Muhaimin (2008), bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran.

Sedangkan menurut *National Centre for Competency Based Training* (2007) dalam Ngarifin (2015), bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang

digunakan untuk membantu guru atau instruktur dalam melaksanakan proses pembelajaran.

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa bahan ajar merupakan segala bentuk bahan, informasi, alat, teks atau yang digunakan oleh tenaga pendidik untuk membantu dalam melaksanakan proses pembelajaran.

### **Mata Kuliah Teknologi Beton.**

Teknologi Beton merupakan mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa program studi Pendidikan Teknik Bangunan dengan capaian 2 SKS. Mata kuliah ini membahas mengenai macam-macam dan karakteristik agregat atau bahan penyusun beton, perkembangan teknologi beton baik itu bahan-bahan campuran beton, inovasi bahan tambah campuran beton, pengujian material beton dan beton jenis lain termasuk materi pokok mortar didalamnya.

### **Mortar**

Menurut SNI 03-6825-2002 mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) dan air dengan komposisi tertentu.

Material dasar pembentuk mortar terdiri atas semen, agregat halus, air, dan bahan tambah yang diperlukan. Kajian mengenai material dasar pembentuk mortar akan disajikan sebagai berikut:

#### 1) Semen Portland/Pozzolan

Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan Alumina dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat seperti semen, akan tetapi dengan bentuknya yang halus dan dengan adanya air,

maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi secara kimiawi dengan Kalsium hidroksida (senyawa hasil reaksi antara semen dan air) pada suhu kamar membentuk senyawa Kalsium Aluminat hidrat yang mempunyai sifat seperti semen.

#### 2) Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam campuran adukan mortar harus memenuhi persyaratan gradasi agregat halus yaitu lolos ayakan nomor 4 dengan diameter 4,75 mm.

#### 3) Air

Air merupakan salah satu materi yang sangat penting dalam pembuatan mortar. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga menjadi pasta semen untuk mengikat agregat halus. Kadar air pada pasta semen bila dicampur dengan agregat dapat dihasilkan suatu adukan dengan kekuatan yang baik.

### **Lumpur *Geothermal***

Lumpur *geothermal* adalah salah satu limbah padat yang berasal dari pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. Dalam pemanfaatannya dalam berbagai bidang, kebanyakan lumpur *geothermal* di keringkan terlebih dahulu hingga lumpur berubah wujud menjadi serbuk *geothermal*.

Panas bumi terletak di bawah kulit bumi, setiap 100 meter kita turun ke dalam perut bumi, temperatur batu-batuan cair tersebut naik sekitar 30 C. Jadi semakin jauh ke dalam perut bumi suhu batu-batuan maupun lumpur akan makin tinggi.

Bila suhu di permukaan bumi adalah 270 C maka untuk kedalaman 100 meter suhu bisa mencapai sekitar 300 C. Untuk kedalaman 1 kilometer suhu batu-batuan dan lumpur bisa

mencapai 57-600 C dan pada kedalaman 2 kilometer suhu batuan dan lumpur bisa mencapai 1200 C atau lebih.

Penelitian ini menggunakan lumpur *geothermal* yang didapat dari PLTP Dieng. Dalam hal ini, lumpur *geothermal* digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran mortar.

Lumpur *geothermal* yang dihasilkan dari proses operasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Dieng mengandung silika amorf yaitu silika yang secara kimia mempunyai ikatan rantai terbuka sehingga mampu mengikat partikel lain disekelilingnya >50 %, sangat potensial untuk dijadikan sumber kebutuhan silika amorf pada dunia industri.

### Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan mortar untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Dalam penelitian ini, pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin UTM untuk mengetahui kuat tekan mortar dengan substitusi sebagian semen menggunakan lumpur *geothermal*.

Rumus kuat tekan  $P = F/A$ .....

(1)

Dengan :

F = gaya maksimum mesin tekan, N

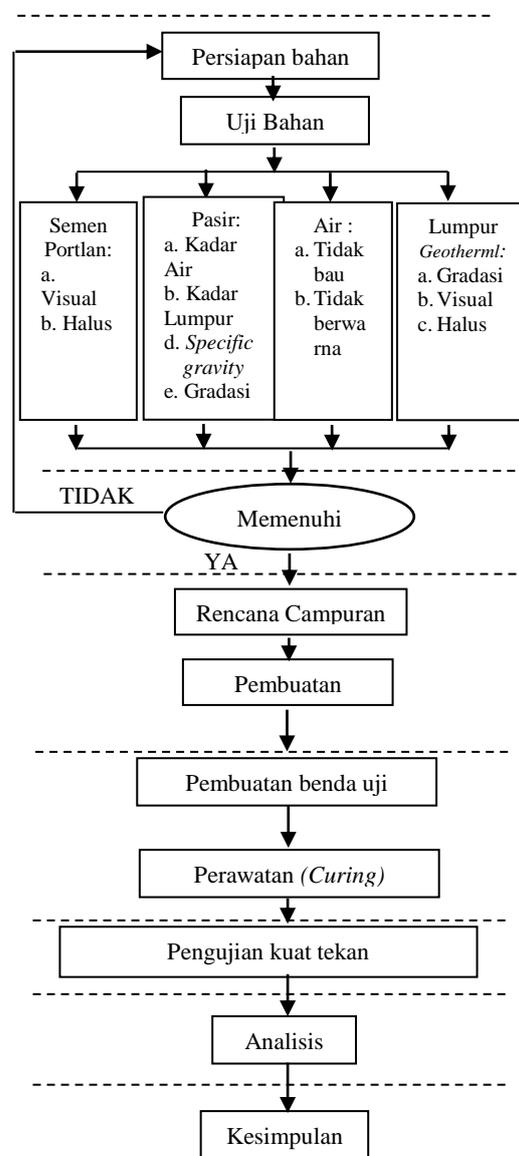
A= luas penampang yang diberi tekanan,  $cm^2$

P= kuat tekan  $N/cm^2$

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan perlengkapan yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk mendapatkan data tentang kuat tekan mortar umur 28 dan

56 hari. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1 Alur Penelitian

### Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah 24 buah benda uji. Penelitian ini menggunakan semua anggota populasi untuk dijadikan sampel. Berikut rincian sampel pada tabel Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Rincian Sampel Benda Uji

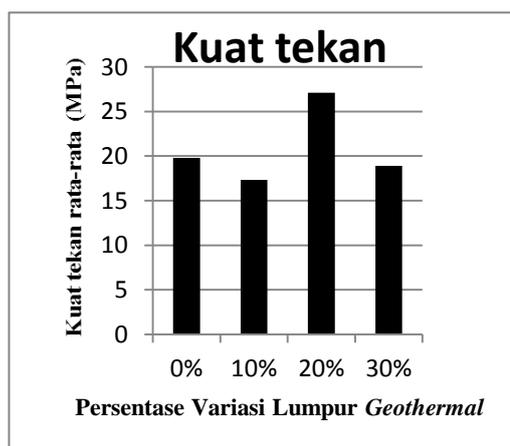
Umur Mortar	Persentase Penggantian Lumpur <i>Geothermal</i>				Jumlah Sampel
	0%	10%	20%	30%	
	28 Hari	3 bh	3 bh	3 bh	
56 Hari	3 bh	3 bh	3 bh	3 bh	12 bh
Total Sampel					24 bh

### Hasil Pembahasan

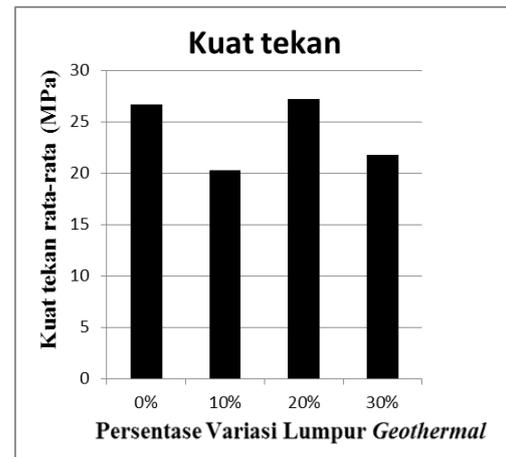
Hasil pengujian rata-rata kuat tekan pemanfaatan lumpur *geothermal* sebagai bahan pengganti sebagian semen pada mortar dapat dilihat pada tabel 2, gambar 2 dan 3 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian mortar

No	Umur Mortar	Variasi Lumpur <i>Geothermal</i>	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	28 Hari	0%	19,80
2		10%	17,32
3		20%	27,09
4		30%	18,91
1	56 Hari	0%	26,67
2		10%	20,35
3		20%	27,20
4		30%	21,79



Gambar 2 Pengujian Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari



Gambar 2 Pengujian Kuat Tekan Mortar Umur 56 Hari

### 1. Kuat tekan Mortar

Hasil pengujian hipotesis pertama dengan analisis regresi dapat diketahui lumpur *geothermal* tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan mortar. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai F hitung ( $0,094 < F$  tabel ( $3,47$ ) dan signifikan kuat tekan mortar sebesar  $0,788 > 0,05$ . Selain itu dilihat dari nilai R sebesar  $0,045$  dan nilai R berada pada interval  $0,00 - 0,199$  yang artinya bahwa tingkat hubungan antara variabel bebas (persentase lumpur *geothermal*) terhadap variabel terikat (kuat tekan mortar) berpengaruh sangat rendah.

Berdasarkan gambar 2 dan 3 terlihat nilai persentase lumpur *geothermal* campuran 20% memiliki kuat tekan tertinggi, sedangkan persentase 10% memiliki kuat tekan terendah. Kuat tekan mortar pada variasi lumpur *geothermal* 20% lebih tinggi daripada variasi 0% (tanpa pengganti semen). Hal ini dibuktikan berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, kuat tekan maksimum sampel tidak didapatkan pada persentase 20%.

Data-data yang tercantum merupakan hasil penelitian secara langsung dengan rentang variasi pengganti semen sebesar 0%, 10%, 20% dan 30%. Masing-masing variasi dibuat 3 buah sampel mortar ukuran 50x50x50 mm.

## 2. Kenaikan Kuat Tekan Mortar Setelah Umur 28 Hari

Kenaikan terdapat pada semua variasi. Berikut deskripsi kenaikan kuat tekan mortar

1. Variasi lumpur *geothermal* sebesar 0% kuat tekan rata-rata mortar meningkat sebesar 25,75% dari 19,80 MPa menjadi 26,67 MPa.
2. Variasi lumpur *geothermal* sebesar 10% kuat tekan rata-rata mortar meningkat sebesar 14,88% dari 17,32 MPa menjadi 20,35 MPa.
3. Variasi lumpur *geothermal* sebesar 20% kuat tekan rata-rata mortar meningkat sebesar 0,39% dari 27,09 MPa menjadi 27,20 MPa.
4. Variasi lumpur *geothermal* sebesar 30% kuat tekan rata-rata mortar meningkat sebesar 13,25% dari 18,91 MPa menjadi 21,79 MPa.

Data-data yang tercantum merupakan hasil penelitian secara langsung dengan rentang variasi pengganti semen sebesar 0%, 10%, 20% dan 30%. Masing-masing variasi dibuat 3 buah sampel mortar ukuran 50x50x50 mm. Untuk variasi lumpur *geothermal* 20% kenaikan kuat tekan dapat dikatakan pada umur mortar 28 hari variasi lumpur *geothermal* 20% sudah maksimal.

Kesimpulan dari penjelasan tersebut adalah setelah umur 28 hari, mortar masih mengalami peningkatan kuat tekan.

## 3. Nilai Optimal Campuran Mortar Secara Keseluruhan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan mortar dan gambar grafik 2 dan 3 diperoleh kuat tekan maksimal mortar pada variasi lumpur *geothermal* 20%. Pada variasi 20% menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata 27,09 MPa pada umur mortar 28 hari dan 27,20 MPa pada umur mortar 56 hari. Lumpur *geothermal* sebagai pengganti semen berfungsi sebagai perekat sebagai pengganti semen, karena tidak dilakukan penelitian reaksi kimia yang terjadi maka dimungkinkan terjadi reaksi kimia pada lumpur *geothermal* terhadap bahan penyusun mortar lain yang menyebabkan karakteristiknya sebagai pengganti semen hanya optimal pada variasi 20%.

Untuk keperluan konstruksi yang menghendaki pemakai lumpur *geothermal* dapat menggunakan variasi lumpur *geothermal* 20% sehingga didapatkan kuat tekan maksimal.

Kesimpulan dari penjelasan diatas adalah terdapat variasi lumpur *geothermal* yang menghasilkan kuat tekan maksimum yaitu pada persentase 20%.

## 4. Bahan Ajar

Menurut Sungkono (2004), bahan ajar dapat diartikan bahan – bahan atau materi pelajaran yang disusun secara lengkap dan simetris berdasarkan prinsip – prinsip pembelajaran yang digunakan guru dan siswa dalam proses pembelajaran. Bahan ajar yang dihasilkan setelah penelitian ini berupa suplemen bahan ajar tentang pemanfaatan lumpur *geothermal*

Dieng untuk pengganti sebagian semen pada mortar ditinjau dari kuat tekan.

Penyusunan bahan ajar ini disesuaikan dengan silabus mata kuliah Teknologi Beton, disesuaikan dengan standar kompetensi dan kompetensi dasar silabus mata kuliah Teknologi Beton PTB UNS.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang pemanfaatan lumpur *geothermal* sebagai bahan pengganti sebagian semen pada mortar, dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi lumpur *geothermal* sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan mortar berpengaruh sangat rendah. Substitusi lumpur *geothermal* sebagai pengganti sebagian semen akan meningkatkan kuat tekan mortar pada variasi tertentu saja.
2. Kuat tekan mortar pada umur 56 hari lebih tinggi dibandingkan kuat tekan mortar pada umur 28 hari.
3. Nilai optimal kuat tekan mortar yaitu pada variasi lumpur *geothermal* 20% sebesar 27,093 MPa pada umur mortar 28 hari dan 27,266 MPa pada umur mortar 56 hari.
4. Bahan ajar yang dihasilkan berupa suplemen bahan ajar tentang pemanfaatan lumpur *geothermal* untuk pengganti sebagian semen pada mortar.

### DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali.(2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusmono, Muhammad Waziz Wildan (2014). *Sudy of Characterization*

*of the silica scalling materials of geothermal field in Dieng*, Skripsi. Yogyakarta: Teknik Kimia UGM.

Mahmud, Fatmah (2007). *Optimasi Proporsi Material Pozzolan Trass sebagai Bahan Pengganti Semen pada Beton Mutu Tinggi*, Jurnal. Tersedia di: <http://elib.pdii.lipi.go.id/>

Narwanto, 2007. *Concrete Materials and Practice*. Yogyakarta.

*National Centre for Competency Based Training*, 2007. *Pengertian Bahan Ajar Menurut Ahli*. Tersedia di: <http://www.kajianteorit.com/2014/02/pengertian-bahan-ajar-menurut-ahli.html>.

Nurdiyanto, Nanang, 2011. *Pemanfaatan Limbah Limbah Lumpur Panas Bumi dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Dieng sebagai Bahan Pozzolan*, Tesis. Yogyakarta : S2 Mag. Fakultas Teknik UGM.

Riyanto, N; Sumardi, P &Perdana I. 2012. *Kinetika Pelarutan Silika Amorf dari Lumpur Panas Bumi Dieng*, Jurnal. Tersedia di: <http://journal.ugm.ac.id/>

Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D: Cetakan Ke-16*. Bandung: Alfabeta.

Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2004. *Bahan Ajar Teknologi Beton*. Yogyakarta.

**PEMANFAATAN LUMPUR GEOTHERMAL (*GEOTHERMAL SLUDGE*)  
UNTUK PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN  
MORTAR SEBAGAI SUPLEMEN BAHAN AJAR MATA KULIAH  
TEKNOLOGI BETON PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK  
BANGUNAN UNS**



**JURNAL**

Oleh :  
**INDAH NURKHOLIS MEIYATI**  
**K1511019**

**PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2015**

**BUKTI PENYERAHAN JURNAL**

Nama : Indah Nurkholis Meiyati  
NIM : K1511019  
Jurusan/Program Studi :

**“PEMANFAATAN LUMPUR GEOTHERMAL (*GEOTHERMAL SLUDGE*) UNTUK PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR SEBAGAI SUPLEMEN BAHAN AJAR MATA KULIAH TEKNOLOGI BETON PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN UNS “**

Jurnal ini telah diperiksa oleh Dosen Pembimbing dan disahkan oleh Koordinator Jurnal Prodi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UNS.

Surakarta, Januari 2016  
Koordinator Jurnal PTB

**Dr. Roemintoyo, S.T., M.Pd.**  
**NIP. 19590826 1986 01 1 002**