

**LAPORAN PENELITIAN  
HIBAH UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**

Nomor: 009/AUPT/UKP/2012



**KAJIAN EKSPERIMENTAL PEMANFAATAN LUMPUR SIDOARJO  
UNTUK PEMBUATAN BETON GEOPOLIMER RAMAH LINGKUNGAN**

**Tim Peneliti:**

Dr. Ir. Djwantoro Hardjito, M.Eng (NIDN: 0810126001)

Antoni, ST, M.Eng., Ph.D (NIDN: 0721067601)

Dr. Juliana Anggono, ST, M.Sc (NIDN: 0718056801)

Dibiayai oleh Kopertis Wilayah VII Jawa Timur, Kementerian Pendidikan dan  
Kebudayaan, Tahun Anggaran 2012

Sesuai Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian  
Nomor: 0004/SP2H/PP/K7/KL/II/2012 tanggal 9 Pebruari 2012

**UNIVERSITAS KRISTEN PETRA  
NOPEMBER 2012**

## Halaman Pengesahan

1. Judul Penelitian : Kajian Eksperimental Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo untuk Pembuatan Beton Geopolimer Ramah Lingkungan
2. Ketua Tim Peneliti :
- a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Djwantoro Hardjito, M.Eng
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIP/Golongan : 10-002 / IV-C
- d. NIDN : 0810126001
- e. Strata/Jabatan Fungsional : Lektor
- f. Jabatan Struktural : Kepala Pusat Penelitian
- g. Bidang Keahlian : Teknologi Beton
- h. Fakultas/Program studi : FTSP/Teknik Sipil
- i. Perguruan Tinggi : Universitas Kristen Petra Surabaya
- j. Telepon/Faks/E-mail : 087852740880 (HP)/(031)-2983111/  
[djwantoro.h@petra.ac.id](mailto:djwantoro.h@petra.ac.id)
- k. Tim Peneliti

No	Nama dan Gelar Akademik	NIDN	Bid. Keahlian	Fak/Program Studi	Perguruan Tinggi
1	Antoni, ST, M.Eng., Ph.D	0721067601	Material Teknologi	FTSP/Teknik Sipil	Universitas Kristen Petra
2	Dr. Juliana Anggono, ST, M.Sc	0718056801	Material Sains	FTI/Teknik Mesin	Universitas Kristen Petra

- 3 Mahasiswa yang terlibat
- a. Jumlah mahasiswa yang terlibat : 6 (enam) orang
- b. Nama & NRP mahasiswa yang terlibat :
- Rudini Geman NRP: 21408069
- Riovandi T. Tjondro NRP: 21408094
- Kurniadi Wicaksono NRP: 21408058
- Isaac Valentino Bunanta NRP: 21408093
- Gunadi Mulia Wibowo Koean NRP: 21408044
- Danny Christianto NRP: 21408081
- 4 Lokasi Penelitian : Universitas Kristen Petra
- 5 Kerjasama dengan Institusi lain
- a. Nama Institusi : Center of Excellence **Geopolymer** and Green Technology, Universiti Malaysia Perlis (UNIMAP)
- b. Alamat : Perlis, Malaysia
- 5 Waktu penelitian : Tahun ke .I dari rencana 2 tahun
- 6 Pembiayaan
- a. Tahun Pertama : Rp. 70.000.000,-
- b. Tahun Kedua : Rp. 75.000.000,-

Mengetahui:  
Ketua Pusat Studi *Green Materials*

Surabaya, 19 Nopember 2012  
Ketua Peneliti,

(Dr. Ir. Djwantoro Hardjito, M.Eng)  
NIDN: 0810126001

(Dr. Ir. Djwantoro Hardjito, M.Eng)  
NIDN: 0810126001

Menyetujui,  
Kepala LPPM

Prof. Ir. Lilianny Sigit Arifin, M.Sc., Ph.D  
NIP. 84-011/NIDN. 0707116001

## **A. LAPORAN HASIL PENELITIAN**

## Ringkasan

Dunia industri konstruksi dihadapkan pada tantangan untuk menggunakan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan mendukung penerapan konsep pembangunan yang berkesinambungan. Dalam semangat ini, salah satu upaya yang penting dilakukan adalah mencari material pengikat pengganti semen.

Dalam penelitian ini, material yang dikaji potensinya untuk digunakan sebagai material konstruksi pengganti semen dalam pembuatan beton geopolimer adalah lumpur Sidoarjo yang dihasilkan *mud volcano* di kecamatan Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. Lumpur ini mulai menyembur sejak 29 Mei 2006 dan terus berlangsung hingga kini. Lebih dari 700 Ha tanah produktif, area pemukiman dan industri telah ditenggelamkan oleh lumpur ini, dengan ketinggian tanggul mencapai lebih dari 11m. Laporan-laporan yang ada menyediakan informasi kandungan oksida silika ( $\text{SiO}_2$ ) berkisar pada 55% dan oksida alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) lebih kurang sebesar 20%, namun struktur mikronya bersifat kristal yang tidak reaktif. Informasi ini memberikan indikasi bahwa lumpur Sidoarjo memiliki potensi besar untuk dijadikan bahan dasar pembuat geopolimer, namun untuk itu diperlukan pemberian perlakuan tertentu.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengeksplorasi potensi lumpur Sidoarjo untuk digunakan sebagai bahan dasar beton geopolimer. Tujuan khusus dari penelitian ini ada dua, yaitu pertama mempelajari potensi dan sifat lumpur Sidoarjo untuk digunakan sebagai bahan dasar geopolimer dan efek dari proses pengolahan terhadapnya, yaitu pembakaran dan penggilingan. Karakterisasi material dilakukan dengan memanfaatkan peralatan-peralatan modern yang tersedia, yaitu *X-ray Fluorescence (XRF)*, *X-ray Diffraction (XRD)*, *Thermo Gravimetric Analysis (TGA)*, dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Tujuan kedua adalah menguji sifat mekanik mortar geopolimer yang dibuat dengan bahan dasar lumpur Sidoarjo yang telah diolah dengan berbagai variasi komposisi material penyusunnya.

Kesimpulan utama dari penelitian ini adalah fakta bahwa material lumpur Sidoarjo memiliki potensi yang besar untuk dijadikan bahan dasar pembuatan geopolimer setelah melalui proses pembakaran pada suhu tertentu dan penggilingan. Beberapa kesimpulan lainnya adalah material lumpur yang diambil dari lima lokasi yang berbeda yang tersebar, pada satu lapisan horizontal yang sama, memiliki komposisi oksida yang dapat dikatakan tidak berbeda satu sama lain. Komposisi oksida kimia material lumpur Sidoarjo didominasi oleh tiga oksida utama, yaitu  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Angka kandungan ketiga oksida ini berkisar pada angka, masing-masing sebesar 57%, 23% dan 7%. Hasil analisa SEM menunjukkan bentuk partikel material lumpur Sidoarjo pipih dan berlapis-lapis, dengan partikel yang didominasi ukuran kurang dari  $20\mu\text{m}$ . Perlakuan berupa pembakaran pada suhu  $910^\circ\text{C}$  selama 5 jam dan penggilingan yang dilakukan terhadap material LUSI meningkatkan reaktifitasnya, baik sebagai material posolan maupun sebagai bahan dasar geopolimer. Ada kecenderungan bahwa semakin halus ukuran partikelnya, maka makin meningkat reaktifitasnya, yang ditandai dengan makin tingginya kuat tekan mortar yang dihasilkan. Proses pembakaran merubah struktur mikro LUSI menjadi lebih amorf yang lebih reaktif. Pembuatan mortar geopolimer berbahan dasar LUSI, dengan ukuran partikel LUSI kurang dari  $63\mu\text{m}$ , berhasil dilakukan dengan kuat tekan tidak kurang dari 30 MPa yang dicapai pada umur 7 hari.

## Prakata

Bencana semburan lumpur di Sidoarjo, Jawa Timur, sejak lebih dari 6 tahun lalu telah mempengaruhi banyak sendi kehidupan masyarakat, khususnya masyarakat di sekitar lokasi semburan, di Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Dalam kurun waktu ini, sudah lebih dari 700 Ha daerah pertanian, industri, sekolah, perumahan serta fasilitas umum lainnya tenggelam. Tingginya dam penahan kolam lumpur ini sudah mencapai angka 11 meter, dan setiap saat sudah memerlukan peninggian karena semburan yang terus berlangsung, walaupun volumenya cenderung makin mengecil. Upaya-upaya positif untuk memanfaatkan material lumpur ini niscaya sangat bernilai untuk memberikan berbagai alternatif pemanfaatan material yang tidak diharapkan kehadirannya ini, salah satunya adalah mempelajari potensinya sebagai bahan dasar untuk membuat geopolimer.

Kami sungguh bersyukur kepada Tuhan yang Maha Kasih, karena dimampukan untuk melakukan dan menyelesaikan penelitian tahap pertama ini, menuliskan laporannya, serta menghasilkan beberapa publikasi. Tak jarang kami menemui berbagai kesulitan selama menjalani penelitian ini, akan tetapi Sang Pencipta lumpur Sidoarjo selalu berkenan membukakan jalan.

Ucapan terimakasih juga kami tujukan kepada Dilitabmas Dikti, yang melalui Kopertis Wilayah VII Jawa Timur, telah memberikan dana hibah penelitian sebesar Rp. 70.000.000,- (tujuh puluh juta rupiah) melalui skema Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (AUPT), Tahun Anggaran 2012 Sesuai Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Nomor: 0004/SP2H/PP/K7/KL/II/2012 tanggal 9 Pebruari 2012.

Kami juga mengucapkan terimakasih kepada kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) dan seluruh staf LPPM (khususnya bapak Eddy Setiawan) yang telah memfasilitasi untuk mendapatkan dana hibah penelitian ini dan memfasilitasi proses-proses yang berkaitan.

Selanjutnya, ucapan terimakasih juga kami ucapkan kepada mitra penelitian kami, yaitu kepada seluruh pimpinan dan staf peneliti pada *Center of Excellence Geopolymer and Green Technology*, Universiti Malaysia Perlis (UNIMAP), Perlis, Malaysia, yang telah membantu kami untuk melakukan proses karakterisasi material LUSI, dan melakukan publikasi bersama.

Tak lupa kami juga mengucapkan terimakasih kepada 6 (enam) orang mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, yaitu: Isaac, Kurniadi, Gunadi, Danny, Rudini dan Riovandi, yang sudah bekerja keras memobilisasi material, melakukan proses pengolahan, mengirimkan material untuk proses karakterisasi, serta melakukan berbagai pekerjaan di laboratorium untuk pembuatan berbagai sampel penelitian. Mereka semua telah bekerja keras, melampaui kewajiban mereka untuk membuat Tugas Akhir mereka di bawah bimbingan Tim Peneliti.

Yang terakhir, kami ucapkan terimakasih kepada Kepala dan Teknisi Laboratorium Beton dan Konstruksi dan Laboratorium Metalurgi, Universitas Kristen Petra, yang telah menyediakan berbagai fasilitas untuk digunakan dalam melakukan penelitian ini.

Kami berharap penelitian ini berguna, tidak hanya untuk penegmbangan pengetahuan, akan tetapi juga untuk *Sustainable Development*. Tuhan memberkati kita semua.

Surabaya, 19 Nopember 2012

Dr. Ir. Djwantoro Hardjito, M.Eng  
Antoni, ST, M.Eng., Ph.D  
Dr. Juliana Anggono, ST, M.Sc

# Daftar Isi

Halaman Pengesahan .....	2
A. LAPORAN HASIL PENELITIAN.....	3
Ringkasan.....	4
Prakata.....	5
Daftar Isi .....	6
Daftar Tabel .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Daftar Gambar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1. Pendahuluan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1. Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2. Tujuan Khusus.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3. Urgensi (Keutamaan) Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. Tinjauan Pustaka.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3. Metode Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1. Material, Perlakuan dan Pengujian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.1. Material.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.2. Pembakaran dan Penggilingan Lumpur Sidoarjo .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.3. Pengujian/Karakterisasi Lumpur Sidoarjo .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2. Sifat Fisik dan Mekanik Mortar Geopolimer berbahan dasar Lumpur Sidoarjo.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4. Hasil dan Pembahasan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1. Proses Pembakaran LUSI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2. Peningkatan Reaktifitas LUSI Melalui Proses Penggilingan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3. Hasil Karakterisasi Material LUSI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.1. Thermo Gravimetric Analysis (TGA).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.2. X-ray Fluorescence (XRF).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.3. X-ray Diffraction (XRD) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.4. Scanning Electron Microscopy (SEM) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4. Komposisi dan Karakter Mortar Geopolimer Berbahan Dasar LUSI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5. Analisa dan Kemungkinan Pengembangan Lebih Lanjut .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5. Kesimpulan dan Saran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Daftar Pustaka.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

- B. ARTIKEL ILMIAH ..... **Error! Bookmark not defined.**
- C. SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN ..... **Error! Bookmark not defined.**