

Sertifikat

Program Studi Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
memberikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

Ade Lisantono

Atas peran aktifnya sebagai

Pemakalah

**Pada Seminar Nasional Teknik Sipil V-2009
Teknologi Ramah Lingkungan Dalam Bidang Teknik Sipil**



Surabaya, 11 Februari 2009
Dekan FTSP - ITS

[Signature]
Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES, Ph.D



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Program Studi Pascasarjana
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember





PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL V - 2009



TEMA :

TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN
DALAM BIDANG TEKNIK SIPIL

ISBN 978-979-99327-4-7



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

RABU, 11 FEBRUARI 2009
RUANG SIDANG JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS
KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA



PROSIDING

**SEMINAR NASIONAL TEKNIK
SIPIL V-2009**

**TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN
DALAM BIDANG TEKNIK SIPIL**

ISBN 978-979-99327-4-7

PROGRAM STUDI PASCASARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**PROGRAM STUDI PASCASARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS**

Mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungannya
pada penyelenggaraan
Seminar Nasional Teknik Sipil V-2009
11 Februari 2009
kepada:

PT BLUESCOPE STEEL INDONESIA
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL
SUARA SURABAYA MEDIA
PT ADHI KARYA (PERSERO), Tbk
PT KADIRI SARANA BAKTI
PT JASA MARGA (PERSERO)
BAPAK PROF. DR. IR. HERMAN WAHYUDI, DEA
BAPAK Ir. EKO SUBEKTI
PROGRAM PASCASARJANA ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LAB BETON DAN BAHAN BANGUNAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LAB STRUKTUR TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LAB HIDROTEKNIK & TEKNIK PANTAI TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LAB PERHUBUNGAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LAB MEKANIKA TANAH & BATUAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LAB MANAJEMEN KONSTRUKSI TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
PARA PEMAKALAH DAN PESERTA
YANG TELAH BERPARTISIPASI PADA SEMINAR INI

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL V-2009

TEMA:
TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN
DALAM BIDANG TEKNIK SIPIL

11 FEBRUARI 2009

DIDUKUNG OLEH:



GEOSISTEM



beyond construction



PT KADIRI SARANA BAKTI



SAMBUTAN DEKAN FTSP – ITS

Assalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh,
salam sejahtera bagi kita semua,

Marilah kita panjatkan puji syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah menganugrahkan Rahmat dan HidayahNya kepada kita semua sehingga kita dapat bertemu dalam acara seminar ini.

Bapak, Ibu dan hadirin yang terhormat,
Isu mengenai ramah lingkungan yang telah banyak didengungkan oleh banyak pihak, seakan-akan selalu mengingatkan kepada kita, utamanya para pelaku konstruksi untuk selalu mengedepankan konsep pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Hal itu pula yang mendasari beberapa peneliti untuk memunculkan alternatif material baru yang menunjukkan kepedulian terhadap lingkungan. Sebagai contoh adanya green concrete dan bata ringan. Untuk kerangka bangunan utama dan atap, kini material kayu sudah mulai digantikan material baja ringan. Isu penebangan liar (illegal logging) akibat pembabatan kayu hutan yang tak terkendali menempatkan bangunan berbahan kayu mulai berkurang sebagai wujud kepedulian dan keprihatinan terhadap penebangan kayu dan kelestarian bumi. Peran kayu pun perlahan mulai digantikan oleh baja ringan dan aluminium.

Melalui Seminar Nasional Teknik Sipil V Program Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS ini, diharapkan dapat diperoleh pemikiran segar yang terkumpul dari diseminasi karya-karya ilmiah mahasiswa, dosen, praktisi dan pengguna jasa konstruksi, sehingga mampu memberikan kontribusi bagi pembangunan yang berkonsep ramah lingkungan. Baik melalui proses konstruksi maupun pemilihan material konstruksi. Bagaimana menghadirkan bangunan yang hemat (bahan bangunan, waktu, tenaga) yang berujung pada penghematan anggaran biaya dengan tetap menjaga kualitas dan tampilan bangunan, serta ramah lingkungan

Dengan tema 'Teknologi Ramah Lingkungan Dalam Bidang Teknik Sipil, mengandung tanggung jawab kita semua untuk mampu memberikan kontribusi yang tepat dan bermanfaat pada kepedulian kita terhadap lingkungan. Teknologi dan manajemen yang diterapkan Teknik Sipil hingga saat ini mempunyai peran yang sangat besar untuk tujuan tersebut. Sehingga segala bentuk langkah yang berbasis pada teknologi Teknik Sipil tetap tidak terlepas dan selalu harus memperhatikan aspek lingkungan. Proses dan hasil diskusi pada seminar ini semoga bermanfaat bagi segala usaha pengembangan dan penerapan teknologi utamanya teknologi konstruksi yang ramah lingkungan

Kepada semua pihak yang telah membantu terselenggarakannya seminar ini kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Kepada para peserta seminar kami mengucapkan selamat berseminar. Kepada panitia penyelenggara kami mengucapkan terima kasih atas jerih payahnya dalam rangka penyelenggaraan seminar. Sekali lagi selamat berseminar, semoga semua yang telah dikerjakan dalam seminar ini dapat bermanfaat dan menjadi amal kebajikan kita semua. Amien.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullah Wabarakatuh.

Surabaya, 11 Februari 2009

Dekan,

Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES., PhD

SAMBUTAN KETUA PANITIA

Selamat pagi,
Salam sejahtera,

Yth. Bapak Dekan FTSP – ITS beserta para Pembantu Dekan
Yth. Ibu Direktur Pascasarjana ITS beserta para Asisten Direktur
Yth. Bapak Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS beserta Sekretaris Jurusan
Yth. Bapak Ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Sipil ITS beserta Sekretaris Program
Yth. Para pemakalah utama (keynote speaker)
Para pemakalah dan peserta seminar yang kami hormati.

Puji syukur kami panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa atas kesehatan jasmani dan rohani yang diberikan, sehingga pada pagi hari ini kita semua dapat berkumpul disini, di ruang sidang, jurusan Teknik Sipil – ITS, dalam rangkaian kegiatan Seminar Nasional Teknik Sipil V tahun 2009.

Hadirin yang terhormat,

Perkenankalah kami atas nama panitia seminar menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kehadiran dan partisipasi bapak-bapak dan ibu-ibu untuk mengikuti acara seminar ini. Seminar Nasional Teknik Sipil V, tahun 2009, merupakan kegiatan akademik rutin yang diselenggarakan setiap tahunnya oleh Program Studi Pascasarjana Teknik Sipil – ITS secara berkesinambungan.

Seminar tahunan ini bertujuan untuk memberikan wadah kepada para dosen, peneliti, mahasiswa, praktisi, dan masyarakat sebagai forum pertukaran informasi dan komunikasi dalam menyampaikan hasil riset dan idenya khususnya pada Teknologi dalam dunia teknik sipil yang ramah terhadap lingkungan.

Selain itu kesempatan ini dapat dimanfaatkan juga untuk menjalin hubungan kerjasama dan kolaborasi yang baik antar pemakalah maupun peserta, yang pada gilirannya dapat memberikan kontribusi pemikiran terhadap pembangunan nasional pada umumnya.

Bagaimana mengembangkan teknologi yang tidak memperhatikan efeknya terhadap lingkungan juga terlihat jelas dalam visi dan misi baik dari ITS maupun dari pasca sarjana Sipil, sehingga sangat tepatlah kalau seminar nasional kali ini mengangkat tema: Teknologi Ramah Lingkungan dalam bidang teknik sipil.

Untuk memberikan wawasan tentang tema tersebut, tiga pembicara utama akan mempresentasikan makalahnya dengan tuntas. Ketiganya adalah:

1. **Ir. Agoes Widjanarko, MIP**
Sekjen Departemen Pekerjaan Umum
2. **Ir. Musyanif**
Direktur Utama PT Pembangunan Perumahan (Persero)
3. **Prof. Ir. Joni Hermana, MscES, PhD**
Dekan FTSP - ITS

Hadirin yang berbahagia,

Pada kesempatan yang baik ini, kami menyampaikan bahwa sekitar 89 makalah akan dipresentasikan pada seminar ini. Mengingat banyaknya pemakalah dan singkatnya waktu seminar, panitia akan membaginya menjadi 7 kelompok besar. Ketujuh kelompok ini akan mempresentasikan makalahnya secara paralel di ruangan yang berbeda.

Ijinkanlah kami panitia Seminar Nasional Teknik Sipil V, tahun 2009, menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam menyukseskan acara ini. Apresiasi ini kami haturkan kepada:

- Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS,
- Program Pascasarjana ITS,
- Jurusan Teknik Sipil – FTSP - ITS
- Program Studi Pascasarjana Teknik Sipil – FTSP – ITS,
- Jurusan Teknik Sipil – FTSP – ITS
- PT BlueScope Steel Indonesia
- PT Adhi Karya
- PT. Geosistem Unggul,
- PT. Kadiri Sarana Bakti
- PT Jasa Marga (Persero)
- Radio Suara Surabaya FM, sebagai official radio untuk publikasi seminar,
- Seluruh laboratorium di jurusan Teknik Sipil
- Penulis dan Penyaji makalah,
- Peserta seminar,
- Pemakalah utama
- The last but not the least, seluruh panitia dan rekan-rekan yang telah meluangkan tenaga dan pikirannya pada seminar ini.

Semoga atas dukungan kita semua, seminar ini dapat berjalan dengan lancar dan sukses.

Seperti kata pepatah, tiada gading yang tak retak, apabila ada kehilafan dan kekurangan penyelenggaraan seminar ini, kami mohon maaf sedalam-dalamnya.

Selamat berseminar

Surabaya, 11 Pebruari 2009
Ketua Seminar Nasional Teknik Sipil V tahun 2009

Dr. techn. Pujo Aji, ST, MT

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Susunan Panitia	ii
Kata Pengantar	iii
Sambutan Dekan FTSP-ITS	v
Sambutan dan Ketua Panitia	vii
Daftar Isi	

GEOTEKNIK

Investigasi Eksperimental Perilaku Kekuatan Tanah-Fiber Komposit Terkompaksi <i>Kartika Sari dan Tri Harianto</i>	A-1
<i>An Investigation On Pile Embedment Length Of Pile-To-Pile Cap Connections Under Seismic Action</i> <i>Mochamad Teguh</i>	A-11
Perbandingan Dua Metode Pengukuran <i>Total Suction</i> Campuran Bentonit- Pasir Yang Dipadatkan <i>Yulian Firmana Arifin</i>	A-21
Pengaruh Penggunaan Tanaman Rumput Gajah di Tanah Lanau Terhadap Kestabilan Lereng <i>Gani, Indarto, dan Moesdarjono Soetoyo</i>	A-31
Kontribusi Sejarah Geologi Terhadap Sifat Geoteknik (Studi Kasus Tanah Residual Vulkanik G Argopuro) <i>Amien Widodo</i>	A-45

LINGKUNGAN

Teknologi Penyediaan Air Bersih Perdesaan : Studi Kasus di Kabupaten Mojokerto <i>Ali Masduqi, Wahyono Hadi, Noor Endah, Eddy S. Soedjono</i>	B-1
Evaluasi Penyediaan Air Bersih Perdesaan Kecamatan Bermani Ulu Raya Kabupaten Rejang Lebong Provinsi Bengkulu <i>Aljihati dan Eddy Setiadi Soedjono</i>	B-9
Penyisipan Materi Ramah Lingkungan ke Dalam Matakuliah – Matakuliah di Teknik Sipil <i>Bambang E. Yuwono</i>	B-17
Ekotoksitasisitas Keping Anti Nyamuk Elektrik Bekas Pakai Terhadap Mikroorganisme Aerobik Tanah dan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) <i>Endah Avani dan Sarwoko Mangkoedihardjo</i>	B-23
Strategi Peningkatan Peranserta Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah	B-33

Rumah Tangga di Kecamatan Pati Kabupaten Pati
Eny Istiana dan Yulinah Trihadiningrum

- Analisis Risiko Lingkungan Berbasis Kesehatan dengan Menggunakan Sumur Bor/Gali Sebagai Indikator (Studi Kasus di Kota Ambon) B-43
Erwin Bravor Pattikayhatu dan Nieke Karnaningroem
- Analisis Teknis Penyediaan Air Bersih Pedesaan di Kabupaten Tulungagung Dengan Mempertimbangkan Kemampuan dan Kemauan Membayar Masyarakat B-53
Farid Abadi dan Eddy S. Soedjono
- Penataan Ruang Kawasan Urban Menghadapi Dampak Pemanasan Global Studi Kasus Pusat Kota Manado B-63
Hanny Poli dan Raymond Ch. Tarore
- Evaluasi Sistem Operasional Pengangkutan Sampah Kota Sorong B-71
Ishak Aryanto dan Nieke Karnaningroem
- Pengawetan Kayu Pinus (*Pinus Merkusii*) Terhadap Serangan Rayap Menggunakan Bahan Pengawet Ekstrak Biji Tumbuhan Nimba yang Ramah Lingkungan B-78
Muanifah, Karyadi, dan Eko Setyawan
- 'Eco-Civil Engineering' for Sustainable Civil Engineering Development B-89
Rr. M.I. Retno Susilorini
- Strategi Pengelolaan Sistem Sanitasi Pasar Jakabaring Kota Palembang B-96
Rismarini dan Sarwoko Mangkoedihardjo

MANAJEMEN KONSTRUKSI

- Analisis Perencanaan dan Pengendalian Proyek Pada Kontraktor Menengah di Surabaya C-1
Anik Ratnaningsih
- Analisa Biaya Kecelakaan Kerja Proyek Konstruksi Gedung (Studi Kasus Proyek Waterplace Residence Phase II) C-11
Anis Suryaningrum dan Supani HD
- Identifikasi Indikator Kinerja Proyek Konstruksi dengan Metode Performance Prism (Studi Kasus Proyek Pembangunan dan Revitalisasi Gedung Sekolah di Surabaya) C-23
Annas Wibowo, Retno Indriyani dan Supani
- Analisa Kepuasan Penghuni Perumahan Pondok Tjandra Indah Berdasarkan Faktor Lokasi, Harga, Prasarana, dan Sarana C-31
Christie Veronica, Supani

Analisis Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek-Proyek Pemerintah <i>David Suranta Girsang, Yohanes Lim Dwi Adiando, dan Andreas Wibowo</i>	C-43
Analisa Tingkat Persepsi dan Kepentingan Pelaksanaan Sertifikasi Tenaga Ahli di Surabaya Studi Kasus Sertifikasi Tenaga Ahli Arsitek (IAI) Jawa Timur <i>Djudjuk Rachmanto dan Supani dan Hasian Siregar</i>	C-53
Penggunaan Knockdown Shelter dalam Analisa Pertukaran Waktu dan Biaya Proyek Tower BTS Flexi Malang Jawa Timur <i>Farida Rachmawati, Retno Indryani, dan Erisa Ardiansari</i>	C-63
Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Gedung Graha Galaxy Surabaya <i>Feri Harianto dan Anastasia Fairanie Gozali</i>	C-73
Analisa Risiko Semburan Lumpur Sidoarjo di Sekitar Tanggul <i>I Putu Artama Wiguna, Amien Widodo, Eko Yuli Handoko dan Ali Masduqi</i>	C-83
Konsep Hunian yang Sejuk dan Nyaman Tanpa AC dengan Pengaturan Ventilasi, Atap, dan Lingkungan pada Hunian <i>Muhammad Aris I, Anna Zahrotul Fatah, dan Achendri M. Kurniawan</i>	C-93
Pengaruh Fasilitator dalam Pemberdayaan Masyarakat Terhadap Kualitas dan Keberhasilan Proyek Sarana dan Prasarana Sanitasi di Jawa Timur (Studi Kasus Program Sanitasi oleh Masyarakat /SANIMAS) <i>Nyunaringtyas Dewi Purvitasari, Putu Artama W dan Haryono</i>	C-103
Kelayakan Investasi Bersama antara Investor dengan Pemerintah (Studi Kasus Ruas Jalan Tol Kuta – Tanah Lot – Soka) <i>Putu Hermawati</i>	C-113
Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan <i>Fault Tree Analysis</i> pada Proyek Pembangunan The Adhiwangsa Surabaya <i>Putu Artama, Farida Rahmawati dan Razzif Eka Darma</i>	C-123
Pengaruh Sistem Proteksi Keselamatan Terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja Proyek Konstruksi di Surabaya <i>Retno Nawang Wulan, Putu Artama Wiguna dan Haryono</i>	C-137
Evaluasi Penerapan Sistem Proteksi Kebakaran yang Memenuhi Standar pada Bangunan Pusat Perbelanjaan di Surabaya <i>Rika Andriani, I Putu Artama W dan Erwin Sudarma</i>	C-147
Industri Konstruksi Rumah Adat Minahasa Sebagai Industri Rakyat yang Menerapkan Manajemen Sederhana Berorientasi Ekspor <i>Sangkertadi dan Petra Christian</i>	C-157
Analisis Produktivitas Pemancangan Tiang Pancang dengan <i>Jack In Pile</i> <i>Sentosa Limanto</i>	C-167

<i>Geologic Prediction Model for Pipe-Jacking Tunneling</i> <i>Tri Joko Wahyu Adi and Leu Sou-Sen</i>	C-177
Pengaruh Kepemimpinan terhadap Keberhasilan Proyek pada Perusahaan Jasa Konsultansi <i>Widi Hartono, I Putu Artama Wiguna, dan Vita Ratnasari</i>	C-187
Pengelolaan Proyek Konstruksi yang “Green” <i>Wulfram I. Ervianto</i>	C-195
Peluang Berpartisipasi Wanita Dalam Kegiatan Manajemen Proyek Konstruksi <i>Yusroniya Eka Putri Rachman Waliulu, Retno Indryani, dan Dayat Indri Yuliasuti</i>	C-205
Penerapan <i>Lean Construction</i> dalam Pembangunan <i>Mall Olympic Garden</i> pada Pengendalian Inventori untuk Mereduksi <i>Idle Time</i> <i>Yustika A.W dan Supani</i>	C-215
Rumusan Ekskalasi Biaya Pada Proyekproyek Pemerintah <i>Andreas Wibowo</i>	C-229
Analisa Studi Faktor Yang Mempengaruhi Estimator Pada Tahapan Pra Tender Dari Perspektif Pemilik Proyek <i>Hermawan</i>	C-239

MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER AIR

- Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Bersih Perdesaan Berbasis Masyarakat di Kabupaten Tulungagung D-1
M. Nur Alamsyah, Joni Hermana, dan Ria A.A. Soemitro
- Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi PDAM Bandarmasih Kota Banjarmasin D-11
Irwan
- Studi Model Alokasi Air-Jaringan Irigasi Riam Kanan (Maa-Jirk) di Kalimantan Selatan D-21
Muhammad Azhari Noor dan Novitasari
- Kajian Pelimpah Bertangga Pada Bendung dengan Kolam Olak Usbr Tipe-Ii D-31
Jaji Abdurrosyid dan Gurawan Jati Wibowo
- Statistical Characterization Of State Parameter Variability for Jamuna River Sand* D-41
Anto Budi Listyawan
- Analisis Kekeringan Hidrologi (Studi Kasus di Sub Das Kali Asem Lumajang) D-51
Rintis Hadiani Rr, Bambang Suharto, Agus Suharyanto, Suhardjono
- Model Prediksi Elevasi Tinggi Muka Air di Waduk Wonogiri D-63
Yuddi Yudistira dan Umboro Lasminto
- Rekayasa Bendung dan Bendungan yang Tidak Merusak Lingkungan Morfologi Sungai D-73
Moch. Memed dan Dian Indrawati
- Kriteria Bendung dan *Check Dam* di Sungai Torensial D-87
Agustin Purwanti dan Dian Indrawati
- Permodelan Matematis Aliran di Muara Sungai Kali Lamong D-97
Butyliasri Sulistyaningsih dan Umboro Lasminto
- Optimasi Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih di Kota Mataram untuk Mereduksi Kehilangan Air Secara Teknis D-105
M. Islamy Rusyda dan Nadjadji Anwar
- Profil Sosial Ekonomi Teknik dan Kelembagaan (PSETK) (Studi Kasus Daerah Irigasi Wae Ces Iii Kabupaten Manggarai- Provinsi Nusa Tenggara Timur) D-115
Jonathan E. Koehuan, Baswara Anandita dan Jualinus Ekung

Strategi Penyediaan Air Bersih Perdesaan Kabupaten Way Kanan
(Studi Pada Kecamatan Kasui) D-125
M. Elfrino Utama dan Wahyono Hadi

Model Peramalan Banjir di Das Bengawan Solo D-135
Listiya Hery Mularto , Edijatno dan Umboro Lasminto

MANAJEMEN DAN REKAYASA TRANSPORTASI

Criteria Success Factors Pembangunan Terminal Berbasis *Qualitative Risk*
dan *Cross Impact Analysis* E-1
Antonius Nanang Adi Putranto, Yohanes Liem Dwi Adianto dan Andreas
Wibowo

Analisis faktor-faktor yang Berpengaruh Pada Kapasitas Bongkar-Muat Serta E-11
Peramalan Volume Bongkar-Muat di Terminal Petikemas Surabaya
Abdan Fikri , A.Agung Gde Kartika dan Cahya Buana

Sustainable Urban Mobility: Eksplorasi Pengaruh Pola Struktur Kota E-23
Agus Dwi Wicaksono dan Rimadewi Supriharjo

Dampak Pembangunan Apartemen Terpadu Terhadap Kinerja Simpang E-37
Dewi Handayani

Studi Aplikasi Pengembangan Metode Kalibrasi Sederhana Menggunakan E-45
Teknik Optimasi dengan Excel-Solver pada Model Trip Distribution
Fadly Arirja Gani dan Wahyu Herijanto

Meningkatkan Durabilitas Bahan Pengikat Aspal Menggunakan Lateks E-57
Henri Siswanto dan Bambang Supriyanto

Analisa Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jalan Berdasarkan Kondisi Jalan E-67
(Studi Kasus Di Kabupaten Karangasem)
I Nengah Bayu Pramana, A. A. Gde Kartika dan Ir. Sumino, M.MT

Penentuan Faktor Bobot dan Nilai Kerusakan Jalan pada Perkerasan Kaku E-77
Dengan Metode AHP
(Studi Kasus: Jalan Mayjend Sungkono Surabaya)
Istiar dan Anak Agung Gde Kartika

Prediksi Tingkat Kebisingan Kendaraan Bermotor Akibat Pertumbuhan E-87
Lalulintas

Pemilihan Moda Angkutan Umum Penumpang Antar Kota Antara Moda E-97

Mobil Kijang dan Mobil Sedan Dengan Metode Stated Preference <i>Rahmatang Rahman, Hera Widyastuti, Anak Agung Gde Kartika</i>	
Sumbangan Sistem Perekaman <i>Onboard</i> Bagi Keselamatan dan Analisa Kecelakaan <i>Rofi Budi Hamduwibawa, Agung Nilogiri, Teguh Hari Santosa</i>	E-107
Analisa Panjang Landas Pacu dan <i>Obstacle</i> untuk Pesawat Jenis Hercules C-160 Bandar Udara Yuvay Semaring Kab. Nunukan, Kaltim <i>Sahrullah</i>	E-111
Evaluasi Pengoperasian Terminal Tipe A Tuban <i>Sigit Erstanto Budi Utomo dan Ria Asih Aryani Somitro</i>	E-121
Studi Pemilihan Moda Angkutan Penumpang Antara Kereta Api dan Bus (Studi Kasus : Rute Jakarta-Malang Kelas Eksekutif) <i>Yofi Okatrisza</i>	E-131
Tingkat Utilisasi Jalan Nasional Dan Jalan Propinsi di Wilayah Kota Surabaya oleh Moda Sepeda Motor <i>Anak Agung Gde Kartika , Hera Widyastuti, Wahyu Herijanto, Cahya Buana, Budi Rahardjo, Catur A. Prastyanto dan Istiar</i>	E-141
Metoda Identifikasi Ketiadaan Graf Pohon berdasar Identifikasi Titik Terisolasi dan Busur Terisolasi pada Graf dengan Busur Tak Berarah dan Tak Berbobot <i>Hitapriya Suprayitno, Indrasurya B. Mochtar, Achmad Wicaksono</i>	E-155

PENGINDRAAN JAUH

- Penggunaan *http Request* dan *Opensource Programming Language* untuk Mengembangkan *Software* Aplikasi Penampil Peta Rupa Bumi Bagi *Vehicle Location Tracking System* F-1
Adri Gabriel Sooi, ST.MT
- Analisa Pandu Gelombang Nonlinear Struktur 5 Lapis F-11
Faridawati, Ali yunus Rohedi
- Analisis Anomali Geomagnetik di Bawah Daerah Watukosek F-21
Sihabum Mubin, Bagus Jaya Satosa
- Teknik Penginderaan Jauh untuk Penelitian Arkeologi (Studi Kasus Penggunaan Citra Landsat 7 ETM⁺ Dalam Pelacakan Tata Ruang Lokasi Keraton Kerajaan *Singhasari* Abad xiii-xiv) F-31
Sonny Wedhanto
- Menentukan Titik Kontrol Tanah (GCP) Dengan Menggunakan Teknik GPS dan Citra Satelit Untuk Perencanaan Perkotaan F-41
Abdul Wahid Hasyim dan M. Taufik
-

STRUKTUR

- Studi Pengaruh *Curing Time* dan *Curing Temperature* terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton *Geopolymer* Berbasis Abu Terbang G-1
Ade Lisantono dan Dolok H. Panjaitan
- Peningkatan Ketahanan Beton Terhadap Penetrasi Ion Klorida Air Laut Menggunakan Abu Sekam Padi Sebagai *Cementitious* G-9
Agus Susanto
- Studi Perbandingan Metoda-Metoda Analisis untuk Menentukan Safety Margin Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus Beton Bertulang G-17
Arie Wardhono, Tavio, dan Iman Wimbadi
- Self-Compacting Concrete Technology And Its Applications* G-27
Budi Suswanto
- Batu Bata Tanpa Dibakar Sebagai Elemen Bangunan (Tinjauan Terhadap Kuat Tekan dan Dampak Lingkungan) G-37
Djoko Suwarno dan Tri Hesti

STUDI PENGARUH *CURING TIME* DAN *CURING TEMPERATURE* TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON *GEOPOLYMER* BERBASIS ABU TERBANG

Ade Lisantono¹ dan Dolok H. Panjaitan²

¹*Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta 55281, Telp 0274-487711, email : adelisantono@mail.uajy.ac.id*

²*Alumni Program Sarjana, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta 55281, Telp 0274-487711*

Beton Geopolymer merupakan beton yang dibuat dengan sepenuhnya menggantikan semen portland dengan bahan geopolymer. Bahan geopolymer merupakan sebuah senyawa silikat alumino anorganik, yang disintesis dari bahan-bahan produk sampingan seperti abu terbang dan abu sekam padi. Dalam riset ini akan dipelajari pengaruh "curing time" dan "curing temperature" terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton geopolymer. Bahan geopolymer yang digunakan dalam riset ini adalah abu terbang yang berasal dari sisa pembakaran batu bara di Cilacap. Perlakuan "curing time" yang dipelajari dalam riset ini adalah 1; 2; dan 3 hari serta dengan "curing temperature" 50°; 70°; dan 90° C. Hasil riset ini menunjukkan bahwa semakin lama "curing time" serta semakin tinggi "curing temperature" nya, maka kuat tekan dan modulus elastisitas beton geopolymer juga semakin meningkat. Kuat tekan dan modulus elastisitas tertinggi dicapai dari hasil perlakuan "curing time" 3 hari dengan "curing temperature" 90° C dan hasilnya berturut-turut sebesar 6,012 MPa untuk kuat tekan serta 9367,58 MPa untuk modulus elastisitas. Kuat tekan serta modulus elastisitas yang cukup rendah tersebut disebabkan karena abu terbang yang digunakan didalam penelitian ini tergolong dalam tipe C atau abu terbang yang memiliki kandungan kalsium yang sangat tinggi.

Kata kunci: Beton geopolymer, abu terbang, curing, kuat tekan, dan modulus elastisitas.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material paling populer yang sering digunakan pada suatu konstruksi bangunan, karena bahan susunnya mudah didapat secara lokal, mudah dibentuk, dan teknologi pembuatannya relatif sederhana. Umumnya beton tersusun dari komposisi utama agregat (pasir dan kerikil), air dan semen. Namun, akhir-akhir ini beton makin sering mendapatkan kritik, khususnya dari kalangan yang peduli dengan kelestarian lingkungan hidup. Hal pertama yang sering dijadikan sasaran perhatian adalah emisi gas rumah kaca (karbon dioksida) yang dihasilkan pada proses produksi semen. Untuk memproduksi satu ton semen, gas rumah kaca yang dihasilkan juga lebih kurang sebesar satu ton. Gas ini dilepaskan ke atmosfer dengan bebas kemudian akan merusak lingkungan, di antaranya akan menyebabkan pemanasan global [7].

Untuk mengurangi efek emisi gas rumah kaca, salah satu cara adalah mengganti semen dalam pembuatan beton dengan abu terbang. Selain dapat mengurangi produksi emisi gas rumah kaca, penggunaan abu terbang juga dapat menghasilkan beton yang memiliki kuat tekan beton tinggi. Kuat tekan beton *geopolymer* tidak menunjukkan perubahan yang signifikan terhadap umur beton namun perlakuan perawatan beton (*curing*) pada temperatur lebih tinggi dan dengan waktu yang lebih lama akan mengakibatkan kuat tekan menjadi lebih tinggi [3].

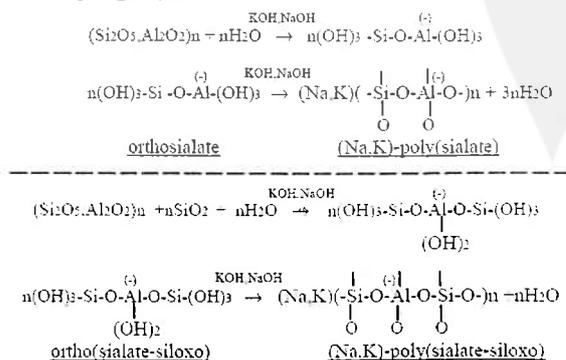
Palomo [6] menyimpulkan bahwa perawatan temperatur dapat mempercepat reaksi polimerisasi abu terbang dalam beton *geopolymer*, bersama-sama dengan perawatan waktu dan jenis cairan yang bersifat alkali. Lebih tinggi perawatan temperatur dan dengan waktu perawatan lebih lama telah dibuktikan dapat mengakibatkan kuat tekan lebih tinggi. Cairan bersifat alkali yang berisi silikat yang dapat larut telah dibuktikan dapat meningkatkan reaksi tersebut apabila dibandingkan dengan solusi bersifat alkali yang hanya berisi hidroksida.

Hardjito dan Rangan [4] mengembangkan beton *geopolymer* dengan abu terbang rendah Kalsium (abu terbang tipe F). Dalam riset ini dilakukan studi pengembangan beton *geopolymer* dengan abu terbang yang mempunyai kandungan Kalsium tinggi (abu terbang tipe C).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton *Geopolymer*

Geopolymer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik, yang disintesis dari bahan-bahan produk sampingan seperti abu terbang, abu kulit padi dan lain-lain, yang banyak mengandung silikon dan aluminium [2]. Oleh karena itu, penggunaan teknologi *geopolymer* tidak hanya mengurangi emisi CO₂ oleh industri-industri semen, tapi juga memanfaatkan bahan-bahan limbah seperti abu terbang (*fly ash*). Juga dikemukakan bahwa abu terbang, merupakan salah satu dari sumber yang dimungkinkan untuk membuat pengikat-pengikat *geopolymer* karena bahannya tersedia melimpah di dunia dan penggunaannya sampai saat ini masih terbatas. Konsumsi abu terbang dalam pembuatan *geopolymer* menjadi sebuah strategi penting dalam membuat beton lebih ramah lingkungan. Karena alasan ini, abu terbang telah dipilih sebagai sebuah bahan dasar agar dapat memanfaatkan limbah industri ini. Beton *geopolymer* merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini unsur aluminium dan silikat merupakan unsur yang mempunyai peranan penting dalam membentuk ikatan polimer. Pada Gambar 1 ditunjukkan reaksi polimerisasi pada beton *geopolymer*.



Gambar 1 Reaksi polimerisasi pada beton *geopolymer*

Abu terbang

Abu terbang didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara [1]. Partikel abu terbang secara khas berbentuk bola, lebih bagus dari semen Portland dan kapur perekat, berdiameter kurang dari $1 \mu\text{m}$ dan tidak lebih dari $150 \mu\text{m}$ [4]. Pemeriksaan unsur kimia yang terkandung pada abu terbang yang diperoleh dari PT S2P, PLTU Cilacap, Jawa Tengah ini dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Hasil Pemeriksaan menunjukkan abu terbang yang digunakan dalam riset ini mempunyai senyawa kalsium (CaO) yang sangat tinggi sebesar 13,33 % sedangkan senyawa silika (SiO_2), alumunium oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3) memiliki nilai yang lebih kecil dari kalsium (CaO), yang nilainya masing-masing sebesar 1,19 %, 9,63 % dan 10,04 %. Komposisi kimia yang terkandung pada abu terbang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Hasil Pemeriksaan Komposisi Kimia Abu terbang (dalam %)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MgO	SO_3
1,19	9,63	10,04	13,33	0,14	0,31	0,5	5,08	1,85

Menurut [1] hasil pemeriksaan komposisi kimia yang terkandung dalam abu terbang tersebut dapat digolongkan kedalam abu terbang ASTM tipe C karena memiliki kalsium yang sangat tinggi.

Larutan alkali

Larutan alkali yang paling umum digunakan dalam geopolimerisasi adalah suatu kombinasi sodium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) dan sodium silikat atau silikat kalium [2]. Sodium hidroksida digunakan sebagai *alkaline activator* yang memainkan peranan penting dalam proses polimerisasi. Sebagai *alkaline activator*, sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam abu terbang sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Selain itu sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi.

3. RUMUSAN MASALAH

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Seberapa besar perubahan kuat tekan beton *geopolymer*, setelah dilakukan *curing time* selama 1, 2 dan 3 hari dan *curing temperature* pada temperatur 50°C , 70°C dan 90°C . Dibandingkan dengan kemampuan kuat tekan beton *geopolymer* yang tidak dilakukan *curing time* dan *curing temperature*, pada umur beton 7, 14, 28 dan 56 hari?
2. Seberapa besar perubahan nilai modulus elastis pada beton *geopolymer*, setelah dilakukan *curing time* selama 1, 2 dan 3 hari dan *curing temperature* pada temperatur 50°C , 70°C dan 90°C . Dibandingkan dengan nilai modulus elastis beton *geopolymer* yang tidak dilakukan *curing time* dan *curing temperature*, pada umur beton 28 dan 56 hari?

4. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh *curing time* dan *curing temperature* terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton *geopolymer* yang berbasis abu terbang tipe C. Sedangkan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk memberikan wacana ilmiah tentang pembuatan beton *geopolymer* yang

berbasis abu terbang dan diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya, serta upaya untuk mengurangi kerusakan lingkungan.

5. PROGRAM EKSPERIMENTAL

Untuk mendapatkan suatu hasil penelitian dan kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian, maka harus digunakan metodologi yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan, adapun diagram alir penelitian dalam riset ini seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Jumlah benda uji untuk umur pengujian 7, 14, 28 dan 56 hari masing-masing berjumlah 50 buah silinder beton sehingga pada setiap variasi beton akan terdiri dari 20 silinder beton. Berikut rekapitulasi jumlah benda uji dan nama (kode) beton diperlihatkan pada Tabel 2.

STUDI PENGARUH *CURING TIME* DAN *CURING TEMPERATURE*
TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON
GEOPOLYMER BERBASIS ABU TERBANG

Tabel 2 : Rekapitulasi Jumlah Benda Uji

Kode Beton	Jumlah Benda Uji			
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	56 Hari
BG	5	5	5	5
BGC-1-50C	5	5	5	5
BGC-2-50C	5	5	5	5
BGC-3-50C	5	5	5	5
BGC-1-70C	5	5	5	5
BGC-2-70C	5	5	5	5
BGC-3-70C	5	5	5	5
BGC-1-90C	5	5	5	5
BGC-2-90C	5	5	5	5
BGC-2-90C	5	5	5	5
Total	50	50	50	50
	200			

Kebutuhan bahan susun beton tiap 1m^3 beton yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3: Kebutuhan Bahan Susun Tiap 1m^3 Beton

Kode Beton	Satuan	Keb. Tiap 1m^3 Beton			NaOH Solution		Sodium silikat Solution	
		<i>Abu terbang</i>	Pasir	Kerikil	Solid	Air	Solid	Air
BG	Kg	408	647	1294	16.58	24.42	45.42	57.58
BGC-1-50C	Kg	408	647	1294	16.58	24.42	45.42	57.58

Untuk kebutuhan beton *geopolymer* yang dilakukan *curing* lainnya, memiliki kebutuhan yang sama dengan BGC-1-50C.

Perawatan beton

Perawatan beton *geopolymer* berbeda dengan perawatan beton konvensional yang biasanya ditaruh didalam air atau menyelimuti beton dengan karung basah. Perawatan yang dilakukan pada beton *geopolymer* adalah dengan cara menaruh beton didalam oven. Adukan beton *geopolymer* yang telah dimasukkan kedalam cetakan silinder ditutup dengan plastik film dan didiamkan selama 30-60 menit pada suhu ruangan kemudian dilakukan perawatan dengan cara memasukkan sampel kedalam oven. Tujuan menutup sampel dengan plastik film adalah untuk mengurangi hilangnya air yang disebabkan oleh proses penguapan selama perawatan. Setelah perawatan selesai, sampel dikeluarkan dari oven dan tetap ditutup selama 6 jam dengan tujuan untuk menghindari perubahan suhu yang drastis terhadap suhu lingkungan.

6. PEMBAHASAN

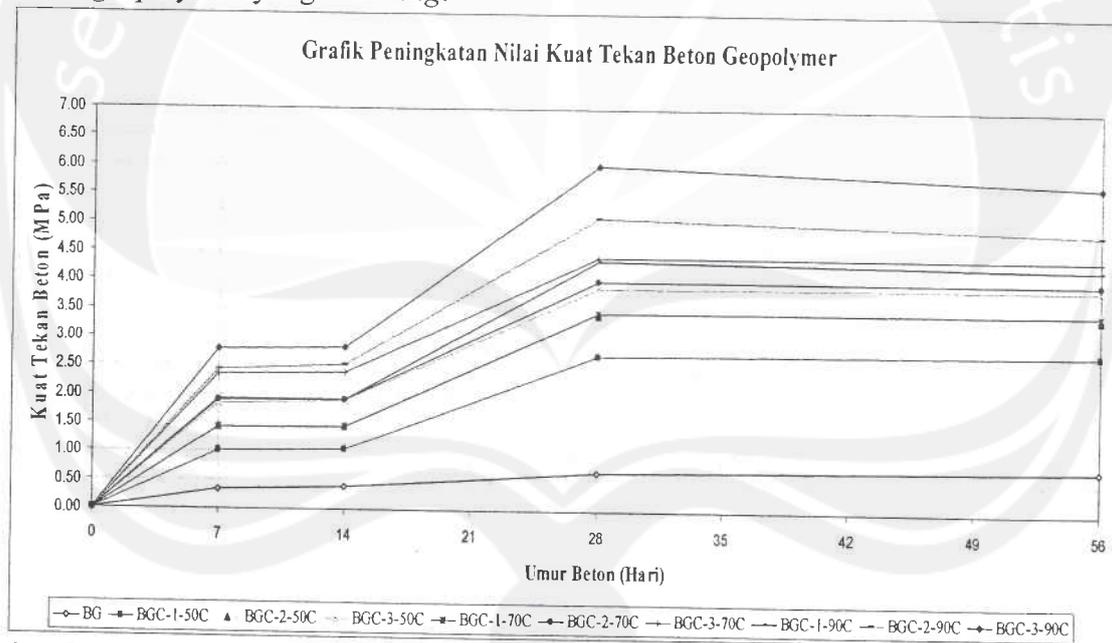
Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan (lihat Tabel 4) menunjukkan bahwa, kuat tekan semua variasi beton *geopolymer* yang diberi perlakuan *curing* mengalami peningkatan kuat tekan terhadap beton tanpa *curing* pada masing-masing umur pengujian, dengan persentase yang cukup besar. Hal ini karena pengaruh dari perawatan beton *geopolymer* pada temperatur yang lebih tinggi dan waktu perawatan yang lebih lama.

Tabel 4: Kuat Tekan Rata-Rata Beton

Kode Beton	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)			
	7hari	14hari	28hari	56hari
BG	0.3300	0.3958	0.6628	0.7451
BGC-1-50C	1.0025	1.0467	2.7087	2.7638
BGC-2-50C	1.4484	1.4528	3.4118	3.4035
BGC-3-50C	1.8409	1.8903	3.8825	3.9132
BGC-1-70C	1.4221	1.4457	3.4475	3.4646
BGC-2-70C	1.9023	1.9223	3.9960	4.0054
BGC-3-70C	2.3509	2.3800	4.4178	4.4251
BGC-1-90C	1.9035	1.9184	4.3645	4.2644
BGC-2-90C	2.4251	2.5257	5.1022	4.8729
BGC-3-90C	2.7831	2.8127	6.0122	5.7043

Gambar 3 menunjukkan peningkatan kuat tekan masing-masing beton dari 7 hari ke 14 hari, 28 hari dan 56 hari. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa beton *geopolymer* tanpa *curing* memiliki kuat tekan paling rendah, beton BGC-3-90C memiliki kuat tekan tertinggi dan beton BGC-1-50C memiliki kuat tekan paling rendah diantara beton *geopolymer* yang di *curing*.



Gambar 3 Grafik Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton

STUDI PENGARUH *CURING TIME* DAN *CURING TEMPERATURE*
TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON
GEOPOLYMER BERBASIS ABU TERBANG

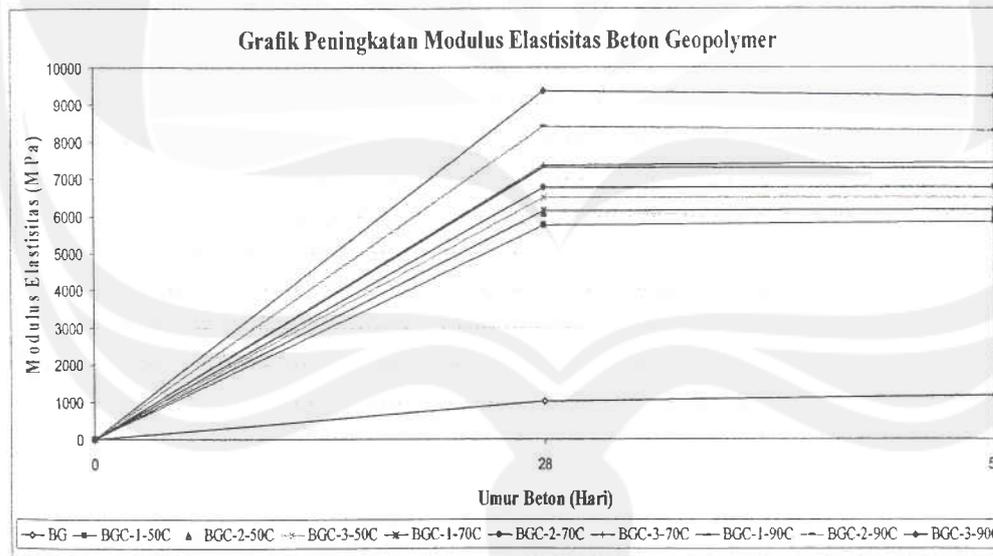
Modulus elastisitas

Hasil uji modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Modulus Elastisitas Rata-Rata Beton

Kode Beton	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	
	28hari	56hari
BG	1031.43	1172.20
BGC-1-50C	5742.30	5828.06
BGC-2-50C	6063.65	6018.12
BGC-3-50C	6486.27	6511.33
BGC-1-70C	6150.39	6168.12
BGC-2-70C	6754.86	6779.21
BGC-3-70C	7376.13	7433.73
BGC-1-90C	7318.47	7273.03
BGC-2-90C	8412.32	8294.76
BGC-3-90C	9367.58	9230.05

Peningkatan pada nilai modulus elastisitasnya sejalan dengan peningkatan kuat tekan masing-masing beton dari 28 hari dan 56 hari. Yaitu beton *geopolymer* tanpa *curing* memiliki nilai modulus elastisitas paling rendah, beton BGC-3-90C memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi dan beton BGC-1-50C memiliki nilai modulus elastisitas paling rendah diantara beton *geopolymer* yang di *curing*. (lihat Gambar 4)



Gambar 4 Grafik Peningkatan Modulus Elastisitas Beton

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan di laboratorium menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* tanpa *curing* pada umur beton 7, 14, 28 dan 56 hari berturut-turut adalah : kuat tekan rata-rata 0,3300 MPa; 0,3958 MPa; 0,6628 MPa dan 0,7452 MPa dan Hasil pengujian modulus elastisitas beton

- geopolymer* tanpa *curing* pada umur beton 28 dan 56 hari berturut-turut adalah : modulus elastisitas rata-rata 1031,43MPa dan 1172,20 MPa
2. Beton *geopolymer* yang dilakukan *curing time* dan *curing temperature* yang paling tinggi diperoleh pada beton *geopolymer* yang di *curing* selama 3 hari dengan temperatur 90⁰ C. Yaitu hasil pada pengujian pada umur beton 28 hari: kuat tekan rata-rata 6,0122 MPa dan Modulus elastisitas rata-rata 9367,58 MPa.
 3. Beton *geopolymer* yang dilakukan *curing time* dan *curing temperature* yang paling rendah diperoleh pada beton *geopolymer* yang di *curing* selama 1 hari dengan temperatur 50⁰ C. Yaitu hasil pada pengujian pada umur beton 7 hari untuk kuat tekan dan 28 hari untuk modulus elastisitas: kuat tekan rata-rata 1.0025 MPa dan Modulus elastisitas rata-rata 5742.30 MPa.
 4. Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 23.2 ayat 4(1), beton yang digunakan pada komponen struktural memiliki nilai kuat tekan beton tidak boleh kurang dari 20 MPa, sedangkan pada penelitian ini kuat tekan beton *geopolymer* memiliki nilai kuat tekan kurang dari 20 MPa, sehingga belum memenuhi syarat untuk digunakan pada komponen struktural.

Saran

1. Abu terbang yang digunakan dari PT S2P, PLTU Cilacap, Jawa Tengah ini tergolong abu terbang kelas C atau abu terbang yang mempunyai kalsium yang tinggi, untuk itu perlu dilakukan penelitian lain dengan memanfaatkan abu terbang kelas F sebagai pengganti semen, atau tetap menggunakan abu terbang tipe C namun dengan penambahan bahan lain.
2. Perlu penelitian lebih lanjut dengan *curing time* yang lebih lama dan dengan *curing temperature* yang lebih tinggi.

8. DAFTAR PUSTAKA

1. ASTM C 618-94a. (1995) Standard Specification for Abu terbang and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete, ASTM Book of Standards, Part 04.02, ASTM, West Conshohocken, PA.
2. Davidovits, J. (1999) *Chemistry of Geopolymeric Systems, Terminology*, France :Geopolymer '99 International Conference.
3. Hardjito, D., Wallah, S.E., Sumajouw, D.M.J., dan Rangan, B.V. (2004) "Factors Influencing The Compressive Strength of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete", *Dimensi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra*, vol. 6, 88-93.
4. Hardjito, D. dan Rangan B. V. (2005) "Development And Properties Of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete", *Faculty of Engineering and computing, Curtin University of Technology*, Australia.
5. Malhotra, V. M. dan P. K. Mehta. (2002) *High-Performance, High-Volume Abu terbang Concrete: Materials, Mixture Proportioning, Properties, Construction Practice, and Case Histories*, Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc, Ottawa, Canada.
6. Palomo, A., Grutzeck, M.W., dan Blanco, M.T. (1999) Alkali-Activated Fly Ashes, A Cement for the Future, *Cement and Concrete Research* 29(8), 1323-1329.
7. Roy, D.M. (1999) Alkali-Activated Cements, Opportunities and Challenges, *Cement and Concrete Research* 29 (2), 249-254