



# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL

### TEKNIK SIPIL VII-2011

ISBN 978-979-99327-6-1

## PENANGANAN KEGAGALAN PEMBANGUNAN DAN PEMELIHARAAN INFRASTRUKTUR



GEOSISTEM



beyond construction



SEMEN GRESIK

PROGRAM STUDI PASCASARJANA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS SURABAYA

Surabaya, 2 Februari 2011



**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL  
TEKNIK SIPIL VII-2011**

ISBN 978-979-99327-6-1

**PENANGANAN KEGAGALAN  
PEMBANGUNAN  
DAN PEMELIHARAAN INFRASTRUKTUR**

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

# **SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL**

**VII – 2011**

**TEMA :**

## **PENANGANAN KEGAGALAN PEMBANGUNAN DAN PEMELIHARAAN INFRASTRUKTUR**

**SURABAYA, 02 FEBRUARI 2011**

**DI DUKUNG OLEH :**



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

Mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya atas dukungan yang diberikan pada penyelenggaraan

Seminar Nasional Teknik Sipil VII-2011

2 Februari 2011

kepada :

PT SEMEN GRESIK (PERSERO), Tbk

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

PT. ADHI KARYA (PERSERO), Tbk

PROGRAM PASCASARJANA ITS

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN ITS

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

LABORATORIUM BETON & BAHAN BANGUNAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

LABORATORIUM KEAIRAN & TEKNIK PANTAI TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

LABORATORIUM MANAJEMEN KONSTRUKSI TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

LABORATORIUM STRUKTUR TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

LABORATORIUM PERHUBUNGAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS

PARA PEMAKALAH DAN PESERTA

YANG TELAH BERPARTISIPASI DALAM SEMINAR INI

**SUSUNAN PANITIA SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL VII-2011  
PROGRAM STUDI PASCASARJANA TEKNIK SIPIL FTSP-ITS**

Pelindung	: Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., M.S. Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS A. Agung Gde Kartika, S.T. M.Sc. Sekjur I Teknik Sipil FTSP-ITS Budi Suswanto, S.T. M.T. Ph.D. Sekjur II Teknik Sipil FTSP-ITS
Ketua I	: Dr. Ir. Ria A. A. Soemitro, M.Eng.
Ketua II	: Cahyono Bintang Nurcahyo, S.T. M.T.
Sekretaris I	: Trihanyndio Rendy Satrya, S.T. M.T.
Sekretaris II	: Yusroniya Eka Putri R.W., S.T. M.T.
Bendahara	: Ir. Retno Indryani, M.T.
Sie Publikasi dan Dokumentasi	: Harun Alrasyid, S.T. M.T. Bambang Piscesa, S.T. M.T.
Sie Acara	: Farida Rahmawati, S.T. M.T. Dr. Ir. Edijatno
Sie Perlengkapan	: Istiar, S.T. M.T. Arif Rohman, S.T. M.E
Sie Konsumsi	: Debby Lusy F. T. H., S.E. Ria Wardani Ferna Anis T.S
Koord. Sie Editor	: Mahendra Andiek Maulana, S.T. M.T.
Sie Editor	: Tavio, S.T. M.T. Ph.D. Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA Ir. I Putu Artama W., M.T. Ph.D. Dr. Ir. Muhammad Taufik Dr. Ir. Edijatno Ir. Wahyu Herijanto, M.T. Dr. Ir. Ria A. A. Soemitro, M.Eng.
Sie Dana	: Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc. Ir. Suwarno, M.Eng. Ir. Hera Widyastuti, M.T. Endah Wahyuni, S.T. M.Sc. Ph.D.
Pembantu Umum	: Robin Achmad Fauzi Ferry Trilaksana, A.Md. Wisang Adji Rasmana

## KATA PENGANTAR

Ketersediaan, kelengkapan, dan kualitas infrastruktur sangat menentukan kelangsungan roda perekonomian suatu negara. Kualitas dan kuantitas infrastruktur yang baik, akan memudahkan suatu negara menarik perhatian Internasional dalam hal penanaman investasi.

Kualitas infrastruktur sangat dipengaruhi oleh proses perencanaan, desain, pelaksanaan pembangunan, pengawasan, dan pengelolaannya. Apabila salah satu dari proses tersebut tidak dilakukan dengan baik, maka kualitas infrastruktur tidak akan seperti yang diharapkan.

Terkait dengan kondisi geografis dan perubahan Peta Gempa Nasional, Indonesia berkepentingan atas ketersediaan, kelengkapan, dan kualitas infrastruktur yang baik, yang secara langsung akan mendukung pertumbuhan ekonomi nasional. Oleh karena itu, Seminar Nasional yang bertajuk **Penanganan Kegagalan Pembangunan dan Pemeliharaan Infrastruktur** diharapkan mampu memberikan masukan yang bermanfaat.

Seminar ini merupakan agenda tahunan Program Pascasarjana Teknik Sipil ITS Surabaya, yang juga bertujuan sebagai forum pertukaran informasi dan komunikasi bagi dosen, mahasiswa dan praktisi serta masyarakat dalam menyampaikan konsep, hasil penelitian dan gagasan-gagasan. Diharapkan para peserta seminar dapat mendapatkan manfaat dalam rangka menjalin hubungan kerjasama dan kolaborasi yang berkelanjutan.

Surabaya, 02 Februari 2011

Panitia

## SAMBUTAN DEKAN FTSP - ITS SURABAYA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur marilah kita panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan Kuasa dan Berkah Nya lah kita dapat bertemu dalam kesempatan yang berbahagia ini.

Bapak, Ibu dan hadirin yang saya hormati,

Membahas mengenai persoalan infrastruktur memang sangat kompleks, karena melibatkan banyak disiplin ilmu. Dalam perkembangannya, masing-masing daerah bisa saja menghadapi permasalahan yang berbeda. Namun apabila diamati secara lebih dalam, ada sejumlah persoalan sama yang dihadapi tiap-tiap daerah, yaitu:

- Perkembangan tata ruang kota yang tak terkendali akibat urbanisasi
- Pembangunan infrastruktur kalah cepat dengan perubahan tata ruang
- Berkurangnya daya dukung lahan, terutama di daerah perkotaan
- Sumber daya air yang tidak dikelola dengan baik
- Bencana alam
- Keterbatasan sumber dana pemerintah
- dan yang tidak kalah penting adalah menetapkan prioritas antara pembangunan infrastruktur dan pertumbuhan ekonomi.

Hal tersebut di atas yang menjadikan peringkat daya saing infrastruktur Indonesia termasuk yang terendah di dunia. Kualitas infrastruktur sangat dipengaruhi oleh proses perencanaan, desain, pelaksanaan pembangunan, pengawasan, dan pengelolaannya. Apabila salah satu dari proses tersebut tidak dilakukan dengan baik, maka kualitas infrastruktur tidak akan seperti yang diharapkan. Terkait dengan kondisi geografis dan perubahan Peta Gempa Nasional, Indonesia berkepentingan atas ketersediaan, kelengkapan,

dan kualitas infrastruktur yang baik, yang secara langsung akan mendukung pertumbuhan ekonomi nasional.

Melalui Seminar Nasional Teknik Sipil VII Program Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS ini, diharapkan muncul pemikiran yang segar dan *original* dari diseminasi karya-karya ilmiah dosen, mahasiswa, praktis dan pihak-pihak terkait sehingga dapat memberikan kontribusi yang nyata bagi pembangunan di Indonesia. Dengan mengambil tema “Penanganan Kegagalan Pembangunan dan Pemeliharaan Infrastruktur” semoga bisa membuka wawasan kita lebih dalam mengenai pentingnya sarana infrastruktur yang selama ini sering dikesampingkan bagi kemajuan ekonomi nasional.

Kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya seminar ini, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Kepada keynote speaker, pemakalah dan peserta seminar saya mengucapkan terima kasih atas kehadiran dan partisipasinya dalam seminar ini, selamat berseminar. Kepada panitia penyelenggara saya sampaikan penghargaan dan terima kasih atas jerih payah demi terselenggaranya seminar ini.

Sekali lagi selamat berseminar, semoga semua yang telah kita kerjakan bermanfaat dan menjadi amal kebajikan kita semua. Amin.

Wassalamu’alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Surabaya, 02 Februari 2011

Dekan FTSP ITS Surabaya

Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc.ES.,Ph.D



## SAMBUTAN KETUA PANITIA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Selamat Pagi,

Salam Sejahtera bagi kita semua,

Yth. Bapak Dekan FTSP - ITS

Yth. Direktur Pascasarjana ITS

Yth. Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS beserta Sekretaris Jurusan

Yth. Koordinator Program studi Pascasarjana Teknik Sipil ITS beserta Sekretaris Program

Yth. Para Pemakalah Utama, dan

Para pemakalah, peserta seminar yang kami hormati.

Puji syukur marilah kita panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa atas kesempatan dan kesehatan yang telah diberikan kepada kita semua, sehingga pada pagi hari ini kita semua dapat berkumpul di Ruang Sidang Jurusan Teknik Sipil ITS dalam rangkaian kegiatan Seminar Nasional Teknik Sipil VII Tahun 2011.

Hadirin yang saya hormati,

Perkenankan kami atas nama panitia seminar menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kehadiran dan partisipasi Bapak dan Ibu semua dalam seminar ini. Seminar Nasional Teknik Sipil VII tahun 2011 ini merupakan agenda rutin tahunan yang diselenggarakan oleh Program Studi Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil - ITS Surabaya.

Seminar tahunan ini bertujuan untuk memberikan wadah dan sarana bagi dosen, peneliti, mahasiswa, praktisi dan masyarakat dalam pertukaran informasi dan silaturahmi untuk menyampaikan hasil riset dan gagasannya. Dengan mengambil tema **Penanganan Kegagalan Pembangunan dan Pemeliharaan Infrastruktur**, diharapkan akan memberikan kontribusi yang nyata bagi ketersediaan, kelengkapan, dan kualitas infrastruktur nasional Indonesia.

Sebagai pengantar dalam memberikan wawasan mengenai tema tersebut di atas, para pembicara utama akan mempresentasikan makalah masing-masing secara tuntas. Dengan bangga kami memperkenalkan :

1. Prof. Dr. Masyhur Irsyam  
[Institut Teknologi Bandung]
2. Ir. Eko Subekti, Dipl.HE  
[Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Brantas]

Hadirin yang berbahagia,

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan bahwa sebanyak 104 makalah telah masuk ke panitia dan sekitar 100 makalah akan dipresentasikan. Mengingat jumlah makalah yang akan dipresentasikan banyak, maka panitia membagi dalam 8 bidang. Ke delapan bidang ini akan mempresentasikan makalahnya masing-masing secara paralel di ruangan yang berbeda.

Selanjutnya, perkenankanlah kami selaku panitia Seminar Nasional Teknik Sipil VII 2011 menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan sumbangsih-nya dalam seminar ini. Apresiasi kami sampaikan kepada :

- Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS
- Program Pascasarjana ITS
- Jurusan Teknik Sipil ITS
- Program Studi Pascasarjana Teknik Sipil-FTSP ITS
- PT. Semen Gresik (Persero) Tbk.
- PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
- PT. Teknindo Geosistem Unggul
- Seluruh Laboratorium di Jurusan Teknik Sipil
- Keynote Speaker
- Penulis dan Penyaji makalah
- Peserta seminar
- Seluruh panita dan rekan-rekan yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk mendukung seminar ini.

Semoga dengan dukungan dan kerja sama kita semua, seminar ini dapat berjalan dengan lancar hingga berakhirnya rangkaian acara nanti.

Tiada gading yang tak retak, begitu pun dengan penyelenggaraan seminar ini. Apabila terdapat kekurangan, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya.

Selamat berseminar

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Surabaya, 02 Februari 2011

Ketua Seminar Nasional  
Teknik Sipil VII Tahun 2011

Dr. Ir. Ria Asih Aryani Soemitro, M.Eng.

## DAFTAR ISI

Halaman Judul  
Susunan Panitia  
Kata Pengantar  
Sambuatan Dekan FTSP-ITS  
Sambutan Ketua Panitia  
Daftar Isi

## STRUKTUR

Studi Probabilitas Pengaruh Korosi Seragam Berbasis Waktu Terhadap Keandalan Lentur Balok Beton Pratekan Parsial <i>Andreas Bambang , Sigit Darmawan dan Mudji Irmawan</i>	A-1
Pembandingan Kekuatan Tarik Baja Tulangan dengan Pemanasan dan Tanpa Pemanasan <i>Anis Rosyidah, Rangga Aryo Wardoyo dan Tri Aditha Nugraha</i>	A-9
Rumah Terapung Sebagai Teknologi Rumah Alternatif dalam Menghadapi Isu Iklim Global <i>Christanto Yudha, Andreas Wibowo, Ashar Saputra, dan Syahyudesrina</i>	A-17
Pengaruh Dominasi Beban Gravitasi Terhadap Konsep Strong Column Weak Beam pada Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus <i>Christino Boyke , Tavo dan Iman Wimbadi</i>	A-23
Influence of Concrete Confining Pressure on Concrete-Steel Bond-Zone Response: An Analytical Study <i>Data Iranata</i>	A-31
Review of Shear Deformation Theories for Isotropic Beams <i>Data Iranata</i>	A-39
Efficiency of Bracing System on Steel Frame Structures <i>Endah Wahyuni, Isdarmanu JITU, dan Djoko Irawan</i>	A-47
Analisa Perbandingan Umur Struktur <i>Jack Up</i> Sistem EBF ( <i>Eccentrically Braced Frame</i> ) dan Sistem CBF ( <i>Concentrically Braced Frame</i> ) <i>Hamzah, Daeng Paroka dan Arfiyanto</i>	A-55

Analisa Pengaruh Pengekangan pada Balok Bertulangan Rangkap dengan Metode Unified Theory <i>Iman Wimbadi , Tavio dan Windunoto</i>	A-65
Analisis Retak pada Balok Beton Copper Slag (Fracture Analysis of Copper Slag Concrete Beam) <i>Kurdian Suprpto, Priyo Suprobo, A. Arwin Amiruddin</i>	A-75
Studi Perilaku Sambungan Balok Pracetak untuk Rumah Sederhana Tahan Gempa Akibat Beban Statik <i>Leonardus Setia Budi Wibowo, Tavio, Hidayat Soegihardjo, Endah Wahyuni dan Data Iranata</i>	A-87
Studi Pengaruh Korosi Terhadap Keandalan Balok Baja Profil I Girder Pada Jembatan dengan Teori Probabilitas <i>Afif Navir , M. Sigit Darmawan dan Mudji Irmawan</i>	A-95
Analisa X Ray Diffraction Struktur Mikro pada Beton Pasca Bakar dengan Perbedaan Proses Pendinginan <i>Retno Anggraini, Ir.Edhi Wahyuni.</i>	A-103
Analisis Faktor yang Berpengaruh pada Pemancangan Tiang Pancang Tekan di Bangunan Sembilan Belas Lantai <i>Sentosa Limanto, Jonathan H. Kusuma, Mario R.B.dan Rizky P.S.</i>	A-119
Studi Daktilitas Kurvatur pada Kolom Persegi Panjang Beton Bertulang Terkekang dengan Menggunakan Visual Basic 6.0 <i>Tavio, Iman Wimbadi dan Roro</i>	A-129
Evaluasi dan Seleksi Penggunaan Bahan Bangunan untuk Keandalan Konstruksi Gedung <i>Wahyu Wuryanti, dan Dadri Arbiyakto</i>	A-141
Perilaku Struktur Pasangan Bata Merah Lokal dalam Peranannya Sebagai Penunjang Berbagai Infrastruktur di Indonesia <i>Wisnumurti, Sri Murni Dewi dan Agoes Soehardjono MD</i>	A-147
Kegagalan Struktur Selama Periode Pelaksanaan <i>I G Putu Raka</i>	A-155

Carbon Tracing Komponen Struktur Bangunan Gedung  
*Wulfram I. Ervianto* A-165

Perilaku Mekanik Penampang Balok Kayu di Bawah Aksi  
Momen Lentur Murni A-173  
*Sigit Darmawan, Widi Yuniarto Utomo, dan Halwan Alfisa*

Studi Perilaku Elemen Struktur Balok Berpenampang Beton Bertulang,  
Baja, dan Beton Bertulang Komposit (*Steel Reinforced Concrete*) A-181  
Akibat Beban Gempa  
*Budi Suswanto, R. Soewardoyo, Dan Dinhasam Ario Kusuma*

### **GEOTEKNIK**

Penggunaan Tiang Mini Bambu Komposit Sebagai Alternatif Perkuatan  
Tanah Guna Penanggulangan Kelongsoran Pada Lereng B-1  
*As'ad Munawir, Sri Murni Dewi, Agoes Soehardjono, Md dan Yulvi Zaika*

Simulasi Kegagalan Geoteknik Pergerakan Barisan Tiang Pancang Di Proyek  
Dermaga Bangka B-9  
*Budijanto Widjaja dan Andy Tanero*

Pengaruh Kegempaan Terhadap Kestabilan Lereng Tanah Residual  
Menggunakan Metode Mikrotremor B-19  
*Dwa Desa Warnana, Ria Asih Aryani Soemitro, Irma Novalita C, Widya Utama*

Pengaruh Siklus Pembasahan-Pengeringan Terhadap Sifat Fisik dan  
Mekanik Tanah Residual Tidak Terganggu (Studi Kasus: Tanah Residual  
Desa Sumber Kec. Pujon) B-27  
*Mohammad Muntaha, Ria Soemitro, Noor Endah, Indarto*

Alternatif Struktur Pengaman Tanggul Kali Jagir, Surabaya (Studi Kasus Ruas  
Medokan Semampir) B-37  
*Suwarno*

Stabilisasi Tanah Ekspansif Surabaya Barat Dengan Penambahan Limbah  
Marmer B-55  
*Utari Khatulistiani dan Fachry Fauzy*

## MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI

- Dampak Finansial Penjaminan Pemerintah pada Kelayakan Proyek Infrastruktur Berbasis Kemitraan-Pemerintah-Swasta  
*Andreas Wibowo dan Andre Permana* C-1
- Konstruksi dan Perekonomian: *Update*  
*Andreas Wibowo* C-9
- Analisa Risiko Konstruksi pada Proyek Pembangunan Rusunami Kebagusan City Jakarta  
*Rendy Kurnia Dewanta, M. Arif Rohman dan I Putu Artama Wiguna* C-17
- Pengembangan Model Rantai Pasok (Supply Chain) Material untuk Meminimalkan Risiko pada Galangan Kapal  
*Budiawan, Heri Supomo* C-27
- Penjadwalan Aktivitas Berulang dengan *Repetitive Scheduling Method* di Proyek Ciputra World Mall Surabaya  
*Cahyono Bintang Nurcahyo dan Farida Rachmawati* C-33
- Evaluasi Kinerja Embung Kecil di Pulau Flores Provinsi Nusa Tenggara Timur  
*Denik Sri Krisnayanti dan Didik Kresnohadi* C-41
- Arahan Pengembangan Potensi Kawasan Perdesaan Berdasarkan Komoditi Unggulan di Kabupaten Ende  
*Dian Fitriawati Mochdar* C-51
- Analisis Faktor Kinerja Badan Pengelola Sarana (BPS) Program Pamsimas di Kabupaten Temanggung  
*Edie Poernomo, Joni Hermana dan Ria A.A. Soemitro* C-59
- Kajian Sanitasi Berbasis Masyarakat Menuju *Open Defecation Free* (ODF) di Kecamatan Mojoanyar Kabupaten Mojokerto  
*Elia Sutanti, Joni Hermana dan Agnes Tuti Rumiati* C-65
- Penggunaan Metode Quality Function Deployment dalam Analisa Kepuasan Pelanggan Perumahan (Studi Kasus Perumahan Puri Safira Regency Surabaya)  
*Farida Rahmawati dan Cahyono Bintang Nurcahyo* C-75

Studi Optimasi Penentuan Jumlah Rumah Berdasarkan Type pada Kawasan Perumahan (Studi Kasus pada Perumahan XXX Di Kabupaten Malang) <i>Fauziah S. C. S. Maisarah, Joko Setiono, dan Wildan Rosyidi</i>	C-83
Analisa Manfaat Biaya Menggunakan Proses Hirarki Analitik dalam Penentuan Prioritas Proyek APBD Penanganan Drainase di Kota Bandung <i>Fredy Djunaedi dan Nadjadji Anwar</i>	C-90
Analisa Faktor yang Mempengaruhi Minat Pengunjung Datang ke Pasar “Banto Trade Centre” <i>Hadelina, Christiono Utomo, Retno Indryani</i>	C-99
Evaluasi Keberlanjutan Sistem Penyediaan Air Bersih Perdesaan di Kabupaten Nganjuk <i>Itsna Shofiani, Joni Hermana dan Ali Masduqi</i>	C-107
Survey Terhadap Bertambahnya Biaya Selama Pelaksanaan Proyek Konstruksi Jakarta ( <i>Survey Of Cost Increasing In Construction Project During Construction Phase In Jakarta</i> ). <i>Ismail Junaedy And Marsiano</i>	C-113
Minimisasi Biaya Penempatan Kompensator Terdistribusi Berdasarkan Penilaian Stokastik untuk Menurunkan Tegangan Kedip <i>Miguel Marques Monteiro De Jesus, Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto</i>	C-131
Pengelolaan Sistem Pipa Transmisi dan Distribusi PDAM Dua Sudara Kota Bitung Untuk Melanjutkan Pelayanan <i>Ollivia Zusan Darenoh, Joni Hermana dan I. D. A. A. Warmadewanthi</i>	C-143
Pengaruh Peningkatan Kualitas Air Terhadap Penjualan di Perusahaan Daerah Air Minum Kota Surakarta <i>Orin Retnowati, dan Joni Hermana</i>	C-151
Model Prestasi Kerja Staff Perusahaan Konstruksi <i>I Putu Artama Wiguna dan Yusroniya Eka Putri Rachman Waliulu</i>	C-157
Studi Perbandingan Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Milik Pemerintah dan Swasta <i>Risman Dala, Mohammad Arif Rohman, Yusroniya Eka Putri</i>	C-167

Model Pendanaan Kemitraan Pengelolaan Kawasan Wisata Telaga Sarangan Magetan <i>Rokhmat Zainuddin, Christiono Utomo dan Retno Indryani</i>	C-177
Manfaat Penerapan Knowledge Management pada Perusahaan Konstruksi <i>Rudi Waluyo, Mochamad Agung Wibowo</i>	C-185
Penetapan Tarif Sewa & Retribusi Petak Pasar di Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan <i>Sri Hadi, I.Putu Artama W., dan Christiono Utomo</i>	C-191
Studi Penerapan <i>E-Procurement</i> pada Pelaksanaan Pengadaan di Pemerintah Kota Surabaya <i>Wahyu Hary Wijaya, Retno Indryani, Dan Yusronia Eka Putri</i>	C-201
Tinjauan Terhadap Sistem Penjaminan Kegagalan Bangunan pada Proyek Gedung <i>Zaenal Arifin</i>	C-207

#### **PENGINDERAAN JAUH**

Studi Analisa Banjir dengan Menggunakan Teknologi SIG di Kabupaten Bojonego <i>Anna Rosytha, Dr. Ir. M. Taufik</i>	D-1
Teknologi Sistem Informasi Geografis Sebagai Alat Optimalisasi Manajemen Lalu-Lintas Jalan Arteri di Kota Surabaya <i>Nanang Setiawan, Teguh Hariyanto, Haryo Sulistyarso, Alisjahbana</i>	D-9
Monitoring Perluasan Prasarana Jalan dan Implikasinya Terhadap Guna Lahan Perkotaan Melalui Teknologi Penginderaan Jauh dan SIG (Studi Kasus: Kotamadya Surabaya) <i>M. Taufik , Abdul Wahid Hasyim , Teguh Hariyanto1), Haryo Sulistyarso</i>	D-27
Kualitas Data Citra Landsat ETM pada Perubahan Guna Lahan RTH dengan Menggunakan <i>Scattergram</i> (Studi Kasus: Pemukiman Kotamadya Surabaya) <i>Teguh Hariyanto, Abdul Wahid Hasyim,M. Taufik1), Haryo Sulistyarso</i>	D-35



<b>MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER DAYA AIR</b>	
<i>Analytical Hierarchy Proses (AHP) Dengan Program Cplusplus 3.0 untuk Menyusun Detention Support System Pengendalian Banjir di Surakarta</i> <i>Adi Yusuf Muttaqin</i>	E-01
Studi Kondisi Tinggi Muka Air pada Pertemuan Kali Bangiltak dan Kali Kedunglarangan untuk Mengatasi Permasalahan Genangan di Kabupaten Pasuruan <i>Aulia Tirtamarina, Nadjadji Anwar, Anggrahini</i>	E-09
Studi Komparasi Pemakaian Model Transportasi dan Fuzzy Integer Transportation Problem untuk Optimasi Distribusi Air Minum PDAM <i>Imam Suprayogi</i>	E-17
Penyediaan Air Bersih di Kecamatan Darul Makmur dan Kecamatan Tadu Raya Kabupaten Nagan Raya Provinsi Nangroe Aceh Darussalam <i>Kustamar, I Wayan Mundra, Dan Daim Triwahyono</i>	E-25
Pengendalian Sedimen pada Infrastruktur Air dengan Menggunakan Deret Benda Apung Sebagai Pembangkit Aliran Turbulen <i>Mamok Suprpto</i>	E-33
Kajian Pengembangan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Menggunakan Program Epanet V.2 pada Zona 4 (Daerah Pelayanan Sumberayu Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi) <i>Nanang Saiful Rizal</i>	E-41
Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model Hec-Hms di Das Sampean Baru <i>Nur Azizah Affandy Dan Nadjadji Anwar</i>	E-51
Studi <i>Sediment Delivery Ratio</i> Menggunakan Avswat-X di Daerah Aliran Sungai Waduk Pacal Bojonegoro <i>Zulis Erwanto, Nadjadji Anwar, dan Bambang Sarwono</i>	E-61
Degradasi Fungsi Embung Kecil Sebagai Penyedia Air di Daratan Timor <i>Denik Sri Krisnayanti</i>	E-71
Adaptasi Pengelolaan Sumber Daya Air dalam Menghadapi Perubahan Iklim di Jawa Timur <i>Hadi Moeljanto Dan Ainur Rofiq</i>	E-77
Estimasi Tegangan Geser Dasar untuk Gelombang <i>Irreguler</i> <i>Taufiqur Rachman Dan Suntoyo</i>	E-87

Hidrologi Inspeksi Bendungan Sebagai Upaya Pengendalian Daya Rusak Air E-95  
*Manyuk Fauzi*

Inventarisasi Permasalahan Operasi dan Pemeliharaan Irigasi E-105  
*Anton Dharma PM dan Hadi Moeljanto*

## **MANAJEMEN DAN REKAYASA TRANSPORTASI**

Studi Perbandingan Penggunaan Perkerasan Laston dengan Interblock F-1  
untuk Lapangan Penumpukan Peti Kemas (Kasus PELINDO III Banjarmasin)  
*Amalia Firdaus Mawardi, Djoko Sulistiono, Ami Asparini dan Selly Metekohy*

Pemodelan Sebaran Pergerakan Penumpang Angkutan Kereta Api di Kota F-5  
Surabaya Studi Kasus: Stasiun KA Surabaya Gubeng dan Pasar Turi  
*Anugrah Wicaksono, Wahyu Herijanto dan Hera Widyastuti*

Analisa Tingkat Pelayanan Angkutan Barang Pelabuhan Sorong F-13  
*Apri Siagian dan Hera Widyastuti*

Analisis Penentuan Dana Preservasi Terhadap Pengguna Jalan Kendaraan F-21  
Truk Bahan Galian Golongan C (Studi Kasus Ruas Jalan Kabupaten Kelas III  
Jalan Simping PLTA Pasir Laweh Kabupaten Padang Pariaman)  
*Budi Sahputra, Ria A A Soemitro dan Herry Budianto*

Analisa Putaran U Pelayanan Tunggal Kondisi Tak Terlindung pada Ruas Jalan F-25  
dengan Median ( Kasus Ruas Jalan Raya Mulyosari Surabaya)  
*Djoko Sulistiono*

Analisis Penanganan Lapis Permukaan Jalan dengan Alat Manual dan F-33  
*Cold Milling Machine* (Studi Kasus : Jalan Nasional dan Propinsi di Jawa Timur)  
*Ellen Ambar Winarsih, Ria A.A. Soemitro dan Herry Budianto*

Evaluasi Kinerja Lapis Perkerasan Jalan Soil-Cement Dengan Ecomix Sc-100 F-41  
di Propinsi Papua  
*Ferdinand R. Kuheba dan Indra Surya B. Mochtar*

Hubungan Umur Perancangan dengan Beban Berlebih F-49  
pada Truk di Jalan Pesisir Timur Propinsi Aceh  
*Herman Fithra dan M. Fauzan*

Prospek Pembangunan Bandar Udara di Kabupaten Buleleng, Bali Utara F-57  
*I Wayan Suweda*

Pola Perilaku Perjalanan di Wilayah Perkotaan <i>J.Dwijoko Ansusanto, Achmad Munawar, Sigit Priyanto, Bambang Hari Wibisono</i>	F-67
Model Trip Distribution Penumpang Domestik dan Internasional di Bandara Internasional Juanda <i>Mareta Uci Kartika Indrawati, Hera Widyastuti dan Wahyu Herijanto</i>	F-73
Analisa Kinerja Ruas Jalan Caruban-Saradan dalam Melayani Volume Lalu Lintas saat Lebaran <i>Rofi Budi Hamduwibawa, Pujo Priyono</i>	F-81
Analisa Dampak Lalu Lintas Pembangunan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) <i>Rukma Nur Patriya, Aji Suraji, dan Dian Kusumaningsih</i>	F-87
Rekayasa Pencampuran Material Foamed Asphalt untuk Menghindari Kegagalan Produksi <i>Sri Sunarjono</i>	F-95
Analisa Tingkat Kesesuaian dan Kesenjangan Antara Kepentingan dan Persepsi (Kepuasan) dalam Rangka Optimalisasi Terminal Penumpang Tipe A (Studi Kasus Terminal Kertonegoro Kabupaten Ngawi) <i>Zainal Fanani, Wahyu Herijanto, Sumino</i>	F-105

## LINGKUNGAN

Kajian Pengelolaan Sampah di TPA Jalupang Kabupaten Karawang <i>Agung Nugraha Agustus Enoch dan Idaa Warmadewanthi</i>	G-1
Strategi Penyediaan Air Bersih di Kecamatan Singkawang Utara <i>Arfani dan Wahyono Hadi</i>	G-7
Kajian Reduksi Sampah Berbasis Masyarakat di Kecamatan Nganjuk Kabupaten Nganjuk <i>Ari Dwi Putranto dan Idaa Warmadewanthi</i>	G-15
Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kecamatan Lumajang Kabupaten Lumajang <i>Aris Pidekso dan Sarwoko Mangkoedihardjo</i>	G-23

Kajian Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum oleh UPTD-AM Kabupaten Parigi Moutong (Studi Kasus Kota Parigi) <i>Deby Shanti dan Wahyono Hadi</i>	G-31
Evaluasi Teknis Operasional Pengangkutan Sampah Kabupaten Rejang Lebong <i>Deni Endriani Dan I. D. A. A. Warmadewanthi</i>	G-39
Strategi Penyediaan Air Bersih di Desa Rawan Air Bersih di Kabupaten Ponorogo Propinsi Jawa Timur <i>Dwi Puspitorini dan Ali Masduqi</i>	G-47
Evaluasi Drainase di Kecamatan Tenggilis Mejoyo Surabaya <i>Mahatma Manurung, Mas Agus Mardyanto</i>	G-55
Evaluasi Kinerja PDAM Tirta Lematang Kabupaten Lahat <i>Mardiansah Dempo Anom dan Wahyono Hadi</i>	G-63
Instalasi Pengolahan Air <i>Portable</i> Sebagai Penyediaan Air Bersih di Daerah Bencana Banjir <i>Masrivel Saragih dan Eddy S. Soedjono</i>	G-71
Pengelolaan Sampah Mandiri Berbasis Masyarakat Sebagai Upaya Mengoptimalkan Pengelolaan Sampah di Kota Surabaya <i>Rulli Pratiwi Setiawan</i>	G-79
Evaluasi Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah di Kota Palu <i>Saiful Alam, Idaa Warmadewanthi</i>	G-89
Air Hujan Sebagai Alternatif Pemenuhan Kebutuhan Air Minum di Kecamatan Ranuyoso Kabupaten Lumajang <i>Titiek Susianah dan Ali Masduqi</i>	G-97
Strategi Pengelolaan Air Limbah Perkotaan di Kota Padang, Studi Kasus Kecamatan Padang Barat <i>Wiwi Nelza dan Eddy Setiadi Soedjono</i>	G-103
<b>INFRASTRUKTUR</b>	
Peningkatan Risiko Kerusakan Bangunan Infrastruktur Jembatan Akibat Peningkatan Curah Hujan <i>Antonius Nanang Adi Putranto</i>	H-1

Analisis Infrastruktur di Wilayah Pedalaman Studi Kasus: Wilayah Busang <i>Efendy Tambunan</i>	H-11
Peranan Prasarana dan Sarana Dasar pada Pengadaan Perumahan bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah di Wilayah Pakal Benowo <i>Kusumastuti</i>	H-17
Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Harga Penawaran pada Proyek Infrastruktur Sumber Daya Air di Kalimantan Tengah <i>Jermias Tjakra Dan Lendra</i>	H-25
Pengembangan Infrastruktur Mikrohidro Sebagai Alternatif Energi Listrik Daerah Terpencil di Kabupaten Hulu Sungai Tengah <i>Muhammad Azhari Noor</i>	H-35
Standarisasi Tenaga Ahli Perencanaan Infrastruktur Sebagai Upaya Efisiensi pada Perencanaan Pembangunan Daerah <i>Wesli</i>	H-43

## STABILISASI TANAH EKSPANSIF SURABAYA BARAT DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH MARMER

Utari Khatulistiani<sup>1</sup> dan Fachry Fauzy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Jl. Dukuh Kupang XXV no.54 Surabaya, Telp 031-5677577, email: utari\_wiyoso@yahoo.co.id

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Jl. Dukuh Kupang XXV no.54 Surabaya, Telp 031-5677577, email: fachrykomandotefa@yahoo.com

### ABSTRAK

Tanah ekspansif memiliki sifat kembang susut yang sangat cepat sehingga menyebabkan kendala dalam rekayasa bidang teknik sipil. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk stabilisasi tanah ekspansif dengan cara mencampurkan limbah marmer menggunakan variasi dosis 0%, 5%, 10%, 20% dan 25% terhadap berat tanah. Sampel tanah berasal dari wilayah Surabaya Barat dan pengujian dilakukan di laboratorium dengan pemeraman selama 1, 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Sedangkan limbah marmer berasal dari Tulungagung yang merupakan limbah hasil pemotongan marmer dan pembuatan kerajinan marmer. Limbah memiliki bentuk berupa butiran-butiran berdiameter kecil, berwarna putih kusam dan umumnya lebih dikenal dengan sebutan menir. Guna mengetahui sifat tanah yang dicampur dengan limbah marmer maka dilakukan uji karakteristik tanah sebelum dan sesudah diberi limbah, kemudian uji UCS, uji CBR, dan uji *swelling*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilisasi dengan campuran limbah marmer 25% pada tanah ekspansif diperoleh hasil maksimum di antara campuran lainnya, yaitu terjadi penurunan nilai indeks plastisitas tanah sekitar 52,57% dari kondisi tanah sebelum diberi limbah. Sifat mengembang tanah menjadi potensi sedang atau terjadi penurunan nilai *swelling* sekitar 86,34% dari tanah asli. Sedangkan CBR tanah dengan limbah 25%, masa pemeraman 21 hari meningkat sekitar 41,36% dari tanah tanpa limbah. Kekuatan tanah optimal dicapai oleh tanah dengan campuran limbah 15% masa pemeraman 21 hari dengan peningkatan sekitar 55,72% dari tanah kondisi asli.

*Kata kunci* : stabilisasi tanah ekspansif, limbah marmer

### 1. PENDAHULUAN

Wilayah Surabaya Barat saat ini merupakan bagian dari wilayah pengembangan kawasan kota Surabaya sehingga kegiatan pembangunan perumahan, perkantoran dan pertokoan banyak dilakukan di daerah tersebut. Kendala yang dialami, tanah di sana berupa tanah lempung yang bersifat ekspansif dengan potensi sifat mengembang dan menyusut sangat tinggi. Perubahan kadar air dalam pori tanah sangat mempengaruhi sifat ini. Bila musim hujan, maka kadar air dalam pori tanah akan tinggi sehingga tanah mengembang dan bersifat sangat lembek, dan sebaliknya, bila musim kemarau maka kadar air dalam pori tanah menjadi rendah dan tanah akan menyusut, dan bersifat sangat kering, keras dan retak-retak.

Sedangkan tanah merupakan media penting dalam fungsinya sebagai landasan konstruksi bangunan, karena keseluruhan mutu dan daya tahan suatu konstruksi sangat bergantung pada kemampuan daya dukung tanah. Bila tanah bersifat ekspansif, maka stabilitas konstruksi yang bertumpu pada tanah tersebut menurun. Akibatnya, terjadi perubahan-perubahan pada konstruksi, misal pada konstruksi gedung terjadi kerusakan retak-retak pada dinding akibat perubahan tanah yang menjadi penumpu dinding, dan pada konstruksi jalan raya terjadi kerusakan berupa retak-retak dan bergelombang. Oleh karena itu pada tanah ekspansif dibutuhkan penanganan ke arah perbaikan sifat tanah asli agar potensi mengembang dan menyusut tanah berkurang dan tanah bersifat stabil dan memenuhi syarat untuk dipergunakan sesuai fungsinya.

Berdasar hal tersebut, maka dilakukan penelitian stabilisasi tanah ekspansif yang diambil dari daerah Surabaya Barat dengan cara dicampur limbah marmer. Dipilih material limbah marmer sebagai bahan campuran, selain untuk memanfaatkan limbah marmer yang banyak terdapat di Tulungagung juga melihat kandungan unsur yang dominan dalam limbah marmer adalah CaO [15], yaitu sekitar 53,85%. Hasil penelitian dengan mencampur CaO ke tanah ekspansif [4] dan [5] dapat merubah sifat tanah yaitu meningkatkan kekuatan tanah, menurunkan nilai indeks plastisitas dan mereduksi sifat *swelling* tanah.

Permasalahan yang diamati pada penelitian ini adalah karakteristik tanah, sifat mengembang, indeks plastisitas dan kekuatan tanah ekspansif yang terjadi setelah dilakukan perbaikan dengan dicampur limbah marmer variasi pencampuran 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat tanah.

## 2. DASAR TEORI

### a. Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif mempunyai sifat kembang susut dan kadar air yang banyak, dan yang termasuk jenis tersebut adalah tanah lempung. Perubahan dari musim hujan ke kemarau dan sebaliknya akan menimbulkan siklus basah-kering yang mengakibatkan adanya bagian yang mengalami saat-saat kering di dekat permukaan dan terjadinya retakan-retakan akibat proses pengawetan atau desikasi. Selama masa penyerapan yang besar, air akan masuk ke dalam retakan-retakan tersebut sehingga mengakibatkan tanah lempung mengembang, dan selama masa kering tanah tersebut akan menyusut [2]. Pengecilan volume akibat penyusutan akan menimbulkan tegangan tarik pada permukaan tanah dasar dan akan menarik konstruksi perkerasan yang ada di atasnya. Apabila kekuatan perkerasan tidak mampu menahan kuat tarik tanah ekspansif, maka akan timbul retakan kecil. Retakan ini terjadi akibat regangan tanah yang dilampaui, sehingga retak kecil pada permukaan tanah ini semakin lama akan semakin membesar dan terbuka [5].

Karakteristik tanah ekspansif dapat dipengaruhi oleh dua hal, yaitu faktor mikroskopik dan faktor makroskopik. Faktor mikroskopik adalah mineralogi tanah dan perilaku kimiawi tanah. Sedangkan faktor makroskopik adalah *property* tanah secara fisik antara lain plastisitas dan berat volume tanah. Faktor makroskopik tanah ekspansif dipengaruhi oleh perilaku mikroskopiknya [7]. Ada beberapa hal yang termasuk mikroskopik tanah ekspansif yang menyebabkan tanah ekspansif mengalami kembang susut, antara lain mineralogi tanahnya, perilaku kimiawi tanah, dan jumlah *exchangeable cation* serta besarnya *specific surface* dari partikel tanah.

Karakteristik makro tanah ekspansif umumnya menunjukkan perilaku kembang susut tanah. Batas *Atterberg* merupakan salah satu parameter karakteristik makro tanah yang dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui potensi kembang susut tanah [13]. Dilihat dari skala makronya, karakteristik tanah ekspansif yang berpotensi besar mengalami kembang susut, secara umum memiliki ciri-ciri antara lain : memiliki harga batas cair dan indeks plastisitas tinggi, mempunyai harga *swelling* yang besar dan mempunyai kandungan karbon organik, *clay montmorillonite* yang besar.

Sifat kembang susut tanah sangat dipengaruhi oleh kadar air dan jenis mineral *montmorillonite* dan *illite* yang dikandung. *Montmorillonite* memiliki gaya tarik yang cukup kuat terhadap air, sehingga sangat mudah mengembang bila ada penambahan kadar air. Sedangkan *illite* yang strukturnya berupa lembaran-lembaran, terikat satu dengan lainnya oleh ion-ion kalium yang terdapat di antara lembaran-lembarannya. Susunan *illite* tidak mengembang bila ada gerakan air yang ada di antara lembaran-lembarannya. Potensi mengembang tanah (*swelling*) menurut *Chen* [2] dapat diidentifikasi dari nilai indeks plastisitasnya yang dikelompokkan seperti Tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi Potensi *Swelling* Tanah

Potensi <i>Swelling</i>	Indeks Plastisitas
Lemah	0 – 15
Sedang	15 – 25
Tinggi	25 – 55
Sangat tinggi	> 55

Penelitian-penelitian perbaikan tanah ekspansif yang telah dilakukan dengan menggunakan metode kimia yaitu mencampur tanah dengan bahan tertentu, di antaranya dicampur dengan CaO dosis 20% [4] hasilnya dapat mereduksi indeks plastisitas tanah hingga 20,45%, menurunkan kadar air menjadi 24,45%, menurunkan nilai *swelling pressure* hingga 0,85%, serta dapat meningkatkan daya dukung tanah hingga 3,56 kg/cm<sup>2</sup> dan CBR hingga 21,78%. Hasil penelitian yang dilakukan *Utari dan Siswoyo* (2005) terhadap tanah ekspansif yang dicampur dengan limbah soda sebesar 25% dari berat kering tanah, menghasilkan penurunan nilai indeks plastisitas sekitar 74,64% dari kondisi awal, dan terjadi peningkatan kekuatan tanah serta penurunan *swelling*. Limbah soda tersebut mengandung CaO cukup tinggi, yaitu sekitar 50,62%. Penelitian tanah ekspansif yang dicampur dengan semen portland [10], dicampur *fly ash* limbah pembakaran batu bara [5], dicampur limbah peleburan aluminium [12], dicampur limbah keramik

dan kalsium [16] dan dicampur dengan limbah baja [6] semuanya menghasilkan penurunan indeks plastisitas, mereduksi *swelling* serta meningkatkan kekuatan tanah.

Berdasar penelitian-penelitian di atas menunjukkan hasil bahwa sifat tanah ekspansif dapat berubah menjadi lebih baik disebabkan bahan kimia yang dicampurkan bereaksi dengan alumina dan silikat yang terkandung dalam tanah sehingga menghasilkan massa yang keras dan kaku.

#### b. Limbah Marmer

Limbah marmer adalah limbah yang dihasilkan saat penggergajian marmer menjadi lembaran-lembaran pelat yang umumnya digunakan sebagai material penutup lantai. Selain itu limbah marmer dihasilkan saat pembuatan benda-benda kerajinan marmer. Bentuk limbah marmer berupa butiran-butiran dengan diameter sekitar 5 mm, berwarna putih kusam, dan mudah hancur. Umumnya di masyarakat lebih dikenal dengan sebutan *menir*.

Dari hasil pengujian *Utari dkk* (2007) diketahui limbah marmer memiliki berat jenis 2,57, berat volume 1,21 kg/l dan mengandung unsur-unsur mineral seperti pada Tabel 2. Unsur dominan dalam limbah marmer adalah CaO sekitar 53,85%.

**Tabel 2.** Unsur yang terkandung dalam limbah marmer

Mineral	Kadar dalam Limbah (%)
CaO	53,85
MgO	1,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13
SiO <sub>2</sub>	0,61
Lain-lain	-

### 3. METODOLOGI

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian diambil dari daerah di Surabaya Barat, tepatnya daerah Made Timur, Lakarsantri yang berdasarkan pengamatan secara visual memiliki sifat tanah ekspansif. Sedangkan material limbah marmer diambil dari Kecamatan Campur Darat, Kabupaten Tulungagung.

Pada penelitian ini, limbah marmer yang dicampur dengan tanah ekspansif menggunakan variasi kadar 0% (tanpa limbah), 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat tanah. Pengujian yang dilakukan adalah sifat indeks tanah (*index properties*) antara lain uji kadar air sesuai ASTM D-854, *specific gravity* (ASTM D-854), batas-batas Atterberg untuk mengetahui batas cair dan batas plastis (ASTM D-423 dan ASTM D-424), *grain size distribution* dan *density*. Sedangkan pengujian sifat teknik yang dilakukan adalah *unconfined compression strength* (UCS) sesuai ASTM D-2166 dan CBR (ASTM D-1883) untuk mengetahui kekuatan tanah, dan *swelling test* (ASTM D-2435) untuk mengetahui pengembangan tanah. Sebelum sampel tanah diuji UCS, CBR dan *swelling*, terlebih dahulu dilakukan pemeraman selama 1, 3, 7, 14, 21 dan 28 hari.

### 4. HASIL DAN BAHASAN

#### a. Hasil Pengujian Tanah Asli

Hasil pengujian sifat fisik tanah kondisi asli tanpa limbah marmer ditampilkan pada Tabel 3. Klasifikasi tanah tersebut menurut USCS masuk dalam golongan OH yaitu lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi. Sedangkan klasifikasi menurut AASHTO tanah tersebut digolongkan kelompok A-7-6 yaitu tanah berlempung. Nilai indeks plastisitasnya 50,10%, dan sesuai Tabel 1 termasuk dalam kelompok potensi *swelling* tinggi.

**Tabel 3.** Karakteristik tanah kondisi asli

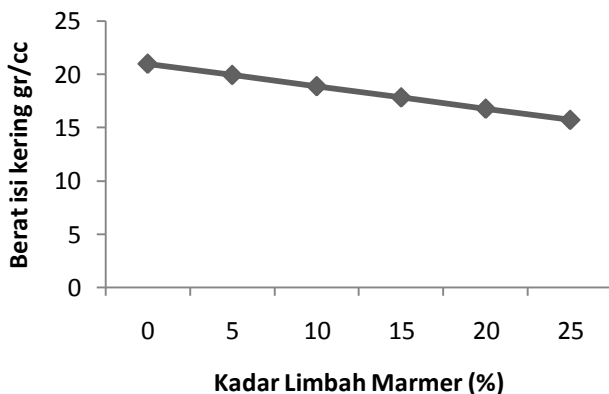


Pengujian	Hasil Pengujian
Kadar air (Wc) %	51,51
Berat jenis	2,42
Liquid Limit (LL) %	101,70
Plastis Limit (PL) %	51,60
Indeks Plastisitas (IP) %	50,10
Berat tanah (gram)	22,84
Berat isi tanah ( $\gamma_t$ ) gr/cc	1,51
Berat isi kering ( $\gamma_d$ ) gr/cc	0,10

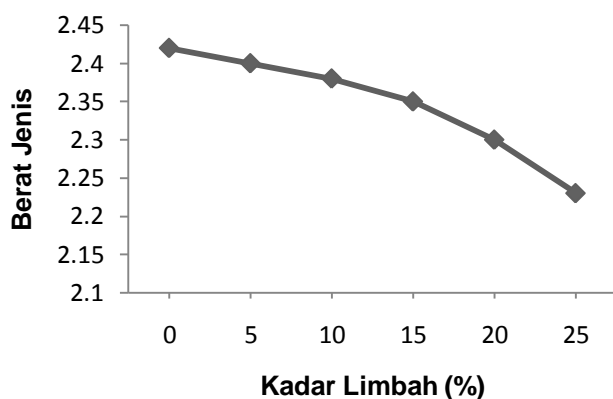
**b. Hasil Pengujian Tanah Dicampur Limbah Marmer**

Pemberian limbah marmer ke tanah lempung menyebabkan adanya perubahan terhadap berat isi kering (Gambar 1). Semakin tinggi dosis limbah marmer yang dicampurkan menyebabkan terjadinya penurunan berat isi kering tanah. Gambar menunjukkan bahwa dosis limbah 25% menghasilkan berat isi kering tanah paling rendah, yaitu 15,72 gram atau terjadi penurunan sekitar 25% dari kondisi tanah tanpa limbah (0% limbah).

Hal yang sama terjadi pada berat jenis (Gs) tanah ekspansif, yaitu mengalami penurunan setelah dicampur limbah marmer (Gambar 2). Terlihat bahwa semakin tinggi dosis limbah maka semakin kecil nilai berat jenis tanah. Dosis limbah 25% menghasilkan berat jenis tanah paling rendah, yaitu 2,23 atau terjadi penurunan sekitar 7,85% dari kondisi tanah tanpa limbah.

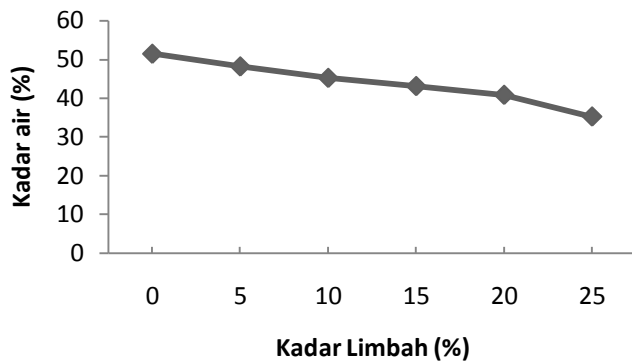


**Gambar 1.** Hubungan antara limbah marmer dengan berat isi kering tanah



**Gambar 2.** Hubungan limbah marmer dengan *specific gravity* tanah

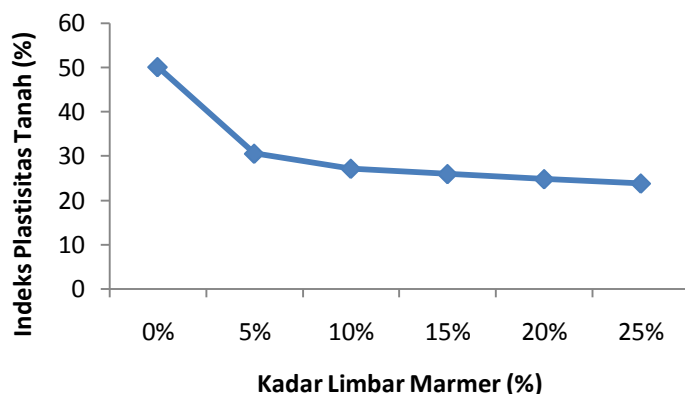
Tanah ekspansif yang awalnya mengandung kadar air yang tinggi setelah dilakukan pencampuran limbah marmer mengalami penurunan kadar air (Gambar 3). Limbah marmer dosis 25% yang dicampurkan ke tanah menghasilkan kadar air paling rendah atau terjadi penurunan sekitar 31,60% dari kondisi tanah tanpa limbah. Berkurangnya kadar air pada tanah dengan campuran limbah marmer adalah akibat proses kimia, yaitu ion-ion Ca yang terdapat dalam limbah bereaksi dengan air (H<sub>2</sub>O) yang ada dalam pori tanah. Air tersebut akan tertarik secara meniscus oleh limbah marmer dan menguap yang jumlahnya sangat dipengaruhi oleh kadar limbah marmer yang dicampurkan ke dalam massa tanah [14].



**Gambar 3.** Hubungan antara limbah marmer dengan kadar air

Dari hasil pengujian Atterberg limit diperoleh nilai batas cair dan batas plastis tanah setelah dicampur limbah marmer, sehingga diketahui nilai indeks plastisitas tanah (Gambar 4). Terlihat bahwa limbah marmer kadar 25% yang dicampurkan ke tanah menghasilkan nilai indeks plastisitas paling rendah yaitu 23,76%, atau terjadi penurunan sekitar 52,57% dari kondisi tanah sebelum diberi limbah. Penurunan sangat signifikan terjadi setelah tanah diberi limbah sebesar 5%. Penurunan indeks plastisitas terjadi karena air yang terkandung dalam tanah akan tertarik oleh limbah marmer dan menguap, yang jumlahnya tergantung dengan banyaknya limbah marmer yang dicampurkan ke dalam massa tanah lempung yang distabilisasi. Akibat pengurangan air dalam tanah, butiran lempung menjadi bergumpal menyerupai butiran pasir. Gumpalan atau *cluster-cluster* tanah bersifat seperti pasir halus, sehingga penyimpanan air berkelompok dan batas plastis menjadi lebih besar, berakibat indeks plastisitas tanah menjadi kecil.

Berdasarkan Tabel 1, maka tanah yang telah dicampur limbah marmer berubah menjadi kelompok tanah bersifat mengembang potensi sedang atau rendah.

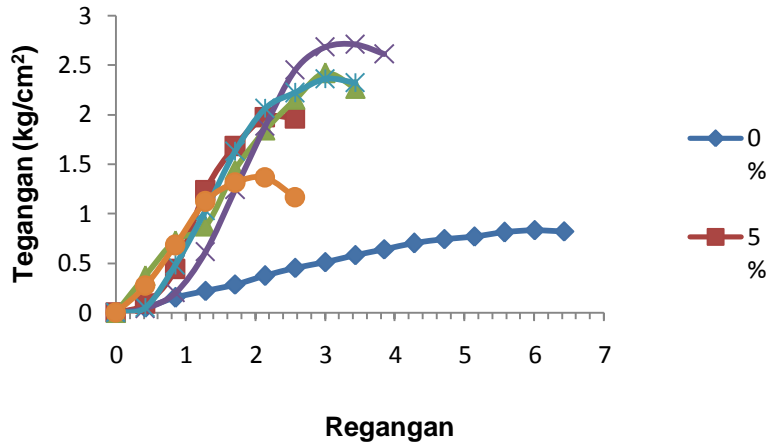


**Gambar 4.** Hubungan antara kadar limbah marmer dengan Indeks Plastisitas

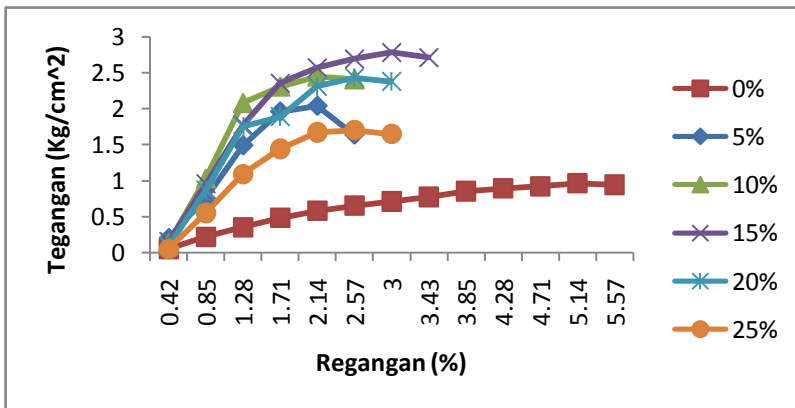
**i. Hasil Pengujian UCS**

Hasil uji UCS terhadap tanah yang dicampur limbah marmer dengan variasi kadar 0% hingga 25% dan masa pemeraman 1 hingga 28 hari ditampilkan pada Gambar 5 sampai 10, menunjukkan bahwa tanah yang dicampur limbah marmer 15% mengalami peningkatan kekuatan tanah tertinggi. Tanah dengan pemeraman 7 hingga 21 hari kekuatan tertinggi dicapai oleh tanah dengan campuran limbah 15%, dan pada usia 21 hari mencapai 4,11 kg/cm<sup>2</sup> atau terjadi peningkatan sekitar 55,72% dibanding tanah

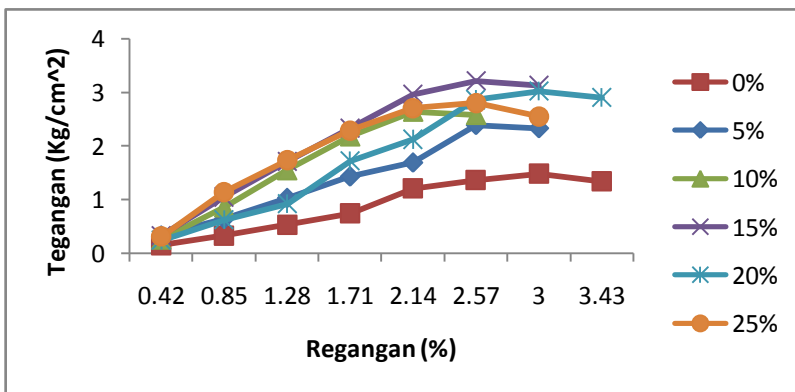
tanpa limbah marmmer. Kemudian kekuatan di bawahnya adalah tanah dengan campuran limbah 25% dan 20%.



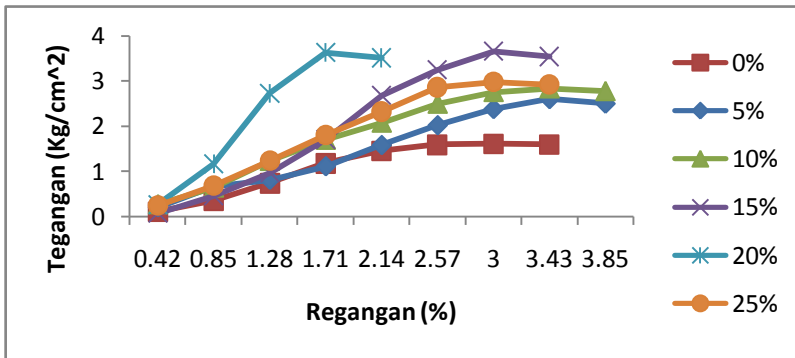
Gambar 5. Kekuatan tanah dari hasil uji UCS pemeraman 1 hari



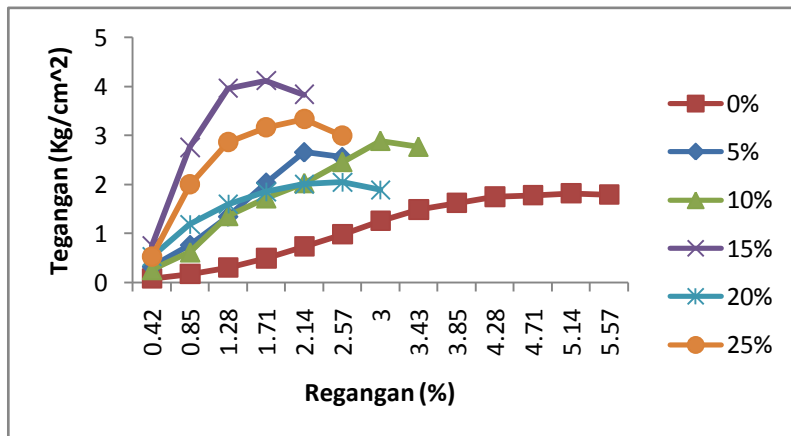
Gambar 6. Kekuatan tanah dari hasil uji UCS pemeraman 3 hari



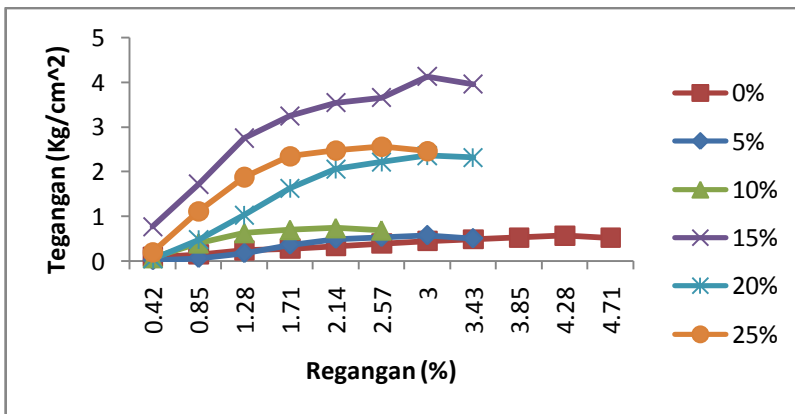
Gambar 7. Kekuatan tanah dari hasil uji UCS pemeraman 7 hari



Gambar 8. Kekuatan tanah dari hasil uji UCS pemeraman 14 hari

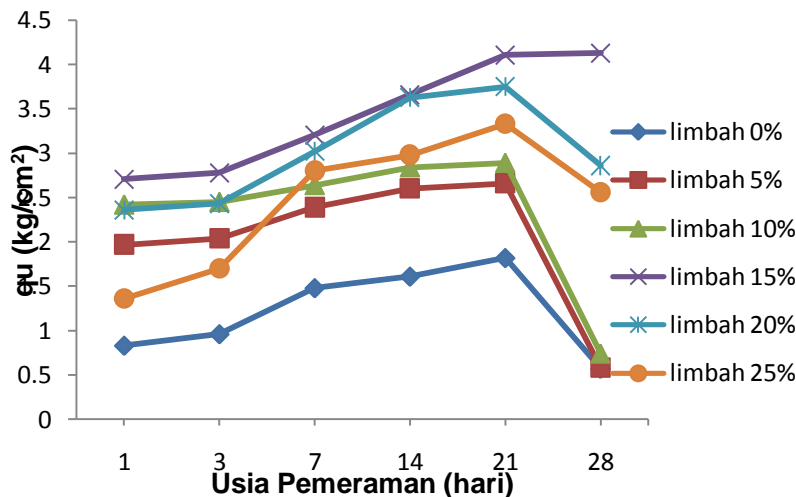


Gambar 9. Kekuatan tanah dari hasil uji UCS pemeraman 21 hari



Gambar 10. Kekuatan tanah dari hasil uji UCS pemeraman 28 hari

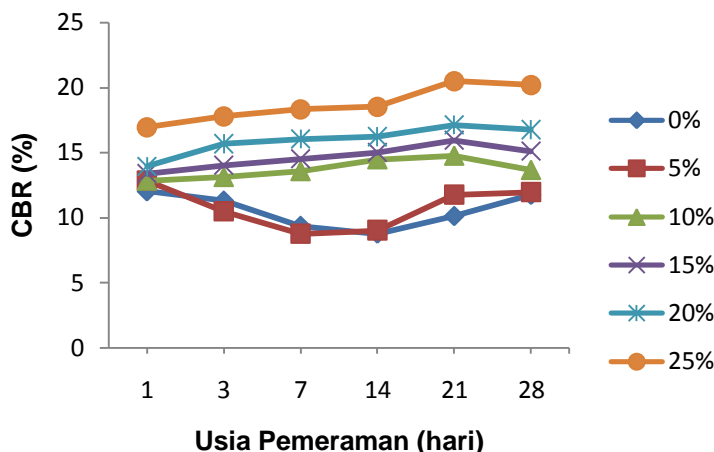
Pada pemeraman 28 hari (Gambar 10), kekuatan tanah dengan campuran limbah 15% cenderung konstan, sedangkan tanah dengan campuran limbah lainnya mengalami penurunan. Masa pemeraman juga sangat berpengaruh terhadap peningkatan tanah yang dicampur limbah marmer seperti ditunjukkan pada Gambar 11. Kekuatan tanah tertinggi dicapai tanah dengan masa pemeraman 21 hari, setelah itu mengalami penurunan. Tanah campuran limbah 15% menghasilkan kekuatan tertinggi, diikuti tanah campuran limbah 20% dan 25%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kekuatan tanah optimal dicapai oleh tanah yang diberi campuran limbah marmer kadar 15% dengan masa pemeraman hingga 21 hari.



Gambar 11. Hubungan antara usia pemeraman dengan kekuatan tanah

#### 4.2.2. Hasil Pengujian CBR

Pencampuran limbah marmer dan masa pemeraman berbeda juga berpengaruh terhadap peningkatan nilai CBR tanah ekspansif (Gambar 12). Nilai CBR cenderung mengalami penurunan setelah pemeraman usia 21 hari. Nilai CBR tertinggi dicapai tanah dengan campuran limbah kadar 25% dan masa pemeraman 21 hari yaitu 20,50%, di bawahnya diikuti tanah campuran limbah 20% dan 15%. Pengujian CBR tanah dengan limbah 25% menghasilkan peningkatan sekitar 41,36% terhadap tanah tanpa limbah.



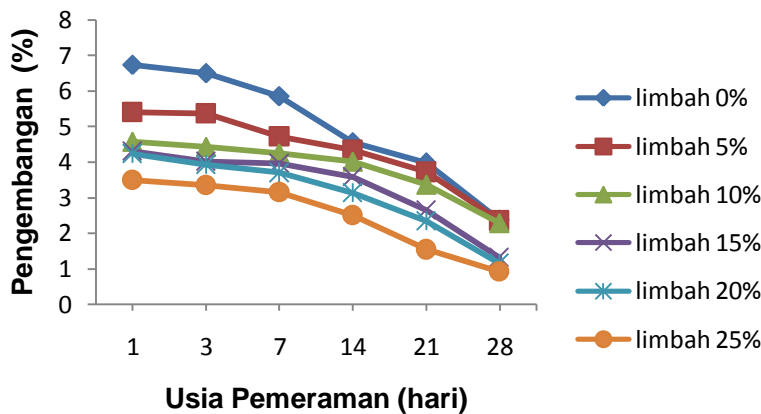
Gambar 12. Hubungan antara usia pemeraman dan hasil uji CBR

CBR

#### 4.2.3. Hasil pengujian swelling

Dari hasil pengujian *swelling* terhadap tanah yang dicampur dengan berbagai variasi kadar limbah marmer dan masa pemeraman yang lebih lama dapat meningkatkan stabilisasi tanah asli terhadap *swelling* (Gambar 12). Terlihat setelah tanah diberi limbah marmer 5% hingga 25% dapat mereduksi pengembangan tanah.

Tanah dengan campuran limbah marmer 25% dan pemeraman hingga 7 hari dapat mereduksi pengembangan tanah dari 6,70% menjadi 3,15%, dan pada pemeraman 28 hari nilai pengembangan tanah semakin kecil hingga kurang dari 1% atau pengembangan tereduksi sekitar 86,34% dari tanah asli. Hal ini menunjukkan bahwa *swelling* tanah dapat direduksi, dan bila dilihat dari hasil uji indeks plastisitas (Gambar 4) dan Tabel 1 bahwa tanah ekspansif yang semula berpotensi mengembang tinggi, setelah dicampur limbah marmer menjadi berpotensi mengembang sedang cenderung rendah.



Gambar 13. Hubungan antara usia pemeraman dan pengembangan

## 5. KESIMPULAN

Dari pengujian yang dilakukan diambil kesimpulan bahwa stabilisasi tanah ekspansif dicampur limbah marmer hingga kadar 25% dapat dicapai dengan masa pemeraman maksimum 21 hari. Setelah pemeraman 21 hari kekuatan tanah cenderung menurun.

Kekuatan tanah yang optimal dicapai dengan kadar limbah 15% dan masa pemeraman 21 hari, yaitu terjadi peningkatan sekitar 55,72% dibanding tanah tanpa limbah marmer. Pengujian CBR terhadap tanah dengan limbah 25% dan pemeraman 21 hari menghasilkan peningkatan sekitar 41,36% terhadap tanah tanpa limbah. Penurunan nilai indeks plastisitas terjadi setelah tanah dicampur limbah marmer menyebabkan perubahan sifat fisik tanah yang semula lempung plastisitas tinggi menjadi rendah, dan juga mereduksi mengembang tanah sekitar 86,34% dari tanah asli sehingga yang semula tanah berpotensi mengembang tinggi menjadi sedang dan cenderung rendah dengan nilai pengembangan turun hingga kurang dari 1%.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Das, B.M, (1991) *Principles of Geotechnical Engineering*, New York, McGraw.
2. Djoko Sulistiono (2001) *Pengaruh Stabilisasi Kapur Pada Lempung Plastisitas Tinggi Sebagai Subgrade Jalan*, Jurnal Torsi, Jurusan Teknik Sipil, FTSP, ITS, Surabaya, Tahun ke 21 No.3.
3. Eric Kusuma P dan Hermawan Ruspitha Edhi, (2000) *Study Eksperimental Lempung Yang Distabilisasi Dengan Kapur Pada Kondisi OMC*, Tugas Akhir Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya.
4. Gogot S dan Andi C (2003) *Pengaruh Fly Ash Terhadap Sifat Pengembangan Tanah Ekspansif*, Jurnal Dimensi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Vol.5, No.1.
5. Endang Kasiati (2007) *Pemanfaatan Limbah Baja PT. Boma Bisma Indra Untuk Stabilisasi Tanah Dasar yang Lunak*, Proceeding Seminar Nasional IPTEK I, 14 Juni 2007, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.
6. Hardiyatmo, H.C (2003) *Mekanika Tanah II*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
7. Hardiyatmo, H.C (2004) *Prinsip – prinsip Mekanika Tanah dan Soal Penyelesaiannya I*, Yogyakarta, Beta Offset.
8. Jaya, A. T. dan Ariwibowo, D. S (2002) *Pengaruh Pencampuran Abu Sekam dan Kapur Terhadap Kestabilan Tanah pada Tanah Ekspansif*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
9. Martina dan Syapriadi (1998) *Studi Perbandingan Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Semen Portland dan Semen Clean Set*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
10. Rudatin Rukriningsih (2004) *Kajian Nilai CBR Campuran Tanah Lempung Dengan Semen*, Jurnal Teknik Sipil, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang, Vol.1, No.2.

11. Saleh S dan Aris S (2002) *Pengaruh Limbah Industri Peleburan Aluminium Sebagai Bahan Terhadap Sifat Mekanis Tanah Lempung*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Geoteknik VI HATTI, 30-31 Oktober 2002, Surabaya.
12. Tirta D Arief (2006) *Stabilisasi Tanah Liat Sangat Lunak Dengan Garam Dan PC (Portland Cement)*, Jurnal Dimensi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Vol.8, No.1.
13. Utari Khatulistiani dan Siswoyo (2005) *Perilaku Sifat Pengembangan Tanah Ekspansif Setelah Penambahan Limbah Soda*, Jurnal Aksial, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya, Vol.7, No.3.
14. Utari Khatulistiani, Yani D Puspitasari, dan Aprilina Berlian (2007) *Pemanfaatan Limah Marmer Sebagai Kombinasi Agregat Halus Beton*, Proceedings National Conference on Prospected Technology (NCPT 2007), Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
15. Utari Wessy Andriani dan Ina Nuraeni K (2005) *Penggunaan Limbah Keramik dan Kalsium Untuk Stabilisasi Tanah Ekspansif*, Jurnal Diagonal, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka, Malang, Vol.VI, No.3.