

## PROSIDING

Volume I : Geoteknik, Material, Struktur

# PERAN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN DALAM PEMBANGUNAN YANG BERKELANJUTAN

24 -26 Oktober 2013  
Kampus Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta



Editor:  
Yoyong Arfiadi  
Sholihin As'ad

Diselenggarakan atas kerjasama:



UNS



UAJY



UPH



Unud



Trisakti



UNSOED



ITENAS

# **KoNTeKS 7**

Konferensi Nasional Teknik Sipil

## **PROSIDING**

Volume I : Geoteknik, Material, Struktur

# **PERAN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN DALAM PEMBANGUNAN YANG BERKELANJUTAN**

24 -26 Oktober 2013  
Kampus Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta

Editor:  
Yoyong Arfiadi  
Sholihin As`ad

## **Sambutan Ketua Panitia Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)**

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 7 (KoNTekS 7) adalah seri lanjutan dari KoNTekS sebelumnya di Univ. Atma Jaya Yogyakarta (2007) dan (2008), Universitas Pelita Harapan, Jakarta (2009), Universitas Udayana, Denpasar (2010), Universitas Sumatera Utara, Medan (2011) dan Universitas Trisakti, Jakarta (2012).

Penyelenggaraan KoNTekS 7 sekarang dilakukan bersamaan dengan Rapat Tahunan Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI). Ini adalah tradisi bagus dimulai sejak KoNTekS 5 tahun 2010 di Medan yang menyatukan forum diseminasi riset dengan pertemuan para Ketua Jurusan Teknik Sipil yang banyak memberi warna arah pendidikan tinggi teknik sipil Indonesia.

Tema utama KoNTekS 7 adalah Peran Rekayasa Sipil dan Lingkungan dalam Mewujudkan Pembangunan yang Berkelanjutan. Tema ini sejalan dengan apa yang kita hadapi sekarang, di tengah upaya menyiapkan sarana dan prasarana nasional di bidang rekayasa teknik sipil dan lingkungan, berbagai persoalan lanjutan terus muncul. Keberhasilan menyiapkan sarana dan prasarana masih menyisakan berbagai persoalan lanjutan.

Pada KoNTekS 7 ini tujuh pembicara tamu dan 216 makalah yang diseleksi dari peer review akan di presentasikan masing-masing di sesi pleno dan paralel. Pembicara tamu adalah Bpk. Djoko Kirmanto (Menteri Pekerjaan Umum RI), Bpk. Prof. Ir. Wiratman Wangsadinata (Pakar senior teknik sipil nasional), Bpk. Dr. Marzan Asiz Iskandar (Kepala BPPT), Prof. Dr. Ir. Masyhur Irsyam, MSc, PhD. (Ketua Pemutakhiran Peta Gempa Nasional), Prof. Dr. Eng. Ir. Lawalenna Samang (Sekjen BMPTTSSI), Ir. Budi Harto MM (PT. Widjaja Karya). Ke-216 makalah kami pilih dari 281 abstrak yang kami terima, dimana sekitar 20 abstrak terpaksa kami tolak dari hasil review 28 orang reviewer KoNTekS 7. Semua makalah tersebut terbagi dalam bidang keairan 28 makalah, bidang struktur 47 makalah, bidang material 40 makalah, bidang geoteknik 26 makalah, bidang manajemen konstruksi 39 makalah, bidang transportasi 27 makalah dan bidang lingkungan 9 makalah. Kontributor makalah adalah peneliti dan dosen dari PTN dan PTS, dari Litbang PU, BUMN, Lembaga swasta.

KoNTekS 7 diselenggarakan atas kerjasama jurusan dan program studi teknik sipil di tujuh perguruan tinggi, yaitu Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Universitas Pelita Harapan, Universitas Udayana, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto, Universitas Trisakti Jakarta dan Institut Teknologi Nasional Bandung.

Atas nama panitia KoNTekS 7 kami mengucapkan terima kasih kepada Rektor Univ. Sebelas Maret, Dekan Fakultas Teknik UNS. Para pembicara undangan, seluruh kontributor makalah, reviewer, peserta, universitas anggota konsorsium kerjasama, sponsor PT. Wijaya Karya, media partner Techno Konstruksi, BMPTTSSI, BPPT dan Himpunan Mahasiswa Sipil Universitas Sebelas Maret.

Pada bagian akhir kami atas nama panitia KoNTekS 7 menyampaikan permohonan maaf, bila sejak awal persiapan hingga penyelenggaraan hari ini, ada kesalahan kata dan tindakan.

Semoga pertemuan ini memberi manfaat bagi kita semua dan bagi negeri dan kejayaan Indonesia.

**Dr. techn. Sholihin As'ad**  
Ketua Panitia KoNTekS 7

## **Sambutan Rektor Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo)**

Assalamu Alaikum Wr, Wb.

Selamat datang para pembicara tamu, tamu undangan, pemakalah, peserta Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 7 (KoNTekS 7) dan peserta Rapat Tahunan Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTSSI) ke Kampus Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo). Sebuah kehormatan bagi Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo) telah diberi kesempatan sebagai tuan rumah penyelenggaraan KoNTekS 7 dan Rapat Tahunan BMPTSSI.

Tema KoNTekS 7 kali ini adalah peran teknik sipil dan lingkungan dalam mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan. Pembangunan telah membawa banyak kemajuan, namun tidak dapat dipungkiri bahwa terdapat banyak persoalan di baliknya. Sangat banyak gedung, jembatan, jalan, bendungan dan infrastruktur lainnya dibangun yang akhirnya membawa pertumbuhan ekonomi. Namun sejumlah persoalan lingkungan berupa ketersediaan sumber daya alam, perubahan iklim dan kemacetan lalu lintas, kerentanan terhadap bencana alam juga menghadang di depan mata.

Persoalan-persoalan pembangunan tersebut adalah tantangan terhadap perguruan tinggi. Tantangan buat kita semua. Melalui misi tridharma perguruan tinggi, kita semua dituntut untuk bisa berperan dan menjawabnya. Penelitian harus selalu dihidupkan untuk bisa mendapatkan jawaban persoalan masyarakat dan penelitian sebisa mungkin dapat digunakan mengabdikan kepada masyarakat.

Forum KoNTekS 7 ini adalah forum untuk diseminasi hasil penelitian teknik sipil dan lingkungan di perguruan tinggi dan di lembaga lain di luar perguruan tinggi. Pada forum ini terbuka kesempatan saling berbagi pengalaman penelitian, saling mengenal dan diharapkan terjalin kerjasama diantaranya untuk bersama-sama menyelesaikan persoalan masyarakat tersebut dengan tuntas.

Forum KoNTekS 7 diselenggarakan dari kerjasama tujuh program studi teknik sipil di tujuh perguruan tinggi, UNS, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Universitas Pelita Harapan, Universitas Udayana, Universitas Trisakti, Universitas Jenderal Soedirman dan Institut Teknologi Nasional Bandung. Kami mendukung kerjasama seperti ini untuk peningkatan kualitas riset dan pengabdian kepada masyarakat.

Pada esok hari juga dilakukan rapat tahunan Badan Musyawarah Pendidikan Teknik Sipil Seluruh Indonesia dimana didalamnya diikuti para ketua dan sekretaris jurusan teknik sipil. Badan ini yang merumuskan arah perjalanan pendidikan teknik sipil Indonesia.

KoNTekS 7 dan Rapat Tahunan BMPTSSI adalah kegiatan untuk pengembangan riset dan pendidikan teknik sipil dan lingkungan. Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo) Insya Allah akan terus berkomitmen terhadap kegiatan pengembangan tridharma perguruan tinggi semacam ini.

Semoga kegiatan KoNTekS 7 dan Rapat Tahunan BMPTSSI ini memberi banyak manfaat kepada kita dan masyarakat. Amiin.

Selamat kepada semua peserta dan terima kasih kami ucapkan kepada panitia yang telah berupaya menyiapkan kegiatan ini. Kami mohon maaf bila ada hal yang tidak berkenan.

**Prof. Dr. Ravik Karsidi,MS.**  
Rektor Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo)

## **Sambutan Sekretaris Jenderal Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI)**

Atas nama Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI), saya mengucapkan selamat atas penyelenggaraan Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 7 (KoNTekS 7) dan rapat tahunan BMPTTSSI. Saya juga ingin menyampaikan terima kasih kepada anggota konsorsium kepanitiaan KoNTekS 7, khususnya Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo) yang telah mempersiapkan kedua acara ini dengan baik.

KoNTekS sudah berlangsung tujuh kali dan diselenggarakan setiap tahun. Sejak diprakarsai dan dimulai di Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 2007, forum ini terus mengalami peningkatan jumlah peserta dan jumlah makalah yang diterima untuk dipresentasikan. Umumnya makalah tersebut ditulis oleh dosen dari perguruan tinggi negeri dan perguruan tinggi swasta. KoNTekS dapat merefleksikan warna hasil riset para dosen di Indonesia.

Kami BMPTTSSI pada prinsipnya mendukung forum ilmiah diseminasi penelitian dosen dan civitas akademika penyelenggara pendidikan tinggi teknik sipil. Salah satu misi penyelenggaraan pendidikan tinggi teknik sipil adalah keluaran publikasi hasil riset dalam bentuk jurnal, prosiding, buku dan lain-lain dalam skala nasional dan internasional. Forum ilmiah semacam KoNTekS ini akan menghimpun keluaran riset dalam bentuk prosiding yang nantinya menjadi acuan peneliti lain untuk pengembangan riset lain ataupun riset lanjutan.

Kami yakin bahwa perjalanan tujuh tahun KoNTekS telah memberi banyak pelajaran kepada penyelenggara dalam mengelola dan menarik calon peserta. Kecenderungan penambahan makalah dari tahun ke tahun adalah indikasi bahwa forum ini diminati dan penting bagi periset. Kami berharap, iklim daya tarik ini terus bisa dipertahankan dan secara bertahap berjalan menuju sistem seleksi makalah yang semakin baik.

Pada hari kedua penyelenggaraan KoNTekS ini, kami juga melaksanakan rapat tahunan BMPTTSSI. Penyelenggaraan rapat tahunan ini kami anggap penting untuk menuntaskan agenda-agenda BMPTTSSI yang belum dapat dituntaskan dalam kegiatan musyawarah nasional yang penyelenggarannya tidak setiap tahun. Penyelenggaraan pertemuan BMPTTSSI bersamaan dengan penyelenggaraan KoNTekS sudah dimulai sejak KoNTekS 5 di Universitas Sumatera Utara Medan tahun 2011 dan dilanjutkan di KoNTekS 6 di Universitas Trisakti Jakarta tahun 2012. Ini adalah tradisi baik untuk kemajuan riset dan pendidikan teknik sipil secara keseluruhan. BMPTTSSI yang biasanya diisi para ketua dan sekretaris jurusan sedangkan KoNTekS adalah tempat berkumpulnya para peneliti teknik sipil dan lingkungan yang menjadi cermin penyelenggaraan riset di pendidikan tinggi teknik sipil dan lingkungan. Kedua acara ini sungguh menjadi media silaturahmi civitas akademika penyelenggara pendidikan tinggi teknik sipil yang Insya Allah akan selalu mendapat berkah dari Nya.

Semoga apa yang kita diskusikan dalam konferensi dan dalam rapat tahunan BMPTTSSI akan bermanfaat bagi kemajuan perkembangan pendidikan dan riset teknik sipil dan lingkungan di tanah air tercinta. Amiin.

**Prof. Dr. Eng. Ir. Lawalenna Samang, M. Eng,**  
Sekjen BMPTTSSI

## **Sambutan Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo)**

Pertama-tama, perkenankan kami menyampaikan selamat datang kepada Bapak Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Ir. Djoko Kirmanto Dipl.HE, Bapak Kepala BPPT, Dr. Ir. Marzan Azis Iskandar, MSc. Pakar senior Teknik Sipil Indonesia, Prof. Ir. Wiratman Wangsadinata Ketua Tim Pembaruan Peta Gempa Indonesia, Bpk. Prof. Ir. Masyhur Irsyam MAsc. PhD. Ketua Badan Musyarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI) Bpk. Prof. Dr. Ir. Lawalenna Samang, MEng, Direktur Operasi PT. Wijaya Karya, Ir. Budi Harto MM, para pemakalah dan peserta KoNTekS 7, para pimpinan anggota konsorsium penyelenggara KoNTekS 7, para ketua jurusan atau sekretaris jurusan yang juga akan mengikuti rapat tahunan Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI), dan semua tamu undangan lainnya.

Untuk pertama kalinya, Jurusan Teknik Sipil dipercaya sebagai penyelenggara Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) dan pertemuan Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI). Kami mengucapkan terima kasih atas kepercayaan yang telah diberikan kepada kami.

Kami meyakini bahwa amanah ini bukan hal sederhana. Sekarang ini, masyarakat berharap sangat banyak terhadap lembaga pendidikan tinggi, khususnya bidang teknik sipil dan lingkungan yang menjadi penyangga utama pembangunan nasional. Sebagai penyelenggara pendidikan dan riset teknik sipil dan lingkungan, Jurusan Teknik Sipil adalah lembaga yang paling bertanggung jawab dan paling dominan memberi warna kemajuan teknologi dan penerapan bidang teknik sipil di Indonesia. Bagus atau tidaknya kualitas riset sedikit banyak akan tercermin pada forum diseminasi riset seperti KoNTekS ini. Pada sisi lain, bagus atau tidaknya penyelenggaraan pendidikan teknik sipil adalah keluaran dari keputusan memformulasikan pendidikan tinggi teknik sipil pada forum BMPTTSSI.

KoNTekS sudah tujuh tahun digelar dan cukup konsisten sebagai acara pertemuan ilmiah tahunan. Alhamdulillah, sejak diprakarsai dan dimulai di Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 2007, KoNTekS semakin baik dan menjadi satu rujukan pertemuan Ilmiah Nasional. Sementara BMPTTSSI juga terus melakukan pembenahan, khususnya kurikulum pendidikan. Pasar bebas ASEAN tahun 2015 adalah waktu yang tidak lama lagi. Penyelenggara pendidikan teknik sipil perlu menyiapkan diri untuk menghadapi isu globalisasi. Di BMPTTSSI kita duduk bersama dan berdiskusi untuk mencari jalan keluarnya.

Kami berharap pada KoNTekS 7 dan Pertemuan BMPTTSSI ini ada terobosan baru, baik dalam hal riset maupun penyelenggaraan pendidikan, yang memberi warna baru pada perkembangan bidang pendidikan dan riset teknik sipil dan lingkungan Indonesia.

Kami mohon maaf kalau ada yang salah dalam penerimaan atau penyambutan Bapak dan Ibu di Solo dan di kampus Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo).

Selamat berkonferensi dan melaksanakan rapat tahunan.

**Ir. Bambang Santosa, MT.**

Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret (UNS Solo)

## **Sambutan Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta**

Segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala kasih karunia-Nya maka Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) kembali dapat diselenggarakan pada tahun ini. KoNTekS 7 ini dilaksanakan sebagai hasil kerja sama dari 7 perguruan tinggi yaitu: Universitas Sebelas Maret selaku tuan rumah, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Universitas Pelita Harapan, Universitas Trisakti, Universitas Udayana, Institut Teknologi Nasional, dan Universitas Jendral Soedirman.

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) merupakan acara ilmiah teknik sipil berkala yang digagas oleh Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan telah dilaksanakan setiap tahunnya sejak tahun 2007. Sejak tahun 2009, Universitas Atma Jaya Yogyakarta memberikan kesempatan bagi perguruan tinggi lain untuk bermitra menjadi tuan rumah penyelenggara KoNTekS. Satu hal yang menggembirakan dalam pelaksanaan KoNTekS tahun ini adalah meningkatnya jumlah makalah yang dipresentasikan. Melalui konferensi ini para peserta dapat saling bertukar informasi hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, serta materi yang disampaikan oleh para pembicara diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang teknik sipil.

Ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada panitia pelaksana dari Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah bekerja dengan baik, serta para perguruan tinggi mitra penyelenggara KoNTekS, para pembicara, anggota komite ilmiah, pihak sponsor dan semua pihak yang telah bekerja dan memberikan kontribusinya bagi penyelenggaraan KoNTekS 7 ini. Kami ucapkan selamat mengikuti konferensi dan sampai bertemu lagi pada pelaksanaan KoNTekS di tahun mendatang.

Yogyakarta, 27 September 2013

**Johanes Januar Sudjati, ST, MT**  
Ketua Program Studi Teknik Sipil UAJY

# Daftar Isi





<b>Sambutan Ketua Panitia Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTeKS 7).....</b>	<b>ii</b>
<b>Sambutan Rektor Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo).....</b>	<b>iii</b>
<b>Sambutan Sekretaris Jenderal Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI).....</b>	<b>iv</b>
<b>Sambutan Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo) .....</b>	<b>v</b>
<b>Sambutan Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta .....</b>	<b>vi</b>

## KELOMPOK PEMINATAN GEOTEKNIK

011G	<b>PREDIKSI PENCAIRAN TANAH AKIBAT GEMPA DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA.....</b>	<b>G-1</b>
	John T. Hatmoko <sup>1</sup> dan Hendra Suryadharma <sup>2</sup>	
012G	<b>STUDI PARAMETER UJI KONSOLIDASI MENGGUNAKAN SEL ROWE DAN UJI KONSOLIDASI KONVENSIIONAL TANAH DAERAH BANDUNG.....</b>	<b>G-9</b>
	Anastasia Sri Lestari <sup>1</sup> , Florentina M. Sugianto <sup>2</sup>	
015G	<b>OPTIMASI PERKUATAN LERENG DENGAN MENGGUNAKAN SOIL NAIL BERDASARKAN INSTRUMENTASI GEOTEKNIK.....</b>	<b>G-17</b>
	Rivai Sargawi <sup>1</sup> , Endra Susila <sup>2</sup> , Aditya Hadyan Putra <sup>3</sup>	
016G	<b>TINDAKAN PENCEGAHAN KEGAGALAN AKIBAT “PIPING” PADA TANGGUL PENGARAH ALIRAN SUNGAI.....</b>	<b>G-25</b>
	Rivai Sargawi <sup>1</sup> , Anton Junaidi <sup>2</sup>	
029G	<b>INDIKATOR BATAS CAIR TERHADAP BAHAYA LONGSORAN TANAH.....</b>	<b>G-33</b>
	Budijanto Widjaja <sup>1</sup> dan Shannon Hsien-Heng Lee <sup>2</sup>	
048G	<b>REPRESENTASI PARAMETER STATISTIK NILAI <math>C_c</math> MENGGUNAKAN RUMUS KORELASI EMPIRIS .....</b>	<b>G-39</b>
	Niken Silmi Surjandari <sup>1</sup>	
059G	<b>PEMANFAATAN LIMBAH PABRIK GULA (ABU AMPAS TEBU) UNTUK MEMPERBAIKI KARAKTERISTIK TANAH LEMPUNG SEBAGAI SUBGRADE JALAN.....</b>	<b>G-43</b>
	Agus Susanto <sup>1</sup> , Dhamis Tri Ratna Puri <sup>2</sup> dan Jalu Choirudin <sup>3</sup>	
068G	<b>EVALUASI DAN KONTROL PENGARUH REMBESAN PADA DAM TAILLING WAY LINGGO, KABUPATEN TANGGAMUS.....</b>	<b>G-51</b>
	Andius D. Putra <sup>1</sup>	
074G	<b>STABILITAS ABUTMENT DI ATAS PONDASI SUMURAN DAN TIANG PANCANG PADA LAPISAN TANAH LEMPUNG LUNAK (STUDI KASUS JEMBATAN TODDOPPULI X MAKASSAR) .....</b>	<b>G-59</b>
	Sitti Hijraini Nur <sup>1</sup> , Abd. Rahman Djamaluddin <sup>2</sup> dan Muhammad Zeid <sup>3</sup>	
084G	<b>KUAT GESER DAN KUAT TARIK BELAH TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN LIMBAH KARBIT DAN ABU SEKAM PADI.....</b>	<b>G-69</b>
	Willis Diana	
109G	<b>KAJIAN KESTABILAN TUBUH WADUK RUKOH KECAMATAN TITIEU KEUMALA KABUPATEN PIDIE .....</b>	<b>G-77</b>
	Devi Sundary <sup>1</sup> dan Azmeri <sup>1</sup>	
116G	<b>ATTENUATION ANALYSIS ON SOIL STRUCTURE BASED ON WAVELET SPECTROGRAM .....</b>	<b>G-83</b>
	Sri Atmaja P. Rosyidi	
126G	<b>STUDI KAPASITAS DUKUNG PONDASI LANGSUNG DENGAN ALAS PASIR PADA TANAH KELEMPUNGAN YANG DIPERKUAT LAPISAN GEOTEKSTIL.....</b>	<b>G-91</b>
	M. Iskandar Maricar <sup>1</sup>	
133G	<b>KORELASI NILAI N-SPT DENGAN PARAMETER KUAT GESER TANAH UNTUK WILAYAH JAKARTA DAN SEKITARNYA.....</b>	<b>G-99</b>
	Desiana Vidayanti <sup>1</sup> , Pintor T Simatupang <sup>2</sup> , Sido Silalahi <sup>3</sup>	

<b>147G</b>	<b>PREDIKSI KEDALAMAN DAN BENTUK BIDANG LONGSORAN PADA LERENG JALAN RAYA SEKARAN GUNUNGPATI SEMARANG BERDASARKAN PENGUJIAN SONDIR.....</b>	<b>G-109</b>
	Hanggoro Tri Cahyo A. <sup>1</sup> , Untoro Nugroho <sup>1</sup> , dan Mego Purnomo <sup>1</sup>	
<b>148G</b>	<b>PENGARUH METODE KONSTRUKSI PONDASI SUMURAN TERHADAP KAPASITAS DUKUNG VERTIKAL.....</b>	<b>G-117</b>
	Marti Istiyani <sup>1</sup> , Endah Kanti Pangestuti <sup>2</sup> dan Hanggoro Tri Cahyo A. <sup>2</sup>	
<b>150G</b>	<b>POLA PENURUNAN STRUKTUR PELAT LANTAI GUDANG RETAIL PADA TANAH LUNAK DI KAWASAN INDUSTRI WIJAYAKUSUMA SEMARANG .....</b>	<b>G-125</b>
	Himawan Indarto <sup>1</sup> dan Hanggoro Tri Cahyo A. <sup>2</sup>	
<b>157G</b>	<b>PEMANFAATAN RERUNTUHAN BANGUNAN PASCA GEMPA UNTUK MEMPERBAIKI TANAH LEMPUNG SEBAGAI SUBGRADE JALAN .....</b>	<b>G-133</b>
	Andriani <sup>1</sup> , Rina Yuliet <sup>2</sup> dan Tri Desrimaya <sup>3</sup>	
<b>158G</b>	<b>PERILAKU FONDASI TIANG BOR KELOMPOK DENGAN MODEL ELEMEN HINGGA 2D DAN 3D .....</b>	<b>G-141</b>
	Agus Setyo Muntohar <sup>1</sup> , Fadly Fauzi <sup>2</sup>	
<b>172G</b>	<b>PEMANFAATAN LIMBAH KARBIT UNTUK MENINGKATKAN NILAI CBR TANAH LEMPUNG DESA COT SEUNONG.....</b>	<b>G-151</b>
	Nafisah Al-Huda <sup>1</sup> , dan Hendra Gunawan <sup>2</sup>	
<b>178G</b>	<b>ANALISIS NUMERIK STABILITAS LERENG DENGAN DRAINASE HORIZONTAL KARENA RAPID DRAWDOWN UNTUK BERBAGAI KEMIRINGAN .....</b>	<b>G-157</b>
	M. Farid Ma'ruf <sup>1</sup>	
<b>209G</b>	<b>RETAK HIDROLIS PADA BENDUNGAN URUGAN BATU; FAKTOR PENYEBAB DAN CARA UNTUK MENGHINDARINYA.....</b>	<b>G-165</b>
	D. Djarwadi <sup>1</sup> , K.B. Suryolelono <sup>2</sup> , B. Suhendro <sup>2</sup> dan H.C. Hardiyatmo <sup>2</sup>	
<b>214G</b>	<b>PRAKIRAAN NILAI KUAT GESER TANAH LUNAK BERDASARKAN PENGUJIAN MACKINTOSH PROBE .....</b>	<b>G-175</b>
	Ferry Fatnanta <sup>1</sup> , Soewignjo Agus Nugroho <sup>2</sup> dan Hawmar Rosyida <sup>3</sup>	
<b>225G</b>	<b>EVALUASI PERGERAKAN DINDING PENAHAN TANAH PELAKSANAAN GALIAN DALAM PADA TANAH LUNAK DI JAKARTA .....</b>	<b>G-183</b>
	Ruwaida Zayadi	
<b>257G</b>	<b>ANALISIS KESTABILAN LERENG BERDASARKAN INTEGRASI DATA GEOFISIKA TAHANAN BATUAN DAN GEOTEKNIK N-SPT .....</b>	<b>G-193</b>
	Ardy Arsyad <sup>1</sup> , Tri Harianto <sup>1</sup> , Lawalenna Samang <sup>1</sup> , Wahniar Hamid <sup>2</sup> , Ronald Angi <sup>1</sup>	
<b>274G</b>	<b>PENERAPAN METODE ANALISIS LENDUTAN PELAT TERPAKU PADA MODEL SKALA PENUH DAN KOMPARASI DENGAN UJI PEMBEBANAN.....</b>	<b>G-201</b>
	Anas Puri <sup>1</sup> , Hary C. Hardiyatmo <sup>2</sup> , Bambang Suhendro <sup>2</sup> , dan Ahmad Rifa'i <sup>2</sup>	

## KELOMPOK PEMINATAN MATERIAL

- 009M KAJIAN INTERVAL RASIO AIR-POWDER BETON SELF-COMPACTING TERKAIT KINERJA KEKUATAN DAN FLOW ..... M-1**  
Bernardinus Herbudiman<sup>1</sup>, dan Sofyan Ependi Siregar<sup>2</sup>
- 020M PERBANDINGAN KEKUATAN BETON BERDASARKAN HASIL *ULTRASONIC PULSE VELOCITY TEST* DENGAN UJI TEKAN ..... M-9**  
Happy Silvana Anggraeni<sup>1</sup>, Eddy Eko Susilo<sup>2</sup>, dan Sonny Wedhanto<sup>3</sup>
- 021M PENGARUH PENGGUNAAN SERAT POLYPROPYLENE DAN MICRO STEEL FIBER PADA KETAHANAN API DARI ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE (UHPC) UNTUK BANGUNAN INFRASTRUKTUR..... M-17**  
Harianto Hardjasaputra<sup>1</sup>, Vera Indrawati<sup>2</sup>, Indra Djohari<sup>3</sup>
- 028M KARAKTERISTIK BLOK BAHAN PASANGAN DINDING DARI BONGKARAN ASPAL LAMA DENGAN ASPAL SEBAGAI PEREKAT ..... M-25**  
I Nyoman Arya Thanaya<sup>1</sup>, A.A. Gede Sutapa<sup>2</sup> dan Raindra Priawan<sup>3</sup>
- 038M KONSISTENSI DAN KUAT TEKAN MORTAR YANG MENGGUNAKAN AIR LAUT SEBAGAI MIXING WATER ..... M-33**  
Erniati<sup>1\*</sup>, M. Wihardi Tjaronge<sup>2</sup>, Rudy Djamaluddin<sup>3</sup> dan Victor Sampebulu<sup>4</sup>
- 064M KAJIAN PERILAKU LENTUR PELAT KERAMIK BETON (KERATON)..... M-39**  
Hazairin<sup>1</sup>, Bernardinus Herbudiman<sup>2</sup> dan Mukhammad Abduh Arrasyid<sup>3</sup>
- 067M PERILAKU LEKATAN TULANGAN ULIR TERHADAP MATERIAL SCC..... M-47**  
A. Arwin Amiruddin<sup>1</sup>
- 072M RESPON TEGANGAN-REGANGAN BETON BERSERAT GONI PADA SUHU TINGGI ..... M-55**  
Antonius<sup>1</sup>
- 096M KONSISTENSI DAN KUALITAS PERMUKAAN SCC AKIBAT PERBEDAAN UKURAN MAKSIMUM AGREGAT DAN KANDUNGAN PASIR..... M-63**  
Sholihin As'ad<sup>1</sup>, Wibowo<sup>2</sup> dan Endah Safitri<sup>3</sup>
- 103M PENGARUH PENGGUNAAN BONE ASH DAN RICE HUSK ASH TERHADAP SIFAT MEKANIS PASTA SEMEN ..... M-71**  
M. Samsul Anam<sup>1</sup>, Wawan Trianto<sup>2</sup>
- 105M PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH PLASTIK POLIPROPILENA SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT PADA CAMPURAN LASTON TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL..... M-81**  
Anita Rahmawati<sup>1</sup> dan Rama Rizana<sup>2</sup>
- 108M STUDI PENGGUNAAN SERAT IJUK SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA ASPAL POROUS LIQUID ASBUTON..... M-89**  
Nur Ali<sup>1</sup>
- 117M KUAT TEKAN DAN ANGKA POISSON BAMBU PETUNG LAMINASI..... M-97**  
Nor Intang Setyo H.<sup>1</sup>, Iman Satyarno<sup>2</sup>, Djoko Sulistyono<sup>2</sup> dan T.A. Prayitno<sup>3</sup>
- 120M KUAT LEKAT (*BOND STRENGTH*) ANTARA TULANGAN DENGAN BETON BUSA (*FOAMED CONCRETE*) ..... M-105**  
Mochammad Afifuddin<sup>1</sup>, dan Abdullah<sup>1</sup>

122M	<b>KAJIAN EKSPERIMENTAL DAMPAK GENANGAN AIR HUJAN TERHADAP STRUKTUR ASPHAL PAVEMENT (STUDI KASUS RUAS JALAN DR. WAHIDIN SUDIRO HUSODO KOTA MAKASSAR).....</b>	M-113
	Firdaus Chairuddin <sup>1</sup> ; Wihardi Tdaronge <sup>2</sup> ; Muhammad Ramli <sup>3</sup> ; Johannes Patanduk <sup>4</sup>	
141M	<b>PEMANFAATAN LIMBAH ASBES UNTUK PEMBUATAN BATAKO.....</b>	M-123
	Setiyo Daru Cahyono <sup>1</sup> dan Rosyid Kholilur Rohman <sup>2</sup>	
155M	<b>KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN BAHAN UTAMA BUBUK LUMPUR LAPINDO DAN KAPUR.....</b>	M-129
	As'at Pujiyanto <sup>1</sup> , Anzila NA <sup>2</sup> , Martyana DC2, dan Hendra <sup>2</sup>	
156M	<b>DETEKSI TINGKAT KEPADATAN LABORATORIUM LASTON MENGGUNAKANANALISIS GELOMBANG SEISMIK PRIMER.....</b>	M-137
	Sri Atmaja P. Rosyidi <sup>1</sup> , Anita Rahmawati <sup>2</sup> dan Indra Ariani <sup>3</sup>	
186M	<b>STUDI PENAMBAHAN ABU BATUBARA SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN BERASPAL.....</b>	M-145
	Syaiful <sup>1</sup> , Setiana Mulyawan <sup>2</sup>	
190M	<b>PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SENG PADA BETON RINGAN DENGAN TEKNOLOGI FOAM TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN MODULUS ELASTISITAS .....</b>	M-153
	Purnawan Gunawan <sup>1</sup> , Slamet Prayitno <sup>2</sup> , dan Aroma Isman Abdul Majid <sup>3</sup>	
193M	<b>KINERJA PELAKSANAAN PEKERJAAN DINDING MORTAR COR DITEMPAT DI LAPANGAN.....</b>	M-161
	Swadiryus Suhendi <sup>1</sup> , Deni Setiawan <sup>2</sup> , Yosafat Aji Pranata <sup>3</sup>	
200M	<b>USE OF ELECTRIC-ARC FURNACE DUST (EAFD) AS A STABILIZER FOR MIXER DRUM WASH WATER.....</b>	M-169
	Suwito <sup>1</sup>	
202M	<b>PENGGUNAAN LIMBAH BUBUR KERTAS DAN FLY ASH PADA BATAKO.....</b>	M-177
	Angelina Eva Lianasari <sup>1</sup> , Sondang Dwiputra Paiding <sup>2</sup>	
203M	<b>PENGARUH SUHU PEMBAKARAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON FLY ASH DENGAN PENAMBAHAN WATER REDUCER.....</b>	M-185
	Angelina Eva Lianasari <sup>1</sup> , Sabdo Tri Manggolo <sup>2</sup> , Randy Kristovandy Tanesia <sup>3</sup>	
204M	<b>PENGARUH PENAMBAHAN KARET SOL PADA BETON ASPAL YANG TERENDAM AIR LAUT.....</b>	M-191
	JF Soandrijanie L <sup>1</sup> dan Andri Kurniawan <sup>2</sup>	
205M	<b>PENGARUH POLYPROPYLENE TERHADAP STABILITAS DAN NILAI MARSHALL LASTON .....</b>	M-199
	JF Soandrijanie L <sup>1</sup> dan Wahyu Ari Purnomo <sup>2</sup>	
226M	<b>STUDI EKSPERIMENTAL MENGENAI SIFAT SEGAR DARI BETON MEMADAT MANDIRI YANG MENYERTAKAN FLY ASH DALAM VOLUME TINGGI.....</b>	M-207
	Sunarmasto <sup>1</sup> , Stefanus A Kristiawan <sup>2</sup> , Achmad Basuki <sup>3</sup> and Nicken A Putri <sup>4</sup>	
228M	<b>STUDI KOMPARASI PENGARUH NANOSILIKA ALAM DAN NANOSILIKA KOMERSIL TERHADAP BETON.....</b>	M-215
	Jonbi <sup>1</sup> , Anang Kristianto <sup>2</sup> dan A.R. Indra Tjahjani <sup>3</sup>	

232M	<b>PENGARUH VOLUME SERAT LOKAL TERHADAP KEKUATAN LENTUR REACTIVE POWDER CONCRETE</b> .....	M-221
	Widodo Kushartomo <sup>1</sup> , FX Supartono <sup>2</sup> dan Kuncoro Djati Widagdo <sup>3</sup>	
236M	<b>PENGARUH BAHAN HASIL MODIFIKASI POLIETILEN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON NORMAL</b> .....	M-227
	Resmi Bestari Muin <sup>1</sup> , Hasnah Muin <sup>2</sup>	
250M	<b>KUAT LENTUR DAN PERILAKU LANTAI KAYU DOUBLE STRESS SKIN PANEL</b> .....	M-235
	Johannes Adhijoso Tjondro <sup>1</sup> , Fina Hafnika <sup>2</sup>	
251M	<b>KUAT LENTUR DAN PERILAKU BALOK PAPAN KAYU LAMINASI SILANG DENGAN PEREKAT</b> .....	M-241
	Johannes Adhijoso Tjondro <sup>1</sup> dan Benny Kusumo <sup>2</sup>	
252M	<b>KUAT LENTUR DAN PERILAKU BALOK PAPAN KAYU LAMINASI SILANG DENGAN PAKU</b> .....	M-247
	Johannes Adhijoso Tjondro <sup>1</sup> , Altho Sagara <sup>2</sup> dan Stephanus Marco <sup>2</sup>	
253M	<b>KINERJA LABORATORIUM DARI CAMPURAN BETON ASPAL LAPIS AUS (AC-WC) MENGGUNAKAN ASPAL MODIFIKASI POLIMER NEOPRENE</b> .....	M-253
	Eri Susanto Hariyadi <sup>1</sup> , Bambang Sugeng Subagio <sup>1</sup> dan Ruli Koestaman <sup>1</sup>	
265M	<b>TEST X-RAY TOMOGRAPHY PERMEABLE ASPHALT PAVEMENT MENGGUNAKAN BATU DOMATO SEBAGAI COARSE AGGREGATE DENGAN BAHAN PENGIKAT BNA-BLEND PERTAMINA</b> .....	M-263
	Firdaus Chairuddin <sup>1</sup> ; Wihardi Tdaronge <sup>2</sup> ; Muhammad Ramli <sup>3</sup> ; Johannes Patanduk <sup>4</sup>	
268M	<b>PERBANDINGAN KARAKTER ASPAL PORUS MENGGUNAKAN AGGREGATE GRAVEL DAN KERIKIL MERAPI DENGAN AGGREGATE KONVENSIONAL</b> .....	M-271
	Agus Sumarsono <sup>1</sup> , Sri Widyastuti <sup>2</sup> dan Ary Setyawan <sup>3</sup>	
269M	<b>EKSTRAKSI ASBUTON MENGGUNAKAN METODE ASBUTON EMULSI</b> .....	M-277
	Djoko Sarwono <sup>1</sup> , Didit Cahya Utama <sup>2</sup> , Ary Setyawan <sup>3</sup>	
270M	<b>LIMBAH VULKANISIR BAN SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN STRESS ABSORPTION MEMBRANE INTER LAYERS</b> .....	M-283
	Djumari <sup>1</sup> , Muhamad Ansori <sup>2</sup> dan Ary Setyawan <sup>3</sup>	
275M	<b>CAMPURAN SERBUK GERGAJI, SERBUK KETAM DAN SERBUK AMPLASAN KAYU JATI DENGAN PEREKAT RESIN DAN HARDENER SEBAGAI BAHAN PERBAIKAN KAYU</b> .....	M-291
	Achmad Basuki <sup>1</sup>	
276M	<b>RESISTENSI BETON MEMADAT MANDIRI YANG MENGANDUNG FLY ASH TINGGI TERHADAP SERANGAN ASAM SULFAT</b> .....	M-297
	Stefanus A Kristiawan <sup>1</sup> , Fatkulloh <sup>2</sup> dan Kartika Adrianingtyas <sup>3</sup>	

## KELOMPOK PEMINATAN STRUKTUR

001S	PENGUNAAN <i>ARTIFICIAL NEURAL NETWORK</i> UNTUK PREDIKSI TEGANGAN PADA BALOK KASTELA HEKSAGONAL BENTANG 1 METER .....	S- 1
	Ahmad Muhtarom <sup>1</sup>	
017S	LEKAT-GESER PERMUKAAN BETON DENGAN <i>LIPS CHANNEL</i> .....	S- 9
	Andang Widjaja <sup>1</sup> , dan Nuroji <sup>2</sup>	
027S	PENGARUH KELANGSINGAN PORTAL BAJA TERHADAP EFEKTIVITAS DAM ( <i>DIRECT ANALYSIS METHOD</i> ) DIBANDING METODE LAMA (KL/R).....	S- 17
	Wiryanto Dewobroto dan Eddiek Ruser	
033S	STUDI NUMERIK PENINGKATAN KINERJA STRUKTUR BAJA ECCENTRICALLY BRACED FRAME TYPE-D DENGAN MODIFIKASI PENGAKU BADAN LINK GESER.....	S- 25
	Kurdi <sup>1</sup> , Bambang Budiono <sup>2</sup> dan Yurisman <sup>3</sup>	
034S	PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG DENGAN <i>GLASS FIBER</i> <i>JACKET</i> UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS BEBAN AKSIAL .....	S- 33
	Johanes Januar Sudjati <sup>1</sup> , Hastu Nugroho <sup>2</sup> dan Paska Garien Mahendra <sup>3</sup>	
036S	PERILAKU ELEMEN BETON SANDWICH TERHADAP PENGUJIAN GESER MURNI.....	S- 39
	Firdaus	
040S	PENGARUH PENGGUNAAN WIRE ROPE SEBAGAI PERKUATAN LENTUR TERHADAP KEKUATAN DAN DAKTILITAS BALOK BETON BERTULANG TAMPANG T .....	S- 47
	Anggun Tri Atmajayanti <sup>1</sup> , Iman Satyarno <sup>2</sup> , Ashar Saputra <sup>3</sup>	
042S	ANALISIS DIAGRAM INTERAKSI KOLOM PADA PERENCANAAN KOLOM PIPIH BETON BERTULANG.....	S- 53
	Richard Frans <sup>1</sup> , Frits Thioriks <sup>2</sup> , Jonie Tanijaya <sup>3</sup> dan Hendry Tanoto Kalangi <sup>4</sup>	
046S	PENGEMBANGAN PROGRAM BERBASIS <i>OPEN SOURCE</i> REALIN UNTUK ANALISIS STRUKTUR .....	S- 61
	Yoyong Arfiadi <sup>1</sup>	
050S	PENILAIAN KEANDALAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG EKSISTING: PERATURAN DAN IMPLEMENTASINYA.....	S- 69
	Wahyu Wuryanti <sup>1</sup>	
051S	ANALISIS LENTUR PELAT SATU ARAH BETON BERTULANG BERONGGA BOLA MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA NON LINIER.....	S- 77
	Dinar Gumilang Jati	
053S	PENGUNAAN RANTING BAMBURI ( <i>BAMBUSA ARUNDINACEA</i> ) SEBAGAI KONEKTOR PADA STRUKTUR TRUSS BAMBURI .....	S- 85
	Astuti Masdar <sup>1</sup> , Zufrimar <sup>3</sup> , Noviarti <sup>2</sup> dan Desi Putri <sup>3</sup>	
057S	PERILAKU MEKANIK SAMBUNGAN STRUKTUR BAMBURI LAMINASI MENGGUNAKAN PELAT DAN BAUT.....	S- 91
	IGL Bagus Eratodi <sup>1</sup> , Andreas Triwiyono <sup>2</sup> , Ali Awaludin <sup>3</sup> dan TA Prayitno <sup>4</sup>	
070S	EXPERIMENTAL STUDY ON CONFINED CONCRETE OF THIN COLUMN SECTIONS .....	S- 99
	Ketut Sudarsana <sup>1</sup>	



090S	<b>PRILAKU MEKANIK BALOK BETON BERTULANG BERAGREGAT LIMBAH <i>STYROFOAM</i> .....</b>	S- 107
	Yasser <sup>1</sup> , Herman Parung <sup>2</sup> , M. Wihardi Tjaronge <sup>3</sup> dan Rudy Djamiluddin <sup>4</sup>	
104S	<b>PERILAKU HUBUNGAN BALOK-KOLOM EKSTERIOR BETON NORMAL, MUTU TINGGI, &amp; BUBUK REAKTIF DENGAN BEBAN LATERAL SIKLIK .....</b>	S- 115
	Pio Ranap Tua Naibaho <sup>1</sup> , Bambang Budiono <sup>2</sup> , Awal Surono <sup>3</sup> dan Ivindra Pane <sup>4</sup>	
111S	<b>KAJIAN ALIRAN ANGIN PERMUKAAN TERHADAP STABILITAS AERODINAMIK LANTAI JEMBATAN BENTANG PANJANG .....</b>	S- 123
	Sukamta <sup>1</sup>	
131S	<b>ANALISIS GETARAN NON LINEAR PADA STRUKTUR DENGAN PERPINDAHAN BESAR .....</b>	S- 131
	Anwar Dolu	
137S	<b>PROTEKSI SEISMIK DENGAN <i>METALLIC DAMPER</i> UNTUK BANGUNAN TINGKAT RENDAH SAMPAI SEDANG .....</b>	S- 141
	Junaedi Utomo <sup>1</sup> , Dyah Kusumastuti <sup>2</sup> , Muslinang Moestopo <sup>3</sup> dan Adang Surahman <sup>4</sup>	
160S	<b>PERILAKU LENTUR BALOK BETON DENGAN PERKUATAN BAMBUPETUNG DAN PEREKAT BERBAHAN DASAR SEMEN .....</b>	S- 149
	Yanuar Haryanto <sup>1</sup> , Nanang Gunawan Wariyatno <sup>2</sup> dan Gathot Heri Sudiby <sup>3</sup>	
161S	<b>PEMANFAATAN BETON SERAT ANYAMAN KAWAT SEBAGAI PERKUATAN METODE <i>PREPACKED CONCRETE</i> PADA BALOK BETON BERTULANG .....</b>	S- 157
	Nanang Gunawan Wariyatno <sup>1</sup> , Yanuar Haryanto <sup>2</sup>	
166S	<b>STUDI PERBANDINGAN PERSYARATAN LUAS TULANGAN PENGEKANG KOLOM PERSEGI PADA BEBERAPA PERATURAN DAN USULAN PENELITIAN .....</b>	S- 163
	Anang Kristianto <sup>1</sup> dan Iswandi Imran <sup>2</sup>	
170S	<b>KOLOM KANAL C GANDA BERPENGISI BETON RINGAN DENGAN BEBAN EKSENTRIK .....</b>	S-171
	Ade Lisantono <sup>1</sup> , Bonaventura Henrikus Santoso <sup>2</sup> dan Rony Sugianto <sup>3</sup>	
171S	<b>KONSTRUKSI PONDASI TAPAK DAN SLOOF PADA STRUKTUR BAWAH RUMAH SEDERHANA SATU LANTAI .....</b>	S-179
	Sentosa Limanto <sup>1</sup> , Johannes I. Suwono <sup>2</sup> , Danny Wuisan <sup>3</sup> dan Christian Raharjo <sup>3</sup>	
175S	<b>PENGARUH LIMBAH MARMER SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA BETON .....</b>	S-185
	Istiqomah <sup>1</sup> dan Shanti kurnia <sup>2</sup>	
182S	<b>PENGARUH TULANGAN CRT DAN TULANGAN BJTD PADA KOMPONEN LENTUR DENGAN MUTU BETON <i>F'C 24,52 MPA</i> .....</b>	S-191
	Eri Andrian Yudianto, Sudiman Indra	
189S	<b>ANALISIS GAYA GEMPA RENCANA PADA STRUKTUR BERTINGKAT BANYAK DENGAN METODE DINAMIK RESPON SPEKTRA .....</b>	S-201
	Restu Faizah <sup>1</sup> dan Widodo <sup>2</sup>	
192S	<b>PEMODELAN METODE ELEMEN HINGGA NONLINIER DINDING PANEL GEWANG LAMINASI 2D TERHADAP BEBAN LATERAL .....</b>	S-209
	IB Gede Putra Budiana <sup>1</sup> , Yosafat Aji Pranata <sup>2</sup>	

195S	<b>KINERJA HUBUNGAN BALOK KOLOM (HBK) BETON BERTULANG DENGAN BAHAN BETON BERSERAT BAJA DRAMIX DAN FLY ASH PADA PEMBEBANAN STATIK.....</b>	S-219
	Edy Purwanto <sup>1</sup> , Bambang Santosa <sup>1</sup>	
198S	<b>PENGARUH MODIFIKASI TULANGAN BAMBU GOMBONG TERHADAP KUAT CABUT BAMBU PADA BETON .....</b>	S-229
	Herry Suryadi <sup>1</sup> , Matius Tri Agung <sup>2</sup> , dan Eigya Bassita Bangun <sup>2</sup>	
199S	<b>EFEK <i>SOFT STOREY</i> PADA RESPON DINAMIK STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG TINGKAT TINGGI.....</b>	S-237
	Antonius <sup>1</sup> dan Aref Widhianto <sup>2</sup>	
207S	<b>MODEL BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU SEBAGAI PENGGANTI TULANGAN BAJA .....</b>	S-245
	Agus Setiya Budi <sup>1</sup> , Kusno Adi Sambowo <sup>2</sup> dan Ira Kurniawati <sup>3</sup>	
208S	<b>KUAT LEKAT TULANGAN BAMBU WULUNG DAN PETUNG TAKIKAN PADA BETON NORMAL .....</b>	S-253
	Agus Setiya Budi <sup>1</sup> , Sugiyarto <sup>2</sup>	
210S	<b>PEMODELAN ELEMEN HINGGA NONLINIER TUMPUAN TIANG-PONDASI RUMAH ADAT TRADISIONAL AMMU HAWU.....</b>	S-261
	I Ketut Suwantara <sup>1</sup> , Yosafat Aji Pranata <sup>2</sup>	
215S	<b>KAJIAN KINERJA STRUKTUR RANGKA BRESING V-TERBALIK EKSENTRIK DAN KONSENTRIK .....</b>	S-269
	Made Sukrawa, Ida Bagus Dharma Giri, I Made Astarika Dwi Tama	
217S	<b>STUDI PERBANDINGAN RESPON SPEKTRA KOTA TARUTUNG BERDASARKAN SNI 03-1726-2002 DAN SNI 1726:2012 UNTUK EVALUASI PELAKSANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA.....</b>	S-277
	Meassa Monikha Sari	
224S	<b>APLIKASI SPACE FRAME PADA BANGUNAN COAL YARD.....</b>	S-285
	Johannes Tarigan <sup>1</sup> , Adi Yesaya Sukatendel <sup>2</sup>	
230S	<b>PANJANG EFEKTIF UNTUK TEKUK TORSI LATERAL BALOK BAJA DENGAN PENAMPANG I.....</b>	S-293
	Paulus Karta Wijaya <sup>1</sup>	
233S	<b>PERBANDINGAN SPEKTRA DESAIN BEBERAPA KOTA BESAR DI INDONESIA DALAM SNI GEMPA 2012 DAN SNI GEMPA 2002 .....</b>	S-299
	Yoyong Arfiadi <sup>1</sup> dan Iman Satyarno <sup>2</sup>	
237S	<b>ANALISIS MODIFIKASI TUMPUAN KUDA-KUDA ATAP UTAMA (<i>MAIN RAFTER</i>) BENTANG 60,00 M. PROYEK TERMINAL BANDARA SEPINGGAN BALIKPAPAN.....</b>	S-307
	Agus Sugianto <sup>1</sup> dan Andi Marini Indriani <sup>2</sup>	
238S	<b>PENGARUH PASIR TERHADAP PENINGKATAN RASIO REDAMAN PADA PERANGKAT KONTROL PASIF .....</b>	S-315
	Daniel Christianto <sup>1</sup> , Yuskar Lase <sup>2</sup> dan Yeospitta <sup>3</sup>	
240S	<b>EFEK BERBAGAI JARAK EXTERNAL CONFINEMENT TERHADAP DEFORMABILITY BETON.....</b>	S-321
	Endah Safitri <sup>1</sup> , Nuroji <sup>2</sup> , Antonius Mediyanto <sup>3</sup>	

242S	<b>KAJIAN TEKUK LATERAL TORSI BALOK TINGGI BERPENGAKU VERTIKAL DENGAN MENGGUNAKAN CARA HUGHES DAN MA .....</b>	<b>S-327</b>
	Sri Tadjono	
244S	<b>STUDI SIMULASI NUMERIK KESEHATAN JEMBATAN RANGKA WARREN DENGAN UJI VIBRASI .....</b>	<b>S-333</b>
	Jack Widjajakusumadan Filly Wiliany Limbunan	
246S	<b>KAJIAN ANALITIK PENGARUH RAMBATAN ENERGI GEMPA TERHADAP PERILAKU BENTURAN GEDUNG .....</b>	<b>S-339</b>
	Halwan Alfisa S <sup>1</sup> dan Sigit Darmawan <sup>2</sup>	
254S	<b>STUDI EFFECTIVE TORSIONAL CONSTANT UNTUK BERBAGAI PROFIL STUDI KASUS PROFIL GUNUNG GARUDA.....</b>	<b>S-347</b>
	Kamaludin	
266S	<b>PERILAKU BATANG LANGSING KOMPOSIT MENGGUNAKAN BAHAN CONCRETE-FILLED STEEL TUBE (CFT) PADA APLIKASI BEBAN TEKAN .....</b>	<b>S-359</b>
	Wibowo <sup>1</sup> , AP Rahmadi <sup>2</sup> , Purnawan Gunawan <sup>3</sup> , Dimas Ahmad AM <sup>4</sup> dan Sholicin <sup>5</sup>	

# Kelompok Peminatan Geoteknik



# PREDIKSI PENCAIRAN TANAH AKIBAT GEMPA DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA (011G)

John T. Hatmoko<sup>1</sup> dan Hendra Suryadharma<sup>2</sup>

*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari No. 44, Yogyakarta  
Email : john@staff.uajy.ac.id*

## ABSTRACT

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) is one of the region in Indonesia that potentially have earthquake disaster. In geotechnic point of view, soil profile in DIY, especially, in the city of Yogyakarta is covered by sand layer up to the depth of 60 meter. The soil is uniformly graded sand with low of N-SPT values near the ground surface, and it gets higher on the deep elevation. Groundwater level at the elevation of 12 meter during the dry seasons and getting higher up to the depth of 4 meters during rainy seasons. Therefore, based on the condition of soil profile, groundwater level and N-SPT value, it is possible that there will be liquefaction in DIY. The research was conducted to predict the liquefaction that may happen in DIY. In this research, the data were collected the form of boring-log, and Standard Penetration Test (SPT). There were more than 10 boring, and 10 SPT data collected from the north of DIY. Moreover, the additional required data such as mechanical properties of the soil were tested in the Soil Laboratory Department of Civil Engineering Universitas Atma Jaya Yogyakarta. The soil data, then analyzed by means of the method developed by NCEER. The results indicates that the CSR obtained from the previous earthquake data are relatively smaller compared to the CRR for every elevation. It is probably due to horizontal acceleration-gravitation ratio (0.03; 0.088; 0.116; 0.123; and 0.142), and total – effective stress ratio are very small. From CRR-CSR ratio, there were no liquefaction zone in the specific depth. However, in the future if there is earthquake that generates horizontal acceleration more than 0.2 g, there will probably be liquefaction in DIY.

Keywords : liquefaction, CSR, CRR, N-SPT, sand

## 1. PENDAHULUAN

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan bagian dari busur kepulauan Sumatera, Jawa dan Nusa Tenggara yang terbentuk akibat proses subduksi dari lempeng Pasifik dan Australia kebawah lempeng Eurasia. Proses ini tidak hanya menimbulkan aktivitas tektonik saja melainkan juga aktivitas vulkanik oleh keberadaan gunung Merapi yang sangat aktif (Newcomb, K.R, 1987). Dengan demikian Yogyakarta merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rawan gempa. Secara geografis, Yogyakarta terletak pada 7.80 derajat Lintang Selatan dan 110.34 derajat Bujur Timur terletak pada palung Jawa. Oleh sebab itu, Yogyakarta dipengaruhi oleh gempa-gempa yang terjadi pada busur Sunda. Secara geologik pada umumnya tanah di Yogyakarta merupakan lapisan tanah pasir yang sangat tebal sampai dengan kedalaman 60 meter dari permukaan tanah. Gradasi tanah pasir relatif seragam dengan nilai N-SPT cukup rendah pada daerah dekat permukaan. Muka air tanah terletak pada kedalaman sekitar 12 meter pada musim kemarau dan naik menjadi sekitar 4 sampai 6 meter pada saat musim penghujan. Jenis pelapisan tanah tersebut serta kondisi muka air tanahnya akan sangat mungkin terjadinya peristiwa pencairan tanah (*liquefaction*) pada saat terjadi gempa. Menurut Seed (1966, 1984, 1990); Idriss (1971, 1986, 1990); Gupta (1979), potensi terjadinya peristiwa *liquefaction* mempertimbangkan beberapa hal : gradasi tanah pasir, kepadatan relatif, nilai N-SPT, karakteristik getaran dan lain sebagainya. Penelitian ini bertujuan memprediksi potensi *liquefaction* yang kemungkinan besar akan terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta. Data penelitian ini merupakan data primer hasil pengujian *Bor dalam* dan hasil pengujian *Standar Penetration Test (SPT)*. Disamping itu juga dilakukan pengujian sifat-sifat fisik tanah (berat volume, gradasi, berat jenis, batas-batas konsistensi) dan sifat-sifat mekaniknya dilakukan pengujian di Laboratorium.

Peristiwa pencairan tanah pada saat terjadi gempa atau yang dikenal dengan peristiwa *liquefaction* secara intensif baru ditekuni setelah peristiwa gempa yang terjadi di Alaska (April, 1964) dan gempa yang terjadi di Niigata, Jepang (Juni, 1964). Setelah kedua peristiwa gempa tersebut, penelitian mengenai *liquefaction* dilakukan secara intensif. Pada penelitian ini akan di review perkembangan penelitian mengenai *liquefaction* pada kurun waktu dua puluh tahun terakhir. Perilaku tanah pasir jenuh diuji didalam alat uji triaksial. Hasil sangat kontradiktif pada kepadatan relatif sampai dengan 60%. Hal ini menunjukkan adanya respons anisotropis pada kondisi pembebanan takterdrainase. Pada beban monotonik diikuti peristiwa *liquefaction*, tanah pasir berperilaku mengembang walaupun

pada kondisi pembebanan statik sangat kontraktif (Vaid, 1995). Perilaku tanah pasir setelah liquefaction menunjukkan kekakuan yang meningkat dengan tidak mempertimbangkan kepadatan relatif ataupun tegangan efektif sebelum pembebanan siklik (Bartlett and Youd, 1995). Pengaruh kandungan kerikil didalam pasir dalam meningkatkan tahanan terhadap liquefaction pada campuran pasir-kerikil. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian triaksial siklik pada campuran pasir-kerikil, dengan kandungan kerikil: 0%, 20%, 40%, 60% dan 100%. Semakin tinggi kandungan kerikil tahanan terhadap liquefaction meningkat (Evans and Zou 2005, Liang 1995).

Stark and Olson (1995) mengusulkan penggunaan data sondir untuk mengevaluasi potensi liquefaction. Pengujian dilakukan berdasarkan pada 180 kasus-kasus baik yang terjadi liquefaction maupun tidak terjadi liquefaction. Hubungan antara data sondir yang diusulkan, dikembangkan untuk menggambarkan kasus-kasus yang terjadi di lapangan yang memiliki data sondir. Konversi dari data sondir ke data SPT untuk mengevaluasi potensi liquefaction juga diusulkan. Mereka menyimpulkan bahwa nilai sondir nampak lebih baik dalam hal mengevaluasi potensi liquefaction dibandingkan dengan nilai N-SPT disebabkan uji sondir lebih standar, mudah direproduksi, dan murah.

Amini and Qi (2000) membandingkan perilaku tanah pasir kelanauan homogen dengan tanah pasir kelanauan berlapis pada saat terjadi liquefaction dengan kadar lanau serta tegangan keliling yang bervariasi. Pengujian triaksial siklik dilakukan sebanyak 150 macam kontrol tegangan. Kandungan lanau berkisar antara 10-50% dengan tegangan keliling antara 50-250 kPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahanan terhadap liquefaction hampir tidak ada perbedaan antara tanah homogen dengan tanah berlapis.

Liu and Stewart (2008) mengembangkan pendekatan empiris dengan analisis regresi yang dapat digunakan untuk mengevaluasi jumlah tegangan siklik uniform (N) dari guncangan gempa sebagai fungsi dari: magnitude, jarak sumber gempa, dan kondisi lapangan. Harga N berdasarkan pada factor-factor yang spesifik yang berkaitan dengan permasalahan liquefaction akibat gempa. Databae yang digunakan terdiri dari 1528 data lapangan tentang gerakan tanah yang dicatat dari 107 gempa yang berbeda, dengan magnitude berkisar antara : 4,7 sampai dengan 7,6 skala Richter dengan jarak dari pusat gempa berkisar antara 0 sampai dengan 200 km. Hasil pendekatan adalah sebagai berikut: nilai median N yang dekat dengan pusat gempa dapat dievaluasi dengan sempurna, sedangkan koefisien regresi yang direkomendasikan merupakan nilai kesalahan standar.

Lai, S.Y., et. All (2004) membuat model statistik untuk mengevaluasi potensi liquefaction dengan menggunakan data Cone Penetration Test (Sondir). Sebanyak 399 data sondir dikumpulkan yang terdiri dari 174 data diambil pada saat terjadi gempa di Taiwan, sedangkan 225 data lainnya dikumpulkan dari berbagai sumber. Model diskriminan yang dikembangkan dari statistika multivariate dengan menggunakan parameter utama: tahanan konus ( $q_c$ ), dan nilai lekatan ( $R_f$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa CRR yang diperoleh lebih besar dari yang diperoleh Olson (1997), namun demikian lebih kecil dari yang diperoleh Robertson and Wride (1997).

Cetin, K.O., et. all (2004) meneliti tentang liquefaction yang terjadi disepanjang pantai pada teluk Izmit-Turkey, pada saat terjadi gempa pada tahun 1999. Cetin mendiskusikan hal-hal sebagai berikut: pergerakan tanah yang terjadi setelah gempa; hasil penelitian lapangan dengan boring dan indeks pengujian lapangan; analisis pergerakan lateral dengan menggunakan dua buah pendekatan empiris dan satu buah pendekatan semiempiris, yang pada akhirnya; membandingkan hasil antara pengamatan di lapangan dengan hasil perhitungan mengenai pergerakan tanah. Ketiga model yang digunakan menunjukkan hasil yang tidak konsisten. Metode semiempiris memprediksi terlalu tinggi. Sedangkan dua metode empiris: satu metode overprediksi sedangkan metode yang satunya lagi memprediksi terlalu rendah.

Hatmoko, John T (2002) melakukan penelitian data sekunder mengenai probabilitas terjadinya liquefaction pada tanah pasir lepas. Data sekunder diambil dari daerah Kabupaten Bantul DIY yang berupa data cone penetration test (sondir). Metode yang digunakan adalah metode Idriss, 1971. Dengan menggunakan metode tersebut diperoleh bahwa probabilitas terjadinya liquefaction berkisar antara 3 sampai dengan 5% setiap tahunnya. Harga tersebut diperoleh dengan amplitud regangan 6% dan 20 siklus pembebanan.

Hatmoko, John T (2005) melakukan penelitian data sekunder dengan menggunakan 30 data sondir dan 8 hasil bor dangkal. Data diambil dari pembangunan kampus FISIP UAJY. Dengan menggunakan data tersebut, hasil menunjukkan rasio antara CSR dengan CRR cukup kecil (antara 0,32 s.d. 0,65) pada setiap kedalaman, sehingga tidak ada zona liquefaction pada setiap kedalaman. Namun demikian, jika dimasa yang akan datang terjadi gempa dengan magnitude lebih besar dari 8, maka pada zona kedalaman 0,00 s.d. 13,00 terjadi liquefaction yang ditunjukkan oleh rasio antara CSR dengan CRR 1,23 s.d. 1,49.

## 2. METODE PENELITIAN

Pengujian lapangan yang dilakukan adalah pengujian Bor dalam yang dilengkapi dengan pengujian *Standard Penetration Test (SPT)*. Studi lapangan dilakukan pada 7 (tujuh) lokasi di Daerah Istimewa Yogyakarta bagian utara. Lokasi 1 adalah pembangunan Auditorium Universitas Sanata Dharma di Jl Affandi (2 buah titik Bor masing-masing pada kedalaman 20 meter). Lokasi 2 adalah: peningkatan jembatan Sungai Gajah Wong (1 buah titik bor sedalam 25 meter). Lokasi 3 adalah proyek Bank Sinar Mas di jalan Ring Road Utara, Mancasan Indah,

Condong Catur ( 1 buah titik bor dengan kedalaman 25 meter); lokasi 4 adalah Proyek pembangunan Hotel Hartono Life Style di Ring Road Utara ( 5 buah titik bor masing-masing pada kedalaman 30 meter). Lokasi 5 adalah proyek pembangunan Hotel Magelang di Jln. Magelang ( 1 buah titik bor dengan kedalaman 30 meter). Sedangkan lokasi 6 dan 7 adalah proyek Hotel Bintang 3 di Jalan Magelang ( 2 buah titik bor dengan kedalaman 20 meter), dan lokasi 7 adalah proyek Sabo Dam di Sleman ( 5 buah titik Bor dengan kedalaman masing-masing 10 meter). Pengujian-pengujian Bor Dalam tersebut diatas dilengkapi dengan pengujian *Standard Penetration Test (SPT)* sampai dengan kedalaman yang sama dengan kedalaman pengeboran.

Studi Laboratorium dilakukan pada tiap-tiap titik bor. Setiap titik bor minimal diambil 2(dua) buah sampel pada kedalaman yang berbeda. Satu sampel pada kedalaman di atas muka air tanah, sedangkan satu sampel lainnya terletak di bawah muka air tanah. Pada kedalaman-kedalaman tersebut dicari berat jenis (*specific gravity*), berat volume basah, berat volume kering, kadar air, gradasi butiran, koefisien keseragaman, kepadatan relative, dan kadar fraksi halus. Standard pengujian untuk parameter-parameter tersebut mengikuti SNI atau ASTM. Setelah data Lapangan dan laboratorium diperoleh, kemudian dilakukan analisis.

Analisis liquefaction menggunakan model *simplified method* yang diusulkan oleh Seed and Idriss (1971) dan yang telah disempurnakan oleh National Center of Earthquake Engineering Research (NCEER) yang telah menyelenggarakan workshop tiga kali yaitu di tahun 1996, 1998 dan di tahun 2003 yang khusus membahas analisis ketahanan tanah terhadap *liquefaction* (CRR). Dari konferensi tersebut dihasilkan penyempurnaan metode-metode terdahulu seperti yang diusulkan oleh: Seed and Idriss(1971), Rebertson and Wride (1998), dan lain-lain . Untuk hal tersebut, didalam paper ini diambil contoh 2 titik bor dilokasi 1 (B1-1), dan di lokasi 4 ( B4-5).

### 3. HASIL STUDI LAPANGAN DAN LABORATORIUM

#### a. Lokasi 1

Di lokasi 1 , dilakukan titik pengujian bor (B1-1; B1-2)) dalam ( 20,00 meter). Pada masing-masing titik bor tersebut diambil sampel tanah untuk diuji di laboratorium. Muka air tanah pada -12,50 meter, sampel tanah diambil pada kedalaman 3,00 meter dan 8,00 meter, dan pada 15,00 meter. Menurut hasil pengujian bor dalam, pada kedalaman 8,00 meter tanah berupa pasir kelanauan, dan pada kedalaman 15,00 meter tanah berupa pasir kasar. Pengujian laboratorium yang dilakukan pada sampel tanah tersebut adalah : analisis saringan, berat jenis, berat volume dan kuat geser tanah ( dengan pengujian geser langsung). Berikut adalah hasil-hasil pengujian laboratorium tersebut. Hasil analisis saringan menunjukkan bahwa koefisien keseragaman ( $C_u = 2$ ) dan koefisien gradasi ( $C_c = 2$ ), sehingga tanah ini, menurut USCS, adalah tanah pasir bergradasi buruk (SW). Tanah jenis ini jika dalam keadaan jenuh berpotensi mengalami liquefaction

Tabel 1. Hasil pengujian Bor dalam dan SPT untuk B1-1 dan B1-2

Kedalaman (m)	B1-2				B1-1			
	Jenis Tanah	G	N-SPT	$\gamma(t/m^3)$	Jenis Tanah	G	N-SPT	$\gamma(t/m^3)$
1,00 – 2,50	Pasir sedang	2,62	9	1,82	Pasir sedang	2,62	10	1,82
2,50 – 4,50	Pasir kasar	2,62	15	1,82	Pasir kasar	2,62	20	1,82
4,50 – 6,50	Pasir halus	2,62	18	1,82	Pasir halus	2,62	20	1,82
6, 50 – 8,50	Pasir kelanauan	2,62	18	1,82	Pasir kelanauan	2,62	17	1,82
8,50 – 10,50	Pasir kasar	2,62	22	1,82	Pasir kasar	2,62	21	1,82
10,50 – 12,50	Pasir sedang	2,62	21	1,82	Pasir sedang	2,62	34	1,82
12,50 – 14,50	Pasir halus	2,60	26	2,15	Pasir halus	2,60	25	2,15
14,50 – 16,50	Pasir kasar	2,60	35	2,15	Pasir kasar	2,60	41	2,15
16,50 – 18,50	Batu pasir	2,60	50	2,15	Batu pasir	2,60	50	2,15
18,50 – 20,00	Batu pasir	2,60	50	2,15	Batu pasir	2,60	50	2,15
<b>M. A. T</b>	<b>-12,50</b>							
<b>Sampel</b>	<b>-3,00</b>	<b>-8,00</b>	<b>-15,00</b>		<b>-3,00</b>	<b>-8,00</b>	<b>-15,00</b>	

Hasil pengujian bor dalam dan SPT menunjukkan bahwa di permukaan ( kedalama -1,00 sampai dengan -8,00 ) memiliki nilai N rendah antara 9 sampai dengan 20. Kenyataan tersebut kemungkinan disebabkan oleh dua hal. Pertama, jenis tanahnya sendiri; kedua oleh karena pengaruh tekanan efektif yang rendah pada daerah permukaan. Namun demikian potensi terjadinya liquefaction pada zona tertentu tidak hanya tergantung pada nilai N saja melainkan juga tergantung pada kepadatan relative, koefisien keseragaman , karakteristik getaran dan juga magnitude dan jarak sumber gempa ( Idriss, 1971, 1982, 1990).



## b. Lokasi 4

Pada lokasi 4 (*Hartono Lifestyle Mall*), dilakukan 5(lima) buah titik bor yang masing-masing dengan kedalaman 20,00 meter (Tabel 6 dan 7). Muka air tanah terletak pada -7,00. Pada umumnya, tanah berupa pasir halus sampai kasar untuk semua kedalaman. Nilai N-SPT rata-rata tinggi diatas 20, hanya terdapat beberapa kedalaman yang mempunyai nilai N lebih kecil 20. Untuk masing-masing pemboran, sampel tanah diambil pada kedalaman 5,00 dan 10,00 untuk diuji di laboratorium. Hasil pengujian analisis saringan menunjukkan fraksi pasir dan kerikil sebesar 76,4% (kerikil 11,2%; pasir 65,2%) sedangkan fraksi halus ( $< 0,075$  mm) sebesar 23,6% (lanau 10%; lempung 13,6%). Koefisien keseragaman ( $C_u = 2,1$ ), koefisien kelengkungan ( $C_c = 3$ ). Jika dilihat dari kedua parameter terakhir, tanah tersebut besar kemungkinan mengalami liquefaction jika terjadi gempa. Namun demikian, jika melihat nilai N-SPT nya cukup besar kemungkinannya kecil untuk terjadi liquefaction.

Tabel 2. Berat volume, kadar air dan SPT untuk B4-4 dan B4-5

ELEVASI (M)	B4-4			B4-5		
	$\gamma(t/m^3)$	w(%)	N-SPT	$\gamma(t/m^3)$	w(%)	N-SPT
1,00 – 2,50	2.29	17.87	30	2.18	20.28	28
2,50 – 4,50	2.29	17.87	25	2.18	20.28	25
4,50 – 6,50	2.29	17.87	28	2.18	20.28	20
6,50 – 8,50	2.29	17.87	20	2.18	20.28	16
8,50 – 10,50	2.29	17.87	21	2.18	20.28	17
10,50 – 12,50	2.30	21.26	32	2.18	20.28	32
12,50 – 14,50	2.30	21.26	54	2.18	20.28	25
14,50 – 16,50	2.30	21.26	22	2.18	20.28	35
16,50 – 18,50	2.30	21.26	28	2.18	20.28	46
18,50 – 20,50	2.30	21.26	60	2.18	20.28	60
20,50 – 22,50	2.12	26.53	60	2.20	18.66	60
22,50 – 24,50	2.12	26.53	20	2.20	18.66	24
24,50 – 26,50	2.12	26.53	28	2.20	18.66	29
26,50 – 28,50	2.12	26.53	30	2.20	18.66	31
28,50 – 30,00	2.12	26.53	33	2.20	18.66	32
<b>M.A.T</b>	<b>-7,00</b>			<b>-7,00</b>		
<b>Sampel</b>	<b>-10,50</b>	<b>-20,50</b>		<b>-2,00</b>	<b>-10,00</b>	

## 4. ANALISIS POTENSI LIQUEFACTION

Untuk analisis liquefaction, tidak semua titik bor dianalisis. Di dalam paper ini diambil 2(dua) titik bor saja yaitu satu di lokasi 1 (B1-1) dan satu lainnya di lokasi 4 (B4-5). Menurut data dari Direktorat Meteorologi dan Geofisika, mulai tahun 1926 di Yogyakarta terjadi empat peristiwa gempa besar ( $M > 6,5$ ), sebagai berikut: Pertama terjadi pada tanggal 10 September 1926,  $M = 7,2$  dengan  $R = 51,91$  km. Kedua terjadi pada tanggal 24 Juni 1958,  $M = 6,5$  dengan  $R = 133,54$  km, ketiga terjadi pada tanggal 8 Nopember 1974,  $M = 7,0$ ;  $R = 54,30$ , dan yang keempat terjadi pada tanggal 15 Mei 1979, dengan  $M = 6,8$ ;  $R = 43,04$  km. Gempa terakhir di DIY terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 dengan  $M = 6,0$ ;  $R = 37$  km. Jika digunakan persamaan Liu dan Dong (1996), besarnya percepatan maksimum dapat dihitung dengan hasil seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil hitungan  $a_{max}$  berdasarkan data masa lampau

No	M	R	a	B	C	$a_{max}$	$a_{max}/g$
1	7,2	51,91	538,54	0,8264	1,6814	139,4	0,142
2	6,5	133,54	74,04	1,0132	1,4820	29,45	0,03
3	7,0	54,30	489,97	0,8353	1,6719	113,28	0,116
4	6,8	43,04	798,20	0,7894	1,7209	120,05	0,123
5	6,0	37,00	928,50	0,7595	1,7529	86,872	0,088*)

\*) gempa Bantul DIY, 2006

Analisis ketahanan tanah terhadap liquefaction/ *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) menggunakan data Standard Penetration Test (SPT). Nilai N-SPT dinormalisir dengan memasukkan beberapa factor koreksi. Faktor koreksi tersebut adalah : factor koreksi energy pemukul ( $C_E$ ), factor koreksi lobang bor ( $C_B$ ), factor koreksi panjang batang ( $C_R$ ), dan factor koreksi sampler ( $C_S$ )

### a. Lokasi 1 (B1-1)

#### Analisis CSR

Analisis cyclic stress ratio menggunakan percepatan horizontal maksimum tidak sama persis dengan peristiwa-peristiwa gempa masa lampau seperti terlihat pada table 5.23, melainkan menggunakan ( $a_{max}/g$ ) : 0,05(gempa Yogya, 1979); (0,09-gempa Yogya 2006); 0,15 ; 0,20; dan 0,25g. Hasil hitungan CSR untuk titik bor B 1-1, dapat dilihat pada table 12 berikut.

Tabel 4. Hitungan CSR untuk B1-1

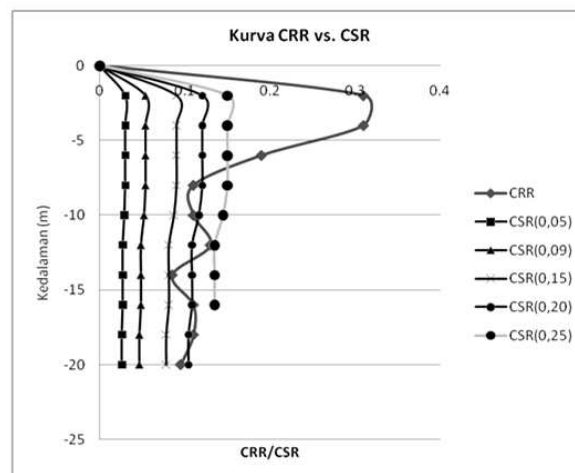
Z (m)	$(\sigma_{vo}/\sigma')$	$r_d$	CSR untuk ( $a_{max}/g$ )				
			0,05	0,09	0,15	0,20	0,25
0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0.032003	0.057605	0.096008	0.128011	0.160014
4	1	1	0.031506	0.05671	0.094517	0.126022	0.157528
6	1	1	0.031008	0.055815	0.093025	0.124033	0.155041
8	1	1	0.030511	0.05492	0.091533	0.122044	0.152555
10	1	1	0.029478	0.05306	0.088433	0.11791	0.147388
12	1	1	0.027742	0.049936	0.083226	0.110968	0.13871
14	1,06	1.06	0.027567	0.04962	0.082701	0.110268	0.137834
16	1,13	1.13	0.027426	0.049367	0.082279	0.109705	0.137131
18	1,18	1.18	0.026592	0.047865	0.079776	0.106368	0.132959
20	1,25	1.25	0.026	0.0468	0.078	0.104	0.13

#### Analisis CRR

Tabel 5. Hitungan CSR untuk B1-1

z(m)	$N_{SPT}$	$\sigma'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$C_N = (100/\sigma')$	$(N_1)_{60}$	$CRR_{7,5}$	$K_\sigma$	CRR
0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	36.4	2.747253	24.79396	0.287866	1	0.310895
4	20	72.8	1.373626	24.79396	0.287866	1	0.310895
6	20	109.2	0.915751	16.5293	0.175809	1	0.189873
8	17	145.6	0.686813	10.53743	0.117887	0.9	0.114586
10	21	182	0.549451	10.41346	0.116782	0.84	0.105945
12	34	218.4	0.457875	14.04991	0.150652	0.8	0.130163
14	25	261.4	0.382555	8.631408	0.101255	0.78	0.085297
16	41	304.4	0.328515	12.15588	0.132625	0.75	0.107426
18	50	347.4	0.287853	12.98935	0.140447	0.72	0.109212
20	50	390.4	0.256148	11.55866	0.127119	0.69	0.094729

Harga CRR di permukaan cukup besar walaupun nilai N SPT nya relatif kecil. Hal ini disebabkan pertama koreksi tekanan efektif ( $C_N$ ) besar dipermukaan dan mengecil terhadap kedalamannya. Kedua oleh karena factor reduksi  $K_\sigma$  yang juga besar dipermukaan dan mengecil terhadap kedalaman. Hubungan antara CRR dengan CSR untuk B1-1 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar1. CRR vs. CSR pada B1-1

Zona liquefaction pada lokasi ini hanya akan terjadi pada gempa besar dengan percepatan horisontal maksimum sama atau lebih besar 0,20 kali gravitasi. Pada saat percepatan horisontal maksimum 0,20 gravitasi, zona liquefaction terjadi pada kedalaman antara 8,00 sampai 10 meter; dan 12,00 sampai 16,00 meter dibawah permukaan tanah. Pada kedalaman tersebut, tanah berupa pasir halus dengan nilai N-SPT yang relatif rendah sekitar 17. Disamping itu, kedalaman tersebut terletak disekitar muka air tanah. Pada kedalaman itu tanah berupa pasir bergradasi relatif seragam dengan koefisien keseragaman  $C_u < 3$

#### b. Lokasi 4

Di lokasi ini dilakukan 5(lima) buah pengujian bor dalam (B4-1, B4-2, B4-3, B4-4 dan B4-5) masing-masing sampai dengan kedalaman 30,00 meter. Disemua kedalaman didominasi oleh tanah pasir halus sampai kasar. Pada kedalaman 29,00 meter dijumpai pasir kelanauan. Dari kelima pengeboran tersebut, titik B4-5memilikinilai N-SPT paling rendah untuk setiap kedalaman. Oleh sebab itu, titik B4-5 ini yang dipakai untuk referensi analisis liquefaction.

#### Analisis CSR

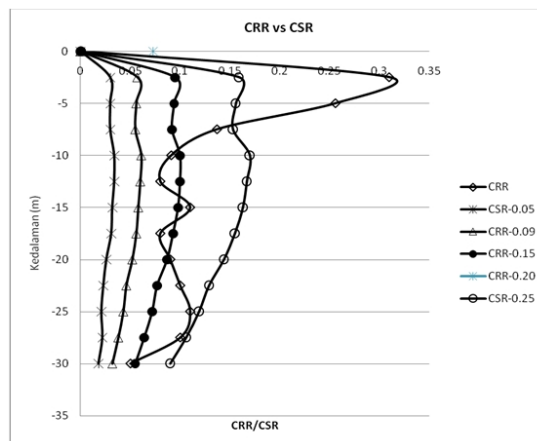
Tabel 6. Hitungan CSR untuk B 4-5

Z (m)	$r_d$	$(\sigma_{vo}/\sigma')$	CSR untuk ( $a_{max}/g$ )				
			0,05	0,09	0,15	0,20	0,25
0	1	0	0	0	0	0	0
2.5	0.981	1	0.032	0.057	0.0956	0.1275	0.1594
5	0.962	1	0.031	0.056	0.0938	0.1251	0.1563
7.5	0.943	1	0.030	0.055	0.0919	0.1225	0.1532
10	0.924	1.13	0.034	0.061	0.1017	0.1356	0.1696
12.5	0.840	1.225	0.033	0.060	0.1004	0.1338	0.1673
15	0.774	1.3	0.032	0.059	0.0980	0.1307	0.1634
17.5	0.707	1.35	0.031	0.056	0.0930	0.1240	0.1550
20	0.64	1.39	0.029	0.052	0.0867	0.1156	0.1445
22.5	0.573	1.385	0.026	0.046	0.07741	0.1032	0.1290
25	0.507	1.456	0.024	0.043	0.0719	0.0959	0.1198
27.5	0.440	1.483	0.021	0.038	0.0636	0.0848	0.1059
30	0.373	1.505	0.018	0.033	0.0547	0.0729	0.0912

#### Analisis CRR

Tabel 7. Analisis CRR untuk B4-5

z(m)	$N_{SPT}$	$\sigma'(\text{kN}/\text{m}^2)$	$C_N = (100/\sigma')$	$(N_1)_{60}$	$CRR_{7.5}$	$K_\sigma$	CRR
0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	28	52	1.923	48.596	0.286	1	0.309
5	25	104	0.961	21.695	0.237	1	0.257
7.5	20	156	0.641	11.571	0.127	1	0.137
10	16	186.5	0.536	7.742	0.093	0.9	0.091
12.5	17	217	0.461	7.070	0.088	0.84	0.080
15	32	247.5	0.404	11.668	0.128	0.8	0.111
17.5	25	278	0.359	8.116	0.097	0.78	0.082
20	35	310.5	0.322	10.173	0.115	0.75	0.093
22.5	46	351	0.285	11.828	0.129	0.72	0.101
25	60	371.5	0.269	14.576	0.156	0.69	0.116
27.5	60	402	0.249	13.470	0.145	0.65	0.102
30	24	432.5	0.231	5.008	0.072	0.61	0.048



Gambar 2. CRR vs CSR berbagai percepatan B4-5

Hasil analisis liquefaction pada lokasi 4 ini berbeda dengan lokasi-lokasi sebelumnya. Pada titik bor B4-5 ini terjadi zona liquefaction pada kedalaman antara 10,00 sampai dengan 14,00 meter untuk percepatan horisontal maksimum 0,15g. Pada zona tersebut tanah berupa pasir halus bergradasi buruk dan pasir kelanauan dengan nilai N rendah sekitar 16 dan 17.

## 5. KESIMPULAN

Dari pengujian pemoran dan SPT untuk Daerah Istimewa Yogyakarta bagian utara dengan 7(tujuh) lokasi pemoran dan pengujian SPT dapat disimpulkan bahwa : pertama hasil pemoran menunjukkan tanah berupa pasir halus, pasir kasar, pasir berkerikil bergradasi buruk yang ditunjukkan oleh nilai koefisien keseragaman lebih kecil atau sama dengan 3, dengan koefisien kelengkungan lebih kecil 4. Muka air tanah relatif dalam dari -7,00 sampai dengan -20,00. Dibeberapa titik bor dan kedalaman tertentu dijumpai lapis pasir kelanauan. Kedua, pada setiap titik bor diambil minimal 2 sampel. Satu sampel diatas muka air tanah sedangkan satu sampel lainnya dibawah muka air tanah untuk diuji terutama analisis ukuran butir dan berat jenisnya. Hasil analisis saringan konsisten dengan profil tanah hasil pengujian bor dimana sebagian besar berupa pasir yang ditunjukkan oleh fraksi kasar yang lebih besar 50%, koefisien keseragaman antara 2 dan 3, koefisien kelengkungan antara 2 dan 4. Namun demikian di lokasi tertentu juga dijumpai pasir kelanauan dengan fraksi halus lebih besar dari 50%. Setelah data lapangan dan laboratorium diperoleh, dilakukan analisis liquefaction.

Analisis CSR menggunakan data riwayat gempa yang terjadi di Yogyakarta, termasuk gempa yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006, dengan  $M=6$  jarak  $R = 37$  km diperoleh  $a_{max} = 0,09$ g. Pada amax tersebut harga CSR kurang dari 0,1 ; antara 0,048 sampai dengan 0,057, sedangkan nilai CRR rata-rata lebih besar dari 0,1 untuk setiap titik bor dan disemua kedalaman. Oleh sebab itu pada saat gempa Yogya tahun 2006, di wilayah Utara DIY tidak terjadi liquefaction. Namun demikian jika gempa yang terjadi besar dan menghasilkan percepatan maksimum lebih besar dari 0,15g terjadi zona liquefaction pada lokasi 4. Di lokasi tersebut terjadi zona dari -10,00 sampai -14,00 dan -16,00 sampai -20,00. Dan jika percepatan gempa yang terjadi 0,20g, tidak hanya di lokasi 4 saja yang terjadi zona liquefaction. Di lokasi 1 terjadi zona liquefaction dari -7,50 sampai -11,00; -13,00 sampai -16,00 dan dibawah -18,00.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amini, F. ,and Qi,G.Z. (2000):"Liquefaction Testing of Stratified Silty Sand", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 126, No.3, March, 2001, pp.208-217.
- Bal Krishnan, A. and Kutter,B.L. (1999):"Settlement, Sliding,and Liquefaction Remediation of Layered Soil", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol.125, No. 11, November, 1999, pp.968-978.
- Bartlett, F.S., and Youd, L.T., (1995):"Empirical Prediction of Liquefaction – Induced Lateral Spread", *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 121, No.4, April, 1995, pp 316-329.
- Cetin,O.K., et.all (2004):"Liquefaction-Induced Lateral Spreading at clay During the Kocaeli(Izmit)-Turkey Earthquake" *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol.130, No. 12, December, 2004, pp. 1300-1313.
- Cetin,O.K., et.all (2004):"Standard Penetration Test-Based Probabilistic and Deterministic Assessment of Seismic Soil Liquefaction Potential" *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol.130, No. 12, December, 2004, pp. 1314-1340.

- Elgamal, W. Ahmed, et.al. (1996): "Liquefaction of Reclaimed Island in Kobe, Japan" *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 122, No.1, January, 1996, pp. 39-49.
- Evans, D.M., and Zhou, (2005): "Liquefaction Behavior of Sand-Gravel Composites", *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 121, No.3, March, 1995, pp 287-298
- Fear, E.C., and McEoberts, C.E., (1995): "Reconsideration of Initiation of Liquefaction in Sandy Soils", *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 121, No.3, March, 1995, pp 249-261
- Hatmoko, John T (2002): "Probabilitas terjadinya peristiwa liquefaction pada tanah pasir lepas" *Jurnal Teknik Sipil*, Volume 2, Nomor 2, April 2002 pp. 93 – 101.
- Hatmoko, John T & Lulie, Y (2005): "Evaluasi potensi pencairan tanah ( *liquefaction* ) akibat gempa : Studi Kasus di bagian timur kota Yogyakarta" Laporan Studi, Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat ( LPPM) Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Kramer, L.S. (1996): " *Geotechnical Earthquake Engineering*", Prentice-Hall *International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics*, New Jersey
- Liang, L., et.al. (1995): "Liquefaction Under Random Loading : Unit Energy Approach" *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 121, No.11, November, 1995, pp 776-781
- Lai, Y.S., et. All (2004): "Discriminant Model for Evaluating Soil Liquefaction Potential Using Cone Penetration Test Data" *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 130, No.12, December 2004 ,pp. 1271-1282.
- Seed, H.B., and Idriss, I.M. (1971): " Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential", *Journal of Geotechnical and Foundation Engineering*, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.
- Prakash, S. (1981): " *Soil Dynamics*" McGraw-Hill book company, New York.
- Stark, D.T., and Olson, M.S. (1995): "Liquefaction Resistance Using CPT and Field Case histories", *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 121, No.12, December, 1995, pp 856-878
- Youd, T.L. et.al. (2004): "Liquefaction Resistance of soils: Summary Report from The 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils". *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 127, No.8, August 2001, pp.817-833.