

PROSIDING

“ Peran Inovasi Rekayasa Sipil Menuju Infrastruktur Berkelanjutan yang Tanggap terhadap Bencana ”

7 - 8 Oktober 2015
Makassar, Sulawesi Selatan



Diselenggarakan oleh :



Komisariat Daerah VI
Badan Musyawarah
Pendidikan Tinggi Teknik Sipil
Seluruh Indonesia

Editor:
Lawalenna Samang
Tri Harianto
M Asad A

Kerjasama dengan :



UAJY



UPII



UNUD



UNS



TRISAKTI



UNTAR



ITENAS

Dicetak Oleh :



Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M)
Universitas Hasanuddin

PROSIDING

KoNTekS 9

Konferensi Nasional Teknik Sipil 9

Peran Inovasi Rekayasa Sipil Menuju Infrastruktur Berkelanjutan yang Tanggap terhadap Bencana

Makassar, 7 – 8 Oktober 2015

Editor :

Lawalenna Samang

Tri Harianto

M. Asad Abdurrahman

Diselenggarakan oleh :



Komisariat Daerah VI
Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi
Teknik Sipil Seluruh Indonesia

Kerjasama dengan :



UAJY



UPH



UNUD



UNS



TRISAKTI



UNTAR



ITENAS

Dicetak Oleh :



Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M)
Universitas Hasanuddin

Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9

Peran Inovasi Rekayasa Sipil Menuju Infrastruktur Berkelanjutan yang Tanggap terhadap Bencana

Penyelenggara:

Komisariat Daerah VI Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia

Bekerja sama dengan:

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Universitas Pelita Harapan

Universitas Udayana

Universitas Sebelas Maret

Universitas Trisakti

Universitas Tarumanegara

Institut Teknologi Nasional

Hak Cipta © 2015, pada penulis

Hak publikasi pada Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa ijin tertulis dari Penerbit

Cetakan ke- 05 04 03 02 01
Tahun 19 18 17 16 15

Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jalan Moses Gatotkaca 28, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 561031, 580526
Fax. (0274) 580525
Website: <http://penerbit.uajy.ac.id>
Email: penerbit@mail.uajy.ac.id

ISBN:978-602-8817-67-7



No. Buku : 579.FT.28.09.15

**Sambutan Ketua Panitia
Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS 9)**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan hidayah-Nya Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) kembali dapat diselenggarakan. Pada tahun ini Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS 9) dilaksanakan bersamaan dengan kegiatan Musyawarah Nasional ke 11 (MUNAS XI) BMPTTSSI di Makassar. Dimana penyelenggara KoNTekS 9 adalah Komda VI BMPTTSSI bekerjasama dengan konsorsium KoNTekS.

Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS9) yang bertema "*Peran Inovasi Rekayasa Sipil Menuju Infrastruktur Berkelanjutan yang Tanggap Terhadap Bencana*" bertujuan untuk mendukung perkembangan ilmu dan teknologi bidang teknik sipil agar dapat menjawab tantangan dan kebutuhan globalisasi.

Perkembangan ilmu dan teknologi telah berjalan dengan sangat cepat, terutama dipacu oleh perkembangan bidang teknik komputasi, teknologi informasi, material maju, serta metode dan manajemen konstruksi. Tantangan di bidang teknik sipil akan dapat dijawab dengan perkembangan ilmu dan teknologi.

Sarjana teknik sipil harus mampu menyediakan solusi untuk menjawab berbagai tantangan seperti infrastruktur yang sejalan dengan konsep mitigasi bencana, pengurangan polusi udara, kemacetan, penyediaan air bersih, ketersediaan energi, dan lain-lain yang kesemuanya bergantung pada penyelenggaraan infrastruktur yang handal.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada panitia pelaksana dari Komda VI BMPTTSSI dan Konsorsium KoNTekS (Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Universitas Pclita Harapan, Universitas Udayana, Universitas Trisakti, Universitas Sebelas Maret, Institut Teknologi Nasional dan Universitas Tarumanagara) serta seluruh pihak yang telah bekerjasama sehingga Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS 9) dapat berjalan dengan baik. Semoga Konferensi Nasional Teknik Sipil dapat terus berlanjut di tahun-tahun berikutnya.

Makassar, 16 Agustus 2015

Dr. Eng. Tri Harianto, ST. MT.
Ketua Panitia KoNTekS9

DAFTAR ISI

Sambutan Ketua Panitia KoNTekS9	iii
Sambutan Sekretaris Jenderal BMPPTSSI	iv
Sambutan Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya	v
Daftar Isi	ix

KELOMPOK PEMINATAN INFRASTRUKTUR (INF)

INF01	ANALISIS KEPUASAN PENGGUNA TERHADAP KUALITAS BANGUNAN PUSKESMAS DI YOGYAKARTA <i>Ferianto Ruharjo¹ dan Puput Wulansari²</i>	1
INF02	PENGEMBANGAN MODEL PERENCANAAN KONSTRUKSI BERKELANJUTAN PADA RUMAH TINGGAI DI KOTA MEDAN YANG RAMAH LINGKUNGAN <i>Syahreza Aivan¹ dan Irma Novrianty Nasution²</i>	9
INF03	INOVASI VARIASI TUMBUKAN DALAM METODE MARSJALJ. UNTUK REKAYASA INFRASTRUKTUR YANG EFEKTIF, EFISIEN DAN BERKELANJUTAN <i>Egidius Kalogo¹ dan Engelbertus Seran²</i>	17
INF04	PERAN INOVASI PENGELOLAAN AIR HUJAN SKALA RUMAH TANGGA MENUJU INFRASTRUKTUR TANGGAP BENCANA BANJIR DAN KEKERINGAN YANG EFEKTIF, EFISIEN DAN BERKELANJUTAN <i>Susilawati¹ dan Ivandy Luyansarie²</i>	27
INF05	PARTISIPASI MASYARAKAT DALAM PEMELIHARAAN INFRASTRUKTUR LINGKUNGAN PERMUKIMAN <i>Niken Atmiviyastuti¹, Nina Restina² dan Sarjono Puro³</i>	33
INF06	ANALISIS PARTISIPASI MASYARAKAT KOTA-DESA DALAM PROSES PERENCANAAN PEMBANGUNAN WILAYAH PROVINSI GORONTALO <i>Beby S.D. Banteng</i>	41

KELOMPOK PEMINATAN TRANSPORTASI (TR)

TR01	STRATEGI PEMBANGUNAN SISTEM TRANSPORTASI MULTIMODA DI DALAM RPJMD 2015-2019: STUDI KASUS PULAU BALI <i>I Nyoman Budiarta RM</i>	47
TR02	WAITING TIME OF TRANS METRO PEKANBARU BUS <i>Abd. Kudus Zaini</i>	55
TR03	KORELASI <i>SKID RESISTANCE</i> DENGAN KEDALAMAN TEKSTUR PADA PERMUKAAN PERKERASAN ASPAL BETON <i>Adina Sari Lubis¹, Andy Putra Rambe², Derry Wiliyanda Nasution³, Indra Jaya Pandia⁴ dan Zulkarnain A. Muis⁵</i>	65
TR04	A COMPARISON BETWEEN ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND BINARY LOGIT MODELS TO ANALYSE THE INFLUENCE OF MALE MOTORISTS ON MOTORCYCLE FATAL ACCIDENTS <i>Dewa Made Priyantha Wedagama</i>	75
TR05	ANALISIS KINERJA JALAN PADA RENCANA PEMBANGUNAN <i>UNDERPASS</i> DI JALAN GATOT SUBROTO, DENPASAR-BALI <i>Putu Ait Suthanaya¹, Ida Bagus Rai A² dan Lina Sarusdevi S³</i>	83

TR06	STUDI SIFAT CAMPURAN <i>ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE</i> (AC-WC) DENGAN BAHAN UTAMA BONGKARAN ASPAL BETON LAMA DAN <i>AUTOCLAVED AERATED CONCRETE (AAC)</i> SEBAGAI <i>FILLER</i> <i>I Nyoman Arya T¹, I Gusti Raka P², dan Pande Gde Pradnya P.M³</i>	91
TR07	KAJIAN SEMPANG LIMA POJOK BETENG KULON KOTA YOGYAKARTA <i>Imam Ruski¹ dan Benidiktus Susanto²</i>	99
TR08	MODEL BIAYA KECELAKAAN LALU LINTAS MOBIL PENJEMPANG MENGGUNAKAN PENDEKATAN <i>WILLINGNESS TO PAY</i> <i>Dwi Prasetyanto¹ dan Elkhasne²</i>	107
TR09	ANALISA KINERJA DAN PERSEPSI PENUMPANG BUS KAMPUS LINTAS USU DENGAN METODE <i>IMPORTANCE PERFORMANCE ANALYSIS</i> <i>Irwan Suranta Sembiring¹, Andreas Christopher Stahuan²</i>	113
TR10	PERMODELAN BANGKITAN PERGERAKAN UNTUK BEBERAPA TIPE PERUMAHAN DI PEKANBARU <i>Parada Afkiki Eko Saputra¹, Johannes Lulie²</i>	123
TR11	EVALUASI PENENTUAN KAPASITAS JALAN BERDASARKAN METODE MKJI <i>Najid</i>	131
TR12	MODA TRANSPORTASI PERKOTAAN YANG BERSALABAT DAN TANGGAP TERHADAP KEBUTUHAN KAUM LANSIA <i>Lucia Asdra Rudwiarti</i>	139
TR13	RESPON MASYARAKAT PENGGUNA JALAN TERHADAP <i>ZEBRA-CROSS</i> DI YOGYAKARTA <i>P. Eliza Purnamasari</i>	147
TR14	EVALUASI PRIORITAS PENGALIHAN STATUS JALAN DI KOTA MAKASSAR DENGAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI KRITERIA <i>M. Asad Abdurrahman¹, Lawalenna Samang², Sakti A. Adisasmida³, dan M. Isran Ramli⁴</i>	155
TR15	ANALISIS BIAYA KECELAKAAN LUKA BERAT PADA JARINGAN JALAN KOTA MAKASSAR <i>Soca Setiawan¹ dan Sumarni Hamid Aty²</i>	163
TR16	STUDI PREFERENCE TRANSFORMASI MODA ANGKUTAN PRIBADI BERBASIS BIAYA PERJALANAN DAN WAKTU PERJALANAN <i>Nur Khaerat Nur¹, Lawalenna Samang², M. Isran Ramli³ dan Sumarni Hamid⁴</i>	173
TR17	PERILAKU HUBUNGAN INTERAKSI ANTARA KEPADATAN LALU LINTAS, KECEPATAN, DAN KEBISINGAN (Studi Kasus: Jalan Arteri dan Kolektor Kota Kendari) <i>Irwan Lakawa¹, Lawalenna Samang², Mary Selintung³, dan Muralia Hustim⁴</i>	181
TR18	ANALISIS KARAKTERISTIK PERJALANAN MAHASISWA KE KAMPUS BERBASIS SPASIAL (Studi Kasus : Universitas Negeri Makassar (UNM)) <i>Hasriani¹, Syafruddin Rauf², Dantje Runtulalo³ dan Andi Faisal Aboe⁴</i>	189
TR19	PENILAIAN <i>QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT</i> UTILITAS KENDARAAN DAN FASILITAS PEMBERHENTIAN ANGKUTAN KOTA MAKASSAR <i>Ahmad Hanafie¹, Hammadada Abbas², Lawalenna Samang³ dan Sumarni Hamid⁴</i>	191

KELOMPOK PEMINATAN SUMBER DAYA AIR (SDA)

SDA01	KONSEP TEKNOLOGI KONSERVASI AIR DALAM RANGKA MENGATASI PENURUNAN AIR TANAH PADA KAWASAN PERUMAHAN (Studi Kasus : Perumahan Puri Pamulang – Tangerang Selatan) <i>Sarfono Puro¹ dan Nina Restina²</i>	209
SDA02	KAJIAN METODA PENGUKURAN KONSENTRASI SEDIMEN SUSPENSI RATA-RATA DENGAN METODE <i>DEPTH/ POINT INTEGRATED SAMPLING</i> <i>Fransiska Yustiana¹ dan Bambang Agus Kirono²</i>	217
SDA03	MODEL HIDROLOGI RUNTUN WAKTU UNTUK PERAMALAN DEBIT SUNGAI MENGGUNAKAN METODE <i>ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM</i> (Studi Kasus : Sub DAS Siak Bagian Hulu) <i>Enam Suprayogi¹ dan Manyuk Fauzi dan Eki Efrizal²</i>	225
SDA04	KOMPARASI DEBIT ANALITIK METODE MOCK DENGAN DEBIT TERUKUR <i>CATCHMENT AREA</i> BOGOWONTO TERUKUR DI STASUN PUNGANGAN <i>Bambang Sulistiono¹ dan Agustiadi Wiradiputra²</i>	235
SDA05	OPTIMASI SISTEM OPERASI KOLAM TANDO HARIAN MUNTU PLTA KETENGER BATURRADEN <i>Sunidhya Nika Purnomo¹, Wahyu Widiyanto² dan Putri Arifiananda³</i>	243
SDA06	ANALISA VARIABILITAS CURAH HUJAN DAERAH ALIRAN SUNGAI CILIWUNG MENGGUNAKAN PENDEKATAN TEORI ENTROPY <i>Budi Santosa¹ dan Isnaeni Choeriah²</i>	251
SDA07	ANALISIS TINGKAT EROSI DAN SEDIMENTASI DI DANAU BOYAN <i>Kadek Diana Harmayani¹, Gede Made Konsukartha² dan Ida Bagus Donny Permana³</i>	259
SDA08	KEHADIRAN RUMPUT GAJAH (<i>PENNISETUM PURPUREUM</i>) DI SALURAN TERHADAP TAHAPAN ALIRAN <i>Maimun Rizalihad¹ dan Desy Afrianti²</i>	267
SDA09	PEMANFENAN AIR HUJAN DI KOTA SEMARANG <i>Djoko Suwarno</i>	275
SDA10	PENILAIAN KERENTANAN KAWASAN PANTAI MUARA BARU JAKARTA TERHADAP KENAIKAN MUKA AIR LAUT <i>Feril Huriati¹, Muhammad Lutfi¹</i>	283
SDA11	KAJIAN KEGIATAN PENAMBANGAN PASIR DAN DAMPAKNYA TERHADAP DASAR SUNGAI DI KALI PROGO HILIR PASCA LETUSAN MERAPI TAHUN 2010 <i>Jazaul Ikhsan¹, Rifky Budi Pratama² dan Puji Harsanto³</i>	291
SDA12	ANALISIS POTENSI GERUSAN LOKAL PADA PILAR JEMBATAN DI SUNGAI PROGO PASCA LETUSAN GUNUNG MERAPI 2010 <i>Puji Harsanto¹, Jazaul Ikhsan², dan Ilham Prayuda Hutama³</i>	297
SDA13	PENGARUH KURUN WAKTU PENGUKURAN DATA ANGIN TERHADAP AKURASI DATA <i>WINDROSE</i> <i>Ni Nyoman Pujianika¹</i>	305
SDA14	DAYA DUKUNG POTENSI SUNGAI KARAJAE UNTUK PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR BAKU DIKOTA PAREPARE <i>Rahmawati¹, Hendro Widarto² dan Adnan³</i>	311

KELOMPOK PEMINATAN GEOTEKNIK (GT)

GT01	PENGARUH KAJAR AIR DIATAS OPTIMUM MOISTURE CONTENT TERHADAP NILAI CBR TANAH LEMPUNG ORGANIK <i>Soewignjo Agus Nugroho¹, Ferry Fatmanto² dan Khairatu Zaro³</i>	321
GT02	ANALISA KEKUATAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BERULIR DENGAN JUMLAH DAN JARAK PEMASANGAN PLAT ULIR BERVARIASI SEBAGAI METODE PENINGKATAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PADA LAPISAN TANAH GAMBUT <i>Ferry Fatmanto¹, Syawal Satibi², dan Muhandi³</i>	329
GT03	PENANGGULANGAN KERUSAKAN JALAN RAYA AKIBAT TANAH DASAR LEMPUNG LUNAK MENGGUNAKAN ANYAMAN LIMBAH BAN BEKAS <i>Arwan Apriyono¹ dan Sumiyanto²</i>	337
GT04	PERCEPATAN PENURUNAN TANAH DENGAN METODA ELEKTROKINETIK, BAHAN IJUK DAN SAMPAH PLASTIK SEBAGAI DRAINASI VERTIKAL <i>Sumiyati Gumawan</i>	345
GT05	STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN ABU KAYU BAKAR DAN SEMEN PORTLAND TIPE I DENGAN UJI KUAT TEKAN BEBAS <i>Samuel S Pakpahan¹, Roesyanto² dan Ika Puji Hastuty³</i>	353
GT06	COMPARISON OF CENTRIFUGE AND MERCURY INTRUSION POROSIMETRY (MIP) TEST TO DETERMINE SOIL WATER RETENTION CURVE <i>Luky Handoko¹ and Noriyuki Yasufuka²</i>	359
GT07	PERBAIKAN GRADASI TANAH PASIR SERAGAM UNTUK MENINGKATKAN NILAI N-SPT DAN KETAHANAN TERHADAP LIQUEFACTION <i>John Tri Halmoko¹ dan Hendra Suryulhuma²</i>	365
GT08	STUDI EFEKTIFITAS TIANG PANCANG KELOMPOK MIRJUNG PADA PERKUATAN TANAH LUNAK <i>Tri Harianto¹, Ardy Arsyad² dan Dewi Yuliani³</i>	373
GT09	POTENSI PENGEMBANGAN DAN AKTIVITAS TANAH KEMBANG SUSUT YANG DISTABILISASI DENGAN LIMBAH MARMER <i>St. Iljiraini Nur¹, Abd. R. Djamaluddin², M. I. Maricar³ dan Pascarianto P.B⁴</i>	381
GT10	KECENDERONGAN RUMPUN KURVA UNTUK TANAH PASIR KELANAUAN KELEMPUNGAN DAN TANAH LANAU KELEMPUNGAN <i>Aniek Prihatiningsih¹, Gregorius Sundjaja Sentosa², dan Djunaidi Kosusih³</i>	391
GT11	PERKIRAAN NILAI SUBGRADE STRESS RATIO UNTUK TANAH LANAU KELEMPUNGAN KEPASIRAN DAN TANAH LANAU KELEMPUNGAN <i>Gregorius Sundjaja Sentosa¹, Aniek Prihatiningsih² dan Djunaidi Kosusih³</i>	399
KELOMPOK PEMINATAN MANAJEMEN KONSTRUKSI (MK)		
MK01	PERANAN PEMBERIAAN PENJELASAN (ANWIZING) PADA TAHAPAN PENGADAAN JASA KONSTRUKSI <i>Buraida</i>	409
MK02	KAJIAN PROSES PENGADAAN SUBKONTRAKTOR DAN SUPPLIER RANTAI PASOK KONSTRUKSI UNTUK Mendukung PELAKSANAAN BANGUNAN HUJAU <i>Prita Herdianti¹ dan Muhamad Abduh²</i>	417

MK03	KENDALA PELAKSANAAN SISTEM PENGADAAN BARANG/JASA PEMERINTAH UNTUK MEWUJUDKAN PENGADAAN YANG EFEKTIF DAN EFISIENSI <i>I Gusti Agung Adnyana Putera</i>	425
MK04	PENILAIAN RISIKO AKIBAT ADANYA ZONA KERJA PADA PELAKSANAAN PENINGKATAN JALAN NASIONAL DI PROVINSI BALI <i>Dewa Ketut Sudarsana¹, Ida Bagus Rai Adnyana², I Gede Putu Joni³ dan Anak Agung Gde Asmara⁴</i>	433
MK05	STRATEGI PENGEMBANG PERUMAHAN MENGGUNAKAN RATIONAL DECISION MODEL <i>Fajar Sri Handayani¹ dan Yanuar Rifka²</i>	439
MK06	PENERAPAN <i>VALUE ENGINEERING</i> PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN PENGGANDAAN MENUJU INFRASTRUKTUR YANG EFEKTIF, EFISIEN DAN BERKELANJUTAN <i>Hafnidar A. Rani¹, Azmeri² dan Jhonmery Ferdian³</i>	445
MK07	CAPAIAN <i>GREEN CONSTRUCTION</i> DALAM PROYEK BANGUNAN GEDUNG MENGGUNAKAN MODEL <i>ASSESSMENT GREEN CONSTRUCTION</i> <i>Wulfram I. Ervianto</i>	453
MK08	SIKAP BURUH BANGUNAN TERHADAP ALAT PELINDUNG DIRI UNTUK MEWUJUDKAN BANGUNAN TAHAN GEMPA <i>Dewi Yustiarini¹, Tedi Maulana², Tiara Arianti³, dan T. Setya Mayasir⁴</i>	461
MK09	STUDI ASPEK RISIKO KONTRAK TERHADAP KJNERJA KONTRAK PAYUNG (<i>FRAMEWORK AGREEMENT</i>) KONSTRUKSI <i>Habir¹, Herman Parung², Muh. Ramli Rahim³ dan Muhammad Amri⁴</i>	469
MK10	ANALISIS PRODUKTIVITAS PABRIKASI BALOK BAJA <i>HONEYCOMB</i> <i>Theresita Henni Setiawan¹ dan Sandy Susmita²</i>	477
MK11	MODEL AKOMODASI PRINSIP <i>SUSTAINABLE DEVELOPMENT</i> PADA EVALUASI PROYEK PENGEMBANGAN KAWASAN BANTARAN SUNGAI DI KABUPATEN MAROS <i>Fadly Ibrahim¹ dan Fadhil Surur²</i>	485
MK12	OTONOMI DALAM MANAJEMEN PENGELOLAAN KONTRAKTOR <i>Harijanto Setiawan</i>	493
MK13	ANALISIS FAKTOR BERPENGARUH PADA PERILAKU MANAJER PROYEK DALAM PENCAPAIAN HASIL PROYEK KONSTRUKSI <i>Zaenal Arifin</i>	501
MK14	KAJIAN FAKTOR KOMUNIKASI SEBAGAI PENUNJANG KINERJA PERUSAHAAN PENYEDIA JASA KONSTRUKSI <i>Anton Soekinan¹ dan Metta Prasetya²</i>	507
MK15	IDENTIFIKASI STRUKTUR BIAYA RANTAI PASOK MATERIAL HUJAU <i>Abdul Harisi Hanafi¹, Muhamad Abdul²</i>	515
MK16	ANALISIS RISIKO PADA PROYEK PEMBANGUNAN JARINGAN PIPA GAS ONSHORE <i>Iqbal Fuady¹ dan Mawardi Amin²</i>	521
MK17	FAKTOR KETIDAKPASTIAN YANG MEMPENGARUHI KINERJA BIAYA PROYEK KONSTRUKSI <i>Fahirah F¹ dan Tri Joko Wahyu Adi²</i>	529

MK18	DAMPAK IMPLEMENTASI MANAJEMEN PEMBIAYAAN PEKERJAAN ARSITEKTUR DALAM MENINGKATKAN KINERJA KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG DI KAWASAN LIPPO CIKARANG <i>Manlian Ronald, A. Simanjuntak dan Budi Yulianto</i>	537
MK19	ANALISIS MANAJEMEN PEMBIAYAAN ALAT KONSTRUKSI PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN PADA PROYEK BANGUNAN TOL JORR W2 UTARA SEKSI II (JAKARTA OUTER RING ROAD) <i>Manlian Ronald, A. Simanjuntak dan Giovannus Steven</i>	545
MK20	STUDI PENGARUH RISIKO KONTRAK BERBASIS KINERJA TERHADAP INDIKATOR KINERJA PADA PEKERJAAN JALAN DI INDONESIA <i>Benny Mochtar¹, Herman Parung², Johannes Patanduk³, dan Nur Ali⁴</i>	559
MK21	MODEL ESTIMASI BIAYA KONSEPTUAL BANGUNAN JEMBATAN BETON PRATEGANG (Studi Kasus Provinsi Jawa Tengah dan D.I.Y) <i>Bagyo Mulyono¹ dan Arwan Apriyono²</i>	567
MK22	ESTIMASI BIAYA TIDAK LANGSUNG PADA KONTRAKTOR KECIL DI SEMARANG <i>Paulus Setyo Nugroho¹ dan Bagyo Mulyono²</i>	573
MK23	STUDI PENGARUH DESAIN PEKERJAAN DAN BUDAYA ORGANISASI TERHADAP KEPUASAN, MOTIVASI, DAN KOMITMEN SERTA KINERJA SDM JASA KONSTRUKSI PADA PT. YODYA KARYA (PERSERO) KONSULTAN <i>Nurdjanah Hamid¹</i>	579
KELOMPOK PEMINATAN MATERIAL (MA)		
MA01	PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN BATAKO <i>Nursyamsi¹, Ika Puji Hastuty² dan Ivan Indrawan³</i>	595
MA02	APLIKASI MATERIAL BEKAS PAKAI PADA REKONSTRUKSI RUMAH TINGGAL PASCA BENCANA ALAM GEMPA BUMI <i>Andi Prasetyo Wibowo</i>	601
MA03	PERILAKU MEKANIKA PASANGAN DINDING BATU BATA BERKERANGKA KAYU KELAPA LAMINASI (GLUGU LAMINASI) <i>IGL Bagus Eratodi¹ dan Andreas Triwiyono²</i>	607
MA04	KINERJA ABU TERBANG SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN PADA BETON MUTU NORMAL <i>Aprizal Panjaitan¹, Zulfikar Djauhari² dan Alex Kurniawundy³</i>	617
MA05	PENINGKATAN KAPASITAS LENTUR DAN GESER PELAT KERAMIK BETON (KERATON) DENGAN METODE PRESTRESSING <i>Hazairin¹, Bernardinus Herhudiman² dan Cecep Didin Hidayat³</i>	625
MA06	KAJIAN PERBANDINGAN PERBAIKAN SIFAT REOLOGI PADA ASPAL MODIFIKASI ASBUTON DAN ASPAL MODIFIKASI SERBUK BAN BEKAS <i>Eva Wahyu Indriyati¹ dan Kiki Andriana Palupi²</i>	633
MA07	PEMANFAATAN FLYASH BERDASARKAN TINGKAT KPHALUSAN DALAM REKAYASA MORTAR BETON GEOPOLIMER <i>Firdaus dan Ishak Yunus</i>	641

MA08	PENGARUH PENAMBAHAN <i>SILICA FUME</i> DAN <i>SUPERPLASTICIZER</i> TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI DENGAN METODE ACI (<i>AMERICAN CONCRETE INSTITUTE</i>) <i>Rahmi Karolina¹ dan Krisman Aprieli Za²</i>	649
MA09	PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG KELU'D PADA CAMPURAN ASPAL BETON <i>JF Soandriyane f.</i>	657
MA10	PENGARUH PENAMBAHAN <i>FLY ASH</i> PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN <i>SILICA FUME</i> DAN <i>FILLER</i> PASIR KWARSA <i>Marsianus Danasi¹ dan Ade Lisantono²</i>	665
MA11	PENGARUH KOMPOSISI GLENIUM ACE 8590 TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON MUTU TINGGI BERBASIS <i>FLY ASH</i> DAN <i>FILLER</i> PASIR KUARSA <i>Angelina Eva Lianasari¹, Yohanes Arnold Setiawan²</i>	673
MA12	KINERJA CAMPURAN BETON DENGAN <i>FILLER</i> SIKAFUME DITINJAU DARI FAKTOR LAMA PERENDAMAN <i>Yetty Riris Rotua Saragi¹, Purtahi Lumbanguol²</i>	679
MA13	PERILAKU LEKATAN WIREMESH TERHADAP MATERIAL SELF COMPACTING CONCRETE (SCC) <i>A. Arwin Amiruddin</i>	687
MA14	STUDI PERILAKU MEKANIK BETON CRUMB RUBBER <i>Rita Irmawaty¹ dan Ahmad Aki Muhaemin²</i>	695
MA15	PENGARUH PENGGUNAAN INTEGRAL WATERPROOFING PADA BETON <i>FLY ASH</i> DAN NON <i>FLY ASH</i> UNTUK BASEMENT DAN MASS CONCRETE <i>Jonbi¹, A.R. Indra Tjahjani² dan F.X. Ferry Munaf³</i>	701
KELOMPOK PEMINATAN STRUKTUR (ST)		
ST01	ANALISIS STABILITAS STRUKTUR BAJA DENGAN PROGRAM MASTAN2 <i>Wiryanto Dewobroto dan Petrus Ricky</i>	709
ST02	KAJIAN KORELASI RASIO-AIR-POWDER DAN KADAR ABU TERBANG TERHADAP KINERJA BETON HVTFA <i>Bernardinus Herbudiman¹, dan Taufik Akbar²</i>	715
ST03	EVALUASI AWAL PENGGUNAAN FORMULA HASIL PENELITIAN DI NEGARA LAIN UNTUK MEMERKIRAKAN KEKUATAN TEKAN BETON DI INDONESIA DARI HASIL TES UPV <i>Sonny Wedhanto</i>	723
ST04	KAJIAN EKSPERIMENTAL PERILAKU BESI ANGKUR SEBAGAI PENGHUBUNG TARIK <i>Eltner Henrikus Sihaloho</i>	731
ST05	STUDI KOMPARASI PERILAKU RESPON STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG YANG DIANALISIS BERDASARKAN RESPON SPEKTRA <i>EVENT</i> GEMPA ACEH TAHUN 2010 - 2013 DAN RESPON SPEKTRA SNI 1726:2012 <i>Taufiq Saidi¹, Muttaqin² dan David Sarana³</i>	741
ST06	ANALISIS ELASTOPLASTIS PORTAL GABEL BAJA DENGAN MEMPERHITUNGGAN STRAIN HARDENING <i>Muttaqin Hasan¹, Mochammad Afifuddin² dan Cut Erni Sayahtri³</i>	749

ST07	KUAT LENTUR BALOK BETON TULANGAN BAMBU ORI TAKIKAN V <i>Agus Setiya Budi¹, Endah Safitri² dan Helmi³</i>	757
ST08	PENGARUH ABRASI AIR LAUT PADA BETON MUTU TINGGI DENGAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI DITINJAU DARI MODULUS ELASTISITAS DAN MODULUS OF RUPTURE <i>Kusno Adi Sumbowo¹, Achmad Basuki² dan Galuh Chrismaningwang³</i>	765
ST09	DINDING PARTISI BETON TULANGAN BAMBU DENGAN VARIASI JARAK ANTAR TULANGAN <i>Nanang Gumawan Wariyatno¹, Yanuar Haryanto², Gatot Heri Sudibyo³, dan Sumiyanto⁴</i>	773
ST10	ANALISIS DAYA DUKUNG BEBAN BALOK BETON BERTULANG TAMPANG T DENGAN PERKUATAN <i>WIRE ROPE</i> PADA DAERAH MOMEN NEGATIF MENGUNAKAN PROGRAM <i>RESPONSE-2000</i> DAN METODE PIAS <i>Yanuar Haryanto¹, Iman Satyarno² dan Djoko Sulistyono³</i>	779
ST11	STUDI PERBANDINGAN PENINGKATAN KAPASITAS AKSIAL KOLOM LINGKARAN BETON BERTULANG YANG DIBERIKAN PERKUATAN FRP DAN PEN-BINDER <i>Anang Kristianto¹, Yosafat Aji Pranata², Jeremy Julian³ dan Nico Tandy Susilo³</i>	789
ST12	PERBANDINGAN DESAIN PERTEMUAN BALOK-KOLOM STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG TAHAN GEMPA MENURUT PERATURAN AMERIKA, EROPA, HONGKONG, NEW ZEALAND, DAN INDONESIA <i>I Ketut Sudarsana¹ dan Gede Wedu Utama²</i>	797
ST13	PENGEMBANGAN PROGRAM ANALISIS GEJUNG TIGA DIMENSI DENGAN PROGRAM SUMBER TERBUKA FREEMAT <i>Yoyong Arfiadi</i>	807
ST14	EVALUASI KUAT GESEK KOLOM <i>Abdul Kadir¹, Iman Satyarno², Bambang Suhendro³, dan Andreas Triwiyono⁴</i>	815
ST15	PEMODELAN ELEMEN BETON BERTULANG DENGAN ELEMEN HINGGA <i>Abdul Kadir¹, Iman Satyarno², Bambang Suhendro³, dan Andreas Triwiyono⁴</i>	823
ST16	STUDI EKSPERIMENTAL PERILAKU SIKLIS PENDISIPASI ENERGI PIPA TEGAK <i>Junaedi Utomo¹, Muslimang Moestopo², Adang Surahman³ dan Dyah Kusumastuti⁴</i>	831
ST17	KINERJA STRUKTUR PILAR JEMBATAN BERDASARKAN PERENCANAAN BERBASIS PERPINDAHAN LANGSUNG <i>Ockto Perry P Harahap¹, Zulfikar Djauhari² dan Alex Kurniawandy³</i>	839
ST18	AUDIT FORENSIK KONSTRUKSI DAN PERKUATAN PADA STRUKTUR DOME <i>Jonhi¹, Anang Kristianto² dan Binsar Hariandja¹</i>	847
ST19	KAJIAN KINERJA RANGKA ATAP BAJA CANAI DINGIN <i>Wahyu Wuryanti¹ dan Christanto Yudha Saputra²</i>	855
ST20	PENGARUH SERAT <i>POLYPROPYLENE</i> TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN KUAT LENTUR <i>REACTIVE POWDER CONCRETE</i> <i>Widodo Kushartomo¹, Michael Sinatraz²</i>	865
ST21	OPTIMASI UKURAN PENAMPANG PADA STRUKTUR RANGKA BATANG BIDANG DAN RUANG DENGAN MENGGUNAKAN <i>MODIFIED BINARY PARTICLE SWARM</i> <i>OPTIMIZATION</i> <i>Richard Frans¹ dan Yoyong Arfiadi²</i>	871

PERBAIKAN GRADASI TANAH PASIR SERAGAM UNTUK MENINGKATKAN NILAI N-SPT DAN KETAHANAN TERHADAP LIQUEFACTION

John Tri Hatmoko¹ dan Hendra Suryadharma²

Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta Jln. Babarsari No.44 Yogyakarta
Email : john@mail.uajy.ac.id

Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta Jln. Babarsari No.44 Yogyakarta
Email : surya@mail.uajy.ac.id

ABSTRAK

Studi eksplorasi berupa uji bor dalam dan SPT dilakukan di 4(empat) lokasi yang berbeda di Kabupaten Bantul DIY. Bor dalam dilakukan sampai kedalaman 30,00 meter dengan uji SPT, dengan hasil muka air tanah pada -5,00 s.d -7,00 m, nilai NSPT rendah sampai sedang, $15 < N < 30$. Pengujian laboratorium menunjukkan bahwa tanah pasir bergradasi buruk dengan $Cu < 3$, dan $Cc < 2$, sudut gesek dalam relative rendah $24 < \phi < 29$. Evaluasi potensi terjadinya *liquefaction* dilakukan di 4 lokasi tersebut, dengan hasil bahwa pada gempa besar ($a_{maks}/g = 0,20$), di lokasi 1 dan 2 terjadi zona *liquefaction* dari kedalaman 9,00 sampai dengan 30,00 meter. Sedangkan di lokasi 3 zona *liquefaction* dari -22,00 sampai -28,00 (6 meter). Di lokasi 4 terjadi zona *liquefaction* sekitar 23,00 meter. Penelitian ini memperbaiki gradasi tanah pasir di 4 lokasi tersebut dengan menambahkan lempung dari Godean dan Wates dengan tujuan meningkatkan nilai N- SPT dan ketahanan tanah terhadap *liquefaction*. Tanah lempung dari Godean dan Wates dicampur kemudian di tambahkan pada tanah pasir di 4 lokasi dengan proporsi 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah pasir yang semula merupakan pasir bergradasi buruk (SP) menjadi tanah pasir bergradasi baik (SW) walaupun ada beberapa yang masih SP. Nilai parameter geser tanah : kohesi (c) naik secara signifikans 15 sampai 16 kali, sedangkan nilai sudut gesek dalam turun sekitar 1,5 sampai 2 kali. Oleh peningkatan nilai kohesi, nilai SPT terukur (N_m) atau nilai SPT ternormalisasi (N_1)₆₀ naik sekitar 1,15 sampai 1,25 kali. Dengan meningkatnya nilai N-SPT nilai ketahanan tanah terhadap *liquefaction* (CRR). Di lokasi 1, peningkatan CRR berkisar dari 20% sampai dengan 60%, di lokasi 2 antara 17% sampai dengan 40%. Dengan meningkatnya CRR zona-zona *liquefaction* akan mengalami perpendekan.

Kata kunci : pasir, *liquefaction*, CRR, gradasi, N- SPT, parameter geser

1. PENDAHULUAN

Deposit tanah pasir, yang pada umumnya berkohesi rendah dan sudut gesek internal tinggi, tersebar luas di propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Pada keadaan jenuh, tanah pasir berpotensi mengalami likuifaksi. Beberapa studi terdahulu (Hatmoko, 2002; Hatmoko & Lulie, 2005) menunjukkan bahwa deposit tanah pasir di Yogyakarta adalah seragam ($Cu < 3$, and $Cc < 2$). Sampai kedalaman 60 meter, nilai N-SPT rendah sampai sedang ($15 < N < 30$). Muka air tanah relative tinggi sekitar -4,00 meter pada saat musim hujan dan turun sampai -10,00 meter pada musim hujan. Temuan yang relative lama melaporkan bahwa *liquefaction* terjadi pada tanah pasir jenuh, seragam (diameter anrata 2,00 sampai 4,00 mm), kepadatan relative rendah, dan nilai N-SPT rendah, kurang dari 15 (Seed & Idriss, 1971). Dengan demikian, propinsi DIY sangat mungkin terjadi *liquefaction* pada suatu lokasi dan pada zona-zona tertentu. Hatmoko & Suryadharma (2014) melakukan penelitian di 4(empat) lokasi di Kabupaten Bantul, DIY dengan hasil bahwa di lokasi studi tersebut terjadi zona-zona *liquefaction* pada saat terjadi gempa. Studi evaluasi potensi *liquefaction* sampai saat ini masih banyak dilakukan. Model-model empiric untuk memprediksi pergerakan horizontal diturunkan oleh (Ashuer, Moammed and Norris, Gary, 1999; Bartlett, F.S., and Youd, L.T. 1995). Cetin, O.K. (2004) menggunakan konsep energy untuk mendefinisikan *liquefaction* dengan percobaan laboratorium pada tanah pasir. Pendekatan yang lebih umum untuk mengevaluasi hubungan tegangan-regangan dari percobaan triaksial tak terdrainase diformulasikan oleh (Fear, E.C., & McEoberts, C.E., 1995). Pendekatan empirik-probabilistik yang relative baru untuk evaluasi ketahanan tanah terhadap *liquefaction* berdasarkan pada data SPT diusulkan oleh (Cetin, O.K., 2004; Juang Hein, C., 2001). Namun demikian metode yang sering digunakan untuk evaluasi *liquefaction* adalah metode yang dikembangkan oleh workshop NCEER, 1998 (Youd, T.L., 1995, 2004). Metode ini pada dasarnya merupakan pengembangan dari metode sederhana yang dilakukan oleh (Seed, H.B., & Idriss, I.M., 1971).

Walaupun metode evaluasi potensi *liquefaction* selalu berkembang, metode perbaikan tanah untuk meningkatkan ketahanan tanah terhadap *liquefaction* belum banyak dilakukan. Miller, A. & Roycroft, A. (2004) melakukan grouting dengan tujuan meningkatkan ketahanan tanah terutama terhadap penyebaran lateral. Pengujian ini dilakukan untuk validasi terhadap hasil perencanaan. Pada tahap pertama, program pengujian grouting dibuat jarak lubang grouting sebesar 2,5 meter dan 1,8 meter. Tahap kedua, jarak lubang diperpendek menjadi 1,5 meter dan 1,2 meter. Sebelum tahapan-tahapan tersebut dilakukan pengujian sondir dan SPT untuk keperluan evaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil perbaikan tanah berbanding terbalik dengan jarak lubang. Semakin dekat jarak lubang grouting semakin baik hasil perbaikan tanah. Hsieh, S., et.al. (2003) mempraktekan *jet-grouting* untuk mengurangi gerakan horisontal dinding diaphragma pada penggalian basemen setinggi 6 tingkat. Berdasarkan pengalaman di lapangan, bangunan yang berdekatan dengan galian basemen mengalami setelmen yang masih pada interval toleransi, namun displasemen cukup besar sehingga pada lokasi-lokasi tertentu di terapkan *jet-grouting* untuk meningkatkan tekanan efektif sehingga pergerakan tanah dapat dikurangi. Dano, C. Et.al. (2004) meneliti mengenai sifat-sifat teknis pasir yang *digroutting*. Mereka mempresentasikan perilaku tanah pasir tak tersementasi dengan tanah pasir yang *digroutting*. Empat jenis tanah pasir *digroutting* dengan bahan semen. Pengujian geser digunakan alat tekan bebas. Hasil menunjukkan bahwa pasir yang *digroutting* dapat direproduksi dengan menerapkan model linier elastik, dan model plastis sempurna dengan menggunakan kriteria keluluan Mohr-Coulomb yang parameter gesernya dengan mudah dapat ditentukan. Evans and Zhou (2005) mencoba untuk melihat 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%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan kerikil tahanan terhadap *liquefaction* meningkat. Peningkatan ini diamati pada kondisi kepadatan relatif yang sama. Pada kadar kerikil 40% dengan kepadatan relatif 40% terlihat bahwa perilakunya mirip dengan pasir dengan kepadatan relatif 65%. Penelitian ini melakukan perbaikan gradasi tanah pasir seragam yang dilakukan pada studi terdahulu (Hatmoko, J.T. & Suryadharma, H.Y., 2014) dan ditambah data profil tanah dari 2 buah pengeboran, dengan tujuan untuk meningkatkan parameter dan kuat geser, meningkatkan nilai N-SPT, dan meningkatkan ketahanan tanah terhadap *liquefaction*.

METODE PENELITIAN

Pengujian lapangan

Pengujian lapangan dilakukan di 4(empat) lokasi terpilih di Kabupaten Bantul DIY (Hatmoko, J.T., & Suryadharma, H.Y., 2014). Lokasi obyek penelitian tersebut adalah : Lokasi 1 Gedung layanan Teknologi Informasi (wilayah Barat), lokasi 2 kampus ISI (bagian Utara), lokasi 3 kampus Universitas Mercubuana(bagian Tengah), dan lokasi 4 area rumah dinas Bupati Bantul (bagian Selatan). Pengujian lapangan adalah pengeboran dan SPT sampai kedalaman 30,00 meter untuk setiap lokasi. Mesin bor yang digunakan adalah *Rotary Spindle Type : Skid Mounted* dengan diameter mata bor 7.295 cm. Alat ini mampu untuk pengeboran sampai dengan kedalaman 60,00 meter. Untuk perbaikan gradasi tanah pasir diambil tanah berbutir halus dari Wates dan Godean.

Pengujian laboratorium

Tanah pasir yang diperoleh dari uji bor dicampur dengan tanah berbutir halus dari Wates dan Godean dengan prosentase 10, 20, 30,40, dan 50% kemudian diuji di laboratorium. Penamaan sampel tanah adalah : A₁H_y artinya tanah pasir di lokasi 1 dengan tanah berbutir halus y%. Pengujian sifat-sifat fisika dan mekanika tanah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah FT.UAJY. Untuk menentukan sifat-sifat fisika tanah dilakukan pengujian kadar air (ASTM 2216-92, atau SNI 1965 2008), Analisis saringan (ASTM D 422 atau SNI 3423 : 2008), berat jenis (ASTM D 854 atau SNI 1964 : 2008). Untuk menentukan parameter-parameter geser tanah dilakukan pengujian geser langsung sesuai dengan standar (ASTM D 3080 or SNI 2813 : 2008).

Model dan prosedur analisis

Model analisis yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode yang diusulkan oleh (Youd, T.L., (2004) yang dikembangkan oleh workshop yang diselenggarakan 3(tiga) kali di tahun t 1996, 1998 and 2003 oleh NCEER. CRR dikaji secara khusus dan komprehensif dan kajian ini dipandu oleh Youd & Idriss. Ketiga workshop tersebut pada dasarnya bertujuan mengembangkan metode terdahulu yang diusulkan oleh (Seed & Idriss, 1971). Hasil dari workshop tersebut di publikasikan oleh (Youd, T.L., 2004). Prosedur analisis adalah sebagai berikut. Setelah hasil uji lapangan (profil tanah, dan nilai N-SPT), dan hasil uji laboratorium diperoleh, CRR dapat dihitung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian lapangan

Gambar 1 adalah hasil pengeboran di lokasi 2, sebagai contoh hasil uji lapangan. Profil tanah di lokasi 2 ini merupakan

HASIL PENGOLAHAN DATA : PENGEBORAN DI LOKASI 2										
SOIL MECHANIC LABORATORY CIVIL ENGINEERING PROGRAM FACULTY OF ENGINEERING, UIJY 44 BABARSARI STREET, YOGYAKARTA 55281 Tel: +62-274-487711 ext. 1055 Fax: +62-274-487748							Boring Number:			
							BH-2			
BOR LOG										
CLIENT: John Tri Hatmoko				PROJECT TITLE: Hibah Fundamental						
PROJECT CONTRACT NUMBER:				PROJECT LOCATION: UNWAMA/U.MercuBuana, Sedayu, Bantul						
DATE STARTED: March 17 2014				GROUND ELEVATION: -0,70m from road level						
DATE COMPLETED: March 19 2014				HOLE SIZE: 7.295cm						
DRILLING CONTRACTOR: SOIL MECH. LAB. UIJY				GROUND WATER LEVEL: 5,00m						
DRILLING METHOD: ROTARY DRILL, SKD MOUNTED TYPE				WEATHER CONDITION: FINE/RAINY						
LOGGED BY: Mubandh, CS				ESTIMATED SEASONAL HIGH:						
CHECKED BY: John Tri Hatmoko										
Depth (m)	Graph Log	Material Description	Contact Depth (m)	Sample Number	Blow Counts (N Value)				Water Level Elevation (m)	SPT Value
					N1	N2	N3	Nv		
1										
2		Pasir halus	2	I	12	15	16	31		
3										
4		Pasir Kasar	2		11	15	13	28		
5										
6		Pasir sedang	3		8	13	20	27	-5,00	
7										
8		Pasir kasar	2		8	11	12	29		
9										
10										
11		Pasir halus	1,5	II	6	9	9	18		
12										
13			2,5		27	25	27	34		
14					15	15	12	27		
15		Pasir kasar	3							
16					9	12	12	23		
17										
18		Pasir halus	5		7	9	10	19		
19										
20										
21				III	17	30	30	40		
22					17	30	27	37		
23										
24		Pasir sedang	4		12	12	23	35		
25										
26					10	11	12	23		
27		Pasir halus	3							
28					7	11	13	24		
29										
30		Pasir sedang	2		12	15	13	26		

Gambar 1. Hasil Pengeboran di lokasi 2

tanah pasir halus sampai kasar di semua kedalaman, sama sekali tidak ada lapisan tanah berbutir halus (lempung atau lanau) pada deposit tanah tersebut. Nilai $N-SPT$ rendah sampai sedang pada kisaran 18 sampai 40. Ada kejanggalan dari hasil ini dimana pada kedalaman 2,00 meter terdapat nilai $N-SPT$ cukup tinggi (32). Hasil di lokasi lain (1), (3) dan (4) menunjukkan kemiripan dengan di lokasi 1 dimana deposit tanah didominasi oleh pasir halus sampai sedang. Namun di lokasi 3 dan 4 dijumpai lapisan tipis pasir kelanauan.

Hasil Laboratorium

Sampel tanah diambil diatas dan dibawah muka air tanah. Hasil analisis saringan dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Saringan Tanah pasir

Lokasi	Kedalaman (m)	D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)	C_u	C_c	Keterangan
1	2.00	0.55	1.0	1.50	2.73	1.21	SP
	20.00	0.85	1.20	1.50	1.76	1.13	SP
	2.00	0.60	1.10	1.60	2.67	1.26	SP
2	20.00	0.65	0.80	1.50	2.31	0.66	SP
	9.50	0.85	1.50	2.40	2.82	1.11	SP
3	20.50	0.475	0.60	0.85	1.79	0.89	SP
	2.00	0.95	1.50	2.70	2.93	1.37	SP
4	20.00	0.85	1.20	1.50	1.77	1.13	SP

Kebanyakan harga koefisien kelengkungan (C_c) diantara 0.66 to 1.89, walaupun beberapa ada diantara 1 and 3. Koefisien keseragaman (C_u) di 4(empat) lokasi lebih kecil 3 ($1.77 < C_u < 2.93$). Dengan demikian di semua kedalaman, tanah merupakan tanah pasir bergradasi buruk (SP) yang berpotensi terjadi *liquefaction* pada saat gempa. Untuk meningkatkan ketahanan terhadap *liquefaction* dilakukan perbaikan gradasi tanah pasir tersebut

dengan jalan menambahkan fraksi halus. Hasil analisis saringan pada tanah pasir dengan fraksi halus terlihat pada table 2.

Tabel 2. Perbaikan gradasi tanah pasir

Tanah	D_{10}	D_{30}	D_{60}	C_c	C_u	Keterangan
A_1H_{10}	0.43	1.20	1.45	3.37	2.31	SP
A_1H_{20}	0.06	0.90	1.42	23.67	9.51	SW
A_1H_{30}	0.05	0.43	1.35	27	2.74	SP
A_1H_{40}	0.03	0.70	1.10	36.67	14.85	SW
A_1H_{50}	0.02	0.60	0.7	3.5	25.71	SW
A_2H_{10}	0.21	0.90	1.48	7.05	2.61	SP
A_2H_{20}	0.07	0.88	1.43	20.43	7.74	SW
A_2H_{30}	0.05	0.40	1.25	25	2.56	SP
A_2H_{40}	0.03	0.071	1.06	35.33	15.85	SW
A_2H_{50}	0.02	0.061	1.00	50	18.61	SW
A_3H_{10}	0.08	1.43	2.20	27.5	11.62	SW
A_3H_{20}	0.06	0.43	2	33.33	1.54	SP
A_3H_{30}	0.05	0.2	1.95	39	0.41	SP
A_3H_{40}	0.03	0.07	1.58	52.67	10.34	SW
A_3H_{50}	0.02	0.056	1.59	79.5	9.86	SW
A_4H_{10}	0.22	1.20	1.48	6.73	4.42	SW
A_4H_{20}	0.07	0.90	1.43	20.43	8.09	SW
A_4H_{30}	0.06	0.42	1.40	23.33	2.1	SP
A_4H_{40}	0.05	0.07	1.35	27	7.26	SW
A_4H_{50}	0.03	0.05	1.30	43.33	6.41	SW

Proses perbaikan tanah dengan menambahkan fraksi halus pada tanah pasir menunjukkan perbaikan pada sebagian besar komposisi tanah. Ada beberapa komposisi seperti : A_1H_{10} , A_1H_{30} , A_2H_{10} , A_2H_{30} , A_3H_{20} , A_3H_{30} , dan A_4H_{30} yang masih bergradasi buruk walaupun sudah ada perbaikan. Nilai C_c pada umumnya memenuhi syarat hanya saja nilai C_u belum memenuhi syarat tanah pasir bergradasi baik walaupun mendekati 3.

Hasil pengujian geser langsung diringkas pada table 3, untuk tanah pasir, dan table 4 untuk tanah pasir yang gradasinya diperbaiki. Pada tanah pasir, nilai kohesi sangat rendah mendekati nol ($0.038 < c < 0.083$) kg/cm^2 , sedangkan nilai sudut gesek dalam berkisar antara 25.73 to 29.22^o untuk ukuran tanah pasir, harga sudut gesek dalam tersebut relative rendah.

Table 3. Ringkasan hasil uji geser langsung

Location	Elevation (m)	Cohesion, c (kg/cm^2)	Internal friction angle, Φ ($^{\circ}$)
1	-2,00	0,083	25,73
	-10,00	0,075	26,07
	-20,00	0,068	26,89
2	-1,50	0,067	25,98
	-9,50	0,059	26,83
	-20,50	0,065	26,23
3	-2,00	0,043	27,76
	-20,00	0,038	29,22
4	-2,00	0,054	27,08
	-10,00	0,048	27,56
	-20,00	0,045	28,05

Hasil tersebut sesuai dengan jenis tanah (SP) yang pada umumnya gesekan antar butirannya cukup rendah. Tanah pasir Bantul yang sudah diperbaiki gradasinya terlihat pada table 2. Sebagian besar tanah pair yang semula SP berubah menjadi SW oleh penambahan tanah berbutir halus, walaupun masih ada beberapa yang masih dikategorikan sebagai SP seperti : A_1H_{10} , A_1H_{30} , A_2H_{10} , A_2H_{30} , A_3H_{20} , A_3H_{30} , dan A_4H_{30} . Namun demikian tanah tanah tersebut memiliki koefisien keseragaman yang memenuhi sarat sebagai SW hanya koefisien gradasinya belum memenuhi syarat. Semua komposisi tanah A_1H_{10} sampai dengan A_4H_{50} diuji didalam geser langsung namun demikian gambar gambar tidak ditampilkan pada laporan ini karena tipikal. Hasil pengujian (nilai kohesi dan sudut gesek dalam) ditampilkan pada table 4.

Tabel 4. Hasil pengujian geser langsung tanah Pasir yang diperbaiki

Komposisi tanah	A_1H_0	A_1H_{10}	A_1H_{20}	A_1H_{30}	A_1H_{40}	A_1H_{50}
Kohesi, c(kg/cm ²)	0.0753	0.308	0.540	0.773	0.998	1.238
Sdt Gsk dalam, $\Phi(^{\circ})$	26.23 ⁰	23.607	20.984	18.361	15.738	13.85
Komposisi tanah	A_2H_0	A_2H_{10}	A_2H_{20}	A_2H_{30}	A_2H_{40}	A_2H_{50}
Kohesi, c(kg/cm ²)	0.064	0.298	0.531	0.765	0.998	1.232
Sdt Gsk dalam, $\Phi(^{\circ})$	26.35 ⁰	23.715	21.08	18.445	15.81	13.93
Komposisi tanah	A_3H_0	A_3H_{10}	A_3H_{20}	A_3H_{30}	A_3H_{40}	A_3H_{50}
Kohesi, c(kg/cm ²)	0.041	0.278	0.512	0.745	0.985	1.221
Sdt Gsk dalam, $\Phi(^{\circ})$	28.49 ⁰	25.641	22.792	19.943	17.094	14.87
Komposisi tanah	A_4H_0	A_4H_{10}	A_4H_{20}	A_4H_{30}	A_4H_{40}	A_4H_{50}
Kohesi, c(kg/cm ²)	0.049	0.284	0.519	0.754	0.989	1.225
Sdt Gsk dalam, $\Phi(^{\circ})$	27.56 ⁰	24.804	22.048	19.292	16.536	14.32

Dengan membandingkan table 3 dan 4, terlihat bahwa penurunan nilai sudut gesek dalam dari 26,23⁰ (A_1H_0) menjadi 13,85⁰ (A_1H_{50}) sebesar 47,2%; untuk tanah A_2 dari 26,35⁰ menjadi 13,93⁰ (47,1%); dari 28,49⁰ menjadi 14,87⁰ (47,8%) untuk tanah A_3 , dan untuk tanah A_4 dari 27,56⁰ menjadi 14,32⁰ (48%). Jika diambil reratanya kurang lebih mengalami penurunan sudut gesek dalam kurang lebih 50%. Dari ke dua table tersebut terlihat bahwa peningkatan nilai kohesi rerata kurang lebih 15 sampai dengan 16 kali dari kohesi semula. Dari peningkatan nilai kohesi yang cukup signifikan dibandingkan dengan penurunan nilai sudut gesek dalam, diharapkan ada peningkatan nilai N SPT tanah pasir (A_1 sampai dengan A_4).

Tanah di semua lokasi, A_1 sampai dengan A_4 , awalnya merupakan tanah pasir bergradasi buruk (SP) setelah dicampur dengan tanah lempung Godean dan lempung Wates yang keduanya adalah tanah lempung berplastisitas tinggi (CH), sebagian menjadi tanah pasir bergradasi baik (SW). Secara langsung, korelasi antara kuat geser tanah (τ) tidak dijumpai di dalam literature. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh bahwa tegangan geser tanah sangat tergantung pada tegangan efektif yang bekerja pada deposit tanah tersebut. Oleh sebab itu, pada studi ini dilakukan korelasi parsial antara sudut gesek dalam pada tanah pasir (ϕ) dengan nilai N SPT dan nilai kohesi (c) dengan nilai N SPT kemudian diambil reratanya. Korelasi antara sudut gesek dalam dengan SPT menggunakan grafik Hatanaka, M, and Uchida, A., (1996), sedangkan korelasi antara kohesi dengan sudut gesek dalam dengan nilai N SPT menggunakan grafik dalam buku Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967). Hasil penurunan sudut gesek dalam untuk berbagai komposisi tanah diplot langsung kedalam grafik Hatanaka dan Uchida untuk dikorelasikan dengan nilai N SPT yang dinormalisir (N_1)₆₀, kemudian jika diperlukan dapat dikonversi balik ke nilai N SPT terukur (N_m). Hasil korelasi menunjukkan bahwa penurunan nilai N SPT akibat penurunan sudut gesek dalam (ϕ) tidak cukup signifikan menurut Hatanaka dan Uchida tidak cukup signifikan (antara 6 sampai dengan 22%). Penurunan nilai N SPT tersebut tidak linier terhadap penurunan sudut gesek dalam. Korelasi antara kohesi dengan N-SPT menggunakan grafik Terzaghi dan Peck (1967).

Dengan menggunakan Koreksi nilai SPT (Skempton 1986) disempurnakan oleh Robertson dan Wride (1998) ditentukan factor-factor koreksi $N_m, C_N, C_E, C_B, C_R, C_S$ yang kemudian dimasukkan kedalam persamaan :

$$(N_1)_{60} = N_m \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \dots\dots\dots(1)$$

Dimana

- N_m : faktor nilai SPT terukur
- C_N : faktor untuk menormalisasi N_m
- C_E : faktor koreksi energy hammer (ER)
- C_B : faktor koreksi lubang bor
- C_R : faktor koreksi panjang batang
- C_S : faktor koreksi sampler

Jika perkalian faktor faktor reduksi maupun amplifikasi diatas diperkirakan 0,85 maka nilai N SPT terukur (N_m) menjadi : (N_1)₆₀/0,85. Di lokasi satu pada elevasi 5 meter dari muka tanah nilai N SPT terukur ($N_m = 31$), setelah diperbaiki pada kadar lempung 50% nilai N_m naik menjadi 37,6 kenaikan sekitar 21,9% . Lokasi 2 naik dari 32 menjadi 37,6 (17,5%). Lokasi 3 naik dari 31 menjadi 36,5 (17,7%). Dan lokasi 4 dari 22 menjadi 36,6 (66%). Dari keempat lokasi, lokasi 4 mengalami kenaikan sangat besar, sedangkan di lokasi 1 sampai dengan 3 kenaikannya kurang lebih sama antara 17,5% sampai 21,9%. Oleh sebab itu untuk evaluasi *liquefaction* diambil kenaikan 20% untuk semua lokasi dan diasumsikan linier terhadap kedalaman.

Analisis *Cyclic Resistance Ratio (CRR)* menggunakan data SPT. Nilai N-SPT tersebut dinormalisir dengan beberapa factor yaitu :energy pemukul (C_E), lobang-bor (C_B), panjang lengan (C_R), and metode sampling (C_S). Kemudian dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh workshop NCEER , *CRR* dapat dihitung. Tabel 5 adalah contoh hitungan *CRR* untuk lokasi 1.

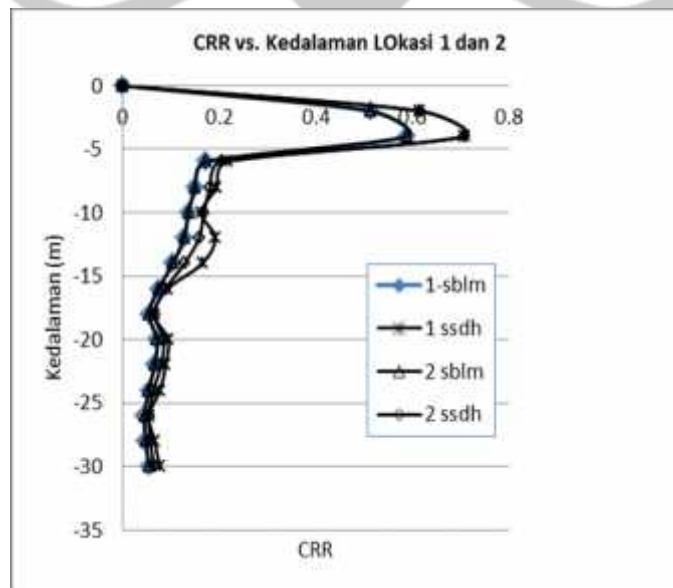
Tabel 5. Hitungan *CRR* untuk Lokasi 1

z(m)	N_{SPT}		σ'_v (kN/m^2)	$C_N =$ ($100/\sigma'_v$)	$(N_1)_{60}$	$CRR_{7.5}$	K	CRR Lokasi 1		
	Sblm	Sesd						Sblm	Ssdh	Naik(%)
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	30	36	39.44	2.535	68.65	0.475	1	0.513	0.616	20
4	27	32	78.88	1.267	30.89	0.546	1	0.589	0.707	20
6	22	26	118.32	0.845	16.78	0.177	0.9	0.172	0.215	25
8	24	29	138.18	0.724	15.67	0.166	0.84	0.150	0.195	30
10	26	31	158.04	0.632	14.84	0.157	0.8	0.136	0.163	20.7
12	28	34	177.9	0.562	14.21	0.151	0.78	0.127	0.191	50.4
14	26	31	197.76	0.505	11.87	0.128	0.75	0.104	0.165	60.2
16	20	24	217.62	0.459	8.29	0.095	0.72	0.074	0.093	25.7
18	15	18	237.48	0.421	5.70	0.073	0.69	0.054	0.065	20.4
20	25	30	257.29	0.388	8.77	0.099	0.66	0.071	0.094	32.4
22	26	31	277.05	0.361	8.47	0.097	0.63	0.066	0.089	34.9
24	22	26	296.81	0.336	6.69	0.081	0.61	0.054	0.077	45.3
26	16	19	316.57	0.315	5.42	0.070	0.6	0.045	0.054	20
28	18	22	336.33	0.297	5.90	0.074	0.59	0.047	0.066	40.4
30	24	29	356.09	0.281	7.35	0.087	0.58	0.055	0.076	40.7

Untuk lokasi lain dapat dihitung dengan cara yang sama, table 6 menyajikan peningkatan *CRR* untuk lokasi 2.

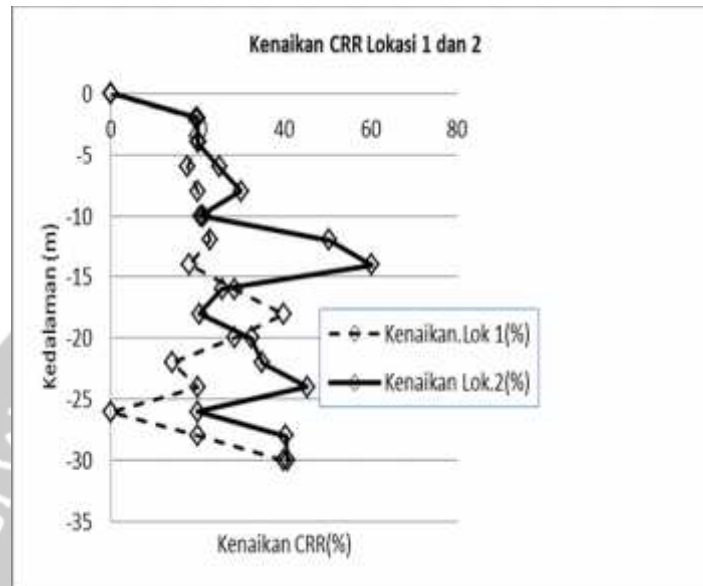
Tabel 2. Peningkatan *CRR* untuk lokasi 2

Kedalaman(m)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
CRR	Sblm	0	0.51	0.59	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11	0.07	0.05	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05
	Sesudah	0	0.61	0.71	0.20	0.18	0.17	0.16	0.13	0.09	0.07	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06
	Naik(%)	0	19.6	20.3	17.6	20	21.4	23	18.2	28.6	40	28.6	14.2	20	0	20



Gambar 1. *CRR* vs. Kedalaman untuk Lokasi 1 dan 2

Nilai ketahanan tanah terhadap *liquefaction* (*CRR*) naik untuk setiap kedalaman disebabkan oleh peningkatan nilai *N-SPT*. Namun demikian kenaikan tidak sama untuk setiap kedalaman dan juga tidak linier. Kisaran kenaikan antara 20% sampai dengan 60% pada lokasi 1 dan 17,6 sampai 40% pada lokasi 2. Tidak meratanya kenaikan *CRR* untuk setiap kedalaman disebabkan nilai factor normalisasi (C_N) yang tidak sama atau linier terhadap kedalamannya. Kenaikan nilai *CRR* vs. kedalaman disajikan pada gambar 2.



KESIMPULAN

- Kondisi awal tanah di empat lokasi penelitian di berbagai kedalaman yang ditinjau merupakan tanah pasir seragam bergradasi buruk (SP). Setelah diperbaiki dengan jalan menambahkan tanah lempung Godean dan lempung Wates, sebagian besar tanah berubah menjadi tanah pasir bergradasi baik (SW).
- Dengan perbaikan tanah/perbaikan gradasi, nilai kohesi meningkat cukup signifikan sampai 16 kali lipat, sementara penurunan sudut gesek dalam pada kisaran 1,5 sampai dengan 2 kali lipat dari harga semula.
- Nilai $N-SPT$ ataupun $(N_1)_{60}$ naik kurang lebih 1,25 kali nilai sebelum diperbaiki. Kenaikan nilai $N-SPT$ disebabkan oleh kenaikan harga kohesi, sedangkan penurunan nilai sudut gesek dalam (ϕ) tidak secara signifikan menurunkan nilai $N-SPT$.
- Peningkatan nilai $N-SPT$ untuk semua kedalaman meningkatkan ketahanan tanah terhadap *liquefaction* (*CRR*) yang bervariasi menurut kedalamannya. Peningkatan *CRR* berkisar antara 20 sampai dengan 40%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional atas pemberian dananya untuk penelitian ini melalui program penelitian Hibah Fundamental DIPA Nomor : 023.04.1.67453/2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashuer, Moammed and Norris, Gary: "Liquefaction and Undrained Response Evaluation of Sands from Drained Formulation" *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 125, No.8, August 1999, pp.649-648
- 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 al. (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.
- Cetin, O.K., (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.
- Dano, C. et al. (2004): "Engineering Properties of Grouted Sands" *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol.130, No.3, March 2004.
- 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 McEberts, 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.
- Hatmoko, J.T. & Suryadharma, H.Y. (2014) . "Perdiksi Potensi Pencairan Tanah akibat Gempa : Studi di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta", Laporan penelitian Hibah Fundamental
- Hsieh, S., et al. (2008) : " Use of Jet Grouting to Limit Diaphragm Wall Displacement of a Deep Excavation", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol.129, No.1, January 2008.
- Juang Hein, C, Chen, J. C., and Jiang Tao (2001): "Probabilistic Framework for Liquefaction Potential by Shear Velocity," *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 127, No.8, August 2001, pp.670-678.
- Miller, A. and Roycroft, A. : " Compaction Grouting Test Program for Liquefaction Control" *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol.130, No.4, April 2004
- Robertson, P.K., and Wride, C.E. (1998). "Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test" *Canadian Geotechnical Journal* , Ottawa 35(3), pp. 442 - 459
- Skempton, A.K., (1986). "Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, aging, and overconsolidation". *Geotechnique*, London, 36(3), 425 -447
- Vidayanti, D., (2013) : " Korelasi nilai N SPT dengan Parameter Kuat Geser Tanah Untuk wilayah Jakarta dan sekitarnya" Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 7 (KoNTekS7), Universitas Sebelas Maret Surakarta : 24 s.d. 26 Oktober 2013, hal. G 99 s.d. G 107.
- 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.
- Youd, L.T., and Garris, C.T. (1995): "Liquefaction-Induced Ground Surface Disruption", *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 121, No.11, November, 1995, pp 805-813.
- Youd, T.L. (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.