

ISBN : 978-979-96668-7-1

# PROSIDING

**PERTEMUAN ILMIAH TAHUNAN XIII 2009**  
**HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA**  
**Indonesian Society for Geotechnical Engineering**

**DEVELOPMENT OF GEOTECHNICAL ENGINEERING  
IN CIVIL CONSTRUCTION**



**HATTI BEKERJASAMA DENGAN UNIVERSITAS UDAYANA**  
**DIDUKUNG OLEH PU DAN LPJK**



**GRAND INNA BALI BEACH HOTEL SANUR, DENPASAR, BALI**  
**5-6 NOPEMBER 2009**

**Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT-XIII) HATTI  
Hatti bekerjasama dengan: Program Studi Magister Teknik Sipil,  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Grand Inna Bali Beach Hotel Sanur, Denpasar, Bali 5-6 Nopember 2009**

## **DEVELOPMENT OF GEOTECHNICAL ENGINEERING IN CIVIL CONSTRUCTION**

**Editor:** *I Wayan Redana,  
Indrasurya B Mochtar,  
Indarto,  
Widjojo A. Prakoso,  
Ersa Rismantojo,  
I Wayan Sengara, dan  
Paulus P. Raharjo.*

**Dicetak dan diterbitkan oleh  
HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA  
Basement Aldevco Octagon, Jl. Warung Jati Barat Raya No. 75  
Jakarta 12740**

**SAMBUTAN KETUA UMUM  
HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA**

**Yth. Dewan Penasihat dan Dewan Pertimbangan Pengurus HATTI Pusat  
Pengurus Cabang HATTI  
Para Undangan, Pembicara, dan Peserta Pertemuan Ilmiah Tahunan ke XIII  
HATTI**

Pertama-tama kami mengucapkan selamat datang di kota Denpasar, Bali.

Seperti di tahun sebelumnya, pada tahun 2009 ini kita kembali menyelenggarakan Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT), yang kecuali menjadi ajang temu ilmiah dan saling tukar-menukar informasi juga menjadi forum untuk membicarakan peningkatan kinerja asosiasi yang kita cintai ini. Dari segi pengembangan organisasi, terlaksananya Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) ini di Denpasar, Bali mempunyai arti yang sangat penting. Mengapa? Karena pada tahun-tahun sebelumnya PIT HATTI selalu dilaksanakan di pulau Jawa; seolah-olah kita tidak mampu menyelenggarakannya di luar pulau Jawa. Pelaksanaan PIT di Denpasar, Bali ini, membuktikan bahwa Komisariat Daerah HATTI Bali sudah cukup berkembang, dan bahwa kehadiran ahli geoteknik di pulau Bali telah diakui. Semoga aktualisasi ini mendapat respons yang positif dari pemerintah/ perguruan tinggi setempat dengan cara meningkatkan partisipasi para ahli geoteknik Indonesia dalam membangun daerah masing-masing. Terimakasih kami ucapkan pada Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali atas kerjasamanya dalam pelaksanaan PIT ini.

Pertemuan Ilmiah Tahun ini mengambil tema "Development of Geotechnical Engineering in Civil Construction". Untuk menopang tema tersebut maka panitia PIT tahun ini telah berhasil mendatangkan pembicara tidak hanya dari Indonesia, tetapi juga dari luar Indonesia dengan topik yang cukup bervariasi yang meliputi : pembangunan infrastruktur, perbaikan tanah, penentuan parameter tanah, sistim fondasi, kegempaan dll. Mengingat semakin seringnya terjadi gempa di negara kita, maka pada PIT tahun ini diadakan panel diskusi mengenai masalah kegempaan. Kita tidak tahu kapan gempa itu akan terjadi, tetapi kita harus tahu dan harus bisa mengurangi kerusakan yang akan timbul akibat gempa. Disinilah peran kita sebagai anggota HATTI diperlukan.

Kepada para pembicara yang telah bersedia datang dan memaparkan makalahnya, para peserta pameran, para sponsor dan pihak-pihak lain yang telah membantu terselenggaranya kegiatan PIT ini kami ucapkan terimakasih. Semoga kerjasama kita berlanjut diwaktu-waktu yang akan datang. Ungkapan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada para panitia yang telah bekerja keras tanpa pamrih demi terselenggaranya acara ini dan tentu saja demi HATTI kita tercinta.

Akhir kata, kami ucapkan Selamat ber-Seminar dan sampai jumpa lagi pada PIT yang akan datang.

Denpasar, November 2009

**Ir. Bigman Hutapea, M.Sc., Ph.D**  
**Ketua Umum HATTI**

## **SUSUNAN PANITIA**

- Pengarah:** Ir. Bigman Hutapea, MSCE, PhD (Ketua HATTI Pusat)
- Ketua:** Prof. Ir. I Wayan Redana, MASc, PhD (Ketua HATTI Bali)
- Wakil Ketua:** Ir. I Wayan Reti Adnyana
- Sekretaris:** Ir. I Wayan Arya, MT
- Bendahara:** Ir. Anissa Maria Hidayati, MT
- Sie Dana:** Ir. I Ketut Swijana, MT  
Ir. Siska Rustiani, MT (Koord. HATTI Jawa Barat)  
Sugino (Koordinator HATTI Pusat)
- Sie Makalah:** Prof. Ir. I Wayan Redana, MASc, PhD (Unud)  
Prof. Ir. Indrasurya B Mochtar, MSc, PhD (ITS)  
Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA (ITS)  
Ir. Widjojo A. Prakoso, MSCE, PhD (UI)  
Ir. Ersa Rismantojo, MSCE, PhD (ITB)  
Ir. I Wayan Sengara, MSCE, PhD (ITB)  
Prof. Ir. Paulus P. Raharjo, MSCE, PhD (UNPAR)
- Sie Akomodasi dan Konsumsi:** I Wayan Sinarta, MT  
I Nyoman Ari Budiman, ST, MT  
Ir. AAK Tjerita, MSc
- Sie Acara:** Ir. I Wayan Wiraga, MT  
Ir. Tjok. Swarsa Putra, MT  
Ir. I N Ramia,  
Ir. Giatmajaya,  
Sujahtera, ST  
Ni Putu Oki Wirastuti
- Sekretariat:** Ir. Silvia Gabrina Tonyes, MSc  
Ir. IGN Wardana, MT  
Ir. IG Suryanegara Dwipa, MT  
Gede Sastra Wibawa, ST,  
Komang Sudiastawa, ST  
Ir. Putu Diaparna,  
IG Ngurah Dharmayasa  
I Putu Sukmana Gita

SUSUNAN ACARA PERTEMUAN ILMIAH TAHUNAN (PIT) HATTI XIII  
HOTEL GRAND INNA BALI BEACH 5- 6 NOPEMBER 2009

Hari Pertama: Kamis 5 Nopember 2009

JAM	ACARA	Kendali	KETERANGAN
07.30 - 08.30 Wita	Registrasi peserta	sekretariat	
08.30 – 08.45 Wita	Tari pembukaan	MC/Panitia	
08.45 – 09.00 Wita	Laporan Ketua Panitia	MC/Panitia	
09.00 – 09.10 Wita	Sambutan Rektor Universitas Udayana	MC/Panitia	
09.10 – 09. 20 Wita	Sambutan dari Ketua HATTI pusat : <b>Bapak Ir Bigman M. Hutapea,Msc, Ph.D.</b> sekaligus pelantikan Komda HATTI Bali yang ditandai dengan pembacaan SK Pengukuhan Komda HATTI Bali	MC/Panitia	
09.20– 09.30 Wita	Sambutan Gubernur Bali sekaligus membuka acara Pertemuan Ilmiah Tahunan HATTI XIII 2009	MC/Panitia	
09.30 – 09.45 Wita	Tari Cenderawasih	MC/ Panitia	
09.45 – 10.15 Wita	<b>Rehat kopi</b>	<b>Panitia</b>	
<b>Makalah Utama</b>			
10.15 – 12.00 Wita	Presentasi makalah utama I : <b>Reconnaissance Survey Findings and Some Geotechnical Earthquake Engineering Aspects of West Java and West Sumatra Disasters</b> Ir. I Wayan Sengara, MSCE, PhD dkk (ITB)	Moderator : <b>Prof. Dr. Ir. Indarto,DEA (ITS)</b>	
12.00 – 12.05 Wita	Penyerahan sertifikat dan kenang-kenangan kepada pembicara utama I serta persiapan untuk pembicara berikutnya	MC/Panitia pembawa nampan	<b>Bapak Ir Bigman M. Hutapea,Msc, Ph.D.</b>
12.05 – 13.00 Wita	Rehat Siang		

Hari Pertama: Kamis 5 Nopember 2009

JAM	ACARA	PENGENDALI	KETERANGAN
13.00-13.20	Technical Session I : <a href="#">PT Bauer Indonesia</a>	<b>Moderator : I Wayan Sujahtera,ST</b>	
<b>SESI I: Gempa dan Dinamika Tanah</b>			
13.20 – 14.10	<b>Alternatif Penanggulangan Likuifaksi</b> Agus Darmawan Adi	Moderator : <b>Ir. Widjoyo A. Prakoso, MSCE, Ph.D (UI)</b>	
	<b>Studi Perbandingan Koefisien Gempa Dasar (C) Antara SNI 1726 – 2002 Dengan Tinjauan Secara Mikrozonasi Untuk Wilayah Surabaya Timur</b> Stephanus Alexsander dan Indarto		
	<b>Dynamic Equilibrium Analysis of Earthquake Resistant Retaining Walls</b> Abdul Hakam		
	<b>Analysis of Settlement Contour and Bearing Stress Contour of Large Raft Foundations</b> Wiratman Wangsadinata, Winda Djoenaidi, I Nengah Sukertha, Bobby Chris, Indarto, A.M. Yoke Harsari N, dan Andrew Arnaldi		
<b>SESI I (Lanjutan)</b>			
14.10 – 14.50	<b>Peta Hazard Sumatra Dipermukaan untuk berbagai Kondisi Tanah dengan Model Sumber Gempa 3D dan Faktor Amplifikasi Mengikuti IBC 2009</b> <b>M Srurisak, Mansyur Irsyam, Bambang Budiono, Wahyu Triyoso</b>	Moderator: <b>Prof. Ir. Indrasurya B Mochtar, MSc.Ph.D (ITS)</b>	
	<b>Analisis Perubahan Periode Sistem Struktur dengan Base Isolasi Seismik Berdasarkan Fungsi Magnifikasi Non-Linier,</b> <b>Diamal M Adat</b>		
	<b>Pengaruh Jarak dan Lapisan Tanah Pada Percepatan Gempa Bumi, Studi kasus : Deposit Kota Padang</b> Helmy Darjanto, Abdul Hakam		
14.50 - 15.10	Technical Session II: <a href="#">PT Menard Indonesia</a>	Moderator : Ir Tjok Gede Suarsa Putra,MT	
15.10 - 15.30	<b>Rehat kopi</b>		

Hari Pertama: Kamis 5 Nopember 2009

JAM	ACARA	PENGENDALI	KETERANGAN
<b>SESI II: Daya Dukung Tanah</b>			
15.30 – 16.10	<b>Analisis Lendutan Sistem Cakar Ayam pada Tanah Ekspansif</b> Hary Christady Hardiyatmo, Bambang Suhendro, Agus Firdiansyah	Moderator : <b>Prof. Dr. Ir. Indarto,DEA (ITS)</b>	
	<b>Sifat Teknis Tanah dan Struktur Fondasi Candi Wisnu Dalam Tinjauan Geoteknik</b> Ahmad Rifa'i		
	<b>Model Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Analisis Daya Dukung Batas Tiang Tunggal</b> Niken Silmi Surjandari, A. Aziz Djajaputra dan Sri Prabandiyani R. W		
<b>SESI III: Konsolidasi</b>			
16.10 – 16.50	<b>Solusi Geoteknik untuk Perancangan Gedung Berpondasi Dangkal Di Atas Lapisan Tanah Lempung Lunak yang Memiliki Potensi Pemampatan Konsolidasi yang Besar</b> Indrasurya B. Mochtar dan Yudhi Lastiasih	Moderator : <b>Ir Ersa Rismantojo, MSCE,PhD</b>	
	<b>Reliability of the Method for Determination of Coefficient of Consolidation (<math>c_v</math>)</b> Agus Setyo Muntohar dan Kabul Basah Suryolelono		
	<b>Pengaruh Dilatasi pada Uji Konsolidasi Regangan Tetap</b> O B A Sompie, R Simampouw dan S. Monintja		
16.50 – 17.10	Technical Session III: <a href="#">PT Macca Ferri</a>	Moderator : I Wayan Sinarta,ST,MT	
<b>SESI VI: Pondasi Tiang Pancang</b>			
17.10– 17.50	<b>Simulasi Low Strain Parallel Seismic Testing pada Tiang Tunggal dengan Metode Elemen Hingga</b> Chandra Suciadi , Isser Freddy, Endra Susila dan Widjoyo A Prakoso	Moderator : Ir I <b>Wayan Sengara, MSCE.PhD. (ITB)</b>	
	<b>Metode Kurva Fitting untuk Mengestimasi Daya Dukung Tiang Bor dan Tiang Pancang Hasil Uji Beban Vertikal Statis</b> Fabian J. Manoppo		
	<b>Settlement Issues of Highrise Buildings due to Compression of Over Consolidated Clay Layer under Pile Foundations</b> Rahardjo PP, Helmy Y dan Winata R		
17.50 – 18.00	Rangkuman PIT-XIII HATTI Hari Pertama	Panitia	

Hari Kedua: Jumat 6 Nopember 2009

JAM	ACARA	PENGENDALI ACARA	KETERANGAN
07.30 – 8.30 Wita	Registrasi peserta hari ke dua	Sekretariat	
08.30 – 09.20 Wita	Keynote speaker : <b>Good practices in design and construction of deep excavation</b> , Associate Professor Wong Kai Sin , Nanyang Technological University, Singapore	Moderator : Bapak <b>Prof. Ir. Paulus P.Raharjo, MSCE, PhD (UNPAR)</b>	
09.20 – 09.30 Wita	Penyerahan kenang-kenangan dan sertifikat kepada keynote speaker dan moderator	MC/Panitia pembawa nampan	<b>Ir Bigman M. Hutapea,Msc, Ph.D.</b>
09.30 – 09.50 Wita	Technical Session IV : <b>Catur pile</b>	Moderator: Bapak <b>I Wayan Sinarta,ST,MT</b>	
<b>09.50– 10.15 Wita</b>	<b>Rehat kopi</b>	<b>Panitia</b>	
10.15 – 11.00 Wita	Presentasi Makalah Utama II : <b>Consolidation Settlements of Deep Clay Layers under High Rise Buildings in Jakarta</b> , Franciscus Xaverius Toha dan I Wayan Sengara	Moderator : <b>Prof. Dr. Ir. Indarto,DEA (ITS)</b>	
11.00 – 11.10 Wita	Penyerahan sertifikat/ piagam penghargaan dan persiapan pemakalah berikutnya	MC/Panitia pembawa nampan	<b>Ir I Wayan Redana, MASc. Phd</b>
	<b>SESI VI:Stabilitas Lereng</b>		
11.10 – 12.00 Wita	<b>Perilaku Tekanan Air Pori pada Inti Kedap Air Bendungan Rockfill</b> Didiek Djarwadi	Moderator : <b>I Nyoman Ari Budiman,ST,MT</b>	
	<b>Analisis Hidrodinamika Tekanan Air dan Penerapannya untuk Mengatasi Keruntuhan Lereng Tanah</b> Hutagamissufardal dan Rusdiansyah		
	<b>Erosion Analysis of Sandy Clay Soil from Rurukan Village</b> A.T. Mandagi dan Fabian J. Manoppo		
	<b>Longsor Aek Latong, Studi Kasus Kerusakan Jalan di Sumatera Utara</b> Heidy Rahadian, Beni Fariati, Hardjanto, Bayu Prasetya		
12.00 – 14.00 Wita	<b>Rehat Siang</b>	<b>Panitia</b>	

Hari Kedua: Jumat 6 Nopember 2009

JAM	KELOMPOK A Session V: Pengujian Tanah Moderator : Prof. Dr. Ir. Indarto,DEA (ITS)	KELOMPOK B Session VIII: Perbaikan Tanah Moderator: Prof. Ir. Paulus P.Raharjo, MSCE, PhD	KELOMPOK C Session IX: Perbaikan Tanah Gambut Moderator: Ir I Wayan Sengara, MSCE.PhD	KELOMPOK D Session X: Perbaikan Tanah Geosintetik Moderator: I Nyoman Ari Budiman,ST,MT
14.00 – 14.50	Development of Stress- Controlled Triaxial Apparatus and Shear Strength Tests of Clay in Various Stress Paths Stephen G. Handoko, Paulus P. Rahardjo	Stabilisasi Tanah dengan Ecomix untuk Lapisan Dasar Struktur Jalan Edy Purwanto	Stabilisasi Tanah Gambut Menggunakan Campuran Tanah Non Organik dan Semen Sebagai Bahan Timbunan Jalan (Studi Kasus Daerah Tembilahan dan Sungai Pakning) Soewignjo Agus Nugroho	Implementasi Sistem Komputer yang Lebih Maju pada Pemasangan Vertical Drain Studi Kasus <i>Cai Mep International Container Terminal Project</i> , Vietnam Agfiedjoemiedhal
	Evaluation of Interface Behavior of Concrete and Soil for Load Transfer Analysis using Direct Shear Test and Load Test on Instrumented Bored Piles Lestari, A.S., Ayal, M.R.,Wahyuni, M., Rahardjo, P.P.	<b>Pengaruh Elektrokinetik Terhadap Peningkatan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak</b> Daniel Tjandra dan Gogot Setyo Budi	Studi Perilaku Tanah Gambut Melalui Pemodelan Numerik Uji Triaksial Consolidated Undrained dengan Beberapa Model Constitutive Tanah Dayu Apoji, Endra Susila dan Erza Rismantojo	Pengaruh Penggunaan Bahan Geosintetis terhadap Nilai CBR Tanah Gambut Damrizal Damoerin, Wiwik Rahayu, dan Ika Afrianto
	Experimental Fragmentation and Fractal Measurement of Granular Soil Zamri Chik	Perbaikan Tanah Menggunakan Grouting Semen untuk Meningkatkan Kapasitas Tiang (Studi Kasus Rumah Sakit Roemani Semarang) Togani Cahyadi Upomo dan Dwiyanto JS	Teknik Perbaikan Tanah Gambut Menggunakan Stabilisasi Kolom-Gambut, Abubakar Alwi dan Roslan Hashim	Analysis on Laterally Loaded Group Piles by Plaxis 3D Foundation Sri Dewi dan Gouw Tjie Liong

Hari Kedua: Jumat 6 Nopember 2009

JAM	<b>KELOMPOK A</b> Session V: Pengujian Tanah Moderator : Prof. Dr. Ir. Indarto,DEA (ITS)	<b>KELOMPOK B</b> Session V: Pengujian Tanah Moderator: Prof. Ir. Paulus P.Raharjo, MSCE, PhD	<b>KELOMPOK C</b> Session V: Pengujian Tanah Moderator: Ir I Wayan Sengara, MSCE.PhD	<b>KELOMPOK D</b> Session X: Moderator: I Nyoman Ari Budiman,ST,MT
14.50– 15.40	<b>Linierisasi Equivalen</b> <b>Persamaan Keadaan sistem</b> <b>Struktur dinamik non-linier</b> <b>lokal</b> Djamal M. Abdat	<b>Korelasi Nilai California Bearing</b> <b>Ratio (CBR) dan Dynamic Cone</b> <b>Penetrometer (DCP) pada Tanah</b> <b>Gambut yang Dipadatkan,</b> Wiwik Rahayu, Yustian Heri Suprpto	<b>Korelasi Kuat Geser Undrained Pasir</b> <b>Berlempupung terhadap Nilai OCR Pada</b> <b>Kondisi Normally dan Over Consolidated</b> Sitti Hijraini Nur	<b>Evaluasi terhadap Kekuatan dan</b> <b>Perilaku Mekanis pada</b> <b>Campuran Tanah dan Karet</b> <b>yang Terkompaksi</b> Tri Harianto dan Iskandar Maricar
	<b>Pengukuran Energi Aktual dari</b> <b>SPT Hammer (Berdasar BS</b> <b>EN ISO 22476-3, ASTM</b> <b>D4633-05 dan ASTM</b> <b>D6066096)</b> Syukri Fitrialdi dan Doni Santoso	<b>Perbaikan Lapis Pondasi dengan</b> <b>Teknologi Daur Ulang Untuk</b> <b>Rekonstruksi Perkerasan Jalan Jalur</b> <b>Pantura Menggunakan CTRB</b> Martinus Agus Sugiyanto	<b>Tekanan Mengembang Campuran Bnetonit-</b> <b>Pasir yang Dipadatkan</b> (Yulian Firmana Arifin)	<b>Perencanaan dan Pelaksanaan</b> <b>Tanggul Sementara diatas tanah</b> <b>lunak untuk Nogopatmolo</b> <b>Slipway di Banjarmasin</b> Indarto
	<b>Modified Consolidated Drained</b> <b>Triaxial Test for Unsaturated</b> <b>Soil</b> Karlinasari R., Rahardjo P.P	<b>Pengukuran Kecepatan Gelombang</b> <b>Geser Tanah dan Korelasi Nilai N-SPT</b> Susy K. Ariestanty, Sri Atmaja P. Rosyidi, Mohd. Raihan Taha, Kahairul Anuar Mohd. Nayan, dan Zamri Chik	<b>New Coal Terminal Development over a 23 m</b> <b>Deep Swamp,</b> Henrico B. Winata, David K. Nolan, dan Jack R. Morgan	<b>Usulan Perumusan Pemampatan</b> <b>Konsolidasi Skunder untuk</b> <b>tanah lempung,</b> Arief Alihudien, Indrasurya B Mochtar
15.40-15.30	Rehat Kopi			

Hari Kedua: Jumat 6 Nopember 2009

JAM	<b>KELOMPOK A :</b> <b>Pengujian Tanah</b> <b>Moderator :</b> <b>Ir Tjok Gede Swarsa</b> <b>Putera,MT</b>	<b>KELOMPOK B:</b> <b>Pengujian Tanah</b> <b>Moderator : Ibu Ir. Anissa</b> <b>Hidayati,MT</b>	<b>KELOMPOK C:</b> <b>Pengujian tanah</b> <b>Moderator :</b> <b>I Wayan Sinarta,ST,MT</b>	<b>KELOMPOK D</b> <b>Moderator :</b> <b>I Nyoman Ari</b> <b>Budiman,ST,MT</b>
15.30 – 16.20	<b>Korelasi Antara Uji Kepadatan Lapangan, HCP, dan CBR Laboratorium pada Beberapa Jenis Tanah di Pekanbaru</b> Soewignjo Agus Nugroho	<b>Pengaruh Penyelidikan Tanah Terbatas Pada Perkiraan Bearing Stratum Untuk Desain Pondasi Tiang</b> Ardy Arsyad, Abdul Rahman Djamaluddin, Abdul Muthalib		
	<b>Internal Shear Strength of a GCL at Various Stages of Hydration</b> F A Kasa, F. Scheele, Z. Chik, dan M.R. Taha	<b>Analisis Hidrodinamika Tekanan Air dan Penerapannya untuk Mengatasi Keruntuhan Lereng Tanah</b> Hutagamissufardal dan Rusdiansyah		
	<b>Permasalahan Kembang Susut Tanah Ekspansif pada Bangunan Permanen</b> (Budijanto Widjaja dan Freddy Gunawan)	<b>Diskusi Load Transfer Bored Pile (studi kasus di Jalkarta)</b> Sindhu Rudiato dan Bobby Soedjono		
16.20– 16.30	Persiapan acara penutupan	Sertifikat dapat diambil oleh pembicara langsung pada Sie Kesekretariatan		
16.30 – 17.00	Acara Penutupan	Penutupan acara dilakukan oleh Ketua HATTI Pusat <b>Bapak Ir Bigman M. Hutapea,Msc, Ph.D.</b>		

# **Pengaruh Elektrokinetik Terhadap Peningkatan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak**

**Daniel Tjandra**

*Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, Surabaya*

**Gogot Setyo Budi**

*Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra, Surabaya*

**ABSTRAK:** Tanah lempung lunak dengan kadar air yang tinggi dapat menyebabkan hilangnya lekatan antar butiran tanah sehingga daya dukungnya menjadi rendah dan penurunannya besar apabila tanah tersebut dibebani suatu struktur. Salah satu metode perbaikan tanah lempung lunak yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode elektrokinetik.

Model pengujian dibuat di laboratorium untuk menyelidiki pengaruh metode elektrokinetik terhadap peningkatan daya dukung tanah lempung lunak. Beberapa pengujian laboratorium yang dilakukan adalah pengujian kadar air, batas cair, batas plastis, permeabilitas, dan *vane* sebelum dan setelah metode elektrokinetik diterapkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode elektrokinetik pada tanah lempung lunak dapat menurunkan kadar air tanah di sekitar kutub anoda, sehingga butiran tanah menjadi lebih dekat antar satu dengan yang lain. Hal ini menyebabkan peningkatan kuat geser *undrained* pada tanah uji.

**Kata kunci:** Elektrokinetik, Daya dukung, Kuat geser *undrained*

**ABSTRACT:** The high water content soft clay could loosen the bond of soil particle, these might caused the bearing capacity became low and the excessive settlement could happen to the structure which built on it. Electrokinetic is one of soft ground improvement method, which is applied in this research to enhance bearing capacity of soft clay.

An experimental model in laboratory was made to evaluate the effect of electrokinetic on increasing soft clay bearing capacity. Several soil laboratory tests before and after electrokinetic process, such as: water content, liquid limit, plastic limit, permeability, and vane were done in this research.

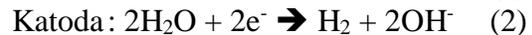
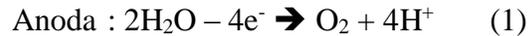
The result of this research showed that electrokinetic process decreased the water content of soft soil surrounding the anode. These caused the soil particle surrounding the anode became close proximity and undrained shear strength also increased.

**Kata kunci:** Elektrokinetik, Bearing capacity, Undrained shear strength

## 1. PENDAHULUAN

Suatu konstruksi yang didirikan di atas tanah liat lunak akan banyak menemui masalah terutama berkaitan dengan rendahnya daya dukung tanah dan besarnya penurunan yang akan terjadi setelah sebuah konstruksi didirikan di atasnya. Hal ini disebabkan karena tingginya kadar air dalam tanah yang dapat menyebabkan hilangnya lekatan antar butiran tanah [1]. Tanah lempung adalah jenis tanah yang memiliki partikel berukuran mikroskopis dan sub-mikroskopis yang memiliki ukuran butiran kurang dari  $2\mu\text{m}$  [2]. Sifat tanah lempung ini akan sangat dipengaruhi oleh air, hal ini sangat berbeda dengan tanah pasir yang kuat gesernya mendekati pada kondisi kering maupun jenuh.

Salah satu metode perbaikan tanah lempung lunak yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode elektrokinetik. Metode ini menggunakan arus listrik yang dialirkan pada dua kutub elektroda, yaitu anoda dan katoda. Pada saat kedua elektroda ini ditanam di dalam tanah dan diberi beda potensial, maka akan terjadi proses elektrolisis dengan persamaan sebagai berikut [3]:



Pada dasarnya, teori elektro osmosis ini adalah perpindahan kation ( $\text{H}^+$ ) ke katoda dan anion ( $\text{OH}^-$ ) ke anoda. Partikel lempung mempunyai muatan listrik negatif, untuk mengimbangi muatan negatif tersebut, partikel lempung menarik kation dari air pori. Jumlah kation yang jauh lebih banyak melebihi jumlah anion menyebabkan aliran air pori tanah dari area di sekitar anoda menuju katoda. Perpindahan air pori tanah ini mempunyai pengaruh yang besar dalam peningkatan daya dukung tanah di sekitar kutub anoda.

Metode elektrokinetik sebagai alternatif perbaikan tanah memiliki beberapa kelebihan, seperti: dapat diterapkan pada tanah yang memiliki permeabilitas rendah, efektif untuk tanah yang memiliki butiran sangat halus, dan derajat kontrol arah aliran air pori tinggi. Beberapa faktor yang berpengaruh pada proses elektrokinetik dijelaskan pada Tabel 1 di bawah ini [4].

**Tabel 1. Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses elektrokinetik**

	Faktor-faktor	Karakteristik
Kondisi tanah	Ukuran butiran tanah dan tipe mineral	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Efektif bila 30% atau lebih ukuran butiran lebih kecil dari <math>2\mu\text{m}</math></li> <li>▪ Lebih efektif pada <i>silty clays</i> dengan <i>moderate plasticity (kaolinite dan illite)</i> dibandingkan pada <i>high plasticity clays</i></li> </ul>
	Kadar garam	Tidak efektif pada tanah yang memiliki kadar garam yang tinggi
	pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tidak efektif pada pH yang rendah (<math>\text{pH} &lt; 6</math>)</li> <li>▪ Sangat efektif pada pH yang tinggi (<math>\text{pH} &gt; 9</math>)</li> </ul>
Sistem	<i>Current density</i>	Bervariasi tergantung pada karakteristik geoteknik tanah
	Macam elektroda	Logam perak, platinum, besi, dan tembaga lebih efektif daripada aluminium, carbon hitam, dan timah
	Konfigurasi elektroda	Direncanakan berdasarkan kondisi lapangan (arah aliran air pori)

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

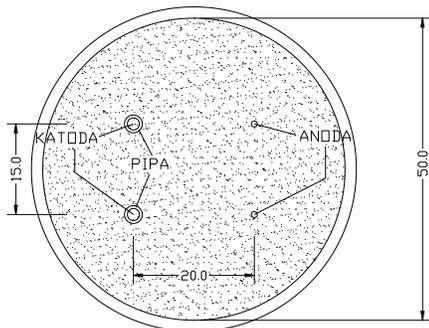
Penelitian ini dilaksanakan dengan cara memberikan tegangan sebesar 12 volt secara kontinu pada tanah uji dalam kurun waktu tertentu. Jenis material yang dipakai untuk kutub anoda dan katoda adalah tembaga.

Beberapa pengujian awal yang dilakukan adalah pengujian kadar air, batas cair, batas plastis, permeabilitas, dan *vane*. Nilai kadar air untuk tanah asli sebesar 100-103%, *liquid limit* sebesar 91%, *plastic limit* sebesar 67%, *shear strength* ( $S_u$ ) sebesar 0.022-0.028 N/cm<sup>2</sup> dan nilai koefisien permeabilitas sebesar  $1.029 \times 10^{-6}$  cm/detik.

Ada 6 tipe pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

### a. Pengujian I – IV

Pengujian ini menggunakan empat buah elektroda dengan konfigurasi seperti terlihat pada Gambar 1. Jarak memanjang antar elektroda adalah 20 cm dan jarak melintangnya adalah 15 cm. Variabel waktu yang digunakan adalah 48, 72, 96, 120 jam. Pengambilan sample dilakukan pada jarak 0, 6, 14, dan 20 cm dari anoda.

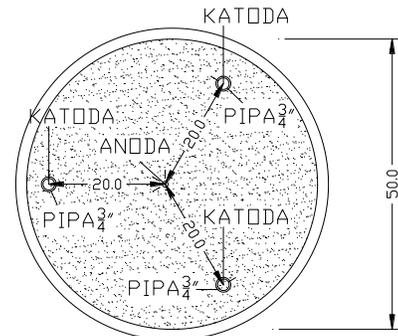


Gambar 1. Konfigurasi pemasangan elektroda pada pengujian I-IV

### b. Pengujian V

Pengujian ini menggunakan empat buah elektroda dengan konfigurasi

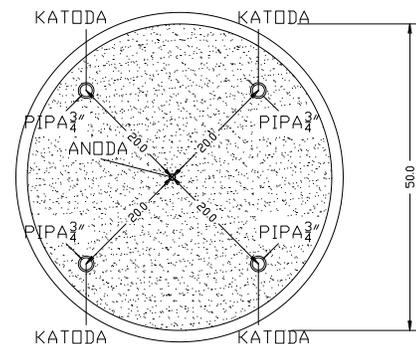
seperti terlihat pada Gambar 2. Waktu yang digunakan adalah 96 jam. Pengambilan sample dilakukan pada radius 6 cm dari anoda.



Gambar 2. Konfigurasi pemasangan elektroda pada pengujian V

### c. Pengujian VI

Pengujian ini menggunakan lima buah elektroda dengan konfigurasi seperti terlihat pada Gambar 3. Waktu yang digunakan adalah 96 jam. Pengambilan sample dilakukan pada radius 6 cm dari anoda.

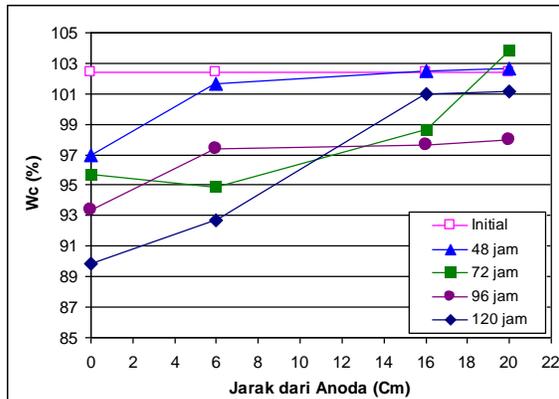


Gambar 3. Konfigurasi pemasangan elektroda pada pengujian VI

## 3. HASIL DAN ANALISA

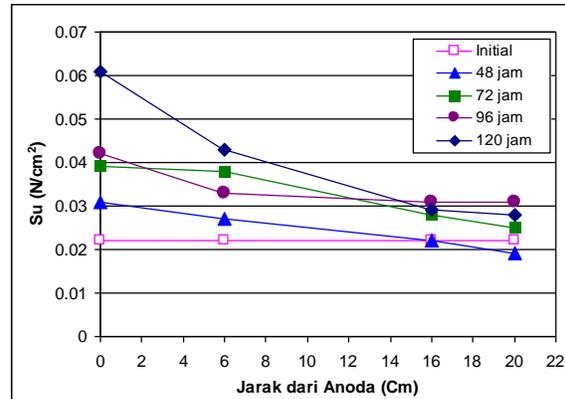
Nilai kadar air sebelum dan setelah proses elektrokinetik dapat dilihat pada Gambar 4. Setelah dilakukan proses elektrokinetik, air akan mengalir dari

kutub anoda ke kutub katoda, jadi kadar air di daerah anoda menjadi lebih rendah dari kondisi awalnya. Penurunan nilai kadar air berkisar antara 5 – 11 %. Penurunan ini akan meningkatkan daya dukung tanah di daerah sekitar anoda. Selain itu, nilai kadar air ini akan berkurang seiring dengan bertambahnya waktu penerapan metode elektrokinetik.



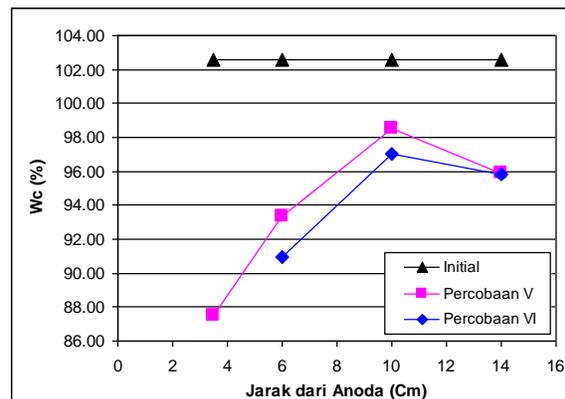
Gambar 4. Variasi kadar air di sekitar anoda

Akibat dari pengurangan kadar air di daerah sekitar anoda, maka kuat geser *un-drained* disekitar kutub tersebut mengalami kenaikan yang signifikan sebesar 40 – 118 % seperti terlihat pada Gambar 5. Kenaikan kuat geser *un-drained* ini meningkat seiring dengan pertambahan waktu penerapan metode elektrokinetik. Selain itu, pada Gambar 5 juga terlihat bahwa semakin jauh dari kutub anoda, maka kuat geser *un-drained* semakin menurun mendekati kondisi awalnya sebelum penerapan metode elektrokinetik. Hal ini merupakan salah satu segi positif dari penggunaan metode perbaikan tanah ini, dimana metode ini dapat diterapkan hanya pada suatu lokasi spesifik yang dibutuhkan.



Gambar 5. Variasi kuat geser *un-drained* di sekitar anoda

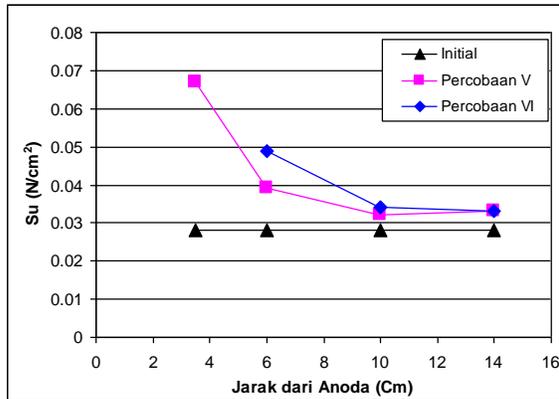
Kecenderungan nilai kadar air pada pengujian V dan VI hampir sama dengan pengujian I-IV (Gambar 6). Penurunan nilai kadar air berkisar antara 11 - 15 % dengan pemasangan konfigurasi elektroda pada pengujian V dan VI. Penurunan nilai kadar air pada pengujian ini lebih besar dari pada pengujian sebelumnya. Hal ini membuktikan bahwa konfigurasi elektroda juga berpengaruh pada keefektifan metode perbaikan tanah ini.



Gambar 6. Variasi kadar air di sekitar anoda

Dengan pemasangan konfigurasi elektroda yang lebih baik, maka hasil yang didapatkan dengan penerapan metode perbaikan tanah ini juga akan lebih baik. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 7, dimana kuat geser *un-drained* pada jarak 3.5 dan 6 cm dari kutub anoda pada pengujian V meningkat sebesar 139 % dan

39 %. Sedangkan pada pada pengujian VI, kuat geser *un-drained* pada jarak 6 cm dari kutub anoda meningkat sebesar 75 % dari kondisi awalnya.



Gambar 7. Variasi kuat geser *un-drained* di sekitar anoda

### 3. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, metode elektrokinetik diaplikasikan sebagai salah satu metode perbaikan tanah. Dari hasil pengujian laboratorium dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- Proses elektrokinetik dapat menurunkan nilai kadar air di lokasi sekitar kutub anoda sampai dengan 15 %.
- Penurunan kadar air setelah penerapan metode elektrokinetik menyebabkan peningkatan daya dukung tanah liat

lunak. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan kuat geser *un-drained* sampai dengan 139 % dari kondisi awalnya.

- Metode elektrokinetik dapat meningkatkan daya dukung tanah pada lokasi spesifik yang dikehendaki, yaitu di sekitar kutub anoda. Semakin jauh dari kutub anoda, daya dukung tanah akan menurun mendekati kondisi awalnya.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Bergado D.T., Anderson L.R., Miura N., and Balasubramaniam A.S., *Soft Ground Improvement, American Society of Civil Engineers*, New York, 1996.
2. Das B.M., *Principle of Geotechnical Engineering, California State University*, Fourth Edition.
3. Tjandra, D and Wulandari, P.S., *Improving Marine Clay with Electrokinetics Method, Civil Engineering Dimension*, Vol 9 no 2, September 2007, pp 98-102.
4. Shang, J.Q. and Lo, K.Y., *Electrokinetic Dewatering of a Phosphate Clay, Journal of Hazardous Materials*, 1997, pp. 117-133.