



ISBN 978-979-96668-8-8

PERTEMUAN ILMIAH TAHUNAN XIV
HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA (HATTI)

DEVELOPMENT OF GEOTECHNICAL ENGINEERING IN CIVIL WORKS AND GEO-ENVIRONMENT

Editor

Hary Christady Hardiyatmo

Masyhur Irsyam

Paulus P. Rahardjo

SPR Wardani

Hendra Jitno

Widjojo A. Prakoso

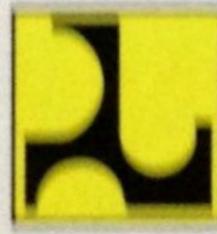
Diselenggarakan atas kerjasama

Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)

dan Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada

Didukung oleh

PU dan LPJK



10 - 11 Februari 2011 | Yogyakarta, Indonesia

ISBN : 978-979-96668-8-8

PROSIDING

Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV
Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia
(PIT XIV HATTI)

Development of Geotechnical Engineering in Civil Works and Geo-Environment

Editor

Hary Christady Hardiyatmo
Masyhur Irsyam
Paulus P. Rahardjo
SPR Wardani
Hendra Jitno
Widjojo A. Prakoso

Diselenggarakan atas kerjasama
Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI) dan
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Didukung oleh
PU dan LPJK

10-11 Februari 2011
Yogyakarta, Indonesia

Anas Puri

ISBN : 978-979-96668-8-8

PROSIDING

Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV
Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia
(PIT XIV HATTI)

Development of Geotechnical Engineering in Civil Works and Geo-Environment

Editor

Hary Christady Hardiyatmo
Masyhur Irsyam
Paulus P. Rahardjo
SPR Wardani
Hendra Jitno
Widjojo A. Prakoso

Diselenggarakan atas kerjasama
Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI) dan
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Didukung oleh
PU dan LPJK

10-11 Februari 2011
Yogyakarta, Indonesia

Anas Puri

Susunan Panitia

Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV
Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia
(PIT XIV HATTI)

- Pengarah** : Ketua HATTI Pusat - Ir. Bigman M. Hutapea, M.Sc., Ph.D.
Ketua JTSL FT UGM - Prof. Dr. Ir. Bambang Triatmodjo, DEA.
- Penasehat** : Dr. Luthfi Hasan
Prof. Kabul Basah Suryolelono
- Ketua** : Dr. Agus Darmawan Adi
- Wakil Ketua** : Dr. Ahmad Rifa'i
- Sekretariat** : Dr. Teuku Faisal Fathani
Diana Atik Prastiwi
Ika Medika Ayu Oktarina, ST.
- Bendahara** : Dr. Miftahul Fauziah
Willis Diana, MT.
Sugino (Koordinator HATTI Pusat)
- Seksi Ilmiah/makalah** : Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA. (UGM)
Prof. Ir. Masyhur Irsyam, M.SE., Ph.D. (ITB)
Prof. Ir. Paulus P. Rahardjo, MSCE, Ph.D. (UNPAR)
Prof. Dr. SPR Wardani (UNDIP)
Ir. Hendra Jitno, M.A.Sc., Ph.D.
Ir. Widjojo A. Prakoso, MSCE, Ph.D. (UI)
- Seksi Acara** : Dr. Didiek Djarwadi
Supriyono, MT.
M. Yamin, MT.
Anita Widiarti, MT.
Edi Hartono, MT.
Devi Oktaviana Latief, MT.
- Seksi Publikasi** : Fikri Faris, M. Eng.
Dwi Heriyanto

Daftar Isi

Lembar Editor	ii
Kata Pengantar	iii
Susunan Panitia Pelaksana	iv
Daftar Isi	v
Keynote Papers	
1. Development of Maximum Considered Earthquake for Earthquake Resistance Building Design in Indonesia (Masyhur Irsyam, M. Asrurifak, M. Ridwan, Fahmi Aldiamar, I Wayan Sengara, Sri Widiyantoro, Wahyu Triyoso, Danny Hilman, Engkon Kertapati, Irwan Meilano, Suhardjono, Hendriyawan)	1
2. Formulation of Ground Improvement Scheme for a Mega Project (Kenny Yee, Serge Varaksin, Ryan Ade Setiawan)	13
3. Geomechanical Evaluation of Slope Failure induced by Torrential Rains in Northern-Kyushu Area of Japan, July 2009 (Noriyuki Yasufuku, Kiyonobu Kasama, Taizo Kobayashi)	21
4. Coastal Dike Construction Methods and Case Histories (Jian Chu, Shuwang Yan)	31
5. Development of Undrained Dynamic-loading Ring-shear Apparatus and Its Application to Landslides in Japan and Indonesia (Kyoji Sassa, Osamu Nagai, Teuku Faisal Fathani)	37
Selected Paper	
1. Analisis Struktur Sistem Cakar Ayam Modifikasi yang Terletak pada Tanah-dasar Ekspansif – untuk Kasus Kenaikan Pelat Maksimum pada Bagian Pinggir (Hary Christady Hardiyatmo)	51
2. Perancangan Dinding Turap Bawah Air untuk Pendalaman Kolam Pelabuhan (Widjojo A. Prakoso, Sjahril A. Rahim)	57
3. Analisa Perencanaan Pondasi Gabungan antara Pondasi Type Blok dan Pondasi Tiang Bor Penopang Mesin Giling (Indra Nurtjahjaningtyas)	65
4. Penurunan Daya Dukung Tahanan Selimut Pondasi Tiang pada Tanah Ekspansif yang Mengalami Pembasahan (Indarto, Imam Alwan)	71
5. Predicting Residual Settlement Using Observational Methods (Iyus Ruswandi, Nengah Yoga W)	77
6. Performance of Batter Piles under Lateral Loads in Sand (Fabian J. Manoppo)	83

7.	Keandalan Pondasi Tiang Pancang Tunggal Akibat Beban Lateral (<i>Sjachrul Balamba, L. Manairongsong</i>)	87
8.	Case History: A Study on PDA vs Instrumented Static Load Test (<i>Aksan Kawanda</i>)	97
9.	Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah dan Terasering terhadap Stabilitas Lereng (<i>I Gd Sastra Wibawa, I Wayan Redana, G N Wardana</i>)	103
10.	Kajian Geologi Penyebab Banjir Bandang di Wasior, Propinsi Papua Barat (<i>Dwikorita Karnawati, Subagyo Pramumijoyo, Yusuf Suabey</i>)	115
11.	Pengaruh Air Tanah pada Studi Kasus Longsoran di Desa Cicadas, Purwakarta, Jawa Barat (<i>Cindarto Lie, Pramudya Heru</i>)	123
12.	Simulasi Luapan Lumpur Tanggul Penahan Lumpur Sidoarjo (<i>Budijanto Widjaja, Siska Rustiani, Soerjadedi Sastraatmadja</i>)	131
13.	Penyelidikan Geoteknik dan Geofisika terhadap Longsoran di Batuan Gunungapi Muda (Geotechnical and Geophysical Investigation of Landslide on Young Volcanic Rock) (<i>Arief Rachmansyah, Adi Susilo, Suroso</i>)	137
14.	Prediction of Landslide Movement from Groundwater Level Change by Using Visco-plastic Modeling (<i>Fikri Faris, Teuku Faisal Fathani</i>)	145
15.	Application of Unsaturated Soil Parameter in Slope Stability Analysis due to Rainfall (<i>Ahmad Rifa'i, Luky Handoko, Kabul Basah Suryolelono</i>)	153
16.	Studi Aplikasi <i>Vacuum Preloading</i> sebagai Metode Alternatif Percepatan Proses Konsolidasi pada Tanah Lempung Lunak Jenuh Air (Trial GVS pada Perumahan Pantai Indah Kapuk – Jakarta) (<i>Andryan Suhendra, Masyhur Irsyam</i>)	161
17.	Dynamic Compaction on Non-engineered Fill (<i>Edmond Tan, Kenny Yee</i>)	169
18.	Pengaruh Penggunaan Perkuatan Tire Soil dan Anker terhadap Stabilitas Tanggul Sungai Bengawan Solo (<i>Trihanyndio Rendy Satrya, Ria Asih Aryani Soemitro</i>)	173
19.	Practical Use of Clay Fills in Reinforced Soil Structures (<i>Michael Dobie</i>)	179
20.	Pengaruh Penggunaan Bahan Geosintetis terhadap Nilai Kekuatan Tekan Bebas Tanah Gambut (<i>Damrizal Damoerin, Wiwik Rahayu, Ika Afrianto</i>)	191
21.	Analisis Peningkatan Nilai CBR pada Stabilisasi Lempung dengan Ca(OH)_2 (<i>Suryanegara Dwipa RS, I Wayan Wiraga</i>)	197
22.	Sedimentation Characteristics and Changes of Water Quality due to Additional Materials in Ariake Creek Sediment (<i>Steeva Gally Rondonuwu, Fumiyoshi Kondo</i>)	203

23. Failure of Geotextile Retaining Wall due to Lack of Soil Investigation and Uncertainty of Soil Stratification (Budijanto Widjaja, Dania Wardhani)	209
24. Volume Change Characteristics of Fractured Unsaturated Brittle Clay using Plane Strain Device (Miftahul Fauziah, Luthfi Hasan)	215
25. Matric Suction Measurement using Contact Filter Paper Method and Its Effect on Hydro-Mechanical Behavior of Unsaturated Soils (Ahmad Rifa'i, Luky Handoko, Sony Pramusandi)	221
26. Pengujian Karakteristik Resapan dengan Variasi Intensitas Curah Hujan, Tingkat Kepadatan, dan Gradasi Tanah (S.Hijraini Nur , I. Maricar , T. Tabah , A. Amaliah)	229
27. Simulasi Numerik Perilaku Bendungan Kedung Ombo pada Beban Seismik (Kresno Wikan Sadono, Bambang Suhendro, Ahmad Rifa'i)	237
28. Some Design Considerations of Liquefaction-Induced Instability in Pile Foundation (A Case Study at PLTU Nagan Raya NAD) (Dedi Apriadi, Ananta Sofwan, David K. Sitio)	247
29. Analisis Dinamik Timbunan di Atas Tanah Lunak (Budi Prianto , Nengah Yoga W.)	257
30. Soil Stiffness For Jakarta Silty And Clayey Soils (Gouw Tjie-Liong, Hiasinta)	267
31. Padang Liquefaction Potential (Abdul Hakam)	273
32. Analisis Numerik untuk Studi Kasus Pergerakan Dinding Penahan Tanah Akibat Beban Harmonis di Pantai Indah Kapuk (Ali Iskandar, Sudioto Susilo, Agus Johan)	277
33. Wavelets Analysis on Seismic Surface Waves Measurement for Soil Dynamic Properties (Sri Atmaja P. Rosyidi)	283
34. Perencanaan Tiang Beban Lateral dengan Menggunakan Data SPT (Design Lateral Loading Pile Based on SPT N Value Data) (Yulvi Zaika)	291
35. Perilaku <i>Pull Out</i> Elemen Perkuatan pada Sistem Dinding Penahan Tanah (Dandung Sri Harninto, Widjoyo A. Prakoso)	299
36. Aplikasi Algoritma Genetika (<i>Genetic Algorithm</i>) untuk Menentukan Daya Dukung dan Kedalaman <i>Fiction Pile</i> dengan Berbagai Konfigurasi Tiang Group (Suwarno)	309
37. Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak (Anas Puri, Hary Christady Hardiyatmo, Bambang Suhendro, Ahmad Rifa'i)	317

38. Analisis Statis dan Dinamis Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang: Studi Kasus Pemancangan Pondasi Tiang di Kalimantan Timur (Dayu Apoji, Endra Susila)	323
39. Behavior of Single Pile Subjected to Lateral Soil Movement due to Wall Supported Excavations (Andrianto H Nugroho, Widjojo A. Prakoso)	331
40. Studi Perbandingan Prefabricated Drain dan Ijuk Dibungkus Goni Sebagai Drainasi Vertikal (Sumiyati Gunawan)	339
41. Pengaruh Ukuran, Kedalaman, dan Spasi Perkuatan Geogrid – Geotekstil terhadap Daya Dukung Pondasi Telapak di atas Tanah Gambut (Soewignjo Agus Nugroho, Andy Hendri, Muhamad Yusa, Khairun Nizam, M. Tamimi)	347
42. Pengaruh Ijuk Terhadap Soil Cement (Priyo Suroso)	355
43. Bearing Capacity of Granular Soil Overlying Soft Clay Reinforced with Bamboo-Geotextile Composite (Anwar Khatib, Aminaton Marto)	359
44. Geosynthetic Application as Basal Reinforcement for Embankment over Soft Soil (Project Case History of projects in Australia and Malaysia) (Loh Wooi Chuan, Andryan Suhendra)	369
45. Klasifikasi Lempung Ekspansif Oebelo Kabupaten Kupang Menggunakan Metode Kombinasi (Elsy Elisabet Hangge, Elia Hunggurami)	375
46. Analisis Properties dan Daya Dukung Tanah untuk Pemilihan Jenis Pondasi yang Tepat pada Pembangunan Depo Gas di Pesanggaran Bali (I Wayan Wiraga, I Wayan Arya)	381
47. Pemetaan Geoteknik DAS Kapuas dan DAS Melawi di Kota Sintang Kalimantan Barat (Abubakar Alwi, Eka Priadi)	387
48. Pengukuran Modulus Elastik Lapisan Tanah Dasar Perkerasan Jalan Menggunakan Teknik FWD dan SASW (Sentot Hardiyo, Sri Atmaja P. Rosyidi, Mohd. Rathan Taha)	397
49. Pemetaan Batimetri dan Submarine Geologi Secara Simultan dengan Menggunakan Ground Penetrating Radar (GPR) (T. A. Sunny)	407
50. Karakteristik Kuat Geser Tanah Pasir dengan Campuran Kapur dan Abu Sekam Padi (Agus Setyo Muntohar)	413
51. Aplikasi Geofilm sebagai Material Timbunan di atas Tanah Lunak (Irfan Hidayat, Andryan Suhendra)	419

52. Efek Penambahan Semen, Kapur dan Pasir Terhadap Perilaku Kuat Geser dan Sifat Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Kasus : Tanah Lempung Cikarang (<i>Wiwik Rahayu</i>)	427
53. Pengujian Kinerja Dolomite sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar untuk Jalan (<i>Dandung Novianto</i>)	433
54. The Effect of Latex Polymer Additive in Strength of Clay Following 1 Day Curing Time (<i>Ibrahim, Ahmad Rifai, Suryo Hapsoro Tri Utomo</i>)	439
55. Effect of Smear on The Acceleration of Consolidation Process by Preloading and Vertical Drains (<i>Nurly Gofar, Harnedi Maizir, Yang Eik Hein</i>)	447
56. Pemanfaatan Tailing dan Semen Portland Komposit pada Pembuatan Balok Bertulang <i>Self Compacting Concrete</i> (<i>M.W. Tjaronge, Rudy Djameluddin, Rahman Djameluddin, Haryadi</i>)	453
57. High-Temperature Geothermal Area and Its Challenges for Civil Engineering Works (<i>Pri Utami</i>)	461
58. Investigasi Nilai Permeabilitas Tanah Berdasarkan Nilai Hasil CPTu (<i>T. Harianto, S. Hijraini, K. Kabara, K. Olmus</i>)	467
59. Modeling Shear Strength of DCPT using Geostatistical Approach (<i>Febrian Hadinata , Budhi Setiawan, Zamsyar Giendhra Fad</i>)	473
60. Analisis Keandalan Bahan Timbunan Tailings Dam Buhut (<i>Didiek Djarwadi, Imam Supriyanto</i>)	481
61. Geotechnical Analysis of Earth Dam Failure (<i>Teuku Faisal Fathani</i>)	485
62. Aspek Geoteknik dalam Design Daerah Irigasi Zeu, Kabupaten Bajawa, Propinsi Nusa Tenggara Timur (<i>Welem Daga, Filmon Laukapitang</i>)	493
63. Pemanfaatan Informasi Karakteristik Tanah dalam Mengoptimalkan Pemakaian Air Irigasi (<i>Binsar Silitonga</i>)	499
64. Measurement of Soil Displacement: PIV and Photogrametry (<i>Rustam Effendi</i>)	505
65. Pengujian Kadar Semen CTBC sebagai Lapis Fondasi pada Bandara Temindung Samarinda (<i>Masayu Widiastuti, Fachriza Noor Abdi</i>)	517
66. Pengukuran Kadar Air pada Tanah Lempung dengan Metode <i>Gypsum Block (hand made)</i> (<i>Supriyono, Kabul Basah Suryolelono, Hary Christady Hardyatmo, Ahmad Rifa`i</i>)	521
67. Perkuatan Tebing pada Sungai Aliran Deras Ditinjau dari Sisi Hidrolika Sungai dan Tinjauan Geotekniknya (<i>Helmy Darjanto, SPR Wardani, Suharyanto</i>)	527

68. Pengaruh Grouting Elektrokimia Beberapa Jenis Larutan terhadap Sifat Mekanis Tanah Lempung Pasiran (The Impact of Electrochemical Grouting of Some Solutions on Mechanical Properties of Sandy Clay Soil) (Arief Rachmansyah, Yulfi Zaika)	535
69. Pengaruh Penggunaan Cerucuk terhadap Daya Dukung Tanah Lempung Lunak (Soewignjo Agus Nugroho, Alfian Kamaldi)	543
70. Karakteristik Kestabilan Lereng pada Deposit Serpih (Slamet Prabudi Setianto, Andi Sata, Desyanti)	551
71. Analisa Penurunan Badan Jalan di Bereng Bengkel Kalimantan Tengah (Yulian Firmana Arifin, Rustam Effendi)	563
72. Penurunan Oprit Jembatan pada Tanah Lunak dan Terpengaruh Pasang Surut di Pesisir Timur Provinsi Riau (Sugeng Wiyono)	569
73. Penentuan Kuat Geser <i>Clay Shale</i> Terdegradasi Menggunakan Metode Elemen Hingga: Studi Kasus Stabilitas Lereng di Balikpapan (Dayu Apoji, Endra Susila)	579
74. Preliminary Study of One Dimensional Infiltration of Water into Manado Soil with Hydrus Software 2D/3D (Fabian J. Manoppo, Sartje Monintja, Raymond Sumampouw, Agnes T. Mandagie)	585
75. Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Jembatan Akibat Pengurangan Panjang Pondasi Sumuran (Welem Daga, Indriati Martha Patuti, Diarto Trisnoyuwono, Devi O. Latif)	591

Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak

Anas Puri

Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
E-mail: a.puri@live.com

Hary Christady Hardiyatmo

Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
E-mail: harychristady@yahoo.com

Bambang Suhendro

Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
E-mail: bbsuhendro@yahoo.com

Ahmad Rifa'i

Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
E-mail: ahmad.rifai@tsipil.ugm.ac.id

ABSTRAK: Lapis perkerasan kaku jalan dapat langsung menumpu pada tanah dasar lunak dan/ atau di atas lapis fondasi jalan. Selain menerima beban siklik oleh kendaraan, perkerasan juga menerima beban akibat temperatur yang membuat perkerasan mengalami momen lentur bolak-balik. Hal-hal tersebut dapat mengakibatkan bergelombangnya jalan dan/ atau patahnya struktur perkerasan. Adapun standar perencanaan perkerasan kaku yang ada didasarkan pada kondisi dimana perkerasan terletak di atas tanah dasar yang mempunyai kekakuan yang cukup untuk menerima beban lalu lintas. Pada tanah lunak diperlukan tebal perkerasan yang lebih besar sehingga beban struktur juga bertambah, dan tidak menguntungkan bagi tanah lunak. Pengamatan telah dilakukan pada uji skala model di laboratorium menggunakan media lempung lunak. Bagaimana perilaku pelat yang diperkuat tiang-tiang friksi yang pendek dalam menerima beban statis akan diuraikan lebih lanjut.

Kata-kata kunci: tiang friksi pendek, lendutan, lempung lunak, perkerasan kaku.

ABSTRACT: Rigid pavement layer can be directly constructed on the soft subgrade and/or base layer. Pavement will support traffic loads and thermal loads that causes frequently bending moment on the pavement. Those can cause pavement damages such as flatless and pavement broken. Rigid pavement design standart was based on the assumption that the subgrade condition has enough stiffness to resist the traffic loads. The soft soils will need more thicker pavement that causes additional structure loads and will cause disadvantages for soft soil capacity. Laboratory observation was done over models in clay soil. The behavior of the slab which reinforced by short friction piles to resist static load will be further explained.

Keywords: short friction pile, deflection, soft clay, rigid pavement.

1. PENDAHULUAN

Lapis perkerasan kaku jalan dapat langsung menumpu pada tanah dasar lunak dan/ atau di atas lapis fondasi jalan. Namun penurunan tanah lunak di bawahnya cenderung bersifat tidak seragam (*differential settlement*) pada arah melintang trase jalan sebagai akibat distribusi beban yang tidaklah merata sepanjang lebar perkerasan, atau disertai dengan penurunan tidak seragam pada arah memanjang trase jalan akibat ketidak-homogenan tanah maupun distribusi beban yang tidak merata. Selain menerima beban siklik oleh kendaraan, perkerasan juga menerima beban akibat temperatur yang membuat perkerasan mengalami momen tekuk bolak-balik. Hal-hal tersebut dapat mengakibatkan bergelombangnya jalan dan/ atau patahnya struktur perkerasan.

Adapun perencanaan perkerasan kaku yang telah banyak distandarisasi didasarkan pada kondisi dimana perkerasan terletak di atas tanah dasar yang mempunyai kekakuan yang cukup untuk menerima beban lalu lintas. Pada tanah lunak diperlukan tebal perkerasan yang lebih besar sehingga beban struktur juga bertambah. Beberapa metode konstruksi telah dikembangkan untuk mengatasi atau meminimalisir masalah perkerasan kaku pada tanah lunak, misalnya penggunaan stabilisasi tanah, perkuatan tanah, *embankment on pile* (dengan *individual pile cap* maupun *continous pile cap*), fondasi konstruksi sarang laba-laba serta fondasi cakar ayam.

Pada makalah ini akan dipelajari perilaku pelat terpaku sebagai alternatif perkuatan sistem perkerasan kaku pada tanah lunak, dimana pelat diperkuat dengan tiang-tiang friksi yang pendek. Akan dipelajari

bagaimana mekanisme sistem pelat terpaku ini dalam memberikan kontribusi kestabilan terhadap lendutan. Untuk itu, uji skala model dilakukan.

Hardiyatmo (2008) melakukan studi analitis penggunaan tiang-tiang pendek pada perkerasan kaku. Tiang-tiang tersebut berfungsi laksana paku bagi pelat beton dan penurunannya lebih merata, sekaligus menambah kuat dukung tanah dan mengurangi faktor kehilangan dukung (*loss support factor, LS*), sehingga meningkatkan modulus reaksi *subgrade* vertikal efektif. Alhasil, terjadi efisiensi pada pelat beton. Studi tersebut masih terbatas pada model fondasi tiang tunggal dengan hubungan antara tiang dengan *pile cap* dibuat monolit dan tidak monolit, namun menggunakan uji beban siklik. Penggunaan *pile cap* yang tipis pada tanah lunak menguntungkan, karena beban yang dipikul tanah menjadi lebih ringan sehingga penurunan dapat tereduksi (Hardiyatmo dan Suhendro, 2003).

Wong dan Poulos (2001) menyimpulkan bahwa tiang-tiang yang disatukan oleh pelat menerus memberikan peningkatan perbaikan yang lebih baik untuk sistem timbunan di atas tiang-tiang dibandingkan dengan dasar timbunan yang diperkuat geosintetik ataupun tanpa perkuatan. Analisis kinerja dilakukan pada berbagai variasi sistem timbunan di atas tiang-tiang (*piled-embankment system*) yang ditempatkan pada tanah lunak setebal 17 m dan menumpu sedalam 3 m pada tanah kaku. Sew dan Yean-Chin (2005) melakukan pemasangan pelat beton bertulang menerus dan ditutup dengan perkerasan lentur untuk mengatasi masalah bergelombangnya jalan perkerasan lentur pada timbunan di atas tiang-tiang dengan *individual pile cap*.

2. METODE PENELITIAN

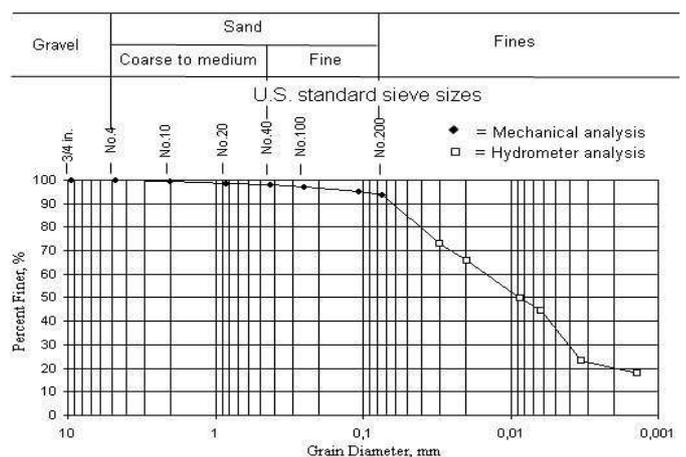
Bahan dan alat

Bahan penelitian ini menggunakan tanah lempung lunak yang diambil dari Ngawi, Jawa Timur dengan parameter seperti diberikan pada Tabel 1. Distribusi ukuran butiran tanah disajikan pada Gambar 1. Pelat dan tiang adalah pasta semen bertulang dengan menggunakan material pasir yang terdapat di Yogyakarta, serta semen jenis Portland Composite Cement (PCC). Pelat menggunakan tulangan *wiremesh* dengan diameter tulangan 3 mm dan lebar jejarang 5 cm × 5 cm. Adapun tulangan pada tiang menggunakan kawat aluminium diameter 3 mm. Ukuran pelat 120 cm × 20 cm × 3 cm (tanpa tiang dan diperkuat 1 baris tiang—sebanyak 6 tiang) dan 120 cm × 40 cm × 3 cm (diperkuat 3 baris tiang), serta di bawahnya diberi lantai kerja setebal 1,0 cm. Tiang berdiameter, $d = 4$ cm dengan panjang, $L_p = 40$ cm dan jarak antar tiang s sebesar 20 cm ($s/d = 5$). Skema uji dapat dilihat pada Gambar 2 dan foto pelaksanaan diberikan pada Gambar 3.

Peralatan yang digunakan meliputi peralatan uji *index properties* tanah dan uji sifat mekanik tanah (uji CBR, uji geser langsung dan tekan bebas), peralatan uji pembebanan berupa *loading frame*, dongkrak hidrolik, *dialgauge*, serta alat bantu.

Tabel 1. Sifat-sifat Lempung Ngawi

No.	Parameter	Satuan	Besaran	Rata-rata
1	Berat spesifik, G_s	-	2,3	
2	Batas-batas konsistensi: - Batas cair, LL - Batas plastis, PL - Batas susut, SL - Indeks plastisitas, PI - Indeks cair, LI	% % % % %	68,39 29,55 7,68 38,84 0,33	
3	Kadar air asli, w_n	%	42,34	
4	Kadar air, w	%	38,32 - 46,48	42,4
5	Kadar lempung	%	93,85	
6	Kandungan pasir	%	6,15	
7	Berat volume basah, γ	kN/m ³	16,7 - 17,2	17,0
8	Berat volume kering, γ_d	kN/m ³	11,7 - 12,1	11,9
9	Kuat geser <i>undrained</i> , s_u	kN/m ²	14 - 28	21,0
10	CBR	%	1,69 - 1,94	1,8
11	Klasifikasi tanah: - AASHTO - USCS	- -	A-7-5 CH	

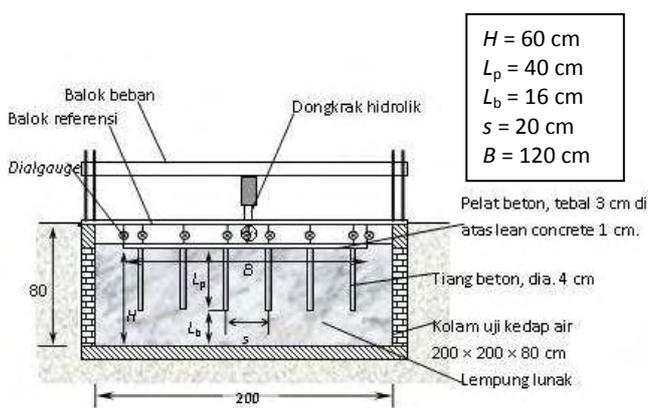


Gambar 1. Distribusi ukuran butiran tanah lempung Ngawi

Cara penelitian

Tanah kering yang telah dijemur dicampur dengan air dengan perbandingan tertentu hingga mencapai kadar air tanah mendekati kadar air lapangan sebesar 42%. Tanah

tersebut dihampar di dalam kolam uji dengan ketebalan 15 cm sebanyak 6 lapisan, dimana tiap lapisan ditumbuk dengan *tamper* manual hingga mencapai kondisi kuat tekan bebas 50 – 100 kN/m² (diukur menggunakan *simple tool* MaTest). Setelah tanah dipersiapkan, dilanjutkan uji CBR dan pengambilan contoh tanah melalui *core cutter* untuk uji kadar air, uji tekan bebas laboratorium, dan uji geser langsung. Bersamaan itu, dilanjutkan pula pengecoran lantai kerja setebal 1,0 cm. Kemudian dilakukan pemancangan tiang dengan cara didongkrak, penulangan dan pengecoran pelat. Setelah berumur 28 hari dilanjutkan dengan uji pembebanan. Pembebanan berupa beban terpusat sentris dan eksentris. Tanah ditutup dengan plastik dan kain basah dan disiram 2 kali sehari.



Gambar 2. Model pelat diperkuat satu baris tiang—pelat bertulangan dengan ukuran 120 cm x 20 cm x 3 cm dan tiang dia. 4 cm panjang 40 cm



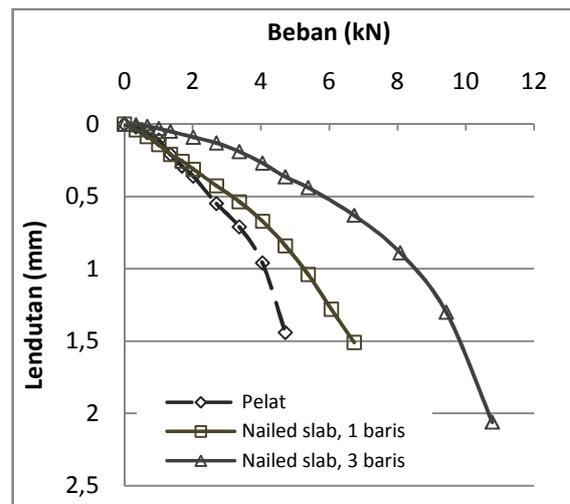
Gambar 3. Foto pengujian beban di ujung pinggir pada pelat terpaku dengan 3 baris tiang

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

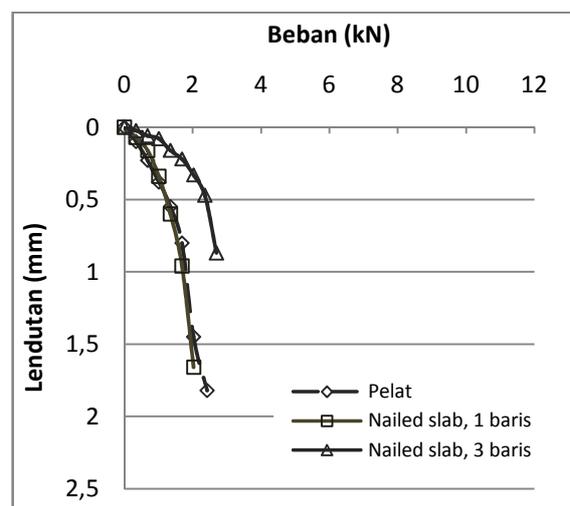
Hubungan beban dan lendutan

Hubungan beban dan lendutan pelat ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5 masing-masing untuk beban sentris

(tengah) dan beban di pinggir. Pada kedua kondisi pembebanan terlihat bahwa pelat yang diperkuat tiang friksi pendek (pelat terpaku/ *nailed slab*) lebih kaku dibanding pelat saja. Tambahan kekakuan pelat pada sistem pelat terpaku merupakan kontribusi dari tiang-tiang friksi yang pendek. Kekakuan pelat semakin bertambah dengan peningkatan jumlah baris tiang. Khusus untuk beban di pinggir (Gambar 5) pada uji pelat dan pelat terpaku dengan satu baris tiang memberikan hasil yang kurang konsisten. Namun pelat terpaku dengan satu baris tiang tetap lebih kuat karena pelat mulai retak pada beban 6,06 kN, sedangkan untuk pelat saja pada beban 3,36 kN.



Gambar 4. Hubungan beban dan lendutan untuk beban sentris



Gambar 5. Hubungan beban dan lendutan untuk beban di ujung pinggir

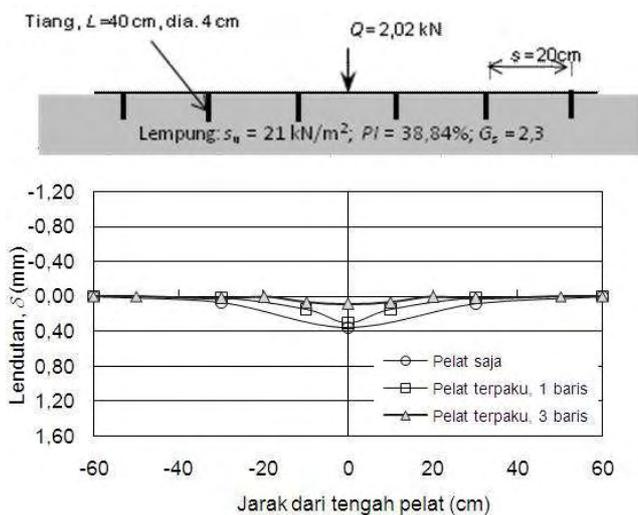
Perilaku lendutan pelat terpaku untuk beban sentris

Hasil uji lendutan pelat dan pelat terpaku untuk beban sentris dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Lendutan pelat terpaku lebih kecil daripada lendutan pelat pada

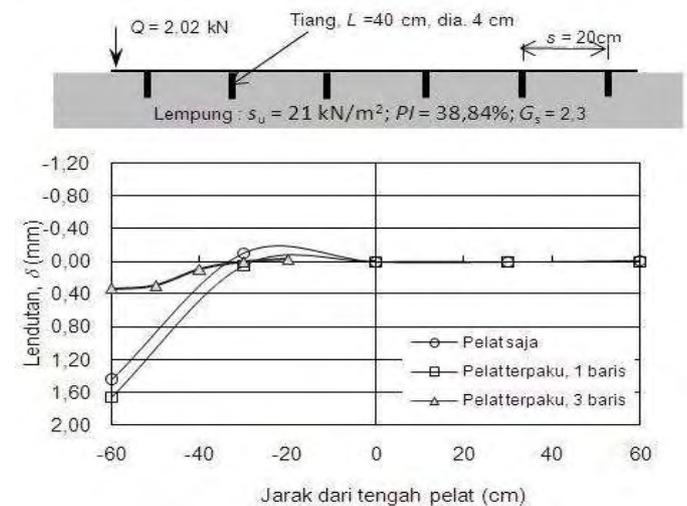
beban yang sama. Sistem pelat terpaku dengan satu baris tiang dapat mereduksi hingga 41,67% defleksi maksimum, dan hingga 75% untuk 3 baris tiang. Pola lendutan juga berbeda antara sistem pelat terpaku dibandingkan dengan pelat saja, dimana bagian ujung pelat terpaku tidak mengalami defleksi. Hal ini disebabkan adanya tiang-tiang yang melawan gaya pengangkatan oleh pelat. Secara umum defleksi pelat terpaku terjadi di sekitar beban, berupa penurunan dengan lebar cakupan defleksinya adalah setengah hingga dua pertiga dari panjang pelat. Adapun defleksi pelat saja, tampak mempunyai tipikal seperti mangkok dimana penurunan maksimum terjadi pada daerah sekitar beban, namun pada kedua ujung pelatnya mengalami pengangkatan (signifikan pada beban yang lebih besar). Oleh karena pelat dibuat rata dengan muka tanah, maka diduga bagian ujung-ujung pelat masih kontak dengan tanah.

Perilaku lendutan pelat terpaku untuk beban di ujung

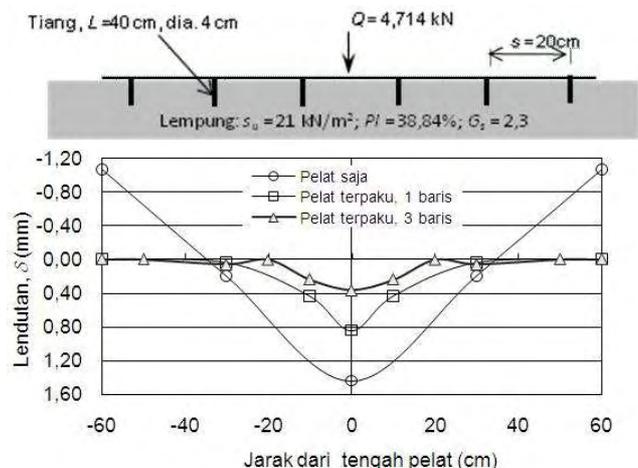
Hasil uji lendutan pelat dan pelat terpaku untuk beban di ujung pelat dapat dilihat pada Gambar 8. Lendutan pelat lebih besar dibanding lendutan pelat terpaku. Sistem pelat terpaku dengan 3 baris tiang dapat mereduksi penurunan mencapai 70,34%. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa hasil uji lendutan pelat dan pelat terpaku dengan satu baris tiang kurang konsisten. Namun pelat terpaku dengan satu baris tiang tetap lebih kuat karena retak pelat mulai terbentuk pada beban 6,06 kN, sedangkan pada pelat saja pada beban 3,36 kN. Selain itu, pada sistem pelat tepaku bahwa defleksi terjadi hanya di ujung pelat dimana beban bekerja hingga tepat di atas tiang terluar yang berada di dekat beban. Pada bagian lain tidak mengalami defleksi, karena adanya tiang-tiang yang berfungsi sebagai jangkar untuk melawan gaya pengangkatan. Hal tersebut berbeda dengan pola defleksi pada pelat, dimana lendutan maksimum terjadi pada ujung pelat tepat di bawah beban, sedangkan pada ujung lainnya juga sedikit mengalami penurunan. Namun pada bagian tengah pelat cenderung terangkat.



Gambar 6. Defleksi pelat dan pelat terpaku akibat beban terpusat sentris $Q = 2,02$ kN



Gambar 8. Defleksi pelat dan pelat terpaku akibat beban terpusat di ujung pelat, pada beban $Q = 2,02$ kN



Gambar 7. Defleksi pelat dan pelat terpaku akibat beban terpusat sentris $Q = 4,714$ kN

Bila diperhatikan dari ketiga pola lendutan yang terjadi akibat variasi titik kerja beban, maka pembebanan di ujung pelat memberikan kondisi yang paling kritis. Oleh karenanya pelat pada bagian ujung dari sistem pelat terpaku mesti didesain untuk mampu menahan beban kerja yang berkerja pada titik tersebut. Kemampuan tersebut dapat diperoleh dengan cara memberikan mutu beton dan jumlah tulangan yang memadai, mempertebal pelat pada bagian ujung, atau dengan memberikan 'koperan' di bagian ujung pelat. Koperan tersebut dapat

berfungsi sebagai pengaku maupun sebagai penghambat pengaruh kelembaban terhadap tanah di bawah pelat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah diberikan, dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Pelat yang diperkuat tiang-tiang friksi yang pendek (Sistem Pelat Terpaku), kekakuannya meningkat seiring dengan penambahan jumlah baris tiang, dan lebih kaku dibanding pelat saja. Peningkatan kekakuan tersebut sebagai kontribusi dari adanya tiang-tiang. Alhasil, lendutan pelat terpaku lebih kecil dan terkonsentrasi hanya di sekitar beban, serta tidak ada pelat yang terjungkit karena ditahan oleh tiang-tiang (tiang berfungsi sebagai jangkar/ angkur).
2. Sebagaimana halnya pada pelat, beban kritis pada pelat terpaku juga terjadi pada posisi beban di ujung pinggir, namun defleksi yang terjadi juga terkonsentrasi hanya di sekitar beban. Modifikasi desain pada ujung pinggir pelat terpaku dapat dilakukan guna meningkatkan kemampuan sistemnya.
3. Sistem Pelat Terpaku menunjukkan perilaku bahwa pelat tetap kontak dengan tanah (tidak terdapat *displacement* negatif yang signifikan). Dengan demikian keawetan pelat diharapkan menjadi lebih terjaga.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H.C., 2008, Sistem "Pelat Terpaku" (*Nailed Slab*) Untuk Perkuatan Pelat Beton Pada Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*), *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna dalam Penanganan Sarana-prasarana*, MPSP JTSL FT UGM., pp. M-1—M-7.
- Hardiyatmo, H.C., dan Suhendro, B., 2003, Fondasi Tiang dengan *Pile Cap* Tipis sebagai Alternatif untuk Mengatasi Problem Penurunan Bangunan di Atas Tanah Lunak, *Laporan Komprehensif Penelitian Hibah Bersaing IX Perguruan Tinggi*, Tahun Anggaran 2001-2003, Lembaga Penelitian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sew, G. S., dan T. Yean-Chin, 2005, Innovative Substructures on Soft Ground, *Master Builders Journal*, 2nd Quarter 2005, akses dari www.google.com; [www.mbam.org.my/mbam/images/MBJ2Q05pdf/CsSUBSTRUCTURE\(8-14\).pdf](http://www.mbam.org.my/mbam/images/MBJ2Q05pdf/CsSUBSTRUCTURE(8-14).pdf).
- Wong, S.C. dan Poulos, H.G., 2001, Performance of Various Piled-embankment System, *Proceeding 5th International Conference on Deep Foundation Practice incorporating Piletalk*, Singapore, 4-6 April 2001, pp. 395-402.



Indonesian Society
of Geotechnical Engineering



Civil and Environmental Engineering Department
Faculty of Engineering, Universitas Gadjah Mada



Ministry of Public Works
Republic of Indonesia



National Construction Services
Development Board

Certificate

is awarded to

Anas Puri, S.T., M.T.

as an Oral Presenter

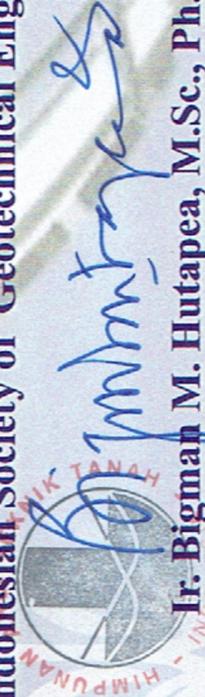
on

**Annual Meeting XIV
of Indonesian Society of Geotechnical Engineering (ISGE)**

**“Development of Geotechnical Engineering
in Civil Works and Geo-Environment”**

10 -11 February 2011, Yogyakarta, Indonesia

Indonesian Society of Geotechnical Engineering



Ir. Bigman M. Hutapea, M.Sc., Ph.D.

Head of Indonesian Society of Geotechnical Engineering

Universitas Gadjah Mada



Ir. Agus Darmawan Adi, M.Sc., Ph.D.

Chairperson of Annual Meeting XIV of ISGE