



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

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

Penerbit:



Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia
Basement Aldevco Octagon
Jl. Warung Jati Barat Raya No. 75
Jakarta 12740 Tel. (021) 7981966

Jurusan Teknik Sipil & Lingkungan
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55284
Tel. (0274) 545675

Didukung oleh :



ISBN : 978-979-96668-8-8

Dilarang men-copy atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku Prosiding ini
tanpa ijin dari penerbit.

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, MASc., Ph.D.
Ir. Widjojo A. Prakoso, MSCE, Ph.D. (UI)
- Seksi Acara : Dr. Didiek Djarwadi
Supriyono, MT.
M. Yamin, MT.
Anita Widiанти, MT.
Edi Hartono, MT.
Devi Oktaviana Latief, MT.
- Seksi Publikasi : Fikri Faris, M. Eng.
Dwi Heriyanto

Kata Pengantar

Perkembangan ilmu Geoteknik yang semakin pesat dan pemberlakuan Undang-Undang Jasa Konstruksi No. 18 tahun 1999 mendorong tumbuhnya profesionalisme di dalam dunia konstruksi. Dunia pendidikan tinggi, melalui Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, juga sedang giat meningkatkan hubungan dengan dunia profesional sehingga pengembangan pendidikan dan profesi mempunyai keterkaitan yang semakin jelas dan kuat. Geoteknik sebagai bidang ilmu yang terkait dengan teknik tanah, diharapkan lebih profesional dalam melakukan perencanaan dan pelaksanaan konstruksi termasuk memperhitungkan kemungkinan resiko kegagalan konstruksi.

Berdasarkan konstelasi dunia pendidikan dan dunia konstruksi tersebut, Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI) sebagai asosiasi tempat bernaungnya para praktisi dan ahli geoteknik, berupaya meningkatkan kompetensi para anggotanya maupun kalangan lain yang berminat dalam bidang Geoteknik. Sebagai salah satu kegiatan rutin HATTI, maka Pertemuan Ilmiah Tahunan-XIV ini mengangkat tema "Perkembangan Geoteknik dalam Pelaksanaan Konstruksi Sipil yang Berwawasan Lingkungan". Acara ini diharapkan menjadi ajang komunikasi dan tukar menukar informasi bagi para professional yang bergerak dalam bidang konstruksi geoteknik, khususnya untuk menyoroti secara cermat masalah-masalah geoteknik, termasuk potensi dan resiko yang akan dihadapi serta upaya dalam mengatasinya. Prosiding ini sangat berguna sebagai referensi sekaligus informasi bagi para ahli geoteknik guna memecahkan permasalahan yang menyangkut tanah di Indonesia.

Atas kerjasama yang baik dan bantuan dari semua pihak dalam menyukseskan Pertemuan Ilmiah Tahunan-XIV, panitia mengucapkan terima kasih.

Yogyakarta, 10 Februari 2011

Ketua Panitia



Agus Darmawan Adi

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 Gaily 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 Pull Out 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 <i>Prefabricated Drain</i> 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 <i>Soil Cement</i> (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 Hardwiyono, Sri Atmaja P. Rosyidi, Mohd. Raihan Taha)	397
49. Pemetaan Batimetri dan Submarine Geologi Secara Simultan dengan Menggunakan Ground Penetrating Radar (GPR) (T. A. Sanny)	407
50. Karakteristik Kuat Geser Tanah Pasir dengan Campuran Kapur dan Abu Sekam Padi (Agus Setyo Muntohar)	413
51. Aplikasi Geofom 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 (Soewignojo 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

Analisa Penurunan Badan Jalan di Bereng Bengkel Kalimantan Tengah

Yulian Firmana Arifin

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
E-mail: yulianfirmana@yahoo.com

Rustam Effendi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia
E-mail: rustamff@yahoo.ca

ABSTRAK: Paper ini membahas mengenai penurunan badan jalan di Bereng Bengkel, Kalimantan Tengah di STA 37+425 s.d. STA 40+425. Dua titik bor dalam di ruas jalan tersebut digunakan untuk mengetahui sublapisan tanah dan hasil tes laboratorium digunakan untuk perhitungan. Hasil tes laboratorium difokuskan kepada tes sifat fisik dan tes pemampatan tanah. Berdasarkan hasil bor dalam, sublapisan tanah di lokasi yang ditinjau adalah berturut-turut lapisan gambut, lempung lunak, dan lapisan pasir. Tebal lapisan gambut dan lempung dikedua titik berbeda. Hasil analisa penurunan badan jalan dikedua titik akibat penimbunan setebal 1m memperlihatkan perbedaan yang dominan disebabkan oleh perbedaan ketebalan lapisan gambut.

Keywords: penurunan; gambut; lempung; Bereng Bengkel

1 PENDAHULUAN

Kelancaran lalu lintas di daerah Bereng Bengkel (STA. 37+425 s.d. STA. 40+425), Tumbang Nusa, Provinsi Kalimantan Tengah terganggu akibat penurunan badan jalan di lokasi tersebut. Kerusakan berat terjadi di beberapa tempat di sepanjang ruas ini dan sebagian telah tergenang air. Masalah tersebut ditanggulangi oleh Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Tengah dengan melakukan penimbunan setinggi kurang lebih 1 meter di atas jalan lama. Akan tetapi ternyata penyelesaian masalah dengan penimbunan tidak bertahan lama. Badan jalan tetap turun dan masalah yang sama kembali timbul. Sehingga perlu adanya kajian untuk mengetahui penyebab penurunan tersebut yang nantinya dapat dijadikan acuan untuk menentukan metode yang tepat untuk penyelesaian masalah tersebut.

2 METODE KAJIAN

2.1 Sublapisan tanah di daerah yang dikaji

Profil tanah ditentukan dengan melakukan pengambilan sampel dengan pengeboran sampai kedalaman sekitar 30m di dua titik yaitu diantara STA. 37+425 s.d. STA. 40+425.

2.2 Sifat fisik dan mekanik tanah

Uji sifat-sifat fisik dan mekanik dilakukan berdasarkan standar ASTM. Sifat-sifat fisik yang diuji diantaranya adalah uji kadar air, berat jenis, berat volume, liquid limit, dan kadar serat. Sedangkan uji sifat mekanik yang penting dalam penelitian ini adalah uji konsolidasi.

2.3 Metode analisa

Besar dan waktu penurunan akibat proses konsolidasi pada tanah lempung dihitung dengan menggunakan masing-masing Persamaan 1 dan 2 (Das, 2008).

$$S_c = \frac{C_c H}{1 + e_o} \log\left(\frac{p_0 + \Delta p}{p_o}\right) \quad (1)$$

dimana S_c besar penurunan akibat konsolidasi, C_c koefisien kompresi, H tebal lapisan lempung, e_o angka pori mula-mula, P_o tegangan *over burden*, dan ΔP penambahan tegangan.

$$t = \frac{H_{dr}^2 T_v}{c_v} \quad (2)$$

dimana t waktu, H_{dr} tebal lapisan lempung yang terdrainase, T_v faktor waktu, dan c_v koefisien konsolidasi.

Besar penurunan di tanah gambut dihitung dengan menggunakan persamaan regangan yang merupakan fungsi waktu yang diusulkan oleh Gibson and Lo (1961) (Persamaan 3).

$$\varepsilon(t) = \Delta\sigma' (a + b(1 - e^{-(\lambda/b)t})) \quad (3)$$

dimana $\Delta\sigma'$ penambahan tegangan, t waktu, λ/b faktor kecepatan dari pemampatan sekunder, a parameter pemampatan primer, dan b parameter pemampatan sekunder.

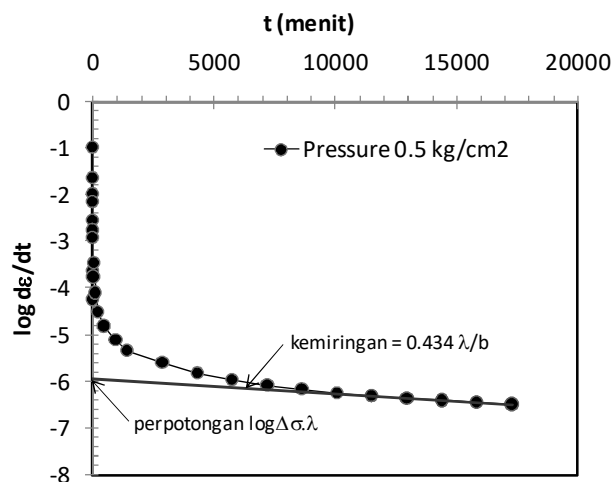
Parameter-parameter tersebut ditentukan dari hasil tes pemampatan di laboratorium. Data penurunan dan waktu diplot dalam grafik fungsi $\log d\varepsilon/dt$ versus waktu (t) seperti terlihat pada Gambar 1. Grafik hubungan tersebut berupa garis lurus untuk waktu yang bersesuaian dengan pemampatan sekunder. Dari harga kemiringan serta perpotongan dari garis lurus dengan sumbu ordinat, parameter empiris a , b dan λ/b ditentukan dengan Persamaan 4, 5, dan 6.

$$\text{Kemiringan garis, } m = -0,434(\lambda/b) \quad (4)$$

Perpotongan garis dengan sumbu ordinat,

$$n = \log \Delta\sigma' \lambda \quad (5)$$

$$a = \frac{\varepsilon(t)}{\Delta\sigma'} - b + be^{-(\lambda/b)t} \quad (6)$$



Gambar 1. Kurva hubungan antara $\log d\varepsilon/dt$ dengan waktu

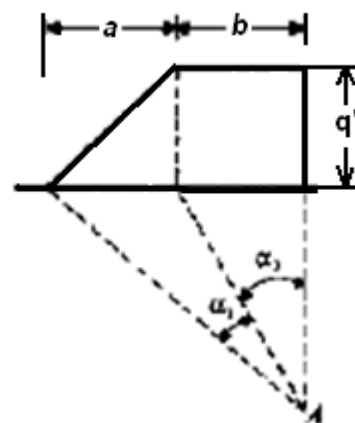
Distibusi tegangan di bawah timbunan di hitung dengan menggunakan Persamaan 7.

$$I = \frac{1}{\pi} \left[\left(\frac{a+b}{a} \right) (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{b}{a} \alpha_2 \right] \quad (7)$$

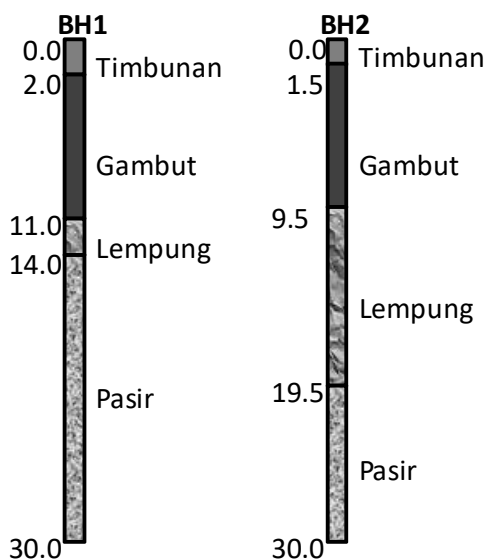
dimana I faktor pengaruh, a , b , α_1 , dan α_2 parameter seperti terlihat pada Gambar 2.

3 SUBLAPISAN DAN KARAKTERISTIK TANAH

Gambar 3 memperlihatkan profil sublapisan tanah yang didapatkan berdasarkan hasil 2 titik bor dalam yang dilakukan di daerah kajian. Terlihat pada gambar, terdapat lapisan gambut yang sangat tebal dengan ketebalan bervariasi dari 8-9m. Di bawah lapisan gambut, terdapat lapisan lempung lunak sampai kaku dengan ketebalan masing-masing 3m di BH1 dan 10m di BH2. Dibawahnya lagi terdapat lapisan pasir dengan kepadatan menengah sampai padat. Data karakteristik tanah yang digunakan dalam perhitungan diambil dari 2 titik yang terletak di tengah jalan yang ditinjau dirangkum pada Tabel 1.



Gambar 2. Tegangan vertikal akibat timbunan dengan bentuk trapezium



Gambar 3. Sub lapisan tanah BH1 dan BH2 (KSE, 2009)

Terlihat pada Tabel 1, kadar air gambut bervariasi dari 300-660%, sedangkan kadar air lempung berkisar antara 30-56%. Berat volume gambut berkisar antara 1-1,17 Mg/m^3 , sedangkan lempung berkisar antara 1,61-1,83 Mg/m^3 . Nilai C_c , C_s , dan C_v didapatkan dari uji konsolidasi dirangkum pada Tabel 1.

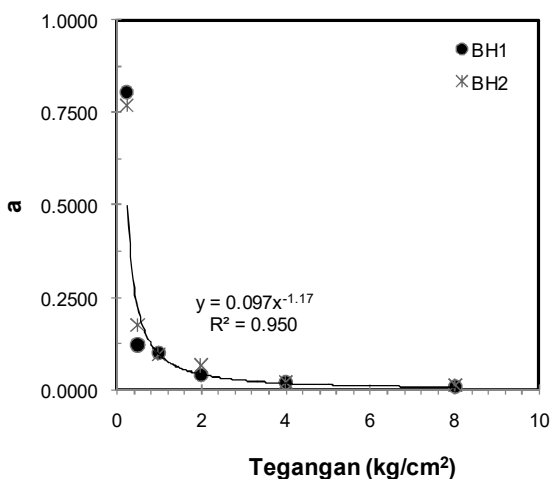
Tabel 1. Sifat fisik dan kompresi tanah (KSE, 2009)

Parameter	BH1	BH2
Gambut		
Kadar air (%)	300-500	400-600
Berat volume (Mg/m ³)	1.06-1.17	1.0-1.16
Specific Gravity	1.82-1.9	1.8-1.9
Kadar serat (%)	89-90	81-90
Lempung		
Kadar air (%)	56	32
Berat volume (Mg/m ³)	1.61	1.83
Specific Gravity	2.57	2.68
Liquid limit (%)	57	42
Plastik limit (%)	39	33
C _c	0.23	0.12
C _s	0.04	0.03
C _v (cm ² /s)	4.6x10 ⁻³	7.0x10 ⁻³

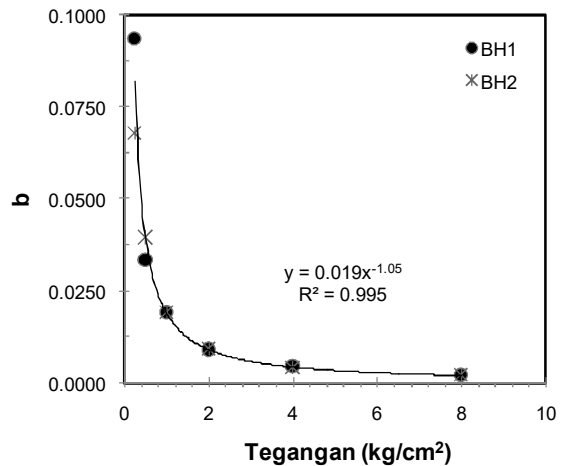
Parameter-parameter Gibson dan λ/b (1961) juga didapatkan dari data hasil konsolidasi. Penggunaan parameter-parameter tersebut sangat tergantung dari tegangan yang diaplikasikan di lapangan. Gambar 4-6 memperlihatkan pengaruh peningkatan tegangan terhadap parameter-parameter pemampatan gambut di BH1 dan BH2. Terlihat pada gambar bahwa nilai parameter-parameter tersebut mengecil dengan meningkatnya tegangan. Parameter-parameter a dan b yang menunjukkan masing-masing pemampatan primer dan sekunder terlihat hampir konstan dan mendekati nol pada tegangan lebih dari 4 kg/cm² (Gambar 4 dan 5). Parameter λ/b yang menunjukkan faktor kecepatan dari pemampatan sekunder konstan pada $7 \times 10^{-5} \text{ min}^{-1}$. Hampir tidak ada perbedaan perilaku dan nilai dari parameter-parameter tersebut untuk gambut di BH1 dan BH2. Parameter a dan b dapat ditentukan dengan persamaan empiris, yaitu Persamaan 8 dan 9.

$$a = 0.097 \sigma^{-1.17} \quad (8)$$

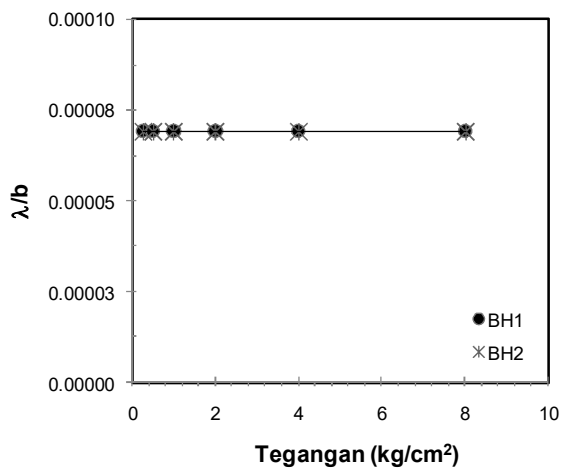
$$b = 0.019 \sigma^{-1.05} \quad (9)$$



Gambar 4. Hubungan antara tegangan dan parameter a (Arifin & Effendi, 2009)



Gambar 5. Hubungan antara tegangan dan parameter b (Arifin & Effendi, 2009)



Gambar 6. Hubungan antara tegangan dan λ/b (Arifin & Effendi, 2009)

4 VERIFIKASI METODE YANG DIGUNAKAN

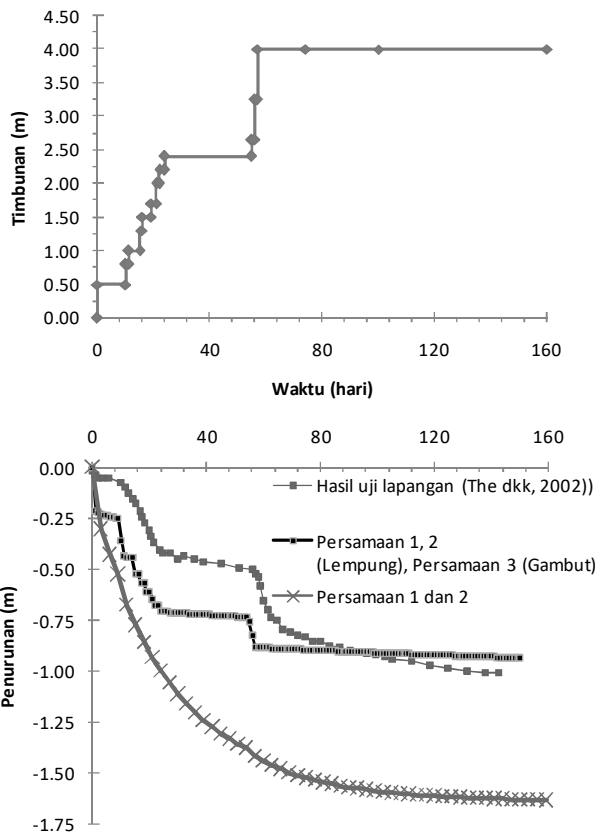
Metode yang digunakan pada laporan ini diverifikasi dengan menggunakan data hasil percobaan timbunan di lapangan yang dilaporkan oleh The dkk (2002). Timbunan dilakukan di daerah yang sama dengan lokasi studi ini dan dilaksanakan secara bertahap sampai ketinggian 4 meter.

Sedangkan parameter-parameter Gibson dan λ/b yang digunakan untuk verifikasi perhitungan diambil dari data yang didapat pada studi ini. Nilai parameter-parameter a, b, dan λ/b besarnya tergantung pada beban luar (tinggi timbunan).

Perhitungan dilakukan dengan 2 metode yaitu (1) menggunakan Persamaan 1 dan 2 untuk semua tipe tanah baik tanah gambut maupun tanah lempung, dan (2) menggunakan gabungan antara persamaan 1 dan 2 untuk tanah lempung dan Persamaan 3 untuk tanah gambut.

Gambar 7 memperlihatkan perbandingan antara hasil uji timbunan lapangan dan hasil perhitungan. Seperti terlihat pada gambar, perhitungan dengan

menggunakan Persamaan 1 dan 2 tidak mendekati hasil percobaan timbunan lapangan. Sedangkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode yang disarankan oleh Gibson dan Lo (1961) (Persamaan 3) untuk gambut dan Persamaan 1 dan 2 untuk lempung mendekati hasil penurunan percobaan timbunan. Oleh karena itu dalam kajian ini, metode yang digunakan adalah metode gabungan.



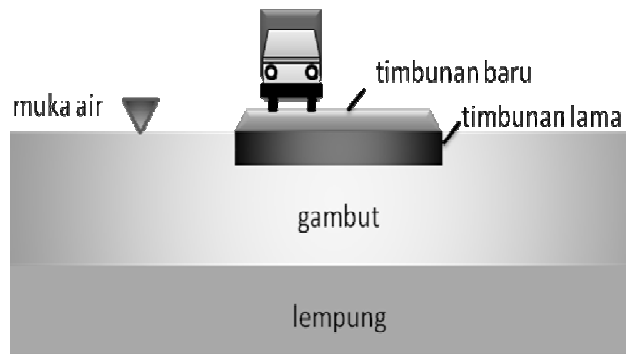
Gambar 7. Verifikasi metode yang digunakan

5 ANALISA BESAR DAN WAKTU PENURUNAN

Seperti diuraikan di atas, untuk penanganan masalah kerusakan dan terendamnya jalan di lokasi studi, Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah melakukan penimbunan kembali setebal 1 m. Sketsa kondisi di lapangan terlihat pada Gambar 8. Timbunan diletakkan di atas badan jalan yang lama dengan lebar 11m. Di bawah jalan lama terdapat lapisan tanah yang dapat memampat yaitu lapisan gambut dan lapisan lempung. Karena ketebalan dari lapisan-lapisan tersebut pada titik-titik BH1 dan BH2 tidak sama (Tabel 2), maka perhitungan dilakukan secara terpisah.

Tabel 2 Data ketebalan dan pembebanan

Data	BH1	BH2
Tebal gambut (m)	9	8
Tebal lapisan lempung (m)	3	10
Berat volume gambut rata-rata (Mg/m ³)	1,12	1.12
Berat volume pasir urug (Mg/m ³)	1,8	1.8
Beban lalu lintas (Mg/m ²)	1,5	1.5

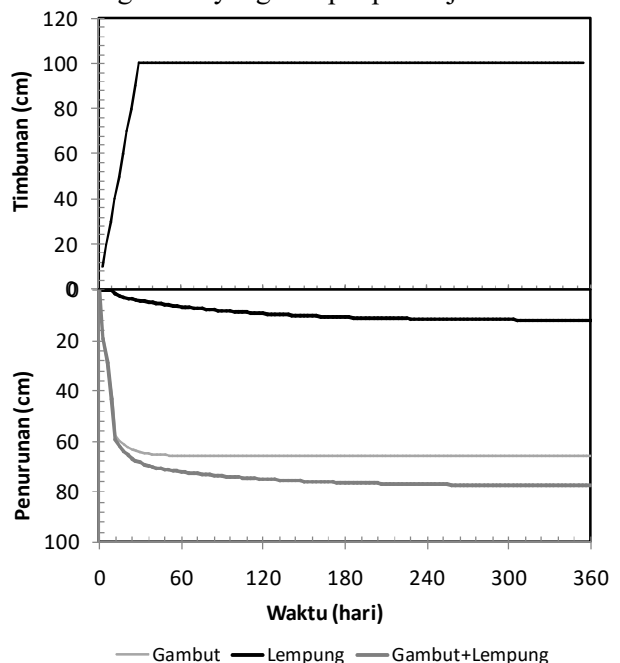


Gambar 8. Sketsa timbunan di lapangan

Tabel 3 Parameter Gibson dan Lo (1961) yang digunakan

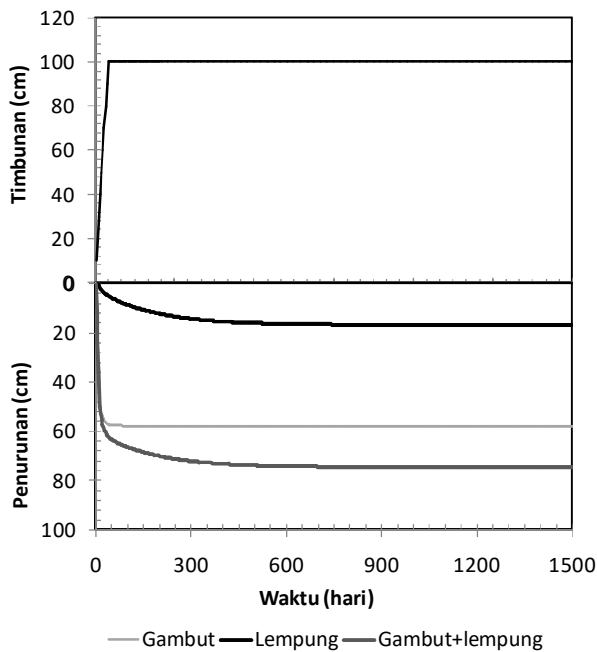
Data	Nilai
pemampatan primer (a) (cm ² /kg)	0.173
pemampatan sekunder (b) (cm ² /kg)	0.033
λ/b (min ⁻¹)	6.9×10^{-5}
$\Delta\sigma'$ (kg/cm ²)	0.278

Gambar 9 memperlihatkan besarnya penurunan sebagai fungsi waktu akibat adanya penambahan timbunan di atas badan jalan yang lama untuk tanah di BH1. Seperti terlihat pada gambar, bahwa penurunan badan jalan terjadi tidak hanya akibat penurunan lapisan gambut tetapi juga lapisan lempung. Penurunan akibat lapisan gambut lebih besar daripada yang lempung. Total penurunan yang terjadi adalah sekitar 80cm dalam waktu 50 tahun (derajat konsolidasi 90%). Penurunan primer yang diakibatkan oleh mampatnya lapisan gambut lebih cepat dibandingkan oleh mampatnya lapisan lempung. Penurunan akibat pemampatan sekunder tidak dominan akibat kecilnya parameter pemampatan sekunder gambut yang didapat pada uji konsolidasi.



Gambar 9. Penurunan sebagai fungsi waktu akibat timbunan dan beban lalu lintas (BH1)

Gambar 9 memperlihatkan besarnya penurunan sebagai fungsi waktu akibat adanya penambahan timbunan di atas badan jalan yang lama untuk lokasi BH2. Seperti yang terjadi pada BH1, bahwa penurunan badan jalan terjadi tidak hanya akibat penurunan lapisan gambut tetapi juga lapisan lempung. Konsolidasi primer gambut terjadi lebih cepat dan lebih besar sedangkan konsolidasi primer lempung lebih kecil dan selesai kurang lebih 350 hari (derajat konsolidasi 90%).



Gambar 10. Penurunan sebagai fungsi waktu akibat timbunan dan beban lalu lintas (BH2)

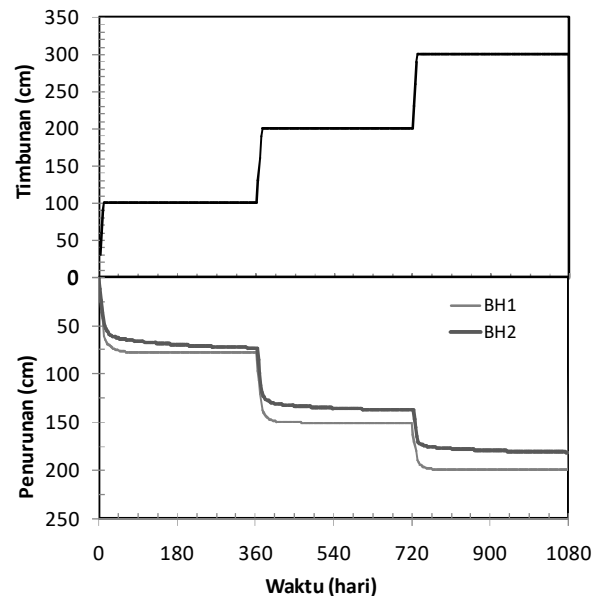
Gambar 11 memperlihatkan perbandingan penurunan yang terjadi di BH1 dan BH2 ketika keduanya ditimbun setinggi satu meter setiap tahun dalam 3 tahun. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan terjadinya pengurangan tebal lapisan akibat penurunan dan perubahan parameter-parameter pemampatan tanah akibat penambahan tegangan. Seperti terlihat pada gambar, penurunan yang terjadi pada kedua lokasi hampir sama pada satu tahun pertama. Setelah penimbunan kedua, penurunan di BH1 lebih besar daripada BH2. Dilihat dari kecepatan penurunan yang terjadi, hal ini terjadi akibat pemampatan gambut. Penurunan di BH1 lebih besar karena tebalnya lapisan gambut di lokasi tersebut.

6 KESIMPULAN

Dari hasil analisa terhadap data lapangan dan perhitungan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sub lapisan tanah dilokasi yang ditinjau adalah lapisan gambut, lapisan lempung dan lapisan pasir dengan ketebalan yang tidak merata.

2. Tebalnya lapisan gambut dan lempung mengakibatkan besarnya penurunan yang terjadi ketika tanah ditimbun kembali. Perbedaan ketebalan dari lapisan-lapisan gambut dan lempung mengakibatkan perbedaan besarnya penurunan disepanjang jalan yang ditinjau.
3. Tebal lapisan gambut lebih dominan mempengaruhi besarnya penurunan.
4. Penimbunan setinggi 1 meter setiap tahun terus mengakibatkan penurunan badan jalan sehingga perlu dicari solusi yang lain.



Gambar 11. Penurunan sebagai fungsi waktu akibat timbunan dan beban lalu lintas (BH1 dan BH2).

7 UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Widya Wiratama dan PT. Kalimantan Soil Engineering atas kerjasamanya dalam penyusunan paper ini.

8 REFERENSI

- Arifin Y.F. & Effendi R. 2009. Karakteristik dan Perilaku Gambut Berserat Bereng Bengkel Kalimantan Tengah. Laporan Penelitian. Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
- Das B M. 2008. *Advanced Soil Mechanics*, 3rd edition, Taylor and Francis, London
- Gibson, R.E. & Lo, K. Y., 1961. " A Theory of Consolidation of Soils Exhibiting Secondary Compression", *Acta Polytechnica Scandinavia*, Ci. 10296, 1-16.
- Kalimantan Soil Engineering (KSE). 2009. Laporan Investigasi Tanah. Bereng Bengkel, Kalimantan Tengah.
- The BHPAM, Taufic R, Moeljadi D, Suhaimi D, Shouman, Teunissen, Bos W, Deutekom J, Grontmij. 2002. The Berengbengkel Test Side: Final Report.