

PEDOMAN

Konstruksi dan Bangunan

PANDUAN GEOTEKNIK 1
PROSES PEMBENTUKAN DAN SIFAT-SIFAT DASAR TANAH LUNAK



DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH

PANDUAN GEOTEKNIK 1

PROSES PEMBENTUKAN DAN SIFAT-SIFAT DASAR TANAH LUNAK

Pendahuluan

Tanah lunak dalam Panduan ini meliputi lempung inorganik (lempung bukan organik), lempung organik dan gambut.

Tanah jenis ini terdapat pada areal lebih dari 20 juta hektar, lebih dari 10 % dari tanah daratan Indonesia.

Pada masa lalu, banyak proyek mengalami penundaan atau keterlambatan, memerlukan tambahan biaya yang besar, membutuhkan biaya perawatan dan pemeliharaan yang tinggi atau mengalami kegagalan, yang diakibatkan oleh adanya tanah lunak ini.

Ruang Lingkup

Panduan Geoteknik ini dan seri lainnya merupakan pedoman bagi para praktisi¹ di lapangan dengan maksud memberikan panduan dan petunjuk dalam desain dan pelaksanaan konstruksi jalan di atas tanah lunak. Berbagai panduan yang dibuat, sangat cocok untuk diterapkan dalam desain berbagai tipe kelas jalan, mulai dari Jalan Nasional hingga jalan Kabupaten. Panduan-panduan disajikan untuk kelompok kelompok praktisi, sebagai berikut :

Para Manajer Proyek

Termasuk pihak-pihak yang terlibat dalam proses : perencanaan, pembiayaan dan manajemen proyek.

Dalam Panduan ini dijelaskan mengapa pada lokasi tanah lunak diperlukan sebuah penyelidikan khusus, waktu untuk melakukan penyelidikan dan pertimbangan terhadap pembiayaan secara khusus untuk melaksanakan penyelidikan yang memadai serta interpretasi yang tepat.

Para Desainer

Panduan ini menjelaskan bagaimana lokasi tanah lunak harus diidentifikasi prosedur-prosedur yang harus diterapkan dalam penyelidikan, dan prosedur desain dan pelaksanaan yang harus diikuti. Panduan ini juga mengarahkan bilamana informasi yang didapatkan tersebut memerlukan masukan dari spesialis/ahli yang telah berpengalaman.

Para Spesialis Geoteknik

Para spesialis geoteknik yang berpengalaman dalam konstruksi jalan di atas tanah lunakpun, akan dapat memanfaatkan Panduan ini untuk mendapatkan rangkuman prosedur-prosedur yang dapat digunakan dan diterapkan pada proyek-proyek yang lebih kompleks dimana mereka terlibat secara langsung.

Walaupun panduan-panduan ini hanya diperuntukkan untuk jalan di atas tanah lunak, para perekayasa yang menangani jalan pada tipe tanah dan bangunan sipil tipe lainnya akan mendapatkan informasi yang sangat bermanfaat dalam menghadapi permasalahan yang serupa.

¹Dalam proses penterjemahan Panduan ini, telah diterjemahkan sejumlah istilah teknik yang digunakan yang dicantumkan sebagai referensi pada bagian akhir setiap Panduan serta pada CD Panduan Geoteknik. Sebagai tambahan, untuk istilah-istilah teknik yang belum umum digunakan, istilah dalam bahasa Inggrisnya tetap dicantumkan berdampingan dengan kata yang bersangkutan dalam tanda kurung pada bagian awal penggunaannya saja.

Tujuan dari Panduan

Panduan Geoteknik 1: Timbunan Jalan pada Tanah Lunak: Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak

Panduan ini memberikan informasi untuk :

- Memahami perbedaan tipe-tipe tanah lunak yang ditemukan di Indonesia dan bagaimana hubungannya dengan konteks regional maupun global;
- Membuat penilaian awal akan segala kemungkinan dimana tanah-tanah tersebut akan ditemukan pada lokasi-lokasi tertentu;
- Mengidentifikasi keberadaan tanah lunak, sehingga prosedur-prosedur yang disebutkan dalam Panduan Geoteknik 2 hingga 4 perlu diterapkan dalam proyek tersebut.

Panduan Geoteknik 2 : Timbunan Jalan pada Tanah Lunak : Penyelidikan Tanah Lunak : Desain dan Pekerjaan Lapangan

Panduan ini menjelaskan prosedur-prosedur yang harus diterapkan dalam :

- Studi awal untuk mengumpulkan informasi-informasi yang ada;
- Informasi-informasi yang dibutuhkan dalam kegiatan proyek pembangunan jalan sebelum merencanakan penyelidikan lapangan;
- Menentukan tipe-tipe penyelidikan lapangan serta pengujian laboratorium yang akan dilakukan;
- Prosedur mendesain penyelidikan lapangan;
- Persyaratan-persyaratan khusus untuk melaksanakan pekerjaan-pekerjaan tertentu pada tanah lunak, sebagaimana juga telah dikemukakan pada manual-manual lainnya untuk keperluan pekerjaan penyelidikan lapangan yang sifatnya rutin;
- Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi untuk pelaporan dari hasil-hasil pekerjaan yang telah dilakukan;
- Ceklis untuk meyakinkan bahwa prosedur-prosedur yang tercantum dalam Panduan ini telah diikuti;
- Prosedur-prosedur yang harus dilaksanakan jika penyelidikan lapangan yang dilakukan tidak mengikuti rekomendasi yang diberikan oleh Panduan ini.

Panduan Geoteknik 3 : Timbunan Jalan pada Tanah Lunak : Penyelidikan Tanah Lunak : Pengujian Laboratorium

Panduan ini merumuskan :

- Ceklis untuk mengevaluasi kemampuan laboratorium pengujian geoteknik dan kriteria pemilihan laboratorium;
- Faktor-faktor yang berpengaruh pada perencanaan dan pengembangan program pengujian laboratorium;
- Rangkuman prosedur pengujian standar terutama, acuan pengujian lempung organik lunak dan gambut serta interpretasi hasil pengujiannya;
- Prosedur untuk mengurangi sekecil mungkin gangguan pada contoh tanah selama penanganan dan penyiapan benda uji; interpretasi data pengujian untuk mengevaluasi kualitas contoh;

- Prosedur untuk mengidentifikasi dan menjelaskan struktur dan fabrik tanah;
- Persyaratan-persyaratan pelaporan.

Panduan Geoteknik 4 : Timbunan Jalan pada Tanah Lunak : Desain dan Konstruksi

Panduan ini merumuskan :

- Metode-metode yang harus diterapkan untuk menguji keabsahan data penyelidikan;
- Prosedur untuk mendapatkan parameter-parameter;
- Proses pengambilan keputusan dalam memilih teknik dan metode yang efektif dan memuaskan;
- Metode-metode yang akan digunakan dalam menganalisis stabilitas dan perilaku penurunan jalan;
- Persyaratan-persyaratan dalam penyusunan laporan desain, penyiapan kesimpulan-kesimpulan dan bagaimana kesimpulan tersebut dapat dicapai;
- Ceklis untuk meyakinkan bahwa semua prosedur dalam Panduan ini telah dilaksanakan;
- Prosedur-prosedur yang harus dilaksanakan jika rekomendasi-rekomendasi tidak dilaksanakan sesuai dengan apa yang telah diberikan dalam Panduan ini.

Sebuah CD dilampirkan dalam Panduan Geoteknik I. Lampiran A dari Panduan Geoteknik I memberikan penjelasan tentang isi dari CD tersebut serta cara penggunaannya.

Acuan Normatif

Dokumen acuan normatif di bawah ini berisi ketentuan. Dengan demikian, ketentuan dalam dokumen acuan normatif tersebut menjadi ketentuan dari panduan ini. Untuk acuan yang bertanggal, amandemen, atau revisi yang ada dari tiap publikasinya, tidak berlaku. Namun demikian, pihak-pihak yang bersepakat berdasarkan panduan ini dianjurkan untuk meneliti kemungkinan penerapan edisi terbaru dari dokumen normatif yang tertera di bawah ini. Untuk acuan tak bertanggal, penerapannya merujuk pada dokumen normatif edisi terakhir.

Dokumen acuan normatif yang digunakan :

AASHTO (1988), *Manual on Subsurface Investigations*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, USA.

ASTM Standards (1994), Section 4, Construction : Volumes 04.08 and 04.09, *Soils and Rock*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum (1999), *Daftar Istilah Standar Bidang ke-PU-an*, Tahun Anggaran 1998/1999, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, Indonesia.

BS 5930 (1981), *Code of Practice for Site Investigation*, British Standards Institution, London, UK.

BS 1377 (1990), *Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes*, Parts 19, British Standards Institution, London, UK.

BS 8006 (1995), *Code of Practice for Strengthened/Reinforced Soils and Other Fills*, British Standards Institution, London, UK.

BSN Pedoman No.8-2000 (Mel 2000), *Penulisan Standar Nasional Indonesia*, Badan Standardisasi Nasional.

Direktorat Jenderal Bina Marga (1983), *Manual Penyelidikan Geoteknik untuk Perencanaan Fondasi Jembatan*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, Indonesia.

Direktorat Jenderal Bina Marga (1992), *Manual Desain Jembatan (Draf)*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, Indonesia.

Direktorat Jenderal Bina Marga (1994), *Perencanaan Geometrik jalan antar Kota*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, Indonesia.

ISO/IEC (1999), International Standard ISO/IEC 17025 : 1999 (E), *General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories*, The International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.

ISSMFE (1981), *International Manual for the Sampling of Soft Cohesive Soils*, The Sub-Committee on Soil Sampling (ed), International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokai University Press, Tokyo, Japan.

Japanese Standards Association (1960), *Method of Test for Consolidation of Soils*, Japanese Industrial Standard JIS A 1217-1960.

Japanese Standards Association (1977), *Method of Unconfined Compression Test of Soil*, Japanese Industrial Standard JIS A 1216-1958 (revised 1977).

Media Teknik No. 2 Tahun XVII (1995), *Tata Istilah Teknik Indonesia*, No. ISSN 0216-3012.

NAVFAC (1971), *Design Manual, Soil Mechanics, Foundations and Earth Structures*, Dept of Navy, USA.

Puslitbang Geologi Bandung (1996), *Peta Geologi Kuarter Lembar Semarang, Jawa*, 5022-11.

Pusat Litbang Prasarana Transportasi Bandung (2001), *Guideline Road Construction over Peat and Organic Soil, Draft Version 4.0/4.1*, Ministry of Settlement and Public Infrastructure of the Republic of Indonesia in cooperation with The Ministry of Transport, Public Works and Water Management (Netherlands), January.

SNI (1990), *Metoda Pengukuran Kelulusan Air pada Tanah Zona Tak Jenuh dengan Lubang Auger*, SNI 03-3968-1995, Dewan Standardisasi Nasional.

SNI (1999), *Metoda Pencatatan dan Interpretasi Hasil Pemboran Inti*, SNI 03-2436-1991, Dewan Standardisasi Nasional.

SNI (1999), *Metoda Pengujian Lapangan dengan Alat Sondir*, SNI 03-2827-1992, Dewan Standardisasi Nasional.

SNI (1999), *Metoda Pengujian Lapangan Kekuatan Geser Baling*, SNI 06-2487-1991, Dewan Standardisasi Nasional.

Istilah Teknik

Untuk keperluan panduan ini, selanjutnya digunakan dan diusulkan istilah-istilah teknik dalam bahasa Indonesia yang diberikan pada bagian akhir dari setiap Panduan, setelah Lampiran. Untuk memudahkan pengguna Panduan yang belum terbiasa dengan terminologi yang dimaksud, maka pada Daftar istilah tersebut setiap istilah yang digunakan, dicantumkan padanan katanya dalam bahasa Inggris.

Istilah-istilah tersebut disusun dengan mengacu pada istilah-istilah teknik yang telah umum digunakan dalam bidang kegeoteknikan, seperti yang tercantum pada SNI, Pedoman maupun Panduan Teknik lainnya, dengan tetap mengacu pada tata cara penyerapan istilah teknik yang berlaku serta kaedah-kaedah bahasa Indonesia yang baik dan benar.

Secara teknis, kegiatan penyusunan tersebut dimulai dengan penyusunan daftar istilah teknik yang terdapat pada keempat buku Panduan oleh Tim Konsultan Proyek. Daftar tersebut kemudian dikirimkan melalui korespondensi surat-menyurat kepada 21 orang Pengkaji Eksternal yang terdiri dari kalangan Perguruan Tinggi, Organisasi Profesi maupun Praktisi, untuk meminta masukan konstruktif tentang terjemahan yang tepat dan sesuai untuk masing-masing istilah berdasarkan latar belakang, pengalaman dan pendapat mereka masing-masing. Dari 10 daftar yang kembali, dilakukan kompilasi kembali oleh Tim Konsultan Proyek dengan mengacu pada standar maupun kaedah bahasa Indonesia yang baik dan benar, seperti yang terlihat pada Daftar Istilah yang diberikan pada bagian akhir setiap buku Panduan.

Skala Mutu

Panduan ini mengasumsikan bahwa pada setiap pelaksanaan proyek jalan, seorang Perekrayasa yang selanjutnya disebut sebagai Insinyur Geoteknik yang Ditunjuk, akan ditetapkan untuk bertanggung jawab terhadap seluruh pekerjaan geoteknik mulai dari tahapan penyelidikan, desain dan pelaksanaan konstruksi. Penunjukkan ini dilakukan oleh Ketua Tim, Ketua : Tim Desain atau seseorang yang secara keseluruhan bertanggungjawab atas proyek tersebut. Pemimpin proyek mempunyai tanggung jawab untuk menjamin Insinyur Geoteknik yang Ditunjuk ada di pos selama proyek berjalan.

Panduan ini menggambarkan bagaimana Insinyur Geoteknik yang Ditunjuk tersebut harus mencatat dan menandatangani setiap tahapan pekerjaan. Jika Insinyur Geoteknik yang Ditunjuk tersebut suatu saat diganti, maka prosedur-prosedur yang telah ditetapkan tersebut harus dimasukkan di dalam klausul serah terima, yang mana Insinyur Geoteknik yang baru harus melanjutkannya dengan tanggung jawab sebagaimana yang telah dijelaskan pada Panduan Geoteknik 4.

Latar belakang dan pengalaman dari Insinyur Geoteknik yang Ditunjuk tersebut akan bervariasi berdasarkan kuantitas dan kompleksitas dari proyek yang bersangkutan. Untuk Jalan Kabupaten, Insinyur Geoteknik yang Ditunjuk harus memiliki kemampuan/latarbelakang keteknikan dasar yang cukup serta pengetahuan lokal yang memadai. Sedangkan untuk skala proyek yang lebih besar, seorang Insinyur dengan latar belakang khusus kegeoteknikan, umumnya menjadi persyaratan yang harus dipenuhi.

Untuk skala jalan Nasional, di mana permasalahan-permasalahan tanah lunak cukup banyak ditemui, Insinyur Geoteknik yang Ditunjuk harus memiliki pengetahuan dan pengalaman kegeoteknikan yang luas. Bila dipandang perlu ia dapat didukung oleh seorang Spesialis; walaupun demikian, Insinyur Geoteknik yang Ditunjuk tersebut tetap bertanggungjawab secara keseluruhan terhadap Skala Mutu, sebagaimana dijelaskan dalam Panduan ini.

Jika terdapat penyelidikan atau desain geoteknik yang harus dilakukan oleh Kontraktor Pelaksana Pekerjaan, maka dalam kaitannya dengan pekerjaan tersebut kontraktor itu harus mematuhi semua persyaratan yang tercantum dalam Panduan ini. Insinyur Geoteknik yang Ditunjuk harus bertanggung jawab terhadap hal ini.

PENDAHULUAN PANDUAN GEOTEKNIK

1.1 BATASAN DARI PANDUAN

Tanah lunak yang diuraikan pada Panduan ini terdiri dari dua tipe, yang didasarkan atas bahan pembentuknya :

- Tanah inorganik yang berasal dari pelapukan batuan yang diikuti oleh transportasi dan proses-proses lainnya;
- Gambut yang berasal dari bahan tumbuh-tumbuhan yang mengalami berbagai tingkat pembusukan.

Tanah organik merupakan kombinasi tanah inorganik dan gambut atau bahan organik lainnya.

Panduan Geoteknik 1 menjelaskan proses pembentukan batuan, pelapukan dan pembentukan mineral lempung. Pengaruh dari lingkungan pengendapan yang berbeda dan proses-proses yang mengikutinya juga diterangkan.

Proses pembentukan gambut dan tanah organik didiskusikan, tetapi untuk tinjauan yang lebih luas mengenai tanah tersebut pembaca dipersilakan merujuk ke *Manual Konstruksi Jalan di atas Gambut dan Tanah Organik (Pusat Litbang Prasarana Transportasi, 2001)*.

Panduan Geoteknik 1 juga menjelaskan bagaimana caranya memprediksi keberadaan tanah lunak dari informasi yang terbatas.

Rujukan ini merupakan pengantar terhadap panduan yang lebih detil dan spesifik yang akan diberikan pada Panduan Geoteknik 2 sampai 4, yang memuat penyelidikan, desain dan konstruksi timbunan jalan pada tanah lunak tersebut.

Apakah panduan ini relevan untuk Ahli Geoteknik?

Untuk mendesain konstruksi jalan di atas tanah lunak para Ahli Geoteknik stabilitas, yang membutuhkan pengetahuan mengenai kuat geser, dan penurunan, yang memerlukan pengetahuan mengenai perilaku konsolidasi. Persyaratan ketiga yang diperlukan adalah pengetahuan yang cukup mengenai kimia tanah untuk memprediksi potensi korosi terhadap bahan bangunan untuk konstruksi.

Oleh karena itu dipandang perlu untuk mengetahui asal usul geologi dan faktor-faktor lainnya yang berkaitan dengan tanah lunak yang ada relevansinya dengan panduan ini.

Saat ini rekayasa geoteknik meliputi pengambilan contoh tanah yang relatif sangat kecil dibandingkan dengan massa tanah keseluruhan. Hal ini membutuhkan ekstrapolasi atas hasil pengujian untuk memperkirakan perilaku struktur dalam waktu yang lama.

Pemahaman terhadap bagaimana suatu deposit tanah terbentuk, dan proses apa yang telah dilaluinya, akan membantu dalam memahami perilaku teknis tanah yang selanjutnya membantu dalam membuat analisis yang lebih akurat.

Dua contoh berikut ini menggambarkan manfaatnya :

“Lempung pasiran coklat”. Pemberiaan dari suatu catatan lubang bor ini mungkin akan menggiring seorang Ahli untuk mengambil kesimpulan bahwa tanah lempung ini berasal dari proses pelapukan dalam lingkungan teroksidasi sehingga

menghasilkan warna coklat, yang ditinjau dari kekuatan tanah akan menguntungkan. Adanya pasir juga mengindikasikan bahwa penurunan akan berlangsung cepat akibat permeabilitasnya yang tinggi.

Tetapi suatu studi mengenai sejarah geologi lokal akan memperlihatkan bahwa deposit ini merupakan lempung marin (lempung marin resen dari daerah pantai Utara Jawa). Warna coklat disebabkan oleh pelapukan debu vulkanis dan bukan akibat oksidasi, dan partikel berukuran pasir adalah koral. Kesimpulan sebelumnya (berdasarkan penampangan lubang bor yang buruk dan ketidaktahuan terhadap lingkungan pengendapan) ternyata tidak tepat dan bisa mengakibatkan suatu desain yang tidak tepat.

“Lempung dengan kerikil”. Pemberiaan seperti ini pada suatu penampang lubang bor menyebabkan kebingungan karena lempung dan kerikil seharusnya tidak dijumpai tercampur pada suatu endapan alami. Apakah kerikil ini merupakan suatu lapisan yang tipis dan terendap selama periode iklim berbeda? Jika begitu mengapa tidak ditemui pasir?

Dalam hal ini, kerikil tidak teridentifikasi secara benar sebagai kerikil koral, dan ini merupakan suatu endapan lempung marin berumur Pleistosen. Bila hal ini diketahui, sifat tanah bisa diprediksi dengan lebih tepat, dan mungkin bisa dihubungkan dengan sitat-sitat endapan yang sama di tempat lainnya pada daerah tersebut.

1.2 DEFINISI TANAH LUNAK

Dalam Panduan Geoteknik ini penggunaan istilah “tanah lunak” berkaitan dengan :

Tanah-tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara seksama dapat menyebabkan masalah Ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang Tidak dapat ditolerir; tanah tersebut mempunyai kuat Geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi.

Panduan Geoteknik digunakan untuk timbunan dengan ketinggian normal.

Timbunan yang lebih tinggi masih memerlukan perhatian dan analisis terhadap stabilitas dan penurunan, termasuk tanah lunak.

Tanah lunak dibagi dalam dua tipe: lempung lunak, dan gambut.

Lempung Lunak

Tanah jenis ini mengandung mineral lempung dan mengandung kadar air yang tinggi, yang menyebabkan kuat geser yang rendah.

Dalam rekayasa geoteknik istilah ‘lunak’ dan ‘sangat lunak’ khusus didefinisikan untuk lempung dengan kuat geser seperti ditunjukkan pada Tabel 1-1.

Tabel 1-1 Definisi Kuat Geser Lempung Lunak

Konsistensi	Kuat Geser kN/m ²
Lunak	12.5-25
Sangat Lunak	< 12.5

Sebagai indikasi dari kekuatan lempung tersebut, prosedur identifikasi lapangan pada Tabel 1-2 memberikan beberapa petunjuk.

Tabel 1-2 Indikator Kuat Geser Tak Terdrainase Tanah Lempung Lunak

Konsistensi	Indikasi Lapangan
Lunak	Bisa dibentuk dengan mudah dengan jari tangan
Sangat Lunak	Keluar di antara jari tangan jika diremas dalam kepalan tangan

Gambut

Suatu tanah yang pembentuk utamanya terdiri dari sisa-sisa tumbuhan.

Tipe tanah yang ketiga yaitu, lempung organik, adalah suatu material campuran antara lempung dan gambut, tergantung pada jenis dan kuantitas sisa-sisa tumbuhan, tanah organik bisa berperilaku seperti lempung atau gambut.

Dalam rekayasa geoteknik, klasifikasi ketiga tipe tanah tersebut dibedakan berdasarkan kadar organiknya, sebagai berikut :

Tabel 1-3 Tipe Tanah berdasarkan Kadar Organik

Jenis Tanah	Kadar Organik %
Lempung	< 25
Lempung Organik	25-75
Gambut	> 75

Pada dasarnya semua jenis tanah tersebut adalah "berumur resen" dalam istilah geologi, yaitu berumur kurang dari 10.000 tahun. Periode geologi ini juga biasa dikenal sebagai Holosen. Penyebaran endapan ini bisa dilihat pada Gambar 1-1. Pada gambar tersebut endapan Kwartir termasuk juga endapan aluvial yang berbutir kasar, akan tetapi sebagian besar daerah yang ditunjukkan terdiri dari tanah lunak.



Gambar 1-1 Lokasi Tanah Lunak di Indonesia