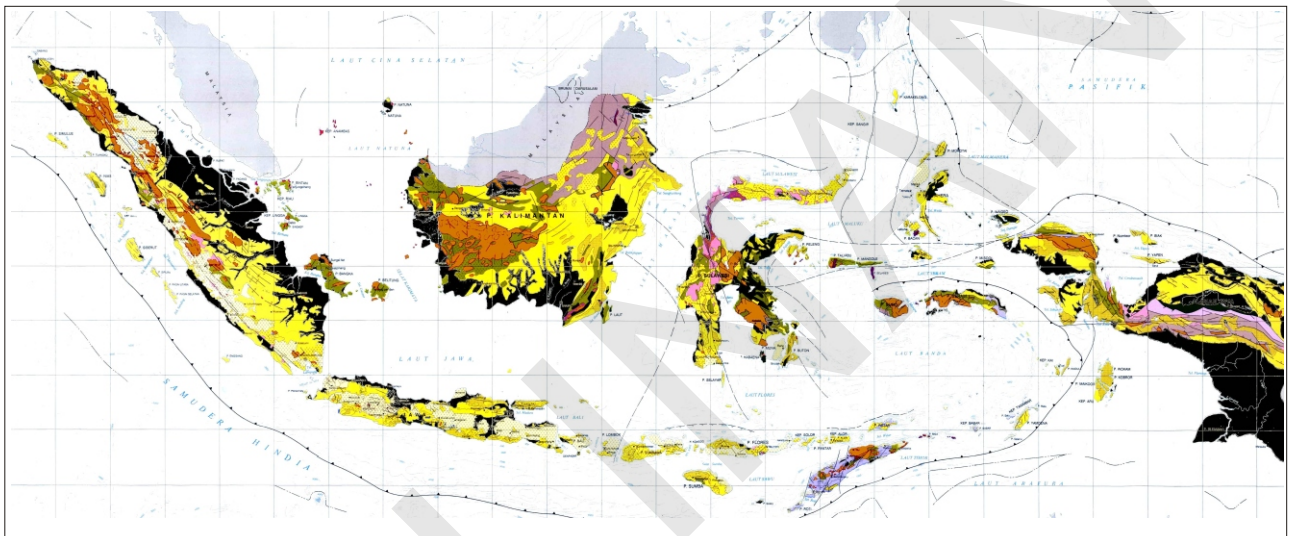


Timbunan Jalan pada Tanah Lunak



Panduan Geoteknik 2

Penyelidikan Tanah Lunak Desain & Pekerjaan Lapangan



Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah

Latar Belakang

Dari pertengahan tahun 1980-an hingga 1997 perekonomian Indonesia mengalami tingkat pertumbuhan lebih dari 6% per tahun. Dengan tingkat pertumbuhan seperti ini, dibutuhkan akan adanya pengembangan sistem transportasi yang andal yang berbasis pada transportasi darat, utamanya jalan raya. Banyak daerah yang lebih mudah dijangkau yang umumnya merupakan kawasan perkebunan dan industri, terletak pada dataran rendah dimana dijumpai tanah lunak, sehingga kebutuhan akan pengembangan suatu metode konstruksi yang andal membutuhkan pengembangan suatu teknik desain dan konstruksi yang baru. Tanah lunak ini diperkirakan meliputi sekitar 20 juta hektar atau sekitar 10 persen dari luas total daratan Indonesia dan ditemukan terutama di daerah sekitar pantai.

Pelapukan tanah yang terjadi pada kondisi tropis berbeda dengan yang terjadi pada daerah dengan iklim sedang, sehingga masing-masing tipe tanah dengan karakteristik yang berbeda tersebut membutuhkan penanganan yang berbeda pula dalam mengatasi permasalahan konstruksi. Penerapan berbagai metode penanggulangan yang telah dikembangkan untuk daerah dengan iklim sedang tidak akan selalu cocok untuk diterapkan pada tanah beriklim tropis. Oleh karenanya perlu dilakukan suatu evaluasi terhadap teknologi yang telah dikembangkan untuk daerah dengan iklim sedang tersebut sebelum diterapkan di Indonesia dan untuk itu dikembangkan suatu teknologi yang lebih cocok melalui upaya-upaya penelitian setempat.

Panduan Geoteknik yang dibuat pada proyek *Indonesian Geotechnical Materials and Construction (IGMC)* ini dirancang sebagai sebuah studi terhadap tanah lunak dan tanah lapukan tropis Indonesia yang diharapkan dapat menghasilkan panduan geoteknik dan konstruksi yang cocok untuk kondisi di Indonesia. Diharapkan pula, dengan pengembangan sumber daya manusia dan peralatan yang tepat, dapat meningkatkan kemampuan penelitian dalam bidang geoteknik di Pusat Litbang Prasarana Transportasi. Proyek ini merupakan bagian dari kerangka penelitian pembangunan jalan di atas tanah lunak yang dimulai sejak permulaan tahun 1990.

Tujuan

Penerapan langsung mekanika tanah dan batuan “klasik” yang dikembangkan di daerah beriklim sedang akan tidak serta merta cocok untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di daerah tropis. Sifat-sifat alami dari material bumi daerah tropis memerlukan pengujian dan analisis yang berbeda dengan material di daerah beriklim sedang. Prinsip yang sama berlaku untuk teknik desain dan konstruksi. Oleh karenanya dibutuhkan fasilitas penelitian yang khusus untuk melakukan penyelidikan, bila praktek-praktek desain dan konstruksi yang ada ingin ditingkatkan agar jalan yang dibangun di atas tanah lunak dapat memberikan tingkat pelayanan yang disyaratkan.

Melanjutkan Tahap 1 dari proyek yang dilaksanakan pada tahun 1997-8, Tahap 2 mendapat tugas untuk mempersiapkan edisi pertama dari seri Panduan Geoteknik ini, yang berhubungan dengan tanah lunak.

Disadari bahwa masih banyak hal yang harus dipelajari dan dicapai mengenai tanah lunak Indonesia untuk dapat menghasilkan suatu desain pembangunan jalan yang lebih ekonomis. Oleh karenanya diharapkan berdasarkan pengalaman selama penggunaan edisi pertama Panduan Geoteknik ini, akan diperoleh suatu umpan balik yang berharga untuk meningkatkan dan memperluas panduan ini di masa mendatang.

Program kegiatan ini dilaksanakan oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi bersama Tim Konsultan. Proyek ini seluruhnya didanai oleh pinjaman Pemerintah Indonesia dari *International Bank for Reconstruction and Development, Highway Sector Investment Programme 2, Loan Number 3712-IND*.

Sampul depan menunjukkan Peta Geologi Indonesia. Areal tanah lunak ditunjukkan dengan warna hitam.

Panduan Geoteknik Indonesia
Timbunan Jalan pada Tanah Lunak

Panduan Geoteknik 2
Penyelidikan Tanah Lunak
Desain & Pekerjaan Lapangan

Edisi Pertama Bahasa Indonesia © Juli 2002

WSP International

Kerja sama dengan **PT Virama Karya**
PT Trikarla Cipta

Prakata

Panduan Geoteknik yang dibuat pada proyek *Indonesian Geotechnical Materials and Construction* (IGMC) ini dirancang sebagai sebuah studi terhadap tanah lunak dan tanah lapukan tropis Indonesia yang diharapkan dapat menghasilkan panduan geoteknik dan kontruksi yang cocok untuk kondisi di Indonesia. Diharapkan pula, dengan pengembangan sumber daya manusia dan peralatan yang tepat, dapat meningkatkan kemampuan penelitian dalam bidang geoteknik di Pusat Litbang Prasarana Transportasi. Proyek ini merupakan bagian dari kerangka penelitian pembangunan jalan di atas tanah lunak yang dimulai sejak permulaan tahun 1990.

Melanjutkan Tahap 1 dari proyek yang dilaksanakan pada tahun 1997-1998, Tahap 2 mendapat tugas untuk mempersiapkan edisi pertama dari seri Panduan Geoteknik ini, yang berhubungan dengan tanah lunak.

Disadari bahwa masih banyak hal yang harus dipelajari dan dicapai mengenai tanah lunak Indonesia untuk dapat menghasilkan suatu desain pembangunan jalan yang lebih ekonomis. Oleh karenanya diharapkan berdasarkan pengalaman selama penggunaan edisi pertama Panduan Geoteknik ini, akan diperoleh suatu umpan balik yang berharga untuk meningkatkan dan memperluas panduan ini di masa mendatang.

Penyiapan Draf Panduan Geoteknik ini dilakukan oleh Tim Pusat Litbang Prasarana Transportasi Bandung, melalui Kontrak Proyek Tahap 2 *Indonesian Geotechnical Materials and Construction Guides* yang seluruhnya didanai oleh pinjaman Pemerintah Indonesia dari *International Bank for Reconstruction and Development, Highway Sector Investment Programme 2, Loan Number 3712-IND*, bekerjasama dengan Tim Konsultan Proyek yang terdiri atas WSP International bekerjasama dengan PT Virama Karya dan PT Trikarla Cipta. Kegiatan tersebut dilaksanakan antara bulan Nopember 1999 dan Oktober 2001.

Pada tanggal 21-23 Agustus 2001 bertempat di Pusat Litbang Prasarana Transportasi Bandung, dilakukan Loka Karya GeoGuides dengan mengundang beberapa Pengkaji Eksternal dari kalangan Perguruan Tinggi, Organisasi Profesi dan Praktisi untuk meminta masukan, usul dan saran konstruktif untuk kesempurnaan materi dan isi dari Panduan Geoteknik ini. Selanjutnya dari hasil Loka Karya tersebut dilakukan penyempurnaan kembali oleh Tim Konsultan Proyek berdasarkan masukan, usul dan saran yang didapat selama kegiatan tersebut.

Untuk mendapatkan pengakuan secara formal dari Badan Standardisasi Nasional (BSN), maka pada tanggal 26-27 Februari 2002, bertempat di Pusat Litbang Prasarana Transportasi Bandung, dilakukan Sidang Konsensus Panduan Geoteknik yang dihadiri oleh kalangan Perguruan Tinggi, Organisasi Profesi dan Praktisi untuk menyepakati dan menyetujui isi dan materi dari Panduan Geoteknik secara teknis dengan mengacu pada Format Standar yang telah ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional. Selama berlangsungnya kegiatan tersebut, diperoleh masukan dan perubahan untuk menyempurnakan dan menyeragamkan format dari masing-masing Panduan serta konsistensi pemakaian istilah teknik yang digunakan dengan mengacu pada istilah-istilah teknik yang telah umum digunakan dalam dunia kegeoteknikan berdasarkan SNI, Pedoman Teknik maupun Standar yang telah dipublikasikan, dengan tanpa melupakan pedoman ataupun kaedah penyerapan istilah sesuai dengan kaedah umum bahasa Indonesia yang baik dan benar.

Kegiatan penyempurnaan Panduan Geoteknik tersebut dilakukan oleh Pihak Konsultan Proyek selama satu bulan dan selesai pada awal April 2002.

Selama proses penyusunannya, sejak penulisan Draf hingga penyusunan akhir Edisi Pertama dari Panduan Geoteknik ini pada April 2002, Tim Penyusun telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak seperti dari kalangan Perguruan Tinggi (antara lain ITB, UI, UGM, UNPAR), Organisasi Profesi (antara lain HATTI dan HPJI) serta dari kalangan Praktisi dan Institusi Riset lainnya (antara lain Puslitbang Perumahan, Puslitbang Pengairan, dan Puslitbang Geologi).

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.

¹ Dalam 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.

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.

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 1. Lampiran A dari Panduan Geoteknik 1 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, amendemen, 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 1-9, 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 (Mei 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-II*.

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 co-operation 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*, SK-SNI-M-56-1990-F, 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 Perekayasa 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 serahterima, 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, dimana 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 disain 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.

Daftar Isi

1	Pendahuluan Panduan Geoteknik 2.....	1
1.1	Batasan Dari Panduan.....	1
1.2	Struktur Manajemen untuk Pekerjaan Geoteknik	1
2	Definisi Proyek dan Penjelasanannya	2
2.1	Pendahuluan	2
2.2	Data Proyek	3
2.2.1	Menyimpulkan Data.....	3
2.2.2	Klasifikasi Jalan	3
2.2.3	Dimensi Timbunan	4
2.2.4	Umur Pelayanan dari Jalan.....	4
2.2.5	Elevasi Rencana Timbunan	5
2.3	Persyaratan Desain	6
3	Pendekatan Umum.....	7
3.1	Tujuan Penyelidikan.....	7
3.2	Metodologi Penyelidikan Lapangan Umum	8
3.2.1	Pendahuluan.....	8
3.2.2	Zonasi dari Tanah.....	10
3.2.3	Zonasi dari Proyek.....	12
4	Strategi Penyelidikan Lapangan.....	14
4.1	Pendahuluan	14
4.2	Prosedur	15
4.3	Anggaran Biaya	15
5	Pengumpulan Data Terdahulu.....	17
5.1	Tujuan dan Batasan	17
5.2	Studi Meja	17
5.3	Peninjauan Lokasi	19
6	Perencanaan & Desain Penyelidikan Lapangan	21
6.1	Pendahuluan	21
6.2	Penyelidikan Lapangan Awal.....	21
6.3	Penyelidikan Utama	22
6.3.1	Lokasi dari Titik Penyelidikan	24
6.3.2	Metode dan Lokasi Pengambilan Contoh Tanah.....	25
6.4	Penyelidikan Lapangan Tambahan	26
7	Pemboran dan Pengambilan Contoh Tanah.....	27

7.1	Metoda Pemboran dan Aplikasinya	27
7.1.1	Pendahuluan.....	27
7.1.2	Pemboran Putar	27
7.1.3	Pemboran dengan Auger	29
7.1.4	Pemboran dengan Pembilasan	30
7.2	Stabilisasi Lubang Bor	30
7.2.1	Pipa Lindung	31
7.2.2	Lumpur Pemboran	31
7.2.3	Air	32
7.3	Membersihkan Lubang Bor	32
7.3.1	Pembersihan dengan Sirkulasi Lumpur Pemboran	32
7.3.2	Pembersihan dengan Cara Mekanik	33
7.4	Pengambilan Contoh Tanah	33
7.4.1	Sumber-sumber Gangguan Pada Contoh Tanah	33
7.4.2	Klasifikasi Kualitas Contoh Tanah	34
7.4.3	Evaluasi Kualitas di Lokasi	35
7.4.4	Metode Pengambilan Contoh Tanah	36
7.4.5	Penanganan Contoh Tanah	41
7.4.6	Pengiriman Contoh Tanah ke Laboratorium.....	42
8	Pengujian Lapangan: Pertimbangan-pertimbangan Khusus	43
8.1	Pendahuluan	43
8.2	Uji Penetrasi Konus (CPT)	45
8.3	Uji Baling Lapangan (FVT)	47
8.4	Permeabilitas Lapangan	51
8.4.1	Pengukuran Permeabilitas dengan Pisometer	52
8.4.2	Pengukuran Permeabilitas dengan Permeameter yang Membor Sendiri.....	52
9	Pencatatan Data.....	53
9.1	Catatan Pemboran	53
9.2	Catatan Pendugaan	53
9.3	Catat an Pengujian Langsung di Lapangan.....	53
9.4	Identifikasi Lapangan dan Klasifikasi Tanah	53
9.4.1	Pemeraan Profil Tanah	54
10	Kualitas dan Konsistensi Data	56
10.1	Pendahuluan	56
10.2	Audit Mutu	56
10.3	Analisis Data	57
11	Laporan	58

12	Referensi	62
----	-----------------	----

Lampiran-lampiran

A	Ceklis dan Formulir Pencatatan
B	Contoh Desain Penyelidikan Lapangan
C	Biaya untuk Penyelidikan Lapangan

Gambar:

Gambar 2-1	Bagan Alir dari Proses Desain Geoteknik.....	2
Gambar 3-1	Zonasi dari Lokasi Proyek: Lembar Contoh Peta Dasar	9
Gambar 3-2	Zona-zona Tanah Awal.....	11
Gambar 3-3	Zona-zona Proyek Awal.....	13
Gambar 6-1	Prosedur Penyelidikan Lapangan.....	23
Gambar 7-1	Angka Pemulihan Total dari Pengambilan Contoh Tanah menggunakan Piston (PS) Diameter 76 mm dan Piston Pengambil Contoh Gambut (PPS) Diameter 100 mm di Lokasi Pulang Pisau, Kalimantan.....	37
Gambar 7-2	Garis Batas Atas yang Direkomendasikan dari Hubungan antara Sudut Ujung Lancip dan Rasio Luas	39
Gambar 8-1	Perbandingan Hasil Uji dengan Baling-baling pada Lempung Lunak.....	44
Gambar 8-2	Sondir	46
Gambar 8-3	Klasifikasi Jenis Tanah menggunakan Sondir Mekanik menurut Begemann, 1982 (CUR, 1996)	46
Gambar 8-4	Klasifikasi Jenis Tanah menggunakan Sondir Elektrik menurut Begemann, 1982 (CUR, 1996)	47
Gambar 8-5	Skema Peralatan Uji Baling Lapangan.....	49
Gambar 8-6	Faktor Koreksi Bjerrum	51

Gambar B-1	Contoh Skedul Penyelidikan Lapangan untuk Areal Tanah Lunak	B1
Gambar B-2	Contoh Peta/Denah Lokasi Penyelidikan Lapangan	B2
Gambar B-3	Contoh dari Skedul Pengujian Laboratorium Awal untuk BHI	B3

Tabel:

Tabel 2-1	Sistem Klasifikasi Jalan di Indonesia	4
Tabel 2-2	Tinggi Bebas (<i>Freeboard</i>) yang Dibutuhkan untuk Timbunan Jalan.....	5
Tabel 5-1	Sumber-sumber Informasi yang Dipublikasikan	18
Tabel 6-1	Tingkatan Penyelidikan Lapangan yang Diusulkan untuk Berbagai Kelas Jalan.....	24
Tabel 7-1	Nilai Parameter yang Disarankan untuk Putaran Bor pada Tanah Lunak.....	29
Tabel 7-2	Klasifikasi Kualitas Contoh Tanah yang Disarankan	35
Tabel 8-2	Rangkuman Keuntungan dan Kerugian dari Uji Baling-baling	48
Tabel 10-1	Audit Kualitas Pekerjaan Lapangan.....	56
Tabel 10-2	Pemeriksaan Konsistensi di Lapangan	57

1

Pendahuluan Panduan Geoteknik 2

1.1

BATASAN DARI PANDUAN

Panduan Geoteknik ini memberikan informasi dan petunjuk dalam merencanakan dan melaksanakan penyelidikan lapangan untuk keperluan desain dan pelaksanaan konstruksi timbunan jalan di atas tanah lunak.

Petunjuk yang diberikan dapat pula digunakan untuk pekerjaan timbunan oprit jembatan.

Panduan ini tidak membahas pekerjaan struktur atau permasalahan yang berkaitan dengan perkerasan jalan pada tanah lunak. Tetapi beberapa petunjuk yang diberikan pada Panduan ini dan Panduan Geoteknik lainnya, dapat pula dimanfaatkan untuk keperluan tersebut.

Panduan Geoteknik 2 ini membahas tentang Penyelidikan Lapangan untuk keperluan pekerjaan kegeoteknikan yang meliputi studi meja, peninjauan awal dan investigasi lapangan. Hal ini kadang juga dikenal dengan istilah “*Penyelidikan Tanah*”.

Pengujian laboratorium dari contoh tanah yang didapat dari penyelidikan lapangan dibahas pada Panduan Geoteknik 3.

Panduan Geoteknik 2 tidak memuat lagi informasi rutin tentang prosedur standar yang digunakan dalam penyelidikan lapangan. Prosedur standar dapat diperoleh dari *Manual Penyelidikan Lapangan untuk Jembatan*, Departemen Pekerjaan Umum sebagaimana yang telah digunakan sebagai referensi standar dalam penyelidikan lapangan untuk pekerjaan jalan di Indonesia.

1.2

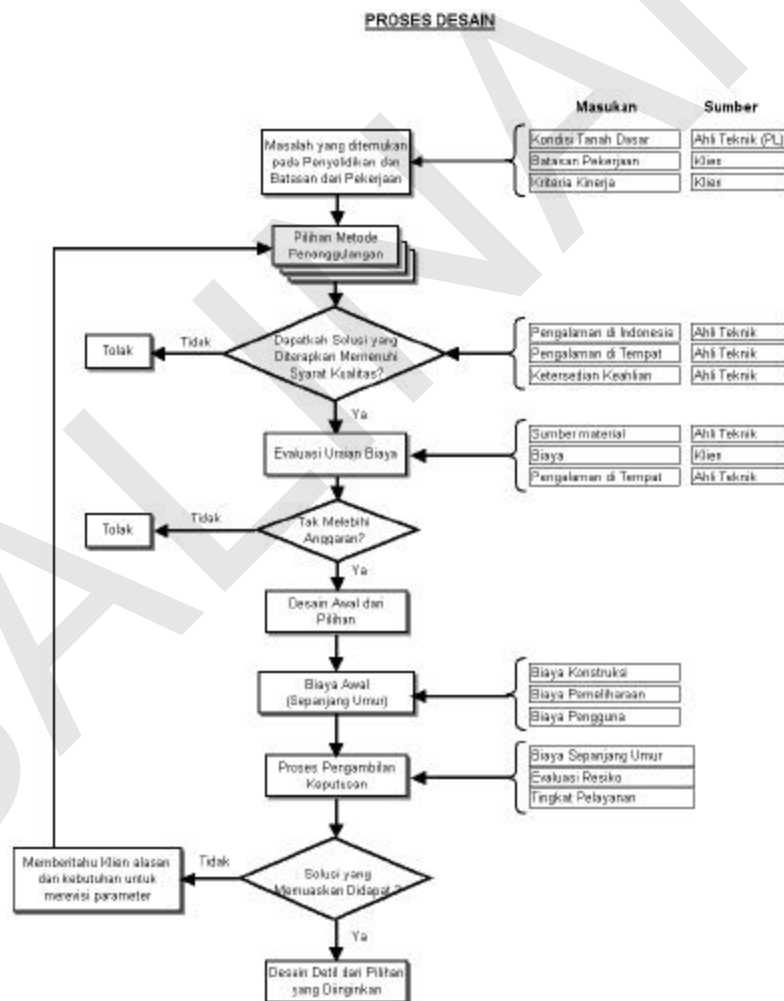
STRUKTUR MANAJEMEN UNTUK PEKERJAAN GEOTEKNIK

Panduan ini mensyaratkan bahwa untuk setiap proyek jalan seorang Ahli, yang dalam Panduan ini disebut sebagai Ahli Geoteknik yang Ditunjuk, akan ditetapkan oleh Ketua Tim yang disertai tanggung-jawab terhadap pekerjaan geoteknik, sebagaimana yang dijelaskan pada Pengantar.

2 Definisi Proyek dan Penjelasannya

2.1 PENDAHULUAN

Desain dari penyelidikan lapangan harus cocok dan sesuai dengan kebutuhan dari proses desain keseluruhan, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1



Gambar 2-1 Bagan Alir dari Proses Desain Geoteknik

2.2 DATA PROYEK

2.2.1 Menyimpulkan Data

Sebelum Ahli Geoteknik yang Ditunjuk dapat memulai pekerjaannya, dia membutuhkan beberapa informasi dasar dari tim perencana. Sebagai persyaratan minimum, data yang dibutuhkan tersebut adalah sebagai berikut:

- denah lokasi (*site plan*) dari lokasi,
- rute lokasi atau koridor,
- rencana tata letak (*lay out*) dan profil,
- klasifikasi/kelas jalan (lihat bab 2.2.2),
- jika kelas jalan tidak disebutkan, maka dibutuhkan prediksi volume lalu lintas,
- dimensi dari timbunan (lihat bab 2.2.3),
- umur rencana minimum dari jalan (lihat bab 2.2.4),
- alinyemen vertikal,
- jika alinyemen vertikal tidak ada, maka dibutuhkan data tentang Elevasi Banjir Rencana (lihat bab 2.2.5),
- lokasi dan tipe struktur,
- lokasi dari bangunan atau utilitas yang sudah ada,
- batasan konstruksi,
- faktor lain yang dapat mempengaruhi desain geoteknik.

Jika Proyek tidak dapat menyediakan data kepada Ahli Geoteknik yang Ditunjuk sebagaimana yang telah disyaratkan di atas, maka asumsi-asumsi harus dibuat berdasarkan petunjuk yang akan dibahas pada bab-bab berikut.

Data Proyek harus dimasukkan ke dalam Catatan Data Proyek (Lampiran A) dan salinannya diberikan kepada Manajer Proyek sebelum memulai proses desain penyelidikan lapangan.

2.2.2 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi kelas jalan di Indonesia pada umumnya dibagi atas Jaringan Jalan Utama (Primer) dan Jaringan Jalan Sekunder. Pembagian kelas seperti ini lebih lanjut dibagi lagi menjadi kelas-kelas tersendiri sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Sistem Klasifikasi Jalan di Indonesia ¹

Klasifikasi berdasarkan Fungsi		Klasifikasi berdasarkan Desain		
		Tipe I	Tipe II	
		Kelas	DTV	Kelas
Primer	Arteri	I	Seluruh Lalu Lintas	I
	Kolektor	II	$\geq 10,000$	I
			$< 10,000$	II
Sekunder	Arteri	N.A.	$\geq 20,000$	I
	Kolektor	N.A.	$< 20,000$	II
			$\geq 6,000$	II
			$< 6,000$	III
	Kolektor	N.A.	≥ 500	III
			< 500	IV

Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus memperhatikan Klasifikasi Desain dari jalan karena hal ini akan berkaitan dengan persyaratan beban yang akan dipikul serta tingkat pelayanan dari jalan tersebut.

2.2.3 Dimensi Timbunan

Lebar bagian atas timbunan akan bergantung pada desain klasifikasi jalan dan prediksi lalu lintas yang ada. Jika data rinci mengenai hal tersebut tidak ada, maka Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus mengacu pada “Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota” yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga².

2.2.4 Umur Pelayanan dari Jalan

Jika tidak ada informasi terperinci yang diberikan kepada Ahli Geoteknik yang Ditunjuk, maka ia harus mengasumsikannya sebagai berikut:

Umur Pelayanan Minimum timbunan adalah 30 tahun,

Umur Pelayanan Minimum perkerasan jalan adalah 10 tahun.

Asumsi dari umur pelayanan untuk timbunan dapat mempengaruhi elevasi banjir rencana sebagaimana didiskusikan di bawah ini. Umur perkerasan, yang merupakan periode sampai dilakukannya perbaikan kembali secara keseluruhan (*full depth reconstruction*), mempunyai pengaruh terhadap penurunan beda yang diijinkan, walaupun umumnya penurunan akan selesai dalam masa sepuluh tahun.

¹ Data pada Tabel 2-1 dan 2-2 diambil dari Manual Gambut Pusat Litbang Prasarana Transportasi

² Referensi dari Manual Gambut Pusat Litbang Prasarana Transportasi

2.2.5

Elevasi Rencana Timbunan

Alinyemen vertikal harus diberikan oleh proyek kepada Ahli Geoteknik yang Ditunjuk. Jika informasi ini tidak tersedia, maka Ahli Geoteknik yang Ditunjuk tersebut harus mengestimasi tinggi timbunan yang memungkinkan sebagai berikut:

Elevasi berdasarkan pada tinggi banjir

Umumnya elevasi rencana dari badan jalan bergantung pada elevasi banjir rencana dari jalan dan tipe struktur fondasi yang akan digunakan. Elevasi Jalan Rencana didefinisikan sebagai elevasi minimum yang bertahan hingga akhir umur pelayanan dari jalan tersebut.

Jika kepada Ahli Geoteknik yang Ditunjuk tidak diberikan informasi mengenai elevasi rencana atau elevasi rencana akhir dari badan jalan, maka periode ulang elevasi banjir rencana yang direkomendasikan dan tinggi bebas (*freeboard*) untuk tiap kelas jalan dapat dilihat pada Tabel 2-2 berikut.

Tabel 2-2 Tinggi Bebas (*Freeboard*) yang Dibutuhkan untuk Timbunan Jalan

Kelas Jalan	Periode Ulang dari Elevasi Banjir (tahun)	Tinggi Bebas (cm)	
		Fondasi dengan Agregat	Fondasi Kaku/ Semi Kaku
Arteri Utama Kelas I	50	60	40
Kolektor Utama Kelas I	30	50	30
Kolektor Utama Kelas II	20	50	30
Arteri Sekunder Kelas I	30	60	40
Arteri Sekunder Kelas II	20	50	30
Kolektor Sekunder Kelas II	20	50	30
Kolektor Sekunder Kelas III	10	40	20
Lokal Sekunder Kelas III	5	30	20
Lokal Sekunder Kelas IV	5	30	20

Elevasi banjir rencana perlu diestimasi dan hal ini harus dilakukan sebagai bagian dari Peninjauan Lapangan (lihat bab 5.2.2).

Elevasi berdasarkan struktur bangunan

Alinyemen vertikal harus dibuat lebih tinggi jika rencana jalan akan melintasi sungai, jalan yang sudah ada atau rel kereta api. Sebagai estimasi awal, elevasi akhir rencana pada lokasi-lokasi berikut ini harus di asumsikan untuk memperkirakan tinggi timbunan maksimum:

Sungai 6 m di atas permukaan tanah pada tebing sungai
Jalan 6.5 m di atas elevasi jalan yang sudah ada
Rel Kereta 7 m di atas elevasi rel.

2.2 PERSYARATAN DESAIN

Sebelum melakukan desain penyelidikan lapangan, Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus memahami dan memperhatikan prosedur perencanaan kegeoteknikan seperti dijelaskan pada Panduan Geoteknik 4.

3

Pendekatan Umum

3.1

TUJUAN PENYELIDIKAN

Tujuan utama dari penyelidikan lapangan adalah untuk mendapatkan data untuk keperluan desain dan pelaksanaan konstruksi dari sebuah proyek.

Tujuan spesifik dari sebuah penyelidikan lapangan dapat bervariasi bergantung pada tahapan pekerjaan yang dilakukan, kompleksitas dari struktur tanah yang ada dan asal usul proyek tersebut :

Contoh khas dari tujuan yang ingin di capai dapat dirumuskan sebagai berikut:

- untuk memperoleh informasi awal dari kondisi tanah, sebagai masukan dalam studi kelangsungan ekonomi (*economic viability study*) dari proyek,
- untuk memperoleh informasi awal dari kondisi tanah dasar, dan mengidentifikasi kemungkinan desain alternatif, serta memungkinkan penyelidikan yang lebih lengkap untuk direncanakan,
- untuk memperoleh informasi lengkap dari kondisi tanah dalam merencanakan metode perbaikan tanah yang tepat untuk timbunan dan fondasi jembatan serta konstruksi penyeberangan lainnya,
- untuk menyediakan informasi mengenai kondisi tanah dasar kepada Kontraktor,
- untuk memperoleh informasi tambahan pada lokasi tertentu untuk mengklarifikasi kondisi tanah, sehingga desain strukturnya menjadi lengkap.

Tujuan-tujuan tersebut harus memenuhi kriteria -kriteria berikut:

- data yang ada harus cukup untuk sebuah perencanaan yang ekonomis dan mampu memberikan informasi sedetil-detilnya sebagaimana disebutkan dalam tujuan di atas,
- data yang ada harus konsisten dengan metode analisis yang ada dan diusulkan untuk digunakan,
- data yang ada harus konsisten dengan tipe-tipe tanah yang ditemukan pada lokasi tersebut.

Seorang Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus menentukan tujuan yang ingin dicapai dari penyelidikan sebelum merencanakan pekerjaannya. Tujuan tersebut

harus dirumuskan secara tertulis dan dimasukkan dalam pendahuluan dari laporan pekerjaan yang dilaksanakan.

Contoh dari perencanaan sebuah penyelidikan lapangan, termasuk pernyataan dari tujuan yang ingin dicapai, diberikan pada Lampiran B.

3.2 METODOLOGI PENYELIDIKAN LAPANGAN UMUM

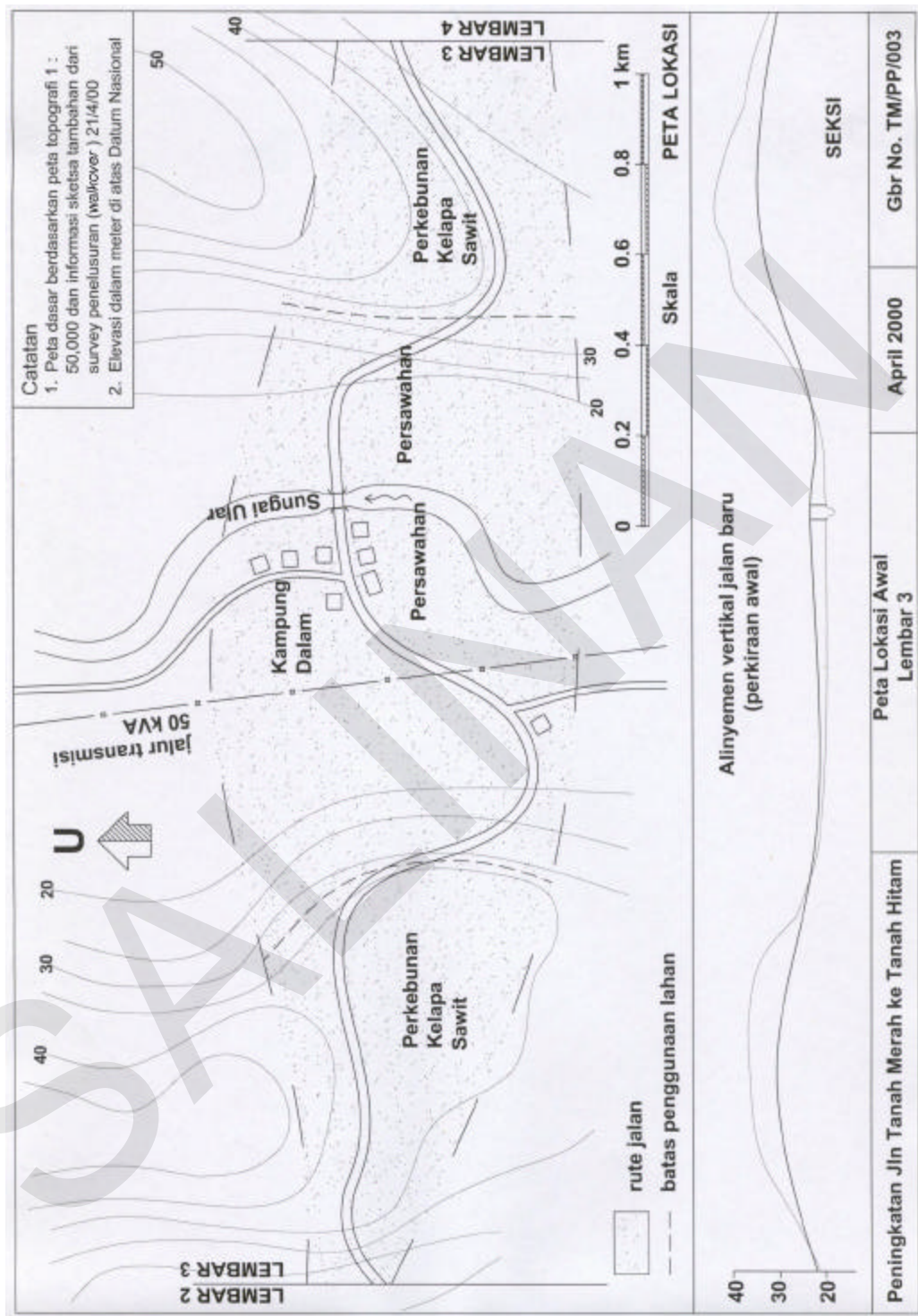
3.2.1 Pendahuluan

Dalam mendesain dari penyelidikan lapangan, perlu kiranya untuk memperluas tujuan yang ingin dicapai sebagaimana telah dirumuskan di Bab 2, menjadi rumusan persyaratan yang lebih lengkap.

Untuk mencapai hal tersebut, lokasi dari penyelidikan perlu dibagi atau dikelompokkan dengan dua cara berdasarkan :

- tipe dari tanah yang diharapkan,
- persyaratan dari proyek.

Zonasi dapat dilakukan pada tahapan studi kelayakan. Sebuah contoh dari lokasi, yang akan digunakan seterusnya pada Panduan Geoteknik ini, dapat dilihat pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1 Zonasi dari Lokasi Proyek: Lembar Contoh Peta Dasar.

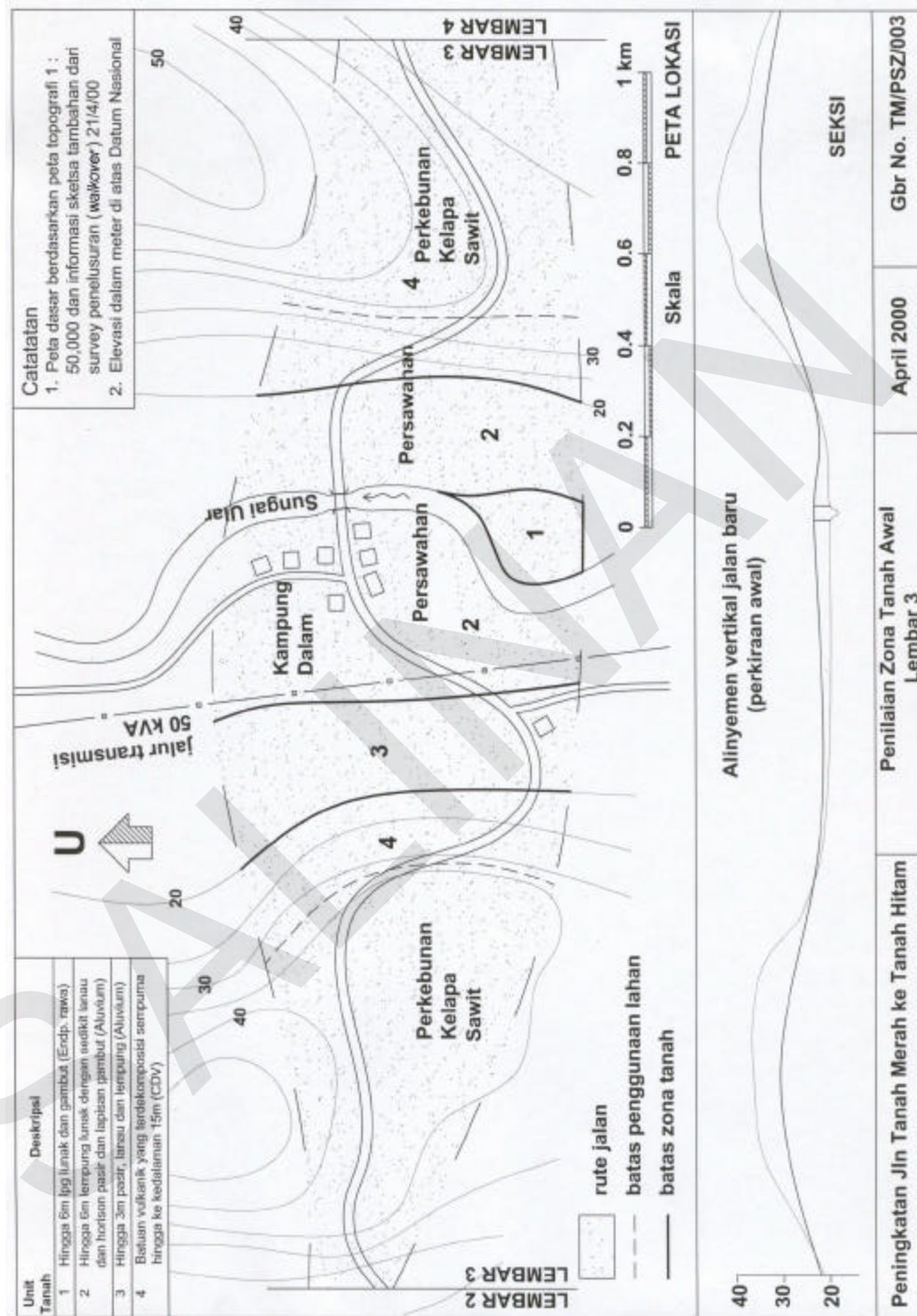
3.2.2

Zonasi dari Tanah

Tujuan dari zonasi ini adalah untuk menyederhanakan kondisi aktual di lapangan sedemikian rupa sehingga dapat dianalisis perilaku tanahnya, sehingga dapat menghasilkan sebuah perencanaan yang tepat.

Untuk mengidentifikasi Zona Tanah mengenai semua informasi yang ada dan berkaitan dengan lokasi, akan digunakan. Pertama-tama, kondisi dari lapisan tanah ditetapkan terlebih dahulu dan Unit Tanah yang berbeda diidentifikasi. Sebuah Unit Tanah adalah sebuah areal atau lapisan tanah yang memiliki sifat-sifat yang sama dan memungkinkan untuk dikelompokkan atau digolongkan menjadi sebuah areal atau lapisan yang tunggal dengan sifat-sifat tertentu dan dapat digunakan dalam perencanaan.

Bersamaan dengan identifikasi dari Unit Tanah adalah identifikasi dari zona tanah. Pertama-tama, variasi dari ketebalan dari Unit Tanah sepanjang rute proyek perlu diperhatikan, kemudian areal dengan Unit Tanah yang sama dengan ketebalan yang sama dapat dikelompokkan menjadi satu Zona Tanah. Zonasi awal dari tanah ditunjukkan pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2 Zona-zona Tanah Awal

Untuk proyek-proyek kecil pada tanah yang relatif konsisten, sebuah Zona Tanah tunggal dapat diterapkan.

3.2.3

Zonasi dari Proyek

Selanjutnya proyek perlu dibagi lagi berdasarkan panjang dari konstruksi geoteknik yang sama. Secara umum, zona-zona utama adalah:

- 1) berdasarkan tingkat kelas jalan,
- 2) tinggi timbunan 0 hingga 1.5m,
- 3) tinggi timbunan 1.5 hingga 3m,
- 4) tinggi timbunan 3 hingga 5m,
- 5) tinggi timbunan lebih dari 5m,
- 6) di dekat jembatan (kurang dari 15m dari abutmen),
- 7) gorong-gorong.

Zonasi Awal dari Lokasi

Menentukan Unit Tanah dan Zona Tanah sebelum pelaksanaan penyelidikan lapangan seperti ini merupakan sesuatu hal yang bertentangan. Tetapi survey singkat bersama dengan data dari studi literatur seharusnya cukup memadai untuk menghasilkan sebuah model sementara dari kondisi lapisan tanah.

Salah satu tujuan dari penyelidikan lapangan adalah untuk mempertegas atau merubah model ini.

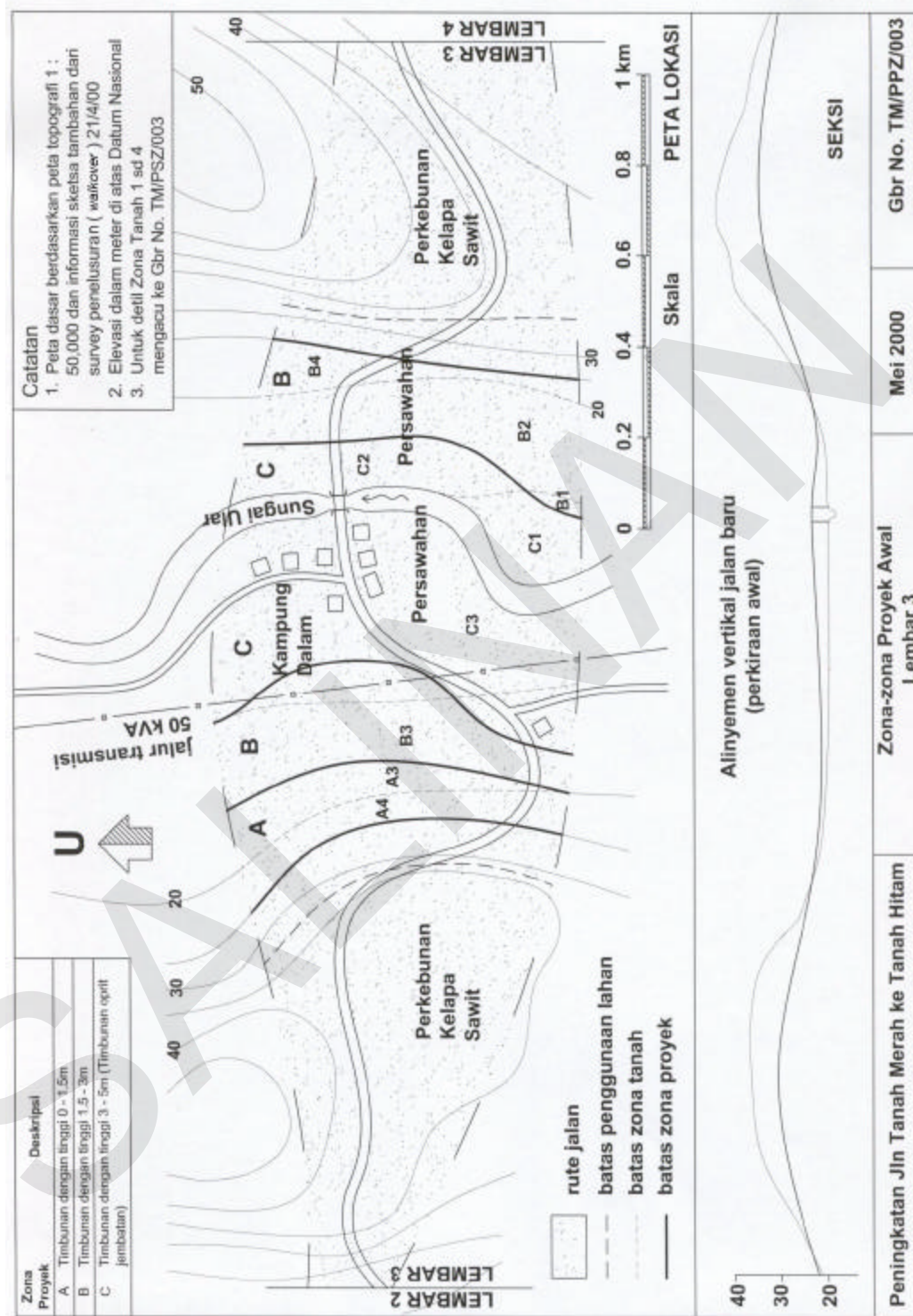
Jika ada pembatasan khusus yang diterapkan, maka hal ini akan menghasilkan zona-zona tambahan, sebagai contoh:

- persyaratan khusus dari program konstruksi,
- lokasi dari utilitas-utilitas utama,
- lokasi dari bangunan-bangunan sensitif atau struktur-struktur yang berdekatan dengan badan jalan.

Sebuah contoh dari Zonasi Awal ditunjukkan pada Gambar 3-3. Struktur-struktur geoteknik A, B, C dikombinasikan dengan Zona Tanah 1-4 untuk menghasilkan Zona Proyek; sebagai contoh C1 merujuk ke timbunan dengan tinggi 3 hingga 4 meter di atas Endapan-endapan Rawa.

Pada contoh ini akan lebih bermanfaat untuk menambahkan Zona Proyek tambahan untuk areal di dekat jalur transmisi tegangan tinggi.

Tak ada zona proyek yang ditunjukkan untuk areal penggalian tanah residu. Meskipun demikian, pemakaian dari sistem ini akan sangat relevan untuk hal tersebut maupun digunakan pada proyek lain yang melibatkan pekerjaan-pekerjaan geoteknikan.



Gambar 3-3 Zona-zona Proyek Awal

4

Strategi Penyelidikan Lapangan

4.1

PENDAHULUAN

Suatu pendekatan yang logis dan terstruktur dari penyelidikan lapangan merupakan suatu hal yang mendasar jika ingin mendapatkan informasi yang memadai untuk keperluan desain.

Perencanaan Penyelidikan Lapangan

Penyelidikan Lapangan untuk proyek-proyek jalan sering kali dilakukan hanya dengan beberapa titik bor dan beberapa titik sondir, dengan uji laboratorium berupa uji rutin yang dilakukan terhadap contoh tanah yang diambil pada interval kedalaman 2.5 atau bahkan 5m.

Hasilnya, akan cukup mengejutkan jika seluruh informasi yang didapat tidak cukup memadai untuk mendapatkan suatu desain yang memuaskan. Timbunan runtuh– penurunan yang besar di dekat jembatan–abutmen jembatan runtuh– merupakan masalah-masalah yang umum terjadi akibat dari penyelidikan lapangan yang tidak memadai.

Setelah mengumpulkan data untuk perencanaan sebagaimana dijelaskan pada Bab 3, penyelidikan lapangan harus direncanakan dan dilaksanakan menurut tahapan sebagaimana dijelaskan berikut ini. Setiap tahapan akan didesain dengan menggunakan informasi yang didapat dari tahapan sebelumnya.

Tahap 1: Pengumpulan Data dan Peninjauan Lapangan

Informasi seperti yang dijelaskan pada Bab 5 sebanyak mungkin harus dikumpulkan, untuk memberikan masukan dalam perencanaan yang lebih detail dari penyelidikan lapangan.

Jika pada tahapan ini informasi yang dibutuhkan tersebut tidak diperoleh dan data lapangan harus didapatkan secepatnya, maka hal ini harus diidentifikasi dalam laporan ketika tahapan selanjutnya akan dilakukan. Informasi tersebut harus ditinjau kembali ketika data tersebut sudah didapatkan.

Tahap 2: Penyelidikan Awal

Tujuan dari penyelidikan awal ini adalah untuk mengidentifikasi profil tanah sepanjang rute proyek, sehingga penyelidikan lapangan yang lebih lengkap dapat dipersiapkan dengan lebih baik.

Teknik penyelidikan yang harus dilakukan cukup sederhana, seperti pemboran dengan auger dan sondir. Jika di awal proyek sudah jelas bahwa Penyelidikan Awal merupakan hal yang cukup penting atau dapat diterima, maka pekerjaan ini dapat disatukan dengan survey pendahuluan (*walkover survey*) pada lokasi proyek dan daerah sekitarnya, sebagaimana dijelaskan pada Bab 5.

Tahap 3: Penyelidikan Utama

Penyelidikan ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam desain dan pelaksanaan konstruksi. Informasi yang cukup harus didapatkan untuk kedua arah baik vertikal maupun horisontal, sehingga tak ada daerah dari lokasi yang tidak memiliki informasi yang mencukupi.

Perencanaan dari Penyelidikan Utama seharusnya TIDAK berdasarkan asumsi bahwa sebuah penyelidikan tambahan akan dilaksanakan.

Tahap 4: Penyelidikan Tambahan

Setelah penyelidikan keseluruhan selesai dilaksanakan dan kemudian ditemukan bahwa kondisi tanah yang ada tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka perlu dilakukan penyelidikan tambahan.

Kadangkala penyelidikan tambahan ini tidak perlu dilakukan bila penyelidikan utama dilakukan dengan pengawasan yang ketat. Masalah-masalah dapat diidentifikasi selama pelaksanaan penyelidikan utama ini, dan perencanaan penyelidikan dapat pula dimodifikasi atau dikembangkan untuk mendapatkan informasi tambahan yang dibutuhkan. Pendekatan ini membutuhkan seorang Ahli Geoteknik yang Ditunjuk yang terlibat langsung di lokasi selama pekerjaan penyelidikan dilakukan.

4.2 PROSEDUR

Detil dari prosedur untuk perencanaan penyelidikan lapangan akan dijelaskan pada Bab 6.

4.3 ANGGARAN BIAYA

Petunjuk untuk menyediakan anggaran biaya yang dapat dipertanggungjawabkan dalam sebuah rencana penyelidikan lapangan diberikan pada Lampiran C.

Jika biaya penyelidikan lapangan yang dikeluarkan kurang dari kisaran seperti yang diperlihatkan dalam Lampiran C tersebut, maka Ahli Geoteknik yang Ditunjuk dapat mengemukakannya dalam Laporan Desain, dilengkapi dengan bukti dan alasan-alasan kenapa terjadi pengeluaran yang lebih rendah.

Strategi Pembiayaan

Pada saat ini, pekerjaan penyelidikan lapangan biasanya dimasukkan dalam Perencanaan Konsultan dan pembiayaannya merupakan bagian dari biaya perencanaan.

Sebagai konsekuensinya, cakupan dari penyelidikan lapangan sering menjadi agak terbatas dan Konsultan harus melakukan penyelidikan yang lebih luas lagi yang akan dilakukan sebagai bagian dari kontrak pelaksanaan.

Pendekatan ini dapat mengakibatkan terjadinya kelemahan serius dalam perencanaan. Informasi lebih lanjut yang didapat selama pelaksanaan konstruksi tidak akan dipelajari secara seksama, dan kaji ulang desain sering dilaksanakan dengan waktu yang terbatas, yang akibatnya dapat menghasilkan suatu desain yang kurang tepat dan tidak ekonomis.

Lebih jauh, kesempatan untuk meningkatkan kualitas desain atau mendapatkan desain yang ekonomis sering dibuat frustrasi oleh keharusan untuk mematuhi Kontrak atau untuk menghindari unit pekerjaan baru di luar kontrak dan keperluan pembiayaannya.

Seorang Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus mengajukan penyelidikan lapangan yang komprehensif dan lengkap kepada Manajer Proyek dan mengajukan metode yang dapat dipertanggungjawabkan untuk pendanaan penyelidikan tersebut. Ahli Geoteknik yang Ditunjuk juga harus menunjukkan kepada Manajer Proyek tentang konsekuensi-konsekuensi yang tidak dapat diterima, jika terjadi keterlambatan dari penyelidikan keseluruhan hingga tahapan konstruksi dilaksanakan.

5 Pengumpulan Data Terdahulu

5.1 TUJUAN DAN BATASAN

Pekerjaan pengumpulan data terdahulu meliputi suatu studi meja dan peninjauan lapangan.

Pengumpulan data mempunyai tujuan sebagai berikut:

- untuk memberikan informasi yang memadai pada tahapan studi kelayakan dari proyek,
- untuk mendapatkan sebanyak mungkin informasi dari lokasi yang bersangkutan, sehingga memungkinkan penyelidikan didesain secara efisien,
- untuk memperkuat atau menambah data yang akan disediakan dari hasil penyelidikan lapangan.

Tahapan pengumpulan data terdahulu meliputi antara lain:

- pengumpulan seluruh informasi terdahulu, yang relevan dari hasil penyelidikan lapangan,
- pengumpulan seluruh peta topografi dan geologi yang relevan,
- mengkaji ulang literatur, dan mengumpulkan informasi pada sistem basis/bank data yang relevan,
- pengumpulan informasi penginderaan jauh yang relevan,
- peninjauan lapangan dan pengumpulan data lapangan.

5.2 STUDI MEJA

Studi meja meliputi pengumpulan dan evaluasi informasi terdahulu di lapangan.

Sumber-sumber informasi tersebut meliputi:

- peta-peta geologi dan analisisnya,
- peta-peta lama dan terbaru,

- penampang pemboran dan laporan penyelidikan lapangan di lokasi terdekat yang memiliki sifat-sifat tanah yang relatif sama,
- sejarah pemanfaatan lokasi sebelumnya,
- foto-foto udara dan satelit,
- catatan penyewa yang berwenang.

Sumber peta dan foto udara di Indonesia dicantumkan pada Tabel 5-1. Panduan Geoteknik 1 menguraikan bagaimana peta topografi dan geologi dapat digunakan untuk memberikan indikasi awal akan adanya endapan tanah lunak.

Pada banyak daerah, instansi dan lembaga-lembaga kemasyarakatan mungkin telah menghimpun informasi mengenai kondisi lokasi tersebut; kontraktor dan konsultan mungkin juga telah melakukan kegiatan serupa untuk suatu proyek pada lokasi tersebut. Informasi-informasi dan pengalaman ini harus dimanfaatkan sepenuhnya; tidak hanya untuk membantu perencanaan penyelidikan lapangan secara tepat, tetapi juga dapat mengeliminasi berbagai pilihan desain yang harus dipertimbangkan.

Table 5-1 Sumber-sumber Informasi yang Dipublikasikan

Hal	Skala	Sumber
Lokasi:		
Foto udara	1:30,000	2
Peta topografi	1:50,000 -1:250,000	1,2,3
Peta dasar skala besar	1:1,000 – 1:5,000	1
Peta geomorfologi	1:50,000	2
Struktur Tanah:		
Peta geologi	1:250,000 atau kurang	1
Peta tata guna lahan	1:250,000	2
(Tanah dasar) air:		
Peta geohidrologi	1:250,000	1
Catatan: 1	Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi	
2	Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional	
3	Departemen Pertahanan (Jawatan Topografi Angkatan Darat)	

Ceklis untuk studi literatur diberikan pada Lampiran A.

Laporan dari studi literatur ini harus disusun berdasarkan Bab 11.

5.3

PENINJAUAN LOKASI

Lazimnya studi meja diselesaikan sebelum peninjauan lokasi dilakukan, karena salah satu aspek penting dari fase kegiatan pengumpulan data ini adalah untuk mengkonfirmasi informasi yang diperoleh dari studi meja tersebut.

Peninjauan lokasi harus dipimpin oleh seorang Ahli Geoteknik yang Ditunjuk. Peninjauan harus dilakukan secara sistematis dan menyeluruh dan harus mengidentifikasi setiap karakteristik lokasi yang mungkin dapat menentukan kelayakan proyek, mempengaruhi penyelidikan lapangan dan desain serta pelaksanaannya. Untuk memastikan bahwa tak ada suatu hal penting yang terabaikan pada peninjauan tersebut, maka peninjauan harus direncanakan dengan seksama, dan Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus mempersiapkan sebuah ceklis yang komprehensif yang merangkum secara detil keseluruhan data yang diperlukan. Sebuah contoh ceklis untuk keperluan tersebut diberikan pada Lampiran A.

Kegiatan peninjauan lapangan tersebut harus meliputi antara lain:

- seluruh areal harus ditelusuri dengan jalan kaki dan mengambil foto dari sudut-sudut yang dianggap penting,
- kondisi yang tidak sesuai dengan perencanaan harus dicatat,
- gangguan-gangguan atau rintangan yang potensial terhadap pekerjaan harus dicatat (jaringan listrik dan telepon, pohon, pipa-pipa air, dan saluran pembuangan),
- akses ke lokasi untuk penyelidikan harus diperiksa,
- sumber material/kuari di dekat lokasi harus dikunjungi. Kualitas dan jumlah material yang tersedia serta kemungkinan aksesnya harus dinilai,
- daerah rawa, atau dataran rendah yang basah yang dapat mempengaruhi kemungkinan untuk dilewati kendaraan, harus dicatat,
- elevasi muka air, arah dan kecepatan aliran pada sungai dan kali harus dicatat, bersamaan dengan elevasi banjir dan pasang surutnya
- informasi geologi yang diperlukan dapat diperoleh dengan memeriksa kondisi struktur geologi dan stabilitas galian jalan atau rel kereta atau singkapan-singkapan yang terlihat di lokasi. Kondisi geologi yang dianggap relevan kemudian digambarkan pada sebuah peta dengan menggunakan skala yang tepat,
- bangunan-bangunan di sekitar proyek dan kemungkinannya terpengaruh oleh kegiatan pembangunan jalan, harus dinilai pula,
- kunjungi karyawan pada kantor pemerintahan dan identifikasi keahlian lokal tentang konstruksi dan kondisi tanah bawah permukaan setempat,
- tanyakan tentang kemungkinan adanya tenaga profesional atau orang lain yang memiliki pengetahuan mengenai sejarah, geologi atau pengembangan areal di lokasi penyelidikan tersebut.

Ceklis untuk peninjauan lapangan diberikan pada Lampiran A.

Laporan Peninjauan Lapangan

Laporan peninjauan lapangan harus disiapkan berdasarkan Bab 11.

SALINAN

6 Perencanaan & Desain Penyelidikan Lapangan

6.1 PENDAHULUAN

Setelah pengumpulan data, peninjauan lapangan dan kaji ulang dilakukan, maka rencana penyelidikan dapat dibuat berdasarkan informasi yang telah didapat. Penyelidikan awal dibutuhkan jika data yang ada tidak memadai atau areal tanah lunaknya cukup luas. Jika areal tanah lunak hanya beberapa ratus meter saja panjangnya, maka penyelidikan awal ini tidak perlu dilakukan dan penyelidikan detil dapat dilaksanakan secara langsung (kasus ini dijumpai jika alinyemen jalan melewati daerah galian dan timbunan dan tanah lunak ditemukan pada daerah timbunan yang menurun). Jika alinyemen jalan melewati daerah pantai atau dataran delta yang luas hingga puluhan kilometer panjangnya, maka penyelidikan awal ini harus dilaksanakan terlebih dahulu sebelum dilanjutkan dengan penyelidikan utama.

6.2 PENYELIDIKAN LAPANGAN AWAL

Tujuan utama dari penyelidikan awal adalah untuk mengidentifikasi jenis tanah yang dihadapi dan mendapatkan informasi akan luasnya areal endapan tanah lunak, sehingga penyelidikan detil dapat dirancang atau direncanakan dengan biaya lebih ekonomis. Penyondiran dan pemboran dengan interval yang lebar dan pengambilan contoh tanah seperlunya harus dilakukan untuk mendapatkan informasi-informasi penting yang meliputi:

- luasan areal dari tanah lunak,
- kedalaman atau ketebalan lapisan lunak,
- konsistensi tanah lunak,
- jenis tanah lunak,
- profil tanah.

Informasi-informasi ini diperlukan untuk membagi areal menjadi zona-zona tanah yang memiliki sifat-sifat yang relatif sama, mengetahui konsistensi serta kedalaman dari tanah lunak, sehingga rencana detil pemboran dan pengambilan contoh tanah dapat direncanakan dengan baik sebelum penyelidikan lapangan utama dilaksanakan.

Sebuah penyelidikan awal biasanya meliputi:

- uji sondir dengan interval 500m,
- satu titik pemboran pada lokasi penyeberangan sungai.

Hasil dari penyelidikan awal ini harus dilaporkan dalam sebuah Laporan Faktual sesuai dengan yang diuraikan pada Bab 11. Sebuah laporan interpretasi juga harus dibuat yang pada laporan tersebut dilakukan penyesuaian dan pembaruan dari Sistem Zona yang telah dibuat sebelumnya.

6.3

PENYELIDIKAN UTAMA

Untuk daerah dari rute jalan yang dari hasil studi literatur atau penyelidikan awal mengindikasikan bahwa lokasi tersebut merupakan atau dijumpai endapan tanah lunak, maka penyelidikan di daerah tersebut harus dilakukan menurut petunjuk yang diberikan dalam Panduan Geoteknik ini.

Tujuan dari penyelidikan utama ini harus dirumuskan dan mengikuti Tujuan Proyek yang dibuat oleh Ahli Geoteknik yang Ditunjuk yang telah dirumuskan sebelumnya dan dijelaskan pada Bab 3.

Umumnya, tujuan dari penyelidikan utama ini adalah untuk mendapatkan informasi yang akurat untuk menghasilkan suatu desain timbunan jalan dengan metode pelaksanaan yang ekonomis dan aman.

Kuantitas dan Kualitas Penyelidikan Lapangan

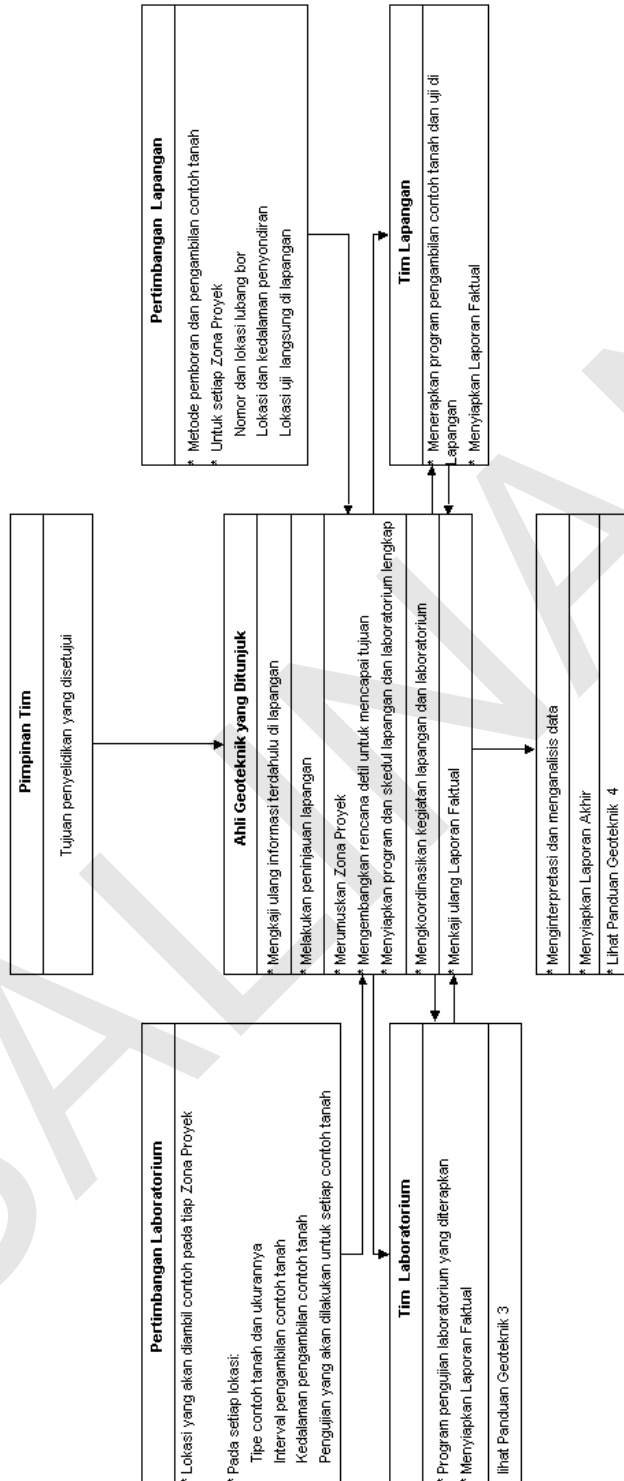
Metode-metode yang umumnya digunakan dalam penyelidikan lapangan di Indonesia adalah:

- pendugaan,
- sumur uji,
- pemboran,
- uji lapangan langsung.

Uraian lengkap dari metode-metode ini dan keuntungan serta kelemahannya masing-masing jika diterapkan pada tanah lunak dijelaskan pada Bab 7 dan 8.

Prosedur untuk mendesain sebuah penyelidikan lapangan dirumuskan pada Gambar 6-1.

Pemilihan terhadap metode yang akan digunakan bergantung pada kelas jalan dan keadaan tanah lunak. Tabel 6-1 berikut mengidentifikasikan tingkatan penyelidikan yang diperlukan berdasarkan Kelas jalan yang ada.



Gambar 6-1 Prosedur Penyelidikan Lapangan

Seorang Ahli Geoteknik yang Ditunjuk bebas untuk memilih tingkatan penyelidikan yang berbeda dengan yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini, asalkan alasan melakukan hal tersebut dilaporkan dalam Laporan Desain (sebagaimana dijelaskan pada Panduan Geoteknik 4).

Tabel 6-1 Tingkatan Penyelidikan Lapangan yang Diusulkan untuk Berbagai Kelas Jalan

Tingkatan Penyelidikan	Tipe/Metode dari Penyelidikan	Kelas Jalan
Tingkat A	<p>Lapangan: Pemboran Piezocone Pengambilan Contoh Tanah dengan Piston Uji Baling-baling</p> <p>Laboratorium: Triaksial Sel Rowe Pengujian Indeks</p>	<p>Arteri Utama Kolektor Utama</p>
Tingkat B	<p>Lapangan: Pemboran Sondir Tabung Shelby Uji Baling-baling</p> <p>Laboratorium: Uji Baling-baling Uji UCS Pengujian Indeks Konsolidasi Oedometer</p>	<p>Arteri Sekunder Kolektor Sekunder</p>
Tingkat C	<p>Lapangan: Bor Tangan Sondir</p> <p>Laboratorium: Pengujian Indeks</p>	Lokal Sekunder

6.3.1

Lokasi dari Titik Penyelidikan

Titik penyelidikan meliputi setiap lokasi dimana informasi detail akan kondisi tanah bawah permukaan dibutuhkan pada kedalaman yang disyaratkan. Pada umumnya terdiri dari lubang bor, titik sondir, sumur uji, atau pengujian langsung lainnya di lapangan. Titik penyelidikan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga gambaran geologi umum dari lokasi secara keseluruhan dan detail sifat teknik dari tanah bawah permukaan dapat diperoleh secukupnya. Timbunan di dekat jembatan, atau pada lokasi dengan tingkat kesulitan atau kondisi bawah permukaan cukup rumit juga perlu diselidiki.

Lokasi titik-titik penyelidikan harus ditetapkan dengan mengacu pada garis sumbu dari jalan raya yang direncanakan, sehingga variasi lateral dari tanah dapat ditampakkan.

Jarak Titik Penyelidikan

Penyondiran dengan jarak antara sebesar 50 m dapat dilakukan kecuali Ahli Geoteknik yang Ditunjuk mempunyai alasan tersendiri yang dapat diterima

dengan memilih jarak antara yang lebih rapat atau lebih panjang. Pada daerah transisi antara tanah lunak dan tanah keras, maka jarak antara titik sondir dapat di perkecil menjadi 25m sehingga daerah perbatasannya dapat di tentukan lebih akurat.

Kedalaman Titik Penyelidikan

Untuk timbunan, kedalaman titik penyelidikan ditentukan berdasarkan kedalaman bidang runtuh yang mungkin, untuk menilai besarnya penurunan yang akan terjadi sebagai akibat adanya lapisan yang kompresibel.

Kedalaman minimum harus mencapai 5m di bawah dasar lapisan tanah lunak atau hingga mencapai batas kemampuan alat sondir jika kurang.

Jika pemancangan merupakan salah satu pilihan yang dipertimbangkan, maka kedalaman dari titik penyelidikan harus mencapai 5m di bawah kedalaman dari perkiraan kedalaman ujung tiang yang dipancang. Jika tak ada perkiraan mengenai hal tersebut, maka titik bor harus mencapai 20m masuk ke dalam lapisan yang terletak di bawah lapisan tanah lunak.

Jika kedalaman penyelidikan kemudian diketahui ternyata kurang dari 5m di bawah elevasi ujung tiang yang didesain dan bukan pada lapisan batuan keras (*bedrock*), maka penyelidikan tambahan harus dilaksanakan pada kedalaman tersebut.

6.3.2

Metode dan Lokasi Pengambilan Contoh Tanah

Tipe dan lokasi dari pengambilan contoh tanah harus ditentukan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi persyaratan dari pengujian laboratorium.

Keuntungan dan kerugian dari berbagai macam metode pengambilan contoh tanah dijelaskan pada Bab 7.

Lokasi Pengambilan Contoh Tanah

Tujuan dari penyelidikan tanah yang lengkap pada tanah lunak adalah untuk mendapatkan informasi kegeoteknikan untuk keperluan analisis dan perencanaan dari timbunan jalan termasuk juga solusinya, sehingga lokasi dan kedalaman dari pengambilan contoh tanah harus ditentukan berdasarkan keperluan analisis masalah kegeoteknikan, seperti stabilitas dan penurunan.

Contoh tanah tak terganggu harus diambil dari lapisan yang kritis menurut analisis dan perencanaan timbunan.

Jumlah contoh tanah yang diambil harus cukup untuk mewakili unit tanah yang diselidiki atau harus konsisten dengan akurasi yang diinginkan dalam desain dan besarnya bangunan yang direncanakan.

Kedalam pengambilan contoh tanah harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga akan didapat contoh tanah yang mewakili lapisan tanah atau unit tanah yang diselidiki.

Untuk tujuan penghematan dan efisiensi, program pengambilan contoh tanah harus dibuat setelah penyondiran atau uji langsung di lapangan, bila hal ini lebih praktis untuk dilaksanakan.

Program pengambilan contoh tanah harus mensyaratkan paling tidak pengambilan contoh tanah dilakukan setiap tiga meter sebagai tambahan terhadap jarak pengambilan contoh tanah yang ditentukan berdasarkan pertimbangan di atas, kecuali Ahli Geoteknik yang Ditunjuk dapat merumuskan alasan dilakukannya pengambilan contoh tanah dengan jarak yang lebih jarang.

Jika Ahli Geoteknik yang Ditunjuk tidak dapat menyiapkan sebuah program pengambilan contoh tanah berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka contoh tanah harus diambil setiap satu meter.

Desain rencana pengambilan contoh tanah yang tepat dapat dibuat dengan menyiapkan jadwal awal dari pengujian laboratorium untuk setiap titik pemboran.

6.4

PENYELIDIKAN LAPANGAN TAMBAHAN

Batasan dari setiap penyelidikan lapangan tambahan akan berbeda-beda untuk setiap proyek. Walaupun demikian, persyaratan umum untuk perencanaan, pelaksanaan maupun pelaporan yang diberikan pada petunjuk ini harus diikuti.

Penyelidikan lapangan tambahan akan diperlukan dengan alasan berikut:

- untuk mendapatkan informasi tambahan,
- untuk mengkonfirmasi atau menolak data yang meragukan.

7 Pemboran dan Pengambilan Contoh Tanah

7.1 METODA PEMBORAN DAN APLIKASINYA

7.1.1 Pendahuluan

Di Indonesia hingga saat ini metode pemboran belum dibakukan. Standar untuk pencatatan dan interpretasi dari pemboran inti diberikan pada SNI 03-2436-1991. Persyaratan untuk pelaksanaan pemboran pada tanah lunak diberikan pada ISSMFE (1981). Metode pemboran yang dapat diterapkan pada tanah lunak akan dibahas pada bagian berikut ini.

7.1.2 Pemboran Putar

Metode pemboran putar disarankan untuk digunakan pada tanah lunak. Metode ini dapat melakukan pemboran secara bersih dan seragam yang cocok untuk pengambilan contoh tanah tak terganggu. Pemboran dilakukan dengan memutar dan menekan mata bor ke dalam tanah. Sisa-sisa tanah diangkat ke atas permukaan oleh air pemboran. Mata bor bentuk ekor ikan (*fish tail bit*) yang memiliki *deflected discharge* lebih cocok lagi karena dapat membantu mengangkat sisa-sisa tanah ke atas lubang bor. Praktek yang dilakukan oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi saat ini, dan juga di Indonesia umumnya, adalah dengan menggunakan sebuah tabung penginti. Penginti tersebut akan menstabilkan lubang bor karena kekakuannya. Dengan metode ini, tanah yang didapatkan pada penginti selama proses pemboran, dapat digunakan untuk pengambilan contoh tanah terganggu untuk pengujian indeks. Meskipun demikian, elevasi muka air tanah harus dipertahankan konstan untuk membatasi terjadinya perubahan tegangan pada tanah yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada contoh tanah.

Penggunaan cairan pada pemboran direkomendasikan walaupun sisa-sisa tanah akan terangkut ke atas oleh mekanisme aliran air. Tipe cairan pemboran yang paling umum digunakan adalah lumpur pemboran yang dibuat dengan mencampur air dan bentonit pada berat jenis tertentu, sekitar 1.05 hingga 1.15. Lumpur pemboran ini akan melumasi mata bornya dan juga cenderung akan menstabilkan lubang bor. Tekanan dari lumpur pemboran yang mempunyai berat isi tinggi akan menetralkan tegangan tanah setempat dan oleh karenanya akan membantu mempertahankan lubang bor tetap terbuka. Lumpur dengan

viskositas yang sangat tinggi juga akan menjaga bagian bawah lubang bor tetap bersih dengan menutup butiran halus dan sisa tanah. Meskipun demikian, lumpur bentonit cenderung untuk menempel sepanjang lubang bor, sehingga akan menghambat aliran air tanah alami ke dalam lubang bor. Hal ini dapat menyulitkan usaha untuk menentukan elevasi muka air tanah. Penggunaan air sebagai cairan pemboran akan dapat mengatasi masalah ini.

Air bila digunakan sebagai cairan pemboran tidak akan memberikan keuntungan dibandingkan dengan bila menggunakan lumpur bentonit, seperti stabilisasi lubang bor, pembersihan lubang bor, dan pelumasan mata bor. Tetapi, penggunaan air akan memungkinkan identifikasi dan penentuan lapisan tanah dapat dilakukan karena sisa tanah akan secara jelas dapat diamati. Jika digunakan air, contoh tanah akan rusak/cacat pada bagian atasnya.

Untuk tanah lempung lunak, kondisi ini dapat diatasi dengan mengentalkan air bilasan dengan tanah lempung dari lubang bor, dan dapat dikontrol dengan jumlah air yang ditambahkan ke dalam bak sirkulasi air.

Kecepatan pemboran yang terlalu cepat ataupun sirkulasi lumpur pemboran yang tidak tepat dapat menyebabkan penumpukan dari sisa-sisa tanah di antara penginti atau mata bor dengan dinding lubang bor, yang lebih lanjut akan menghambat sirkulasi lumpur pemboran, hal ini akan menyebabkan tekanan lumpur pada pompa akan naik dengan cepat. Tekanan lumpur pada pompa juga akan naik bila pemboran dilakukan pada tanah lunak dimana dinding lubang bor runtuh dan sirkulasi lumpur ke atas lubang terhambat atau tertutup. Jika tekanan pada dasar lubang naik, maka lumpur pemboran akan mulai merusak/mengganggu tanah di sekitar mata bor dan dapat menyebabkan gangguan yang serius pada tanah yang akan diambil contohnya. Tekanan lumpur selama pemboran seharusnya tidak boleh melampaui tekanan tanah setempat. Jika terjadi kenaikan tekanan yang tajam, maka pemboran harus dihentikan, rangkaian alat pemboran diangkat perlahan, dan kemudian pemboran dilanjutkan kembali. Penggunaan lumpur yang viskositasnya lebih rendah atau penggunaan mata bor dengan celah yang lebih besar dapat mengurangi kenaikan tekanan ini.

Kecepatan putar dari mata bor dan penekanannya, serta volume cairan pemboran yang dipompa akan saling berkaitan. Rotasi mata bor, kecepatan pemboran dan kecepatan sirkulasi lumpur pemboran harus diatur untuk dapat menghasilkan sisa tanah yang cukup sedikit untuk diangkut ke permukaan. Jika mata bor telah mendekati kedalaman pengambilan contoh tanah yang diinginkan, kecepatan penetrasinya harus dikurangi dan dilakukan dengan lebih hati-hati dan sedapat mungkin memperkecil gangguan terhadap lapisan tanah yang akan diambil contohnya. Nilai parameter pemboran yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 7-1.

Tabel 7-1 Nilai Parameter yang Disarankan untuk Putaran Bor pada Tanah Lunak

Badan/agensi		Putaran Mata Bor (putaran/detik)	Penetrasi Mata Bor	Operasi Lumpur Pemboran
Biro Reklamasi Amerika Serikat (Clark, 1963)		3.3-5.0	15-50 mm/detik	175-281 kPa
US Army (1972)	Lubang berdiameter 100 mm	1	-	1.2-2.0 L/s
	Lubang berdiameter 150 mm	1	-	3.2-3.8 L/s
Himpunan Ahli Mekanika Tanah dan Teknik Fondasi Jepang (1972)		0.8-2.5	0.5 kN	-

7.1.3

Pemboran dengan Auger

Pemboran dengan auger merupakan suatu metode pemboran yang paling sederhana dan ekonomis pada tanah lunak sampai kedalaman tertentu. Penggunaan metode ini harus dipertimbangkan masak-masak, karena saat mencabut kembali auger dari dasar tanah dapat menimbulkan isapan pada lubang bor, dan dapat mengganggu lapisan tanah yang akan diambil contohnya.

Auger tidak boleh ditekan sedemikian rupa ke dalam tanah sehingga dapat menyebabkan terjadinya penurunan atau perpindahan lateral dari lapisan tanah. Percobaan penggalian sebelum pemboran untuk mempelajari jumlah putaran yang diperlukan untuk mengisi auger, akan dapat mengurangi bahaya yang ditimbulkan akibat penekanan/pendorongan yang berlebihan dari auger. Pengisian auger yang berlebihan pada saat sedang ditarik, akan berlaku seperti piston yang akan menyebabkan gangguan yang serius pada lapisan tanah pada kedalaman pengambilan contoh tanah. Efek piston ini dapat diperkecil dengan menggunakan auger dengan buritan (*stern*) yang berlubang, sehingga udara atau cairan dapat didorong melewati lubang tersebut ke ujung auger, dan dapat menghilangkan isapan yang terjadi pada waktu proses penarikan auger. Alternatif lain, penggunaan auger menerus akan dapat mengurangi jumlah kegiatan pencabutan dari auger.

Jika lubang bor telah mencapai kedalaman kira-kira tiga kali diameter lubang bor di atas kedalaman pengambilan contoh tanah, maka kecepatan penetrasi auger harus dikurangi. Hal ini akan membantu mencegah pengisian berlebihan pada auger dan akan memperkecil gangguan yang terjadi pada lapisan tanah. Auger dapat digunakan untuk pemboran di bawah muka air tanah tetapi akan sangat sulit untuk mengatasi *skusing* dari dinding lubang bor dan pengelembungan dasar lubang bor. Jika fenomena tersebut terjadi maka akan terjadi perubahan tekanan pada lapisan tanah dan perubahan tekanan air pori pada dinding dan dasar lubang bor.

Jika pipa lindung digunakan untuk menahan dinding lubang yang telah di bor, maka auger tersebut harus jauh melampaui pipa lindung untuk memperkecil gangguan pada tanah yang ditimbulkan oleh pipa lindung tersebut. Pipa lindung biasanya digunakan untuk mencegah runtuhnya bagian atas dari lubang bor di dekat permukaan tanah.

Tanah yang diambil dengan menggunakan auger mungkin tidak akan efektif digunakan untuk membuat profil tanah karena tanah yang dikeluarkan tersebut dapat saja tercampur dengan tanah dari lapisan yang lain.

Contoh tabung yang diambil dari dasar lubang auger cocok untuk digunakan pada pengujian indeks dan analisis fabrik. Jika gangguan di bawah dasar lubang selama pemboran dengan auger dapat dikontrol dengan baik, maka contoh tanah dapat mencapai kualitas Kelas B sebagaimana dijelaskan pada Bab 7.4.

7.1.4 Pemboran dengan Pembilasan

Pada metode ini lubang bor dibuat dengan gerakan memotong dan memutar (*chopping and twisting*) dari mata bor sambil menyemprotkan air dari bawah mata bor tersebut. Pencabutan, penekanan dan pemutaran batang bor maupun pemompaan air dapat dilakukan secara manual atau dengan menggunakan motor kerekan kecil dan pompa. Lubang bor biasanya dilindungi dengan pipa lindung dan air digunakan sebagai cairan pemboran. Pemboran harus dilakukan secara hati-hati karena pembilasan yang keras dapat mengganggu lapisan tanah yang akan diambil contohnya.

Walupun pengoperasiannya sangat mudah dan ekonomis, metode ini tidak disarankan untuk pengambilan contoh tanah tak terganggu pada tanah lunak karena mekanisme pemboran dengan penumbukan dan penyemprotan air, walaupun akan memberikan tingkat tumbukan yang lebih rendah dibanding dengan tumbukan akibat pemboran, tetap saja akan dapat mengganggu lapisan tanah yang akan diambil contohnya.

7.2 STABILISASI LUBANG BOR

Lubang bor pada tanah lunak perlu distabilkan dengan pipa lindung atau lumpur pemboran. Penggunaan lumpur pemboran lebih disukai karena dapat memperkecil pelepasan tegangan yang ditimbulkan oleh pengangkatan tanah dan dapat mengatasi gangguan pada lapisan tanah yang timbul akibat pemasangan pipa lindung dan lebih ekonomis.

Untuk pengambilan contoh tanah tak terganggu di atas elevasi muka air tanah, lumpur pemboran ataupun air tidak boleh digunakan untuk stabilisasi, karena cairan ini dapat merubah kadar air dari tanah.

7.2.1

Pipa Lindung

Pipa harus rata dan bagian luar dan dalam dari pipa lindung harus mempunyai permukaan yang halus. Pemasangan dan pengangkutan pipa lindung harus bebas dari gangguan, dan getaran pada alat pengambil contoh tanah sewaktu diangkat dan diturunkan harus dicegah. Tabung umumnya dipasang dengan sebuah mahkota logam yang dikenal sebagai pelindung pukulan (*drive shoe*) (jika dimasukkan ke dalam tanah dengan ditumbuk) atau pelindung mata bor (*shoe bit*) (jika tabung dimasukkan ke dalam tanah dengan pemutaran). Untuk membuat lubang bor pada pengambilan contoh tanah tak terganggu, pipa lindung harus dimasukkan ke dalam tanah dengan cara diputar. Pelindung mata bor memiliki bukaan pada ujungnya agar cairan dapat tersirkulasi.

Pemasangan pipa lindung harus dilakukan dengan memasukkannya pada lubang yang telah dibor terlebih dahulu atau dengan cara memborkannya ke dalam tanah yang sekaligus akan membersihkan bagian dalamnya. Jika pipa lindung dipasang di dalam lubang yang sudah dibor, maka lubangnya harus dibor dengan diameter 10mm hingga 15mm lebih besar dari diameter luar pipa lindung dan mencapai kedalaman sekitar satu meter di atas kedalaman pengambilan contoh tanah. Pipa lindung kemudian ditekan ke dalam lubang, (lebih baik dengan menggunakan putaran dari mesin bor sampai ke dasar tanah). Pipa lindung dapat ditutup dengan cara menekannya sekitar 0.1 m ke dalam tanah yang belum dibor. Pipa lindung tersebut tidak boleh ditekan lebih dekat 2.5 kali diameter luar pipa atau 0.5m ke kedalaman pengambilan contoh tanah.

Setelah pipa lindung dipasang sampai kedalaman yang diinginkan, lubang harus dibersihkan sebelum contoh tanah tak terganggu diambil. Pada saat proses pengambilan contoh tanah sedang dilakukan, tambahan sambungan pipa lindung dapat dipasang/disambung dan ditekan dengan pemutaran disertai sirkulasi dari cairan pemboran. Diameter luar yang lebih besar dari pelindung mata bor akan membantu dalam mengurangi friksi yang terjadi antara tanah dan dinding pipa lindung.

Bila pipa lindung dimasukkan ke dalam tanah tanpa menggunakan pemboran terlebih dahulu, maka pipa lindung tersebut harus ditekan ke dalam tanah dengan pemutaran menggunakan sirkulasi cairan pemboran dan pembilasan tanah ke permukaan. Tanah di dalam pipa harus dibersihkan dengan pemboran putar atau pemboran dengan pembilasan.

Pada material yang lunak, pipa lindung akan memberikan dukungan lateral tetapi tidak akan dapat mencegah penggembungan (*heaving*) pada dasar lubang bor. Stabilitas dari lubang bor akan bertambah dengan menjaga pipa lindung tersebut selalu terisi oleh cairan pemboran.

7.2.2

Lumpur Pemboran

Sifat lumpur pemboran yang relevan untuk stabilisasi lubang bor adalah viskositas, karakteristik jel, dan berat jenis atau berat isinya. Lumpur pemboran biasanya disiapkan dengan mencampur bentonit ataupun produk-produk sejenis

dengan air. Kadangkala digunakan bahan aditif untuk mengontrol flokulasi, tiksotrofi (*thixotropy*), viskositas, dan kekuatan jelnya.

Jika lubang telah terisi penuh oleh lumpur pemboran, tekanan antara lumpur terhadap dinding dan dasar lubang akan mengurangi *skuising* pada dinding dan pengembangan (*heaving*) pada dasar lubang. Lumpur pemboran cenderung membentuk kerak yang menempel sepanjang dinding lubang bor yang akan menghalangi aliran air tanah pada lubang bor, khususnya pada lapisan tanah non kohesif. Kerak yang menempel ini juga akan memberikan kohesi pada tanah, yang akan mencegah pengendapan partikel halus pada dinding lubang bor, dan akan memperlambat pengembangan dari tanah kohesif.

7.2.3

Air

Air dapat digunakan untuk menstabilkan lubang bor pada tanah dengan konsistensi sedang hingga keras, tetapi tidak cocok digunakan untuk lempung lunak karena air dapat mengurangi kuat geser material kohesif. Kehilangan ini sering lebih kecil dari yang digantikan oleh adanya peningkatan efek stabilisasi. Air akan tidak efektif untuk mencegah *skuising* dan *pengembangan* dari tanah plastis ataupun mencegah keruntuhan tanah non kohesif.

Bila menggunakan lumpur pemboran atau air untuk menstabilkan lubang bor, elevasi dari cairan tersebut harus dipertahankan sama atau di atas elevasi air tanah, dan tidak dibolehkan selama proses pemboran dan pengambilan contoh tanah, elevasinya turun di bawah muka air tanah.

7.3

MEMBERSIHKAN LUBANG BOR

Lubang bor harus dibersihkan sebelum pengambil contoh tanah dimasukkan ke dalam lapisan tanah untuk mengambil contoh tak terganggu. Endapan yang lepas dari sisa tanah ataupun partikel tanah dari dinding lubang bor dapat secara serius mempengaruhi kualitas pengambilan contoh tanah. Dua metode untuk membersihkan lubang bor sebelum pengambilan contoh tanah dilakukan dapat digunakan, yaitu dengan sirkulasi lumpur pemboran dan dengan cara mekanik.

7.3.1

Pembersihan dengan Sirkulasi Lumpur Pemboran

Bila mata bor putar berada pada kedalaman 0.3 hingga 0.5 m dari kedalaman pengambilan contoh tanah, kecepatan pemboran dan sirkulasi cairan harus dikurangi dan pemboran diteruskan dengan hati-hati. Ketika mata bornya telah mencapai kedalaman pengambilan contoh, perputaran mata bor harus dihentikan dan material lepas di dalam lubang bor dibuang dengan menggunakan sirkulasi lumpur pemboran. Lumpur pemboran ini harus disemprotkan ke atas. Mata bor yang lubang sirkulasinya mengarah ke bawah tidak boleh digunakan. Lubang bor akan secara sempurna dibersihkan bila

suspensi material halus di dalam lumpur sudah konstan. Batu kerikil atau tanah sangat plastis akan sulit untuk diangkat dari lubang dengan metode ini.

7.3.2 Pembersihan dengan Cara Mekanik

Untuk lubang yang dibuat dengan auger, endapan lepas pada dasar lubang dapat dibersihkan dengan auger. Auger ini diturunkan pada kedalaman pengambilan contoh tanah dan diputar beberapa kali tanpa menambah kedalamannya untuk mengumpulkan material tanah yang lepas. Kemudian auger tersebut secara perlahan diangkat ke permukaan dengan mengusahakan agar material yang terkumpul di dalam auger tidak lepas dan tidak mengganggu dinding lubang bor. Sebuah auger yang didesain khusus dapat digunakan untuk membersihkan dasar lubang yang tak dapat dibersihkan dengan auger biasa.

Bila dasar lubang belum bersih, sebuah piston pengambil contoh tanah yang pendek atau sebuah penginti (*core barrel*) dapat diturunkan dan endapan diangkat dengan memasukkannya ke dalam tabung contoh.

Jika dikhawatirkan bahwa metode-metode dengan menggunakan cara mekanik yang dijelaskan di atas dapat mengganggu kondisi tanah, maka dapat digunakan piston pengambil contoh yang ditekan ke dasar lubang hingga kedalaman 0.3-0.4m dengan menempatkan piston tepat pada dasar alat pengambil contoh sehingga alat pengambil contoh tersebut dapat mengangkat endapan lepas pada dasar lubang bor sebelum pengambilan contoh tanah dilakukan.

7.4 PENGAMBILAN CONTOH TANAH

Tujuan dari pengambilan contoh tanah dan pengujian laboratorium adalah untuk mendapatkan informasi geoteknik, seperti kuat geser dan sifat pemampatan yang diperlukan untuk desain konstruksi yang aman dan hemat. Oleh karena itu kualitas dari contoh tersebut harus cukup baik untuk keperluan desain. Contoh tanah tak terganggu dapat memberikan parameter kuat geser dan parameter pemampatan yang diperlukan untuk menanggulangi masalah-masalah geoteknik yang utama. Contoh tanah terganggu atau yang mewakili dapat memberikan informasi mengenai sifat-sifat kimia, plastisitas dan kadar air dari lapisan tanah termasuk juga informasi untuk pengklasifikasiannya.

7.4.1 Sumber-sumber Gangguan Pada Contoh Tanah

Kualitas dari contoh tanah akan sangat dipengaruhi oleh gangguan selama proses pemboran, pengambilan, penanganan, transportasi, penyimpanan dan persiapan benda uji. Gangguan ini akan mempengaruhi struktur mikro dari

contoh tanah. Sumber-sumber gangguan pada sampel telah diidentifikasi pada ISSMFE(1981) sebagai berikut:

- A. Perubahan dari unsur-unsur material.
 - 1) Perubahan kadar air (dapat diabaikan).
 - 2) Pergerakan gas yang terperangkap (dapat diabaikan).
- B. Perubahan kimia dari contoh tanah (dapat diabaikan).
- C. Faktor-faktor fisik.
 - 1) Perubahan temperatur (dapat diabaikan).
 - 2) Kehilangan tegangan setempat (tak dapat diabaikan).
 - 3) Gangguan mekanik (dapat diabaikan sebagian).
 - 4) Perlawanan balik (*rebound*) (tak dapat diabaikan).

Pada kasus-kasus yang ekstrim, contoh tanah dapat kehilangan tegangan setempatnya hingga 90% diakibatkan oleh satu atau kombinasi gangguan mekanik dan faktor perlawanan balik (*rebound*).

Gangguan mekanik yang terjadi selama proses pengambilan contoh antara lain:

- 1) pemampatan dan geser selama pemboran,
- 2) pemampatan dan geser selama penetrasi dari tabung contoh,
- 3) pengisapan, tarik dan/atau torsi selama proses pencabutan tabung contoh,
- 4) goncangan dan getaran selama proses penyegelan, pengangkutan dan penyimpanan,
- 5) pemampatan dan geser akibat proses pengeluaran dan pemotongan benda uji di laboratorium.

7.4.2

Klasifikasi Kualitas Contoh Tanah

Tabel 7-2 menunjukkan klasifikasi dan metode pengambilan contoh tanah yang disarankan untuk digunakan di Indonesia.

Tabel 7-2 Klasifikasi Kualitas Contoh Tanah yang Disarankan

Kualitas	Metode Pengambilan Contoh Tanah	Sifat-sifat yang secara andal dapat diperoleh
Kelas A Tak Terganggu	- Contoh Blok - Piston pengambil contoh stasioner (<i>stationary piston sampler</i>) dengan diameter minimum 75 mm	Stratigrafi, stratifikasi halus, kadar air, kepadatan, kuat geser, karakteristik deformasi dan konsolidasi
Kelas B Sedikit Terganggu	- Piston pengambil contoh bebas (<i>free piston sampler</i>) dengan diameter minimum 50 mm - Tabung pengambil contoh berdinding tipis dengan diameter minimum 50 mm	Stratigrafi, stratifikasi halus, klasifikasi, kepadatan
Kelas C Banyak Terganggu	- Tabung pengambil contoh berdinding tebal dan terbuka	Stratigrafi, stratifikasi halus, klasifikasi
Kelas D Terganggu	Contoh tanah acak yang dikumpulkan dari Auger atau dari galian	Stratigrafi

Walaupun penggunaan klasifikasi ini juga direkomendasikan untuk material gambut, kualitas contoh tanah dengan kadar serat yang tinggi yang umumnya dijumpai di Indonesia, harus dibedakan untuk tipe gambut ini, karena efek dari gangguan pada hasil uji kuat geser dan parameter konsolidasi relatif tidak signifikan (Landva dkk., 1983). Ditemukan bahwa susunan serat dari spesimen gambut akan menjadi identik ketika spesimen tersebut dikonsolidasi kembali pada tegangan yang sama dengan tegangan lapangan.

Selain itu, gambut dengan kadar serat yang tinggi memiliki koefisien permeabilitas yang tinggi, sehingga tidak mungkin untuk mencegah keluarnya air dari contoh tanah selama proses pengambilannya. Dengan demikian, penentuan kadar air di laboratorium memberikan hasil yang kurang tepat, dan nilai yang didapat akan lebih rendah dari keadaan sesungguhnya di lapangan.

7.4.3 Evaluasi Kualitas di Lokasi

Sebelum contoh tanah diangkut ke laboratorium, contoh tanah tersebut harus diperiksa kembali terhadap kemungkinan adanya kerusakan/cacat sebagai berikut:

- bengkok atau penyok pada tabung,
- kerusakan pada ujung pemotongnya,
- kehilangan atau penipisan/pengerutan yang eksekif dari lilinnya.

Jika terdapat kerusakan seperti di atas maka, kondisi tersebut harus dicatat pada Formulir Pengiriman Contoh dan contoh tanah tersebut diklasifikasikan kembali sebagai contoh Kelas D.

Angka pemulihan yang dicatat pada log lapangan (*field log*) harus diperiksa kembali. Seharusnya angkanya akan 100 persen jika contoh tanah tersebut tidak terputus atau lepas/copot selama proses penetrasi dan penarikan kembali dari tabung contoh. Angka pemulihan yang kurang dari 95 persen mengindikasikan adanya ketidakakuratan prosedur dan pengukuran yang terjadi selama proses pengambilan contoh tanah atau adanya kehilangan contoh, dan hal ini merupakan sebuah tanda kemungkinan adanya gangguan.

Contoh tanah dengan angka pemulihan kurang dari 95% harus diturunkan tingkat kualitasnya satu tingkat ke bawah dan harus dicatat ke dalam Formulir Pencatatan Contoh.

Contoh tanah dengan angka pemulihan kurang dari 85% harus diturunkan kelasnya menjadi Kelas D.

Penumbukan yang berlebihan (*overdriving*), yang menghasilkan angka pemulihan yang lebih dari 100 persen, akan sulit diidentifikasi dengan pengamatan tabung contoh; karena itu terjadinya penumbukan yang berlebihan harus dicegah.

Prosedur penumbukan yang harus diikuti di laboratorium untuk memperkecil gangguan yang terjadi selama penyimpanan contoh tanah, penanganan dan persiapan benda uji, diberikan pada Panduan Geoteknik 3, juga dijelaskan metode untuk mengevaluasi kualitas contoh tanah berdasarkan data pengujian laboratorium.

7.4.4 Metode Pengambilan Contoh Tanah

Contoh Tanah Blok Tak Terganggu

Pemotongan dengan tangan (*hand-carving*) merupakan prosedur paling sederhana dan merupakan salah satu metode yang paling memungkinkan untuk menghasilkan sebuah contoh tanah dengan kualitas sangat baik. Meskipun demikian, metode ini hanya dapat diterapkan pada kedalaman yang dangkal atau pada permukaan galian.

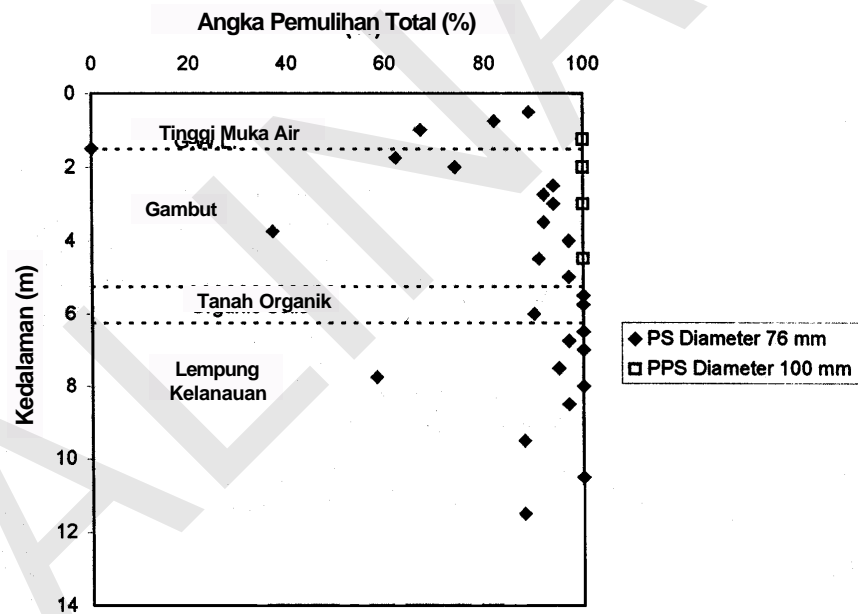
Berbagai metode untuk melakukan pemotongan dengan tangan diberikan pada Bab 7 dari ISSMFE (1981), dan dapat digunakan sebagai sebuah referensi untuk praktek standar di Indonesia.

Contoh Tanah Tabung Tak Terganggu

Piston pengambil contoh tak bergerak (*stationary piston samplers*) merupakan suatu alat yang paling sesuai untuk pengambilan contoh tanah tak terganggu dengan alasan-alasan berikut ini:

- Tanah yang telah terganggu/teremas tidak dapat masuk ke dalam piston baik setelah maupun selama proses pengambilan contoh tanah.
- Piston pengambil contoh dapat digunakan pada lubang bor dengan pipa lindung (*cased*) maupun lubang bor yang tidak menggunakan pipa lindung (*uncased*), demikian pula pada pemboran yang menyebabkan terjadinya desakan (*displacement boring*).
- Piston akan lebih baik dibandingkan dengan katup (*check valve*). Piston dapat menimbulkan efek vakum penahan (*retaining vacuum*) pada contoh yang lebih efektif selama proses pencabutan, sehingga akan membantu untuk memperkecil kehilangan contoh.

Penggunaan Piston untuk mengambil contoh tanah di atas elevasi muka air tanah akan tidak efektif, terutama untuk material gambut. Penggunaan Piston Pengambil Contoh Gambut dengan sebuah Cincin-O Ganda (Landva, 1983) di Kalimantan pada endapan tanah lunak di Pulang Pisau memberikan suatu hasil yang lebih efektif seperti terlihat pada Gambar 7-1.



Gambar 7-1 Angka Pemulihan Total dari Pengambilan Contoh Tanah Menggunakan Piston (PS) Diameter 76 mm dan Piston Pengambil Contoh Gambut (PPS) Diameter 100 mm di Lokasi Pulang Pisau, Kalimantan

Persyaratan untuk tabung contoh yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- 1) **Material**
Bahan tabung pengambil contoh harus kaku, tahan terhadap pengkaratan, dan dapat diserut, sehingga mempunyai permukaan yang halus. *Cold*

drawn, baja tak berkelem (seamless steel), kuningan, ataupun baja anti karat dapat digunakan.

- 2) Toleransi Ketidakrataan (*Irregularity Tolerances*)
Bagian dalam dari tabung contoh harus bersih dan halus sehingga tak ada tonjolan atau ketidakrataan. Perbedaan antara diameter luar maksimum dan minimum pada setiap penampang melintang dari tabung contoh tidak boleh melebihi 1.5 mm (ISSMFE, 1981). ASTM D1587-83 telah menspesifikasikan toleransi ukuran yang berdasarkan standar toleransi pabrik untuk tabung baja mekanik tak berkelem.

- 3) Tebal Dinding
Tabung contoh harus cukup tebal agar tahan terhadap distorsi ketika ditekan ke dalam tanah. Sementara itu, tabung juga harus cukup tipis untuk memperkecil gangguan pada tanah yang disebabkan oleh desakan dari tabung tersebut ketika ditekan ke dalam tanah. Ketebalan dari tabung ditentukan oleh sebuah parameter yang akan mengontrol besarnya desakan yang terjadi, yaitu Rasio Luas, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$Ca(\%) = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1^2} \times 100$$

dengan:

Ca adalah angka luas;

D_1 adalah diameter dalam dari ujung pemotong;

D_2 adalah diameter luar terbesar dari tabung pengambilan contoh.

Rasio Luas yang tidak lebih dari 15% merupakan ketentuan umum dan harus di terapkan di Indonesia.

- 4) Diameter Tabung Contoh
Diameter minimum 75 mm telah umum digunakan dan disarankan untuk digunakan di Indonesia.
- 5) Panjang Tabung Contoh
Tak ada persyaratan yang tegas untuk panjang tabung contoh. Tabung contoh 8 hingga 10 kali diameter dalam contoh tanah umum digunakan. Tabung contoh yang lebih panjang 20 kali dari diameter diperlukan untuk tanah yang sangat sensitif jika diperlukan contoh tanah tak terganggu yang lebih panjang.
- 6) Jarak Bebas Dalam (*Inside Clearance*)
Gesekan dengan dinding dalam dari sebuah tabung contoh merupakan salah satu penyebab utama gangguan pada tanah lunak. Gesekan ini dapat dikurangi dengan membuat ujung pemotong dengan diameter yang sedikit lebih kecil dari tabungnya. Meskipun demikian, untuk tabung dengan panjang kurang dari 0.8 m, jarak bebas dalam tidak disarankan karena alasan-alasan berikut:

- jarak bebas dalam akan menyebabkan terjadinya gangguan tambahan akibat pengembangan tanah (La Rochelle dkk., 1986),
- gangguan yang cukup besar pada contoh tanah dengan panjang mulai dari 0.6 hingga 0.8 m belum pernah diteliti (ISSMFE, 1981),
- perancangan & pembuatan khusus ataupun alat tambahan berupa ujung pemotong yang khusus akan meningkatkan biaya yang harus dikeluarkan.

Untuk tabung contoh yang lebih panjang dari 0.8m, rasio jarak bebas dalam disarankan berkisar antara 0.5 hingga 1 %.

Rasio jarak bebas dalam (%), C_i , dirumuskan sebagai berikut:

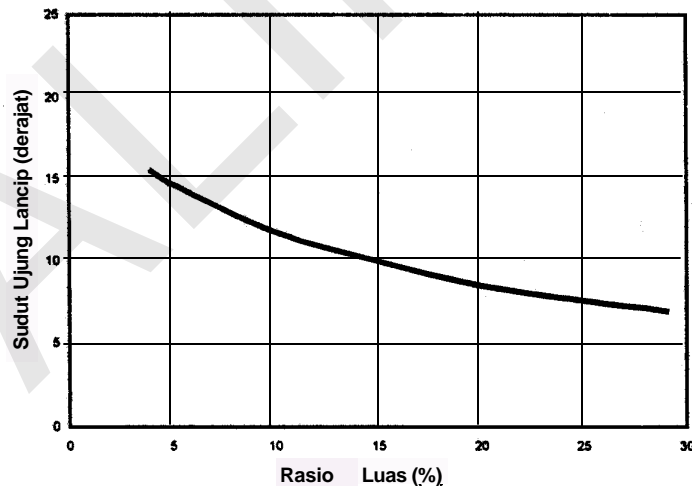
$$C_i(\%) = \frac{D_3 - D_1}{D_1} \times 100$$

dengan:

D_1 adalah diameter dalam dari ujung pemotong;

D_3 adalah diameter dalam dari tabung contoh.

- 7) Sudut Ujung Lancip (*Edge Taper Angle*)
Sudut ujung lancip harus sekecil mungkin dan tidak boleh lebih dari 10° Hvorslev (1949). Kombinasi dari angka luas dan sudut lancip sebagaimana disarankan oleh ISSMFE (1981) ditunjukkan pada Gambar 7-2.



Gambar 7-2 Garis Batas Atas yang Direkomendasikan dari Hubungan antara Sudut Ujung Lancip dan Rasio Luas

Pada waktu pengambilan contoh tanah dengan piston, tindakan-tindakan pencegahan berikut harus dilakukan:

- pastikan bahwa tabung kondisinya baik. Ukur panjang, diameter luar, diameter dalam, tebal dinding dan panjang ujung pemotong sebelum pengambilan contoh tanah dilakukan,
- tabung contoh harus diturunkan ke dalam lubang bor selonggar mungkin setelah lubang dibersihkan. Jika lubangnya tidak bisa dibersihkan seluruhnya, masukkan piston pengambil contoh ke dalam tanah sedalam 20-30 cm dengan posisi pistonnya terkunci,
- hindari penekanan/penumbukan yang berlebihan (*overdriving*),
- kecepatan penetrasi harus konstan, tidak terlalu cepat atau terlalu lambat dan tanpa interupsi ataupun penghentian di tengah jalan. Pada tanah lempung, friksi yang terjadi akan meningkat jika pengambilan contoh tanah dihentikan lebih dari beberapa detik. Kecepatan penetrasi yang disarankan adalah $15 + 5$ cm/detik. Untuk contoh tanah dengan panjang 60 cm proses penetrasi oleh karenanya harus selesai dalam waktu 4 detik,
- untuk mencegah kehilangan contoh, alat pengambil contohnya harus didiamkan selama lima menit setelah proses pengambilan contoh tanah dan sebelum penarikan kembali, agar memungkinkan terjadinya pelepasan dari kenaikan tekanan air pori dan efek kuat geser tiksotropik. Jangan lakukan rotasi/pemutaran untuk memotong contoh tanah sebelum penarikan. Jika timbul masalah pada pemulihan contoh, diamkan lebih lama sebelum mencabut contoh tanah dari lubang bor.

Contoh Tanah Terganggu

Bebagai metode dapat digunakan untuk mendapatkan contoh tanah terganggu. Meskipun demikian, setiap metode yang menggunakan tumbukan tidak disarankan karena metode tersebut akan mengganggu lapisan tanah di bawahnya dimana contoh tidak terganggu akan diambil.

- 1) Auger
Contoh tanah terganggu yang diambil dengan menggunakan auger umumnya mengandung seluruh komponen/unsur dari tanah setempat. Auger tangan sesuai digunakan untuk pemboran dan pengambilan contoh tanah secara manual. Meskipun demikian, pengambilan contoh harus dilakukan hati-hati untuk memperkecil kontaminasi oleh tanah dari lapisan lain.
- 2) Pemboran Inti (*Core Boring*)
Pemboran inti berputar (*rotary core boring*) dilakukan dengan memutar dan menekan sebuah tabung penginti yang memiliki sebuah mata bor pemotong. Contoh tanah lunak yang diambil dengan penginti utamanya didapatkan dengan sebuah penginti tunggal. Bila digunakan jenis ini, proses pengintian (*coring*) harus dilakukan dengan pemboran kering, yaitu tanpa menggunakan cairan sirkulasi. Sebuah penyangga inti dapat ditambahkan untuk memperkecil kehilangan inti selama proses penarikan. Tabung penginti ganda (*double tube core barrels*) tidak sesuai untuk mendapatkan contoh inti untuk tanah lunak karena bagian yang dibilas dari

penginti akan tersumbat oleh tanah lunak tersebut. Tabung penginti tiga lapis (*triple tube core barrels*) dengan tabung dalam yang tak bergerak dapat menghasilkan contoh inti lempung lunak yang utuh. Cairan pemboran tidak akan membilas contoh, contoh tidak ikut berputar, dan lapisan tabung dengan contoh inti di dalamnya akan dengan mudah dikeluarkan dari pengintinya.

Kecepatan rotasi sebesar 1.7 putaran/detik dan kecepatan penetrasi sebesar 50-100 mm/detik merupakan besaran yang disarankan untuk pemboran inti berputar ini.

Penggunaan pemboran inti dengan diketuk/dipukul (*percussion core boring*) tidak disarankan.

Penggunaan Auger Gambut disarankan untuk lapisan gambut. Peralatan ini sangat ringan, mudah dioperasikan dan cocok untuk penentuan langsung stratifikasi di lapangan.

7.4.5 Penanganan Contoh Tanah

Contoh tanah tak terganggu dari tanah lunak harus disegel secepatnya setelah proses pengambilannya untuk mencegah terjadinya gangguan dan perubahan kadar air pada contoh tersebut. Contoh tanah disegel dengan menggunakan parafin atau sebuah alat penyegel mekanik lainnya.

Prosedur berikut disarankan untuk penyegelan dengan menggunakan parafin:

- sebuah sumbat/penutup harus dipasang pada ujung contoh segera setelah tabung contoh dibuka untuk melindungi contoh tanah pada waktu dibawa ke tempat penyimpanan contoh, dan tempat dilakukannya pemberian parafin,
- pembersihan, pengecoran parafin dan pemberian label pada contoh harus dilakukan secepat dan semudah mungkin setelah contoh tanah diperoleh,
- potongan tanah ataupun setiap tanah terganggu yang secara jelas terdapat pada ujung tabung harus dibuang, dan bagian dalam dari tabung harus dibersihkan,
- kemudian contoh tanah sedalam 2 cm dari ujung tabung harus dibuang,
- tabung harus diletakkan pada tempat yang kokoh, dan terlindung dari sinar matahari,
- selembar kertas aluminium (*aluminium foil*) harus dipasang menutupi permukaan tanah,
- tuangkan campuran sebanyak dua lapis. Tebal masing-masing lapis tersebut tidak boleh kurang dari 1 cm,
- setelah campuran tersebut mengeras, isi bagian tabung yang tersisa dengan pasir, serbuk gergaji atau material pengepakan lain yang sesuai. Tutup ujungnya dengan pembungkus Saran dan pasang penutup yang rapat atau penutup ulir yang diikat pada posisinya dengan menggunakan pita adhesif.

La Rochelle dkk. (1986) menyarankan bahwa parafin harus terdiri atas 50% parafin dan 50% vaselin. Alternatifnya, parafin minyak yang tak menyusut (*non-shrink petroleum wax*) dapat digunakan. Parafin yang dapat pecah dan menyerpih/mengelupas tidak boleh digunakan.

Sebagai alternatif, segel mekanik dapat digunakan. Holden (1971) dan ISSMFE (1981) dan mengacu pada pekerjaan yang dilakukan oleh Andresen dan Kolstad, menyarankan sebuah alat penyegel mekanik rancangan sendiri.

7.4.6

Pengiriman Contoh Tanah ke Laboratorium

Contoh tanah harus diletakkan pada alas dari material pelindung yang terdiri atas serbuk gergaji kering, sisa serutan/ketaman kayu, sepon, atau busa karet. Peti contoh yang dirancang sendiri (*in-house-designed*) telah dibuat dan digunakan oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi. Detil contoh lain dari peti contoh diberikan dalam ISSMFE (1981) dan ASTM-D4220-89.

Bila terdapat banyak peti contoh, disarankan untuk memakai fasilitas khusus transportasi darat. Kendaraan harus dilengkapi dengan sebuah fasilitas pengontrol temperatur dan didesain khusus untuk memperkecil getaran yang terjadi pada contoh tanah. Transportasi sungai atau laut, akan lebih baik dibanding dengan transportasi darat atau udara, jika hal ini memungkinkan.

Seluruh contoh tanah yang dikirim ke laboratorium harus disertai dengan sebuah Formulir Pengiriman Contoh dan log pemborannya. Formulir untuk keperluan tersebut diberikan pada Lampiran A.

8

Pengujian Lapangan: Pertimbangan-pertimbangan Khusus

8.1

PENDAHULUAN

Praktek yang dilakukan saat ini di Indonesia untuk pengujian langsung di lapangan untuk endapan tanah lunak adalah dengan menggunakan *Dutch Cone Penetrometer* mekanik, yang lebih dikenal dengan nama *Sondir* dan dengan pengujian kuat geser baling.

Metode Sondir akan menghasilkan dua parameter kuat geser, yaitu nilai tahanan konus dan hambatan lekat. Tahanan yang ada diukur dengan menggunakan manometer pneumatik yang membaca tekanan maksimum selama pengujian dilakukan. Manometer yang digunakan harus dari jenis yang dapat membaca tekanan maksimumnya. Kemungkinan kesalahan dalam mendapatkan nilai maksimum akan relatif tinggi karena pergerakan jarum terjadi pada periode yang relatif pendek.

Metode yang lebih efisien untuk tanah lunak adalah Piezocone. Alat ini memungkinkan untuk mendapatkan nilai tahanan konus, hambatan lekat dan tekanan air pori pada tanah. Penggunaan Piezocone ini tentunya akan memberikan data kuat geser yang lebih baik dan dapat pula memberikan informasi tambahan kondisi hidrolik dari tanah.

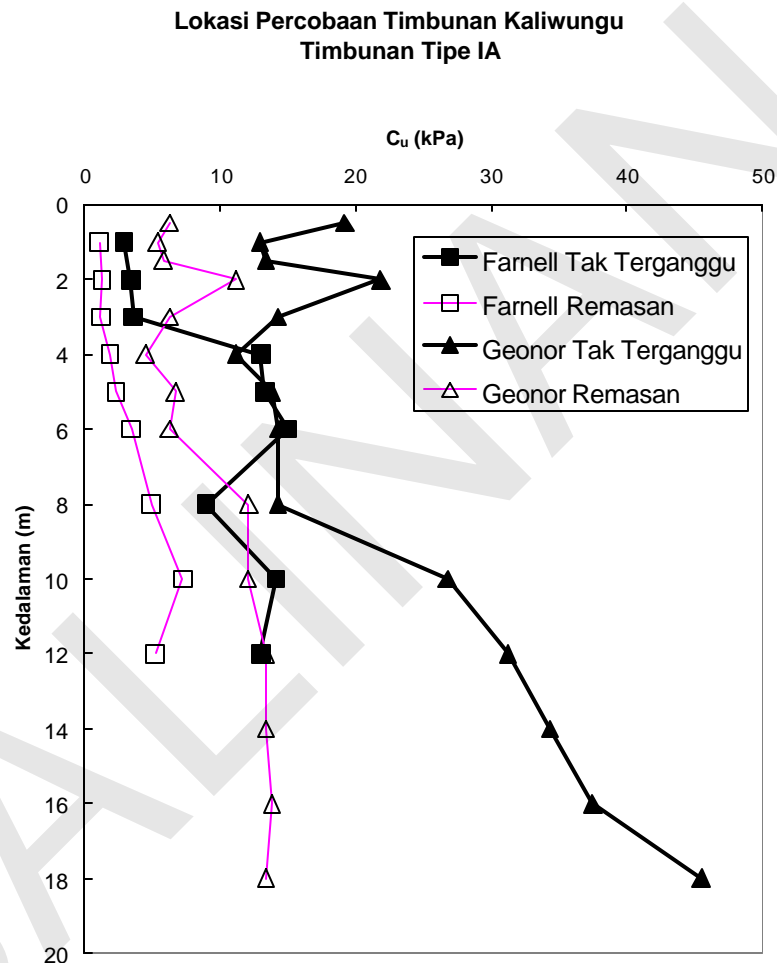
Alat uji baling-baling merupakan suatu alat untuk mengukur kuat geser tak terdrainase secara langsung di tempat. Dua tipe alat ini yang biasa digunakan adalah:

- baling lubang bor (*borehole vane*), pengujian dilakukan dengan memasukkan baling-balingnya ke dasar lubang bor. Tipe ini kadang dikenal sebagai Baling Farnell,
- baling tekan (*push in vane*), yang dilindungi sarung luar dan ditekan ke dalam tanah sedikit di atas kedalaman pengujian dan kemudian baling-baling tersebut ditekan dan diputar. Alat yang biasa digunakan adalah yang dibuat oleh Geonor. Tipe alat ini kadangkala secara salah sering disebut baling NGI.

Hasil uji di Lokasi Percobaan di Kaliwungu dapat dilihat pada Gambar 8-1. Terlihat bahwa baling Farnell memberikan hasil yang rendah dan menyestakan

untuk lempung lunak akibat dari gangguan pada zona dasar lubang bor. Hasil uji dengan baling Farnell ini umumnya mendekati kuat geser remasan.

Untuk lapisan tanah lunak, tipe baling Geonor seharusnya yang digunakan, atau perlakuan tertentu harus dilakukan untuk meningkatkan kinerja baling Farnell; hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan lumpur yang berat/kental, dan menekan baling-balingnya lebih dalam di bawah dasar lubang bor.



Gambar 8-1 Perbandingan Hasil Uji dengan Baling-baling pada Lempung Lunak

Penjelasan tambahan mengenai penggunaan pengujian lapangan di Indonesia diberikan pada karya tulis yang berjudul *Indonesian Experience in In Situ Testing, International Conference on In Situ Measurement of Soil Properties and Case Histories, Bali, May 2001*.

8.2

UJI PENETRASI KONUS (CPT)

Tata cara penggunaan Sondir di Indonesia diberikan dalam Standard Nasional Indonesia SNI 03-2827-1992. Penggunaan dari standar ini untuk menerapkan pengujian dengan Sondir telah cukup memadai kecuali tak ada faktor koreksi yang diberikan terhadap efek dari berat konus dan batangnya pada data pembacaan. Pengaruh dari faktor koreksi ini bisa cukup besar untuk tanah dengan tahanan yang rendah seperti tanah lunak di Indonesia misalnya.

Persamaan dasar untuk memperhitungkan pengaruh dari berat konus dan batang adalah sebagai berikut:

Tahanan Konus

$$q_c = \frac{C_w A_{pl} + W_{cr}}{A_c}$$

dengan:

q_c adalah tahanan konus;

C_w adalah bacaan manometer untuk tahanan konus;

A_{pl} adalah luas penampang piston;

W_{cr} adalah berat konus dan batang untuk bacaan tersebut;

A_c adalah luas penampang konus.

Hambatan Lekat

$$f_s = \frac{(T_w - C_w) A_{pl} + W_{cr}}{A_s}$$

dengan:

f_s adalah hambatan lekat;

T_w adalah bacaan manometer untuk tahanan konus dan selubung;

A_{pl} adalah luas penampang piston;

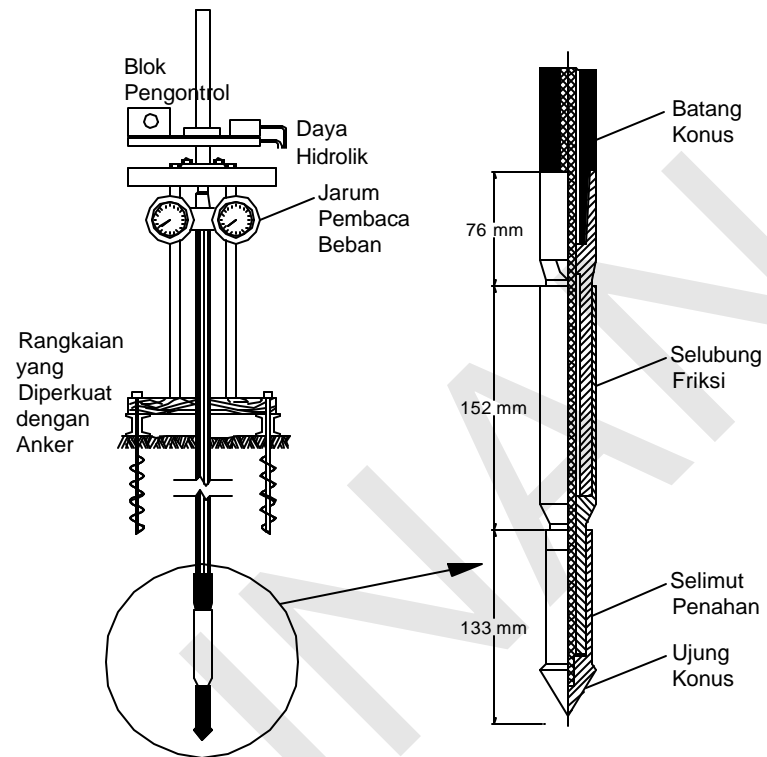
W_{cr} adalah berat konus dan batang untuk bacaan tersebut;

A_s adalah luas penampang selubung.

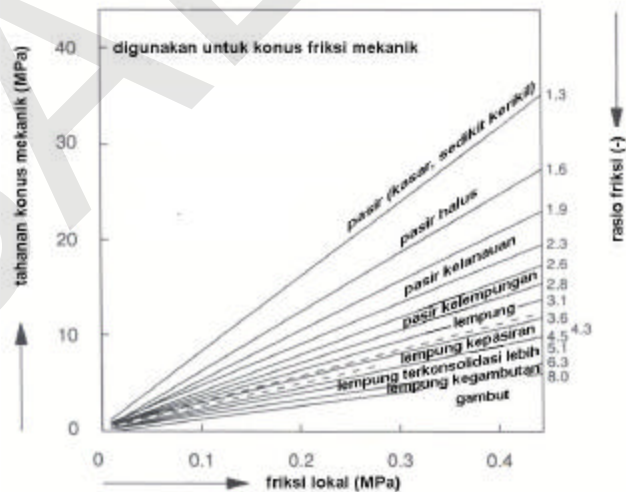
Kecepatan penetrasi yang disarankan pada SNI 03-2827-1992 adalah 1 hingga 2 cm/detik. Untuk tanah lunak, disarankan digunakan kecepatan 2 ± 0.5 cm/detik.

Detil dari alat penetrometer ini dapat dilihat pada Gambar 8-2.

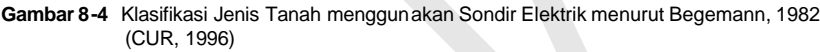
Hasil uji sondir harus diinterpretasi untuk mengidentifikasi tipe tanah dengan menggunakan korelasi yang diperlihatkan pada Gambar 8-3 dan 8-4, masing-masing untuk sondir mekanik dan sondir elektrik. Data uji sondir harus dikorelasikan secara langsung di lapangan dengan data pemboran pada satu atau lebih titik penyelidikan.”



Gambar 8-2 Sondir



Gambar 8-3 Klasifikasi Jenis Tanah menggunakan Sondir Mekanik menurut Begemann, 1982 (CUR, 1996)



Tujuan dari uji baling-baling adalah untuk mengukur kuat geser tanah tak terdrainase dan kuat geser remasan. Hasilnya harus digunakan dengan hubungan nilai kohesi yang berasal dari uji laboratorium dan pengukuran indeks plastisitas, sehingga validasi data yang dihasilkan dapat dilakukan.

Ada dua tipe peralatan uji baling-baling ini, yaitu uji baling-baling yang harus dibor terlebih dahulu (*pre-bored vane testing*) dan baling-baling yang ditekan (*pushed-in vane testing*). Prosedur standar untuk tipe pertama diberikan pada SK-SNI-M-56-1990-F. Meskipun demikian, ada prosedur baku Indonesia untuk prosedur pengujian standar tipe kedua. ASTM D 2573-94 merekomendasikan sebuah prosedur standar untuk kedua tipe peralatan tersebut yang harus diadopsi untuk baling-baling tipe ditekan. Prosedur tambahan sebagaimana diidentifikasi oleh Chandler (1988) harus diterapkan sebagaimana berikut ini:

Setelah menekan baling-baling dengan jarak yang disyaratkan di bawah selubung, tunggu 5 menit sebelum memulai pengujian. Masa tunggu tersebut harus dicatat pada lembar pengujian.

Tipe yang ditekan cocok digunakan untuk daerah terpendil karena alat ini dapat digunakan tanpa perlu membuat lubang bor terlebih dahulu.

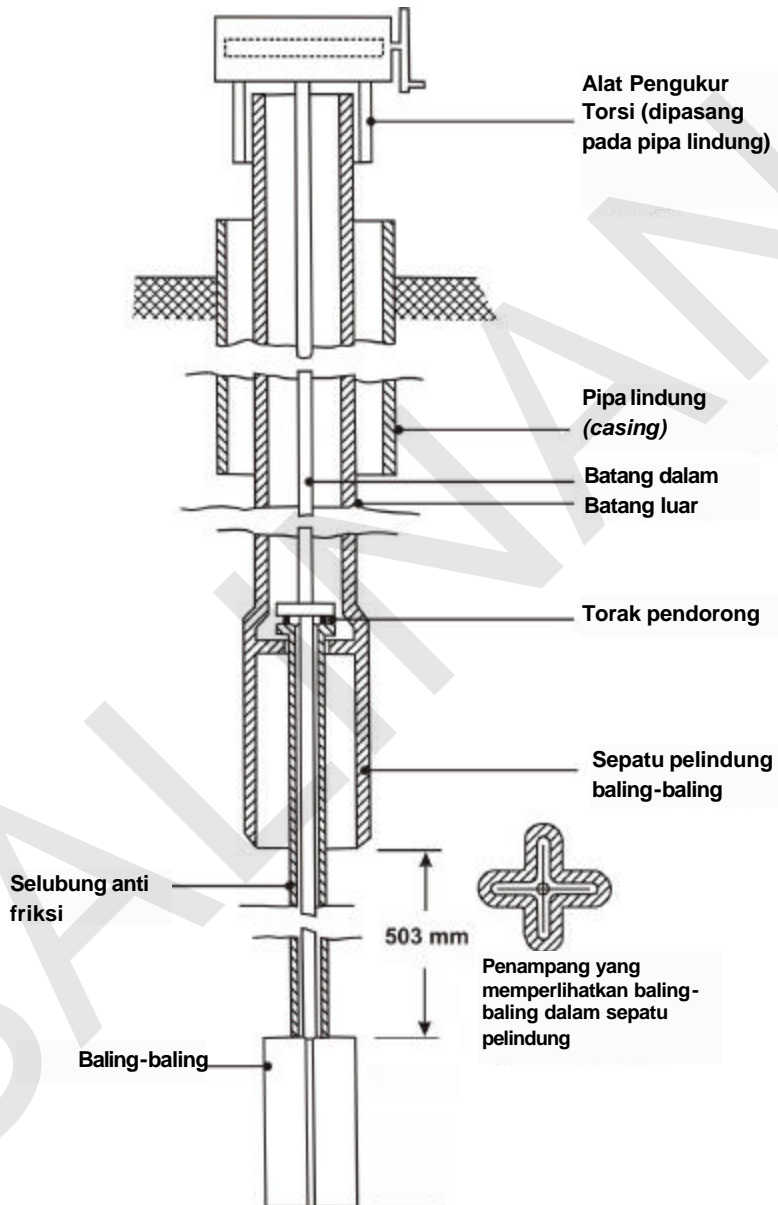
Uji perbandingan untuk kondisi di Indonesia telah menunjukkan bahwa baling-baling tipe ditekan memberikan data hasil pengujian yang lebih andal dibandingkan dengan uji baling-baling yang harus dibor terlebih dahulu yang sangat dipengaruhi oleh gangguan akibat dilakukannya pemboran. Detilnya diberikan pada Bab 8.1

Tabel 8-2 Rangkuman Keuntungan dan Kerugian dari Uji Baling-baling

Metode	Aplikasi	Kelebihan	Kelemahan
Uji Baling-baling	Pengukuran kuat geser tak terganggu dari lempung dan pengukuran kuat geser remasan. Hasilnya harus digunakan bersamaan dengan nilai kohesi yang didapat dari hasil uji laboratorium dan pengukuran indeks plastisitas untuk menilai validitas hasil yang didapat.	Mendapatkan nilai bacaan kuat geser lapangan tak terganggu dari lempung sensitif dengan kohesi umumnya hingga 100 kN/m ² . Kuat geser remasan dapat pula diukur secara langsung di tempat. Menyebabkan gangguan yang kecil pada tanah. Dapat dioperasikan langsung pada permukaan ataupun dari dasar lubang bor. Hasilnya akan langsung didapat dan cepat. Pengujian dapat berlangsung dengan cepat. Alat uji baling-baling kecil yang dioperasikan dengan tangan telah tersedia di pasaran yang dapat digunakan di dalam ataupun pada dasar dari galian.	Hasilnya dipengaruhi oleh kantung-kantung berlanau atau berpasir ataupun oleh kadar organik yang signifikan pada lempung. Ada ketergantungan terhadap nilai Indeks Plastisitas dari lempung. Efek anisotropis dapat meningkatkan nilai kohesi yang tidak merepresentasikan masalah keteknikan yang sedang dihadapi. Perawatan yang kurang baik terhadap peralatan akan memberikan lekatan yang berlebihan antara batang dan tabung pemandu ataupun pada <i>bearing</i> -nya. Dapat digunakan bila didukung oleh pemerian tanah yang dilakukan secara hati-hati yang didukung dengan ku alitas pengambilan contoh dan pengujian laboratorium. Nilai yang dihasilkan merupakan nilai tegangan total saja. Dibutuhkan teknisi khusus untuk mengoperasikannya.

Baling-baling terdiri dari empat mata pisau yang dibuat bersilang yang dipasang pada ujung dari batang yang dapat disambung dari permukaan tanah hingga ke elevasi pengujian. Baling-baling ini ditekan ke dalam tanah tak terganggu, dan kemudian batangnya diputar dengan engkol tangan melalui sebuah gigi cacing mengikat (*worm and pinion gear*). Torsi yang diinginkan dimonitor pada sebuah kepala bacaan yang diklem (dijepit) pada pipa lindung atau dipasang di permukaan tanah. Sebuah selubung logam dan tabung pemandu digunakan untuk melindungi baling-baling dan batangnya dari kerusakan akibat penetrasi ke kedalaman pengujian. Elevasi ini harus berada di bawah setiap material tak terganggu pada dasar dari lubang bor. Tabung pemandu yang mengelilingi

batang, akan mengurangi lekatan menjadi minimum (lihat Gambar 8-5). Ujung atas dari baling-baling harus berada minimum 50 cm di bawah dasar lubang bor atau selubung, untuk tipe baling-baling ditekan. Pada lokasi pengujian, baling-baling dimasukkan hingga di bawah selubung, dan diputar sekitar 6 hingga 12^o/menit. Ini akan menghasilkan sebuah permukaan geser silindris pada tanah.



Gambar 8-5 Skema Peralatan Uji Baling Lapangan

Pemutaran yang cepat dari baling-baling hingga enam putaran, kemudian di uji kembali, akan memberikan pembacaan kuat geser remasan untuk pengukuran sensitivitas tanah.

Pisau dari baling-baling ini biasanya berukuran tinggi 150 mm x lebar 75 mm untuk tanah dengan nilai kohesi tak terdrainase mencapai sekitar 50 kN/m². Untuk kuat geser yang lebih besar pisau dengan ukuran 100 mm x 50 mm dapat digunakan.

Umumnya, kuat geser dari tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{M}{p \left(\frac{D^2 H}{2} + \frac{D^3}{6} \right)} \quad (\text{kN/m}^2)$$

Untuk baling-baling dengan tinggi sama dengan dua kali diameternya:

$$t = \frac{M}{\frac{7}{6} p D^3} \quad (\text{kN/m}^2)$$

dengan:

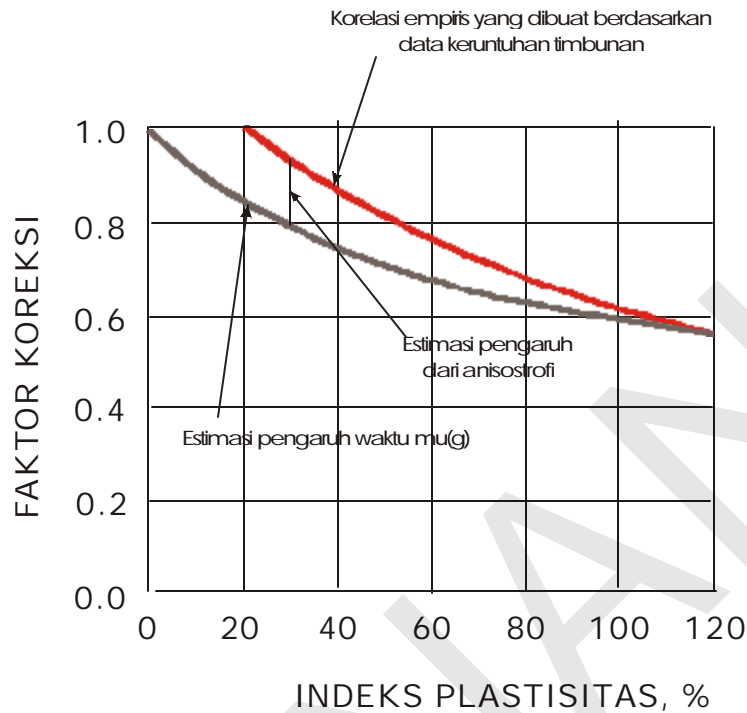
M adalah torsi maksimum (kN.m);

D adalah diameter baling-baling (m);

H adalah tinggi baling-baling (m).

Pada lempung dengan plastisitas yang tinggi, nilai kuat geser perlu dikoreksi terhadap efek kecepatan dan sifat anisotropis tanah.

Saat ini belum ada pedoman yang tersedia untuk digunakan sebagai faktor koreksi khusus untuk kondisi di Indonesia. Oleh karena itu faktor koreksi Bjerrum yang ada harus digunakan sebelum menggunakan nilai kuat geser baling-baling untuk analisis desain, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 8-6.



Gambar 8-6 Faktor Koreksi Bjerrum

8.4

PERMEABILITAS LAPANGAN

Permeabilitas lapangan dari massa tanah dapat diperoleh dengan mengukur aliran air melalui sebuah ujung pisometer yang ditempatkan pada kedalaman yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan informasi atas permeabilitas dari sub lapisan sebagai berikut:

- penilaian terhadap efek drainase horisontal terhadap kecepatan konsolidasi pada endapan tanah lunak ketika dibebani,
- penilaian terhadap permeabilitas untuk memperkirakan kecepatan aliran ke dalam galian,
- penilaian kondisi air tanah untuk analisis stabilitas timbunan.

Secara esensial, pengujian ini meliputi pengukuran kecepatan aliran air ke dalam sebuah pipa ukur tegak yang dihubungkan dengan sebuah pisometer pada kedalaman yang diinginkan. Dengan diketahuinya ukuran dari pisometer dan sebagainya, permeabilitas lapangan dapat dihitung. Baik metode pengujian tinggi tekan konstan maupun metode tinggi tekan turun dapat dilakukan. Beberapa teknik yang berbeda juga tersedia untuk interpretasi hasil yang didapat.

Metode pengujian tinggi tekan turun adalah metode yang umum digunakan. Sebuah tabung kaca berskala dihubungkan ke bagian atas dari pipa pengukur (*probe*). Tabung ini diisi hingga mencapai tinggi h di atas elevasi pisometrik, dan kemudian penurunan muka air terhadap waktu diukur. Metode pengujian tinggi tekan tetap jarang digunakan dibanding metode pengujian tinggi tekan turun, karena pada metode ini pengukuran dari volume air yang dimasukkan memerlukan peralatan yang lebih rumit (Micussens and Ducasse, 1977). Penggunaan sebuah botol Mariotte akan membuat pelaksanaan dari pengujian tersebut lebih mudah; dimana botol tersebut ditempelkan/diletakkan pada bagian atas pipa pengukur (*probe*) dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga perbedaan elevasi antara bagian bawah tabung yang dapat dipindah pada botol Mariotte dan elevasi pisometrik akan sesuai dengan tinggi h yang diinginkan.

Meskipun demikian, perubahan tegangan yang disebabkan oleh pembentukan kantung-kantung uji, dan perubahan tegangan akibat kenaikan tekanan pori, akan membatasi akurasi dari hasil pengujian tersebut.

8.4.1 Pengukuran Permeabilitas dengan Pisometer

Pisometer terbuka terdiri dari sebuah ujung silindris yang poros, dapat dipasang pada sebuah lubang bor atau secara langsung dimasukan ke dalam tanah. Pada cara pertama, segel penutup yang efektif harus dipasang di atas dan di bawah pisometer dan ada resiko tersumbatnya elemen poros tersebut sehingga nilai yang didapat akan lebih rendah dari nilai permeabilitas sebenarnya (Tavenas dkk, 1986).

8.4.2 Pengukuran Permeabilitas dengan Permeameter yang Membor Sendiri

Penggunaan dari teknik yang membore sendiri ini untuk mengukur permeabilitas di lapangan akan mengeliminasi gangguan yang ditimbulkan akibat proses pemasukan peralatan ke dalam tanah, dan akan memberikan nilai permeabilitas yang lebih andal (Micussens and Ducasse, 1977). Roctest Ltd. Montreal, telah mengembangkan sebuah alat terbaru yang disebut *self-boring permeameter* yang terdiri dari sebuah elemen poros anti sumbat (Tavenas dkk, 1986) dan telah menunjukkan bahwa nilai yang didapat dengan alat ini lebih menggambarkan nilai lapangan yang realistis. Meskipun demikian, alat ini hanya cocok diterapkan untuk kegiatan penelitian saja.

9 Pencatatan Data

9.1 CATATAN PEMBORAN

Sebuah catatan pemboran lapangan harus disiapkan, yang memuat informasi minimum seperti yang disusun pada Lampiran A. Sebuah contoh catatan pemboran lapangan juga dicantumkan pada Lampiran A tersebut.

Sebuah salinan dari penampang pemboran lapangan (*field boring log*) diberikan kepada perwakilan dari Ahli Geoteknik yang Ditunjuk di lapangan dalam waktu satu hari kerja setelah penyelesaian dari kegiatan setiap harinya

Untuk pemboran pada tanah lunak, persyaratan khusus harus memenuhi persyaratan seperti yang diuraikan pada Lampiran A

9.2 CATATAN PENDUGAAN

Sebuah salinan dari catatan pendugaan diberikan kepada perwakilan dari Ahli Geoteknik yang Ditunjuk di lapangan dalam waktu satu hari kerja setelah selesai kegiatan setiap harinya.

9.3 CATATAN PENGUJIAN LANGSUNG DI LAPANGAN

Sebuah salinan dari catatan lapangan untuk setiap pengujian lapangan harus diberikan kepada perwakilan dari Ahli Geoteknik yang Ditunjuk di lapangan dalam waktu satu hari kerja setelah selesai pengujian tersebut.

9.4 IDENTIFIKASI LAPANGAN DAN KLASIFIKASI TANAH

Panduan ini menyarankan Sistem Klasifikasi USCS untuk dipakai pada pekerjaan konstruksi pada tanah lunak, yang dispesifikasikan untuk digunakan di Indonesia.

Tanah diidentifikasi di lapangan dengan pengamatan visual dan pengujian mekanis. Pertama-tama harus diberikan pemerian dan klasifikasi dengan Sistem USCS. Pada pemerian, sifat-sifat tanah yang sama harus digunakan dengan urutan yang sama.

Urutan yang disarankan adalah berupa kepadatan tanah (untuk tanah berbutir) atau konsistensi tanah (untuk tanah berbutir halus); warna; ukuran butiran kecil; dan fakta-fakta penting lainnya (kandungan air, dan sebagainya). Sebuah contoh pengurutan pemerian tersebut adalah:

lempung inorganik abu-abu tua lunak (plastik).

Sifat-sifat lainnya seperti bentuk butiran dan gradasi mungkin diperlukan pada pemerian atau deskripsi tersebut; namun hal yang paling penting adalah penggunaan yang konsisten dari urutan deskripsi yang sama setiap waktu, dengan mempertimbangkan sifat tanah yang utama yaitu ukuran butir, tanah dijelaskan sebagai kerikil, pasir, lempung atau lanau. Kebanyakan tanah terdiri dari campuran jenis-jenis tersebut, dan dalam penjelasannya, unsur-unsur pembentuk kedua dianggap sebagai perubah (*modifiers*). Kecuali lanau dan lempung, semua tanah bisa diidentifikasi dengan ukuran butirnya tanpa banyak kesulitan. Ukuran butir tidak mempengaruhi perilaku lanau atau lempung. Setelah tanah tersebut diberi deskripsi, klasifikasi dengan Sistem USCS menjadi sederhana dan klasifikasi akurat dengan pengamatan visual hanya membutuhkan latihan saja.

Klasifikasi dengan Sistem USCS bisa dilakukan dengan mudah setelah dilakukan pengujian laboratorium untuk gradasi dan batas-batas Atterberg. Dengan latihan, klasifikasi sampai dengan tingkat akurasi yang memadai bisa dilakukan di lapangan tanpa bantuan pengujian laboratorium. Sampel tanah yang representatif secara visual diamati dan mula-mula diklasifikasikan apakah bersifat sangat organik, berbutir halus, atau berbutir kasar. Untuk membedakan apakah tanah berbutir halus atau kasar ditentukan dengan memperkirakan apakah setengah dari butiran-butiran individu bisa terlihat atau tidak, jika terlihat maka tanah diklasifikasikan sebagai berbutir kasar. Jika 50% dari partikel tidak bisa terlihat, tanah diklasifikasikan sebagai berbutir halus.

Tanah yang sangat organik bisa secara cepat diidentifikasi dengan melihat warna, bau, terasa seperti spons atau teksturnya berserat. Material organik sering ditunjukkan oleh warna zaitun, warna kehijauan, dan coklat muda sampai dengan hitam. Tanah-tanah organik biasanya mengeluarkan bau dari tumbuhan yang membusuk. Baunya biasanya keras untuk contoh tanah yang masih segar dan baunya bisa diintensifikan kembali dengan pemanasan contoh tersebut secara cepat. Dilatasi, kekuatan kering, dan kekerasan juga merupakan parameter bantu untuk mengidentifikasi tanah.

9.4.1 Pemerian Profil Tanah

Akan sangat bermanfaat kiranya untuk menggambarkan profil tanah dalam asal, memanjang atau melintang. Ini bisa dilakukan dengan melakukan pemerian

titik-titik pemboran dalam hubungan yang sebenarnya, tetapi dengan skala vertikal yang dilebihkan, menghubungkan lapisan yang sama dengan garis lurus, dan memberi bayangan atau arsiran pada daerah-daerah yang mempunyai jenis tanah yang sama.

Muka air tanah harus ditunjukkan pada potongan memanjang. Kondisi-kondisi di antara pemboran bisa diberikan; namun, harus diingat bahwa pemboran hanya mewakili kondisi pada lokasi yang bersangkutan dan kondisi yang sesungguhnya yang berada di antara lubang bor dapat diinterpretasikan secara berbeda.

10 Kualitas dan Konsistensi Data

10.1 PENDAHULUAN

Langkah-langkah telah diambil oleh pemerintah Indonesia untuk memberikan suatu kerangka kualitas untuk laboratorium pengujian, seperti dijelaskan pada Panduan Geoteknik 3. Namun kerangka ini belum menjangkau pekerjaan lapangan di bidang rekayasa geoteknik.

Ahli Geoteknik yang Ditunjuk oleh karenanya harus menerapkan prosedur jaminan mutu sendiri terhadap pekerjaan lapangan untuk memastikan kualitas yang memadai tercapai. Jika suatu perusahaan yang melaksanakan pekerjaan tanah telah mempunyai prosedur kualitas sendiri, yang pada saat ini sangat jarang, maka Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus memastikan bahwa prosedur tersebut sesuai dan diikuti.

10.2 AUDIT MUTU

Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus mengaudit semua prosedur pemboran, pendugaan, pengujian, penyimpanan catatan dan semua aktivitas lain pada tahap awal investigasi. Audit harus diulangi terhadap setiap pekerjaan dan setiap unit peralatan yang dipakai.

Audit harus termasuk pemeriksaan terhadap pekerjaan yang dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang dinyatakan dalam SNI, standar lainnya, spesifikasi atau instruksi kontrak. Rekaman audit harus disimpan mengikuti format yang diberikan pada Tabel 10-1.

Tabel 10-1 Audit Kualitas Pekerjaan Lapangan

Proyek Jalan dari X ke Y			Auditor	
Tanggal	Uji	Spesifikasi	Keterangan	Tindakan

Jika tindak lanjut yang dibutuhkan pada rekaman audit ternyata di luar kendali tim investigasi lapangan, atau akan menghasilkan pekerjaan yang tidak

memuaskan, maka Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus menginstruksikan untuk menghentikan pekerjaan tersebut harus hingga kekurangan-kekurangan tersebut bisa diatasi dengan memuaskan.

10.3

ANALISIS DATA

Segara setelah diperoleh data selama penyelidikan tanah, data harus diperiksa konsistensinya.

Pemeriksaan konsistensi sederhana dapat dibuat sebagai berikut:

Tabel 10-2 Pemeriksaan Konsistensi di Lapangan

Bandingkan		
Data 1	Data 2	Referensi
SPT	Deskripsi tanah	
CPT	Deskripsi tanah	
Uji Baling Lapangan	CPT	
CPTu (tekanan pori)	Deskripsi tanah	

Pemeriksaan silang seperti ini minimum diperlukan untuk penyelidikan tanah biasa. Korelasi lebih lanjut untuk penyelidikan Tingkat 1 dijelaskan pada Panduan Geoteknik 3 dan bisa diadopsi di lapangan untuk memberikan peringatan awal akan ketidakkonsistenan data atau kesalahan yang terjadi.

Bila data ditemukan tidak konsisten maka tindakan berikut ini harus diambil:

- 1) lakukan audit lebih lanjut terhadap pekerjaan penyelidikan untuk memperoleh data yang relevan,
- 2) periksa apakah korelasi tersebut tidak tepat untuk lokasi tersebut, dan oleh karenanya apakah dibutuhkan revisi untuk memenuhi keadaan tersebut.

Laporan untuk penyelidikan lapangan dapat disiapkan sebagai sebuah laporan tunggal atau sebagai sebuah seri laporan, yang menyampaikan masalah:

- Studi Meja,
- Survey Peninjauan Lapangan,
- Penyelidikan dan Pengujian Lapangan.

Masing-masing dari laporan ini harus berisi informasi yang disusun di bawah ini. Jika ada bagian yang sesuai tidak dimasukkan dalam Laporan, maka alasan tidak dicantumkan harus diberikan.

Sampul

Sebuah format contoh laporan diberikan pada Panduan Geoteknik 4.

Laporan tersebut harus secara jelas ditandai sebagai:

Awal:	bila tidak semua bagian/isi yang dimaksud dicantumkan
Draf:	bila isi dari laporan telah lengkap, tetapi sedang disirkulasikan untuk dikomentari. Draf tersebut juga dapat memuat isi yang belum diedit.

Final

Tanggal harus selalu ditunjukkan pada sampul.

Daftar Isi

Bagian ini harus mencantumkan secara urut setiap bab dari laporan, dengan nomor halaman. Bagian ini juga harus mencantumkan Tabel, Grafik, Gambar dan Lampiran.

Sebuah format contoh diberikan pada Panduan Geoteknik 4.

Lembar Pemenuhan

Sebuah format contoh diberikan pada Panduan Geoteknik 4.

Jika laporan merupakan laporan Awal atau Draf maka hal ini harus dinyatakan.

Pendahuluan

- Berikan referensi lengkap terhadap Laporan-laporan sebelumnya
- Sebutkan tanggal selama pekerjaan dilakukan
- Sebutkan nama Proyek, nama Institusi, nama Ahli/Teknisi, tujuan penyelidikan dan aspek lain dari pekerjaan tersebut
- Jika Laporan merupakan laporan Awal, sebutkan lingkup pekerjaan yang telah dilakukan dan hal-hal yang masih harus dilakukan.

Gambaran Lokasi

- Sebuah Denah/Peta Lokasi (*Key Plan*) dengan detil yang lengkap sehingga setiap orang dapat menemukan lokasi penyelidikan tersebut. Bagian ini harus menempatkan lokasi penyelidikan yang dikaitkan dengan kota atau kampung terdekat dan harus mencantumkan skala dan arah Utara. Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus menyiapkan Peta Lokasi ini pada saat melakukan Studi Meja dan membuat gambar untuk digunakan pada laporan-laporan lain yang harus dibuat
- Sebuah Denah/Peta Umum (*General Plan*) dengan detil yang lengkap yang menunjukkan detil dari proyek dan lokasi posisi penyelidikan yang dikaitkan ke sistem koordinat lokasi. Penyelidikan yang dilakukan pada tahap awal diukur/mencantumkan jarak dari bangunan permanen yang ada di lokasi. Lokasi ini harus diberi koordinat selama penyelidikan utama
- Titik tetap dan sistem koordinat yang digunakan pada waktu survey yang kaitannya dengan Survey Nasional
- Topografi– sebuah deskripsi yang memadai untuk menempatkan butir-butir berikut dalam konteks termasuk detil elevasi tanah asli, akses untuk penyelidikan lapangan, & sifat-sifat alami lokasi pada saat dilakukan penyelidikan (seperti banjir, sedang ditanami, berhutan, dan sebagainya).

Studi Meja

- Sebuah daftar dari seluruh dokumen yang dipelajari
- Kutipan peta dan gambar yang sesuai
- Penjelasan mengenai informasi dengan kesimpulan dari kondisi tanah yang akan dijumpai dan penjelasan dari Zona Proyek
- Sebuah rencana Zona Proyek sesuai Bab 3 Gambar 3-3.

Peninjauan Lapangan

- Personil yang melakukan peninjauan lapangan
- Penjelasan mengenai informasi yang diperoleh dengan kesimpulan yang diperbarui dari kondisi alami tanah dan Zona Proyek
- Sebuah Zona Proyek yang diperbarui yang sesuai Bab 3 Gambar 3-3

- Rencana desain penyelidikan lapangan dan pengujian laboratorium
- Bila diidentifikasi bahwa bangunan struktur lain dapat terpengaruh oleh kegiatan konstruksi, maka Laporan harus memuat sebuah saran untuk melakukan survey kondisi (*condition survey*) yang lengkap.

Penyelidikan Lapangan

- Kesimpulan dari pekerjaan yang telah dilakukan. Bila ada suatu bagian penting dari penyelidikan tidak dilaksanakan dengan alasan tertentu, maka hal ini harus dinyatakan
- Tipe dan jumlah tiap peralatan yang digunakan harus dinyatakan pada bagian ini
- Tabel yang memuat lokasi dari setiap titik penyelidikan
- Penjelasan metode yang digunakan untuk setiap kegiatan penyelidikan, sondir ataupun pengujian lapangan. Hasilnya harus dimuat dalam sebuah formulir standar dan dapat dicantumkan dalam Lampiran. Jika metode yang digunakan merupakan sebuah standar yang telah dipublikasikan, maka hal ini harus dinyatakan dan metode tersebut tidak perlu dijelaskan lebih lanjut
- Jika terdapat penyimpangan dari prosedur standar yang dilakukan maka hal ini harus dijelaskan pada Laporan.

Referensi

Semua sumber informasi, dan data eksternal lainnya yang digunakan di dalam laporan, harus secara lengkap dicantumkan.

Lampiran

Lampiran dibuat sesuai dengan data tertentu yang diperoleh dari tiap tahapan pekerjaan. Lampiran ini harus mencakup:

- penampang bor awal (berdasarkan penampangan di lapangan dan data pengujian lapangan; penampang akhir hanya dapat disiapkan setelah pengujian laboratorium selesai dilakukan),
- penampang sumur uji awal (*preliminary trial pit logs*),
- penampang pendugaan untuk *Mackintosh probe*, DCPT dan CPTu,
- rekaman uji baling lapangan,
- pengujian permeabilitas lapangan,
- Formulir Pengiriman Contoh,

Sebuah contoh penampang dan rekaman pengujian dicantumkan pada Lampiran A. Format yang berbeda boleh saja digunakan tetapi harus memuat paling tidak semua informasi yang ditunjukkan pada contoh tersebut.

Gambar

Semua gambar harus memuat informasi-informasi berikut:

- untuk semua gambar: skala garis, nomor gambar, referensi terhadap sumber data untuk informasi survey, dan lain-lain,
- untuk denah/peta sebagai tambahan: arah Utara, & kisi-kisi (*grid*).

Data Tambahan

Data mentah dari kegiatan lapangan biasanya tidak dimasukkan dalam laporan. Meskipun demikian, Ahli Geoteknik yang Ditunjuk harus menyimpan arsip data mentah yang diterima dari lokasi dan dari kontraktor penyelidikan lapangan untuk keperluan penelusuran kembali. Termasuk catatan pemboran harian, dan rekaman pengujian lapangan.

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

Andresen A and Kolstad P (1979), *The NGI 54-m samplers for undisturbed sampling of clays and representative sampling of coarser material*, Proceeding International Symposium Soil Sampling, SOA on Current Practice of Soil Sampling, Singapore, 13-21.

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

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

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

Direktorat Jenderal Bina Marga(1994), *Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta, Indonesia.

Holden J C (1971), *Performance of a Device for Sealing Sample Tubes*, Proceeding Specialty Session, Quality in Soil Sampling, 4th Asian Conf., ISSMFE, Bangkok, 58-61.

Hvorslev M J (1949), *Subsurface Evaluation and Sampling of Soils for Civil Engineering Purpose*, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.

ISSMFE (1981), *International Manual for the Sampling of Soft Cohesive Soils*, Tokai University Press, Tokyo, Japan.

La Rochelle P, Leroueil S & Tavenas F (1986), *A Technique for Long-term Storage of Clay Samples*, Canada Geotechnical Journal, 23, 602-605.

Landva A O, Pheeney P E & Merserau, D (1983) *Undisturbed Sampling of Peat*, Testing of Peats and Organic Soils, ASTM STP 820, P M Jarrett (ed.), 141-156.

Mieussens C and Ducasse P (1977) *Mesure en Place Des Coefficients de Permeabilite et Des Coefficients de Consolidation Horizontaux et verticaux*, Canada Geotechnical Journal, 14(1), 76-90.

SNI(1990), *Metoda Pengukuran Kelulusan Air Pada Tanah Zona Tak Jenuh Dengan Lubang Auger*, SK-SNI-M-56-1990-F, 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.

Tavenas F, Tremblay M, Larouche G & Leroueil S (1986), *InSitu Measurement of Permeability in Soft Clays*, Use of InSitu Tests in Geotechnical Engineering, Special Publication No 6, In Situ '86, Virginia Tech, 1034-1048.

SALINAN

Lampiran A

Ceklis dan Formulir Pencatatan

CATATAN DATA PROYEK

Proyek _____
 Lokasi Dari _____ T _____ U/S
 Hingga _____ T _____ U/S
 Grid Lokasi _____ Elevasi Datum Lokasi _____
 Peta/Denah Kunci _____ No Gambar _____
 Rute Lokasi atau Koridor* _____ No Gambar _____
 Layout Plan & Profil _____ No Gambar _____
 Penampang Melintang Tipikal _____ No Gambar _____
 Utilitas _____ No Gambar _____

Kelas Jalan _____
 Perkiraan Volume Lalu Lintas _____
 Elevasi Banjir Desain _____

Waktu Pelaksanaan _____
 Tanggal Mulai Pelaksanaan _____
 Lokasi Struktur _____
 <Tabel>
 Informasi Lain

Catatan _____

Nama _____ Tanda Tangan _____
 Ahli Geoteknik yang Ditunjuk Tanggal _____

Catatan
 *Coret jika tidak sesuai
 Seluruh isian harus dilengkapi
 Jika tidak diperoleh informasi yang dibutuhkan, maka isian harus dinyatakan sebagai
Tidak Tersedia
 Jika informasi tidak tersedia dan data merupakan hasil asumsi, maka sebutkan pada isian sebagai
(Diasumsikan)
 Catatan Data Proyek harus diperbarui jika data yang sebelumnya tidak tersedia telah diperoleh.

Proyek

Ceklis untuk Studi Meja

Data terdahulu yang dikumpulkan

Peta yang dikumpulkan

Peta topografi

Peta geologi

Peta dasar

Peta geohidrologi

Foto udara

Pengkajian informasi terdahulu

Rencana penyelidikan lapangan

Ahli Geoteknik yang Ditunjuk _____

Tanggal _____

Ceklis 1 Ceklis untuk Studi Meja

Proyek

Ceklis untuk Peninjauan Lapangan	
Penelusuran rute dengan jalan kaki	<input type="checkbox"/>
Inspeksi jalan yang ada	<input type="checkbox"/>
Inspeksi bangunan yang ada	<input type="checkbox"/>
Pemeriksaan bukaan (<i>exposure</i>) yang ada	
Parit	<input type="checkbox"/>
Galian	<input type="checkbox"/>
Tebing Sungai	<input type="checkbox"/>
Dasar Sungai	<input type="checkbox"/>
Pengamatan Tanah Permukaan	<input type="checkbox"/>
Inspeksi sumur-sumur yang berdekatan	<input type="checkbox"/>
Mengunjungi kantor PU (Kimpraswil) setempat	<input type="checkbox"/>
Mengunjungi lokasi kuari	<input type="checkbox"/>
Mencatat pemanfaatan lahan	<input type="checkbox"/>
Meminta informasi dari pengguna lahan	<input type="checkbox"/>
Pemotretan	<input type="checkbox"/>
<hr/>	
Ahli Geoteknik yang Ditunjuk _____	
Tanggal _____	
Ceklis 2 Peninjauan Lapangan	

Isi Penampang Pemboran (*Boring Log*)

Sebuah penampang pemboran harus memuat minimum informasi berikut:

1. Deskripsi dan klasifikasi untuk setiap lapisan tanah, dan kedalaman dari setiap lapisan, jenis tanah, warna, tekstur dan kekuatan
2. Kedalaman dimana contoh tanah diambil, jenis contoh tanah yang diambil, dan ada tidaknya kegagalan sampel yang diambil
3. Kedalaman dimana uji lapangan dilakukan dan hasilnya
4. Informasi yang umumnya dibutuhkan dalam suatu format penampang, seperti:
 - Nomor pemboran dan lokasinya
 - Tanggal mulai dan selesainya pemboran
 - Nama operator pemboran (dan orang yang membuat penampang, jika ada)
 - Elevasi permukaan lubang
 - Kedalaman lubang dan alasan penghentian
 - Diameter setiap tabung yang digunakan
 - Deskripsi dan ukuran alat pengambil contoh (termasuk alat bantu yang digunakan dan tipe pengambil contoh)
 - Tipe mesin bor yang digunakan
 - Ukuran lubang bor
 - Tipe dan ukuran dari penginti yang yang digunakan (jika ada)
 - Angka Pemulihan dari contoh dalam meter
 - Identifikasi Proyek
 - Klien
5. Catatan mengenai informasi lain yang berhubungan dan berbagai kondisi yang ditemui, seperti:
 - Kedalaman dari elevasi muka air yang diamati, waktu sejak penyelesaian pemboran, kondisi pada saat pengamatan dilakukan, dan perbandingannya dengan elevasi yang didapat pada saat tahapan Peninjauan lapangan (jika ada)
 - Tekanan air artesis (jika ada)
 - Gangguan yang ditemui
 - Kesulitan dalam pemboran (runtuh, gerakan tanah atau munculnya pasir pada pipa lindung, adanya lubang besar dalam tanah, dan lain-lain)
 - Kehilangan air sirkulasi dan tambahan air pemboran ekstra
 - Lumpur pemboran dan pipa lindung yang dibutuhkan dan alasan dibutuhkananya (jika ada)
 - Aroma dan warna dari contoh yang diperoleh
 - Kecepatan pemboran
6. Warna air sirkulasi dan sisa tanah, dan lain-lain.

PELABELAN CONTOH TANAH

CATATAN CONTOH

Nama Proyek :

Lokasi :

Referensi Lokasi :

Referensi Lubang :

Referensi Contoh:

Tipe Contoh : Terganggu / Tak Terganggu

Tanah

Kedalaman (m) :

Tanggal :

Teknisi :

Tanda tangan :

Formulir Pencatatan Harian

Nama Proyek

Daerah Lokasi Lubang Bor

Mesin Bor Tanggal

Metode Pemboran No. Formulir

Diameter

Pencatatan Lapisan

Dari	Sampai Dengan	Pipa Lindung	Deskripsi

Pengambilan Contoh Tanah

Dari	Sampai Dengan	Jumlah	Tipe

Dari	Sampai Dengan	Jumlah	Tipe

Muka Air

Waktu			
Kedalaman Pipa Lindung			
Kedalaman Lubang			
Kedalaman terhadap Muka Air			

Pipa Ukur Tegak

Kedalaman		
Tipe		

Keterangan :

Nama Teknisi

Cuaca

DESKRIPSI CONTOH TANAH

PROYEK : LOKASI :
 NO. LOKASI : NO LUBANG BOR :

No. Contoh	Identifikasi Tanah	Tipe Contoh Tanah	Kedalaman (m)		Panjang Contoh Tanah (cm)	Angka Pemulihan (%)	Keterangan
			Dari	Sampai			

Koordinator Lapangan

Tanggal

Tanda Tangan

Koordinator Laboratorium

Tanggal

Tanda Tangan

Proyek : Lokasi : No. Lubang : No. Formulir :

Koordinator Lapangan	Tanggal : <input type="text"/>	Tanda Tangan : <input type="text"/>
Koordinator Laboratorium	Tanggal : <input type="text"/>	Tanda Tangan : <input type="text"/>

Proyek _____

Skedul Laboratorium

Formulir _____

Lubang Bor	No. Contoh Tanah	Kedalaman (m)	Unit Tanah Awal	Uji Kadar Air	Uji Batas Cair dan Batas Plastis	Uji Berat Isi Curah	Uji Berat Jenis	Uji Kadar Organik	Uji Gradasi	Uji Hidrometer	Uji Kuat Tekan Bebas	Uji Baling Laboratorium	Uji Triaksial			Uji Geser Langsung	Uji Konsolidasi Odometer	Uji Permeabilitas	pH	SO ₄	CO ₃
													UU	CU	CD						

Lampiran B

Contoh Desain
Penyelidikan Lapangan

Proyek _____
Skedul Penyelidikan Lapangan

Metode	Jumlah	Lokasi (km)	Tujuan	Kedalaman (m)
Sumur Uji	3	4+450, 4+500, 4+525	1+ mengidentifikasi fondasi jalan	1.50
Bor Tangan	4	4+700, 4+710, 4+715, 4+720	Menentukan batas dari unit tanah 1	6.0
Pemboran	4	4+620, 4+630 4+650, 4+750	1+ fondasi jembatan 1+ fondasi jembatan+bendungan sementara (<i>cofferdam</i>) 1+ fondasi jembatan 1	26 26 26 15
DCPT	16	4+450, 4+500, 4+540, 4+575 4+605(2), 4+620(2), 4+650(2), 4+660(2), 4+670, 4+700, 4+725, 4+775	Mengidentifikasi tipe dan batasan unit tanah dan korelasinya dengan lubang bor	26m atau menghindari lokasi fondasi jembatan 15m pada areal timbunan
Piezocene Termasuk Uji Disipasi	2	4+650, 4+750	CPT + identifikasi permeabilitas	15
Uji Baling-baling	3	4+610, 4+650, 4+700	Penilaian atas kuat geser dari unit tanah 1,2, dan 3	10
Pengambilan Contoh Tanah dengan Piston	4	4+620, 4+630 4+650, 4+750	Sampel tak terganggu	10
Pengintian (<i>coring</i>)	4	4+620, 4+630 4+650, 4+750	Penampangan fabrik dan pengujian indeks	26

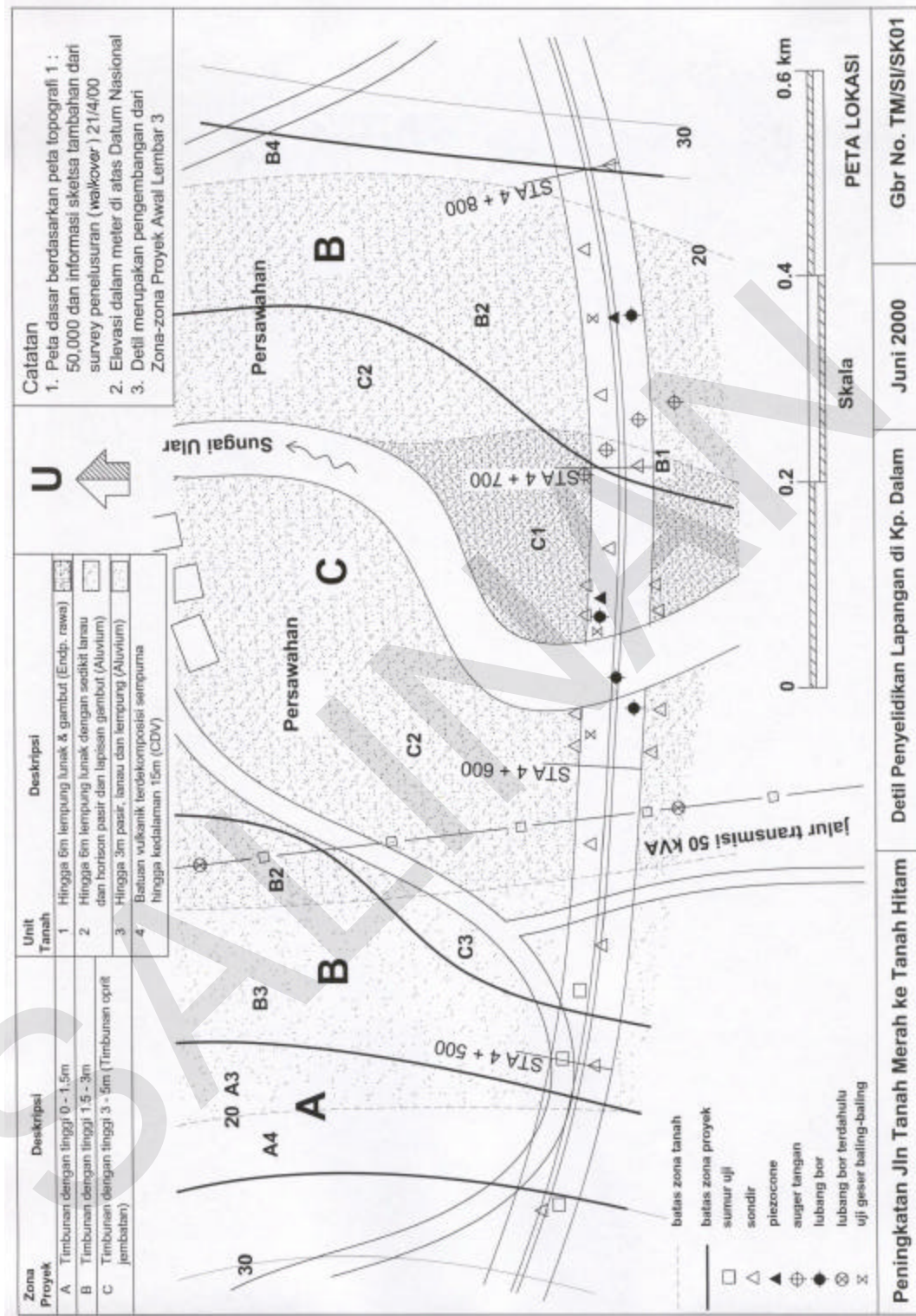
Catatan:

- 1) = identifikasi terhadap jenis tanah dan pengambilan contoh tanah,
- 2) = pengujian untuk desain fondasi jembatan di bawah zona tanah lunak tidak dimasukkan dalam contoh ini.

Ahli Geoteknik yang Ditunjuk _____
Tanggal _____

Gambar B1 Contoh Skedul Penyelidikan Lapangan untuk Areal Tanah Lunak

1. DCPT harus dilakukan pada tahap awal penyelidikan lapangan,
2. Ahli Geoteknik yang Ditunjuk akan menentukan kedalaman pendugaan, lubang bor, pemboran tangan, uji baling-baling, dan pengambilan contoh tanah setelah menerima hasil dari DCPT,
3. Ahli Geoteknik yang Ditunjuk akan memberikan informasi mengenai skedul akhir penyelidikan lapangan yang merumuskan kedalaman dari pekerjaan penyelidikan tersebut.



Gambar B2 Contoh Peta/Denah Lokasi Penyelidikan Lapangan

Proyek _____

Skedul Pengujian Laboratorium Awal

No. Lembar _____

Lubang Bor	No. Contoh Tanah	Kedalaman (m)	Unit Tanah Awal	Uji Kadar Air	Uji Batas Cair dan Batas Plastis	Uji Berat Isi Curah	Uji Berat Jenis	Uji Kadar Organik	Uji Gradasi	Uji Hidrometer	Uji Kuat Tekan Bebas	Uji Baling Laboratorium	Uji Triaksial			Uji Geser Langsung	Uji Konsolidasi Odometer	Uji Permeabilitas	pH	SO ₄	CO ₃
													UU	CU	CD						
BH1	PS1/1	2	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓				
	PS1/2	4	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓	✓
	PS1/3	8	2	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓			✓				
	CS1/1	1	2		✓		✓	✓	✓												
	CS1/2	3	2		✓		✓	✓	✓												
	CS1/3	5	2		✓		✓	✓	✓												
	CS1/4	7	2		✓		✓	✓	✓												
	CS1/5	9	2		✓		✓	✓	✓												

Gambar B3 Contoh dari Skedul Pengujian Laboratorium Awal untuk BH1 (BH lainnya tidak dimasukkan dalam contoh ini)

Daftar Istilah Teknik

BAHASA INDONESIA

abu gunung api
abutmen
adhesi
ahli geoteknik
air bebas ion
air bebas udara
air tanah
aksi pelengkungan
alami, asli
albit
alinyemen
aliran
alkalinitas
alofan
aluvial
aluvium
amfibol
analisis butiran
analisis saringan
angka pori
anisotropi
anortosit
anotit
antofilit
arloji penunjuk
atapulgite
augit
awal
ayakan
bahan tak terpakai
baja nir karat, baja tahan karat
baling laboratorium
banjir rencana
basal
batas cair
batas plastis
batas susut
batas-batas Atterberg
batu pori
batuan beku
batuan induk
batuan malihan
batuan sedimen
beban aksial
beban batas
beban lebih
beban siklik
beban tambahan
benda uji
berat isi
berat jenis
berbongkah
bercelah
berem

ENGLISH

volcanic ash
abutment
adhesion
geotechnical engineer
deionized water
deaired water
groundwater
arching action
natural
albite
alignment
flow
alkalinity
allophane
alluvial
alluvium
amphibole
grading analysis
sieve analyses
void ratio
anisotropy
anorthosite
anorthite
anthophyllite
dial gauge
attapulgit
augite
preliminary
sieve
waste material
stainless steel
laboratory vane
design flood
basalt
liquid limit
plastic limit
shrinkage limit
Atterberg limits
porous stone
igneous rock
parent rock
metamorphic rocks
sedimentary rock
axial load
ultimate load
overburden
cyclic loading
surcharge
specimen
unit weight
specific gravity
blocky
fissured
berm

BAHASA INDONESIA (lanjutan)

ENGLISH

berem pratibobot	<i>counterweight berm</i>
berem tekan	<i>pressure berm</i>
berlapis	<i>stratified</i>
berlensa	<i>lensed</i>
biotit	<i>biotite</i>
bor	<i>auger</i>
bor inti	<i>core drilling, core drill</i>
bor mesin	<i>rotary drilling machine</i>
bor tangan	<i>hand auger</i>
cair	<i>liquid</i>
ceklis	<i>checklist</i>
cetakan	<i>mold, mould</i>
cincin cetak konsolidasi	<i>consolidation ring</i>
cincin karet-O	<i>O-ring seal</i>
cincin pemotong, cincin pembentuk	<i>trimmer, cutting ring</i>
cincin pengukur beban	<i>proving ring</i>
contoh tanah	<i>soil sample</i>
contoh tanah blok	<i>block sample</i>
contoh tanah dipadatkan	<i>compacted sample</i>
contoh tanah inti	<i>core sample</i>
dasit	<i>dasite</i>
dataran banjir, bantaran banjir	<i>flood plain</i>
daya dukung	<i>bearing capacity</i>
deformasi, perubahan bentuk	<i>deformation</i>
degradasi	<i>degradation</i>
dekomposisi	<i>decomposition</i>
denah kunci, peta kunci	<i>key plan</i>
derajat kejenuhan	<i>degree of saturation</i>
desikasi	<i>desiccation</i>
desikator	<i>desiccator</i>
dilatansi	<i>dilatancy</i>
disipasi	<i>dissipation</i>
dolomit	<i>dolomite</i>
drainase	<i>drainage</i>
dukungan penuh	<i>full support</i>
dukungan setempat	<i>local support</i>
eksavator	<i>excavator</i>
ekstensometer batang	<i>rod extensometer</i>
ekstensometer magnetik	<i>magnetic extensometer</i>
ekstensometer penduga	<i>probe extensometer</i>
ekstruder	<i>extruder</i>
elevasi muka air	<i>water level</i>
eligosen	<i>eligocene</i>
endapan	<i>deposit</i>
endapan bawah air	<i>sub aquatic sediment</i>
endapan lakustrin	<i>lacustrine deposits</i>
eosen	<i>eocene</i>
fabrik	<i>fabric</i>
fayalit	<i>fayalite</i>
felspar	<i>feldspar</i>
fibrik	<i>fibric</i>
fibros, berserat	<i>fibrous</i>
firm	<i>firm</i>

BAHASA INDONESIA (lanjutan)

ENGLISH

fitur
fondasi
forsterit
foto udara
friksi kulit
friksi, gesek
galian dan timbunan
gambut
gambut amorfos
gaya angkat
gempa
geogrid
geosel
geosintetis
geotekstil
getas
gorong-gorong
gradien hidrolik
granitoid
granodiorit
grid, kisi-kisi
gruting
halloysit
hambatan lekat
hemik
hipersten
holosen
homogen, homogenos
ilit
indeks
indeks plastis
indeks plastisitas
indikator gelincir
inklinasi
inklinometer
instrumentasi
jaman jura
jaman kuarter
jejak drainase, lintasan drainase
jenuh air
jumlah hambatan lekat
kadar air
kadar air
kadar organik
kaji ulang
kaldera
kalsit
kaolinit
kapasitas aksial
katup
keaktifan lempung
keasaman
keawetan

*feature
foundation
forsterite
aerial photograph
skin friction
friction
cut and fill
peat
amorphous peat
uplift
earthquake
geogrid
geocells
geosynthetics
geotextile
brittle
box culvert
hydraulic gradient
granitoid
granodiorite
grid
grouting
halloysite
sleeve friction
hemic
hyperstene
holocene
homogenous
illite
index
plastic index
plasticity index
slip indicator
inclination
inclinometer
instrumentation
jurassic
quaternary
drainage path
saturated
total friction
moisture content
water content
organic content
review
caldera
calcite
kaolinite
axial capacity
valve
clay activity
acidity
durability*

BAHASA INDONESIA (lanjutan)

ENGLISH

kedalaman penuh
kegambutan
kekar
kelanauan
kelecakan, mudah diolah
kelempungan
kemiringan
kenosoid
kenosoik
kepadatan
kepadatan basah
kepadatan curah
kepadatan massa
kepala tiang
kepasiran
kerak
keras
kerikil
kering udara
kohesi
kohesif
kolom batu
kompresi, tekanan
kompresibel
kompresibilitas, kemampatan
konglomerat
konsistensi
konsolidasi
konstruksi
konstruksi bertahap
konus
konus mantel
koridor
kraton
kualitas contoh tanah
kuari
kuat geser
kuat geser
kuat geser puncak
kuat tarik
kuat tekan
labu gelas
laminar
lanau
lantai kerja
lapangan
lapangan
lapangan, lokasi
lapis fondasi bawah
lapis tipis
lapisan bawah
lapisan bawah permukaan
lapisan penyerap

full depth
peaty
joint
silty
workability
clayey
gradient
cenozoid
cenozoic
density
wet density
bulk density
mass density
pile cap
sandy
crust
hard
gravel
air dry
cohesion
cohesive
stone column
compression
compressible
compressibility
conglomerate
consistency
consolidation
construction
staged construction
cone
mantle cone
corridor
craton
sample quality
quarry
shear strength
strength
ultimate shear strength
tensile strength
compressive strength
picnometer
laminar
silt
platform
field
insitu
site
sub base
lamina
substrata
subsurface
absorbed layer

BAHASA INDONESIA (lanjutan)

ENGLISH

laporan singkat desain
larutan supernatan
lateral
latit
lempeng
lempung
lempung gemuk
lempung kurus
lempung marin
lendutan
letusan vulkanik
likuiditas
limonit
lintasan tegangan
lumpur pemboran
mafik
makrofabrik
manual
mata bor
material induk
material lolos air
matras
membran karet
mesosoik, mesosoikum
metode ekstraksi air
metode gravimetrik
metode lilin
mika
mikrofabrik
miosen
mistar perata
modulus Young
monmorilonit
monsodiorit
monsogabro
monsonit
muskovit
neogen
nontronit
odometer
oksidasi dikromat
oligosen
olivin
olv in
ombrogenos, ombrogenik
oprit jembatan
orogen
ortoklas
otogenesis
paleogen
paleosen
paparan sunda
parit

design brief
supernatent solution
lateral
latite
plates
clay
fat clay
lean clay
marine clay
deflection
volcanic eruption
liquidity
limonite
stress path
drilling mud
mafic
macrofabric
manual
bit
parent material
free draining material
mattress
rubber membrane
mesozoic
water extract method
gravimetric method
wax method
mica
microfabric
miocene
straight edge
Young modulus
montmorillonite
monzodiorite
monzogabbro
monsonite
muscovite
neogene
nontronite
oedometer
dichromate oxidation
oligocene
olivine
olvine
ombrogenous
bridge approach
orogeny
orthoclase
authogenesis
paleogene
paleocene
sunda shelf
trench

BAHASA INDONESIA (lanjutan)

ENGLISH

patok geser	<i>offset peg</i>
pekerjaan tanah	<i>earthwork</i>
pelapukan	<i>weathering</i>
pelat bertiang, kaki seribu	<i>piled slab</i>
pelat penurunan	<i>settlement plate</i>
pelepasan tegangan	<i>stress relief</i>
pelindihan	<i>leaching</i>
peluang, probabilitas	<i>probability</i>
pemancangan desak	<i>driven displacement</i>
pemantauan	<i>monitoring</i>
pembacaan awal	<i>initial reading</i>
pembentuk rongga	<i>void former</i>
pemberat	<i>weights</i>
pembobotan	<i>weighting</i>
pemboran putar	<i>rotary drilling</i>
pembusukan	<i>humification</i>
pemeraan	<i>plotting</i>
pemeriaan	<i>description</i>
pemeriaan tanah	<i>soil description</i>
penambahan beban	<i>surcharging</i>
penampang	<i>log</i>
penampangan	<i>logging</i>
penanda penurunan	<i>settlement marker</i>
penanda penurunan permukaan	<i>surface settlement marker</i>
penanganan contoh tanah	<i>sample handling</i>
pendebuan	<i>dusting</i>
pendugaan	<i>sounding</i>
penetrasi	<i>penetration</i>
penetrometer konus	<i>cone penetrometer</i>
pengambil contoh berdinding tipis	<i>thin walled sampler</i>
pengambil contoh piston	<i>piston sampler</i>
pengambil contoh piston bebas	<i>free piston sampler</i>
pengambil contoh tekan	<i>push sampler</i>
pengambil contoh tumbuk	<i>drive sampler</i>
pengambil contoh tumbuk terbuka	<i>open drive sampler</i>
pengambilan contoh blok	<i>block sampling</i>
pengambilan contoh tanah	<i>sampling</i>
pengembangan	<i>swelling</i>
pengeringan	<i>dewatering</i>
penggantian	<i>replacement</i>
penggembungan	<i>heaving</i>
pengujian	<i>testing</i>
pengukur deformasi	<i>deformation gauge</i>
pengukur tekanan	<i>pressure gauge</i>
peninjauan lapangan	<i>reconnaissance</i>
pneumatik	<i>pneumatic</i>
penurunan	<i>settlement</i>
penurunan beda	<i>differential settlement</i>
penurunan segera	<i>immediate settlement</i>
penyalir	<i>drain</i>
penyalir alami	<i>natural drain</i>
penyalir horisontal	<i>horizontal drain</i>
penyalir pasir	<i>sand drain</i>

BAHASA INDONESIA (lanjutan)

penyalir vertikal
penyelidikan
penyelidikan lapangan
penyelidikan tanah
perawatan
perbaikan tanah
perbaikan tanah
periode ulang
perkuatan
perlapisan
permeabilitas
permeameter yang membor sendiri
perpindahan
perpindahan tanah vertikal
persiapan basah
persiapan kering
peta geologi
peta topografi
pipa lindung
pipa penghantar
pipa ukur tegak
pirofilit
piroksen
pisometer
piston tetap
plagioklas
planar
pleistosen
pliosen
porositas
prakonsolidasi
pressuremeter bor
punggungan bukit
rangkai
rasio friksi
rasio pemulihan, angka pemulihan
rasio Poisson
rasio susut
rawa bakau
rawa hulu
regangan
regangan aksial
rekompresi
remasan
rembesan
rencana, denah
resen
residual
retakan sineresis
riolit
rongga udara
salinitas
sampel, contoh tanah

ENGLISH

vertical drain
investigation
site investigation
ground investigation
curing
ground improvement
ground treatment
return period
reinforcement
layering
permeability
self boring permeameter
displacement
vertical earth displacement
wet preparation
dry preparation
geological map
topographical map
casing
access tube
standpipe
pyrophyllite
pyroxene
piezometer
fixed piston
plagioclase
planar
pleistocene
pliocene
porosity
preconsolidation
self boring pressure meter
ridge
creep
friction ratio
recovery ratio
Poisson ratio
shrinkage ratio
mangrove swamp
back marsh
strain
axial strain
recompression
remoulded
seepage
plan
recent
residual
syneresis crack
rhyolite
void
salinity
sample

BAHASA INDONESIA (lanjutan)

saprik
sedimentasi, pengendapan
segregasi
sel beban
sel hidrolik
selang ganda
selimut pasir
selongsong gesek
senit
sensitivitas
serat
serpentin
sesar
sifat teknik tanah
siklus logaritmik
skuising
soket, penyambung pipa
sondir
spatula
spesialis geoteknik
stabilitas
stif
strata
stratifikasi
stratigrafi
struktur teknis
struktur terdispersi
struktur terflokulasi
studi kelayakan
studi meja
subduksi
sudut geser dalam
suhu pijar
sumur uji
surut
suspensi
susut
tabung penginti tipis
tabung penginti, penginti
tahanan konus
tahanan kulit
tak berkelangsungan
tak dapat terbakar
tak jenuh
tak terdesak
tak terdrainase
tak terkonsolidasi
tanah bawah permukaan
tanah dasar
tanah lunak
tanah mineral or ganik
tanah residual
tanggul

ENGLISH

sapric
sedimentation
segregation
load cell
hydraulic cell
twin tubing
sand blanket
friction sleeve
syenite
sensitivity
fibre
serpentine
fault
engineering soil properties
log cycle
squeezing
coupling
Dutch Cone Test
spatula
geotechnical specialist
stability
stiff
stratum
stratification
stratigraphy
engineering structure
dispersed structure
floculated structure
feasibility study
desk study
subducts
internal friction angle
ignition temperature
test pit
draw down
suspension
shrinkage
thinwall tube
core barrel
cone resistance
skin resistance
non sustainable
incombustible
unsaturated
non displacement
undrained
unconsolidated
subsoil
sub grade
soft soil
organo-mineral soil
residual soil
levee

BAHASA INDONESIA (lanjutan)

tata letak
tegangan
tegangan deviator
tegangan geser
tegangan prinsipal
tegangan total
tekanan air pori
tekanan balik
tekanan ke atas
tekanan kekang
tekanan pori berlebih
terangkut
terdrainase
terganggu
terkonsolidasi
terkonsolidasi tak terdrainase
terkonsolidasi terdrainase
terkonsolidasi-kurang
terkonsolidasi-lebih
terlaminasi
terlipat
tiang pancang bor
timbunan
timbunan bertiang
timbunan percobaan
tinggi tekan tetap
tinggi tekan turun
titik penyelidikan
titik tetap, patok tetap
topogenos
torsi
tracit
transduser
tremolil
triaksial
triaksial CD
triaksial CU
triaksial UU
triasik
turap baja
tutup pipa, tutup ujung
uji
uji baling lapangan
uji dilatometer datar
uji geser baling
uji geser langsung
uji hilang pijar
uji konsolidasi
uji pembebanan
uji penetrasi konus
uji penetrasi standar
uji pressuremeter
uji tekan

ENGLISH

layout
stress
deviator stress
shear stress
principal stress
total stress
pore water pressure
back pressure
uplift pressure
confining pressure
excess pore pressure
transported
drained
disturbed
consolidated
consolidated undrained, CU
consolidated drained, CD
under consolidated
overconsolidated
laminated
folded
bored pile
embankment
piled embankment
trial embankment
constant head
falling head
exploratory point
benchmark
topogenous
torque
trachyte
transducer
tremolite
triaxial
triaxial CD
triaxial CU
triaxial UU
triassic
sheet pile
end cap
test
field vane test
flat dilatometer test
vane shear test
direct shear test
loss on ignition test
consolidation test
loading test
cone penetration test
standard penetration test
pressuremeter test
compression test

BAHASA INDONESIA
(lanjutan)

uji tekan bebas
ujung bertekanan udara tinggi
unit tanah
variasi litologi
vermikulit
wadah contoh tanah
zona
zonasi

ENGLISH

unconfined compression test
high air entry tip
soil unit
lithological variation
vermiculite
sample container
zone
zoning

SALINAN

Peserta dan Ucapan Terima Kasih

Penyiapan Panduan Geoteknik ini dilakukan oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Bandung melalui Kontrak Proyek Tahap 2 *Indonesian Geotechnical Materials and Construction Guides*.

Pekerjaan tersebut dilaksanakan antara bulan Nopember 1999 dan April 2002.

Tim Pusat Litbang Prasarana Transportasi:

Dr. Ir. Hedy Rahadian, MSc., Ir. GJW Fernandez, Dayat, B.E.,
Lanalyawati, B.E., Iyus Rusmana, B.E., Drs. Bambang Purwadi,
Ir. Saroso B.S., Ir. Suhaimi Daud, Drs. Suherman, Ir. Benny
Moestofa, Ir. Rudy Febrijanto, M.T., Ir. Deddi Soettedi, Rakhman
Taufik, S.T., Ir. Djoko Oetomo, Dian Asri, S.T., Slamet Prabudi,
S.T., Endang Suwanda, Ahmad Rusdi, Ir. Haliema Armela, Irdam
Buyung Adik, Wachjoe Poernama, Sumarno, Silvester Fransisko,
Ahmad Jaenudin, Hartiti Rochkyatun, Yayah Rokayah, Maman
Suherman, Purbo Santoso, Wagiman, Deni Hidayat.

Konsultan Proyek terdiri atas WSP International bekerjasama dengan PT Virama Karya dan PT Trikarla Cipta

Staf Konsultan:

Michael Ellis, Alan Rachlan, MSc., Jeremy Burton,
Dr. Jim McElvaney, Tony Barry, Ir. Suprpto,
Ir. A. E. Sulistiadi, Ir. Tata Peryoga, M.T., Ir. Budi Satriyo,
Sugeng Parwoto, Susilowati, Renny Susanty.

Pengkaji eksternal Panduan Geoteknik, oleh:

Abdul Aziz Djajaputra, Prof. Dr. Ir.	(ITB – Bandung)
Agus Darmawan, Dr. Ir.	(UGM – Yogyakarta)
Agita W., Ir. MSc.	(Bintek – Jakarta)
Bigman Hutapea, Dr. Ir.	(HATTI – Bandung)
Damrizal Damoerin, Ir. MSc.	(UI – Jakarta)
Deliana, Ir.	(Bintek SDA – Jakarta)
Enny, Ir.	(Set Balitbang – Jakarta)
Gogot S. Budi, Dr. Ir.	(Univ. Kristen Petra – Surabaya)
Irawan Firmansyah, Ir. MSCE.	(PT Wiratman Ass – Jakarta)
Jawali Marbun, Dr. Ir.	(Dept. Kimpraswil – Jakarta)
Kabul Basah S., Dr. Ir.	(UGM – Yogyakarta)
Khaidir A. Makarim, Dr. Ir.	(HATTI – Jakarta)
Masyhur Irsyam, Dr. Ir.	(ITB – Bandung)
Paulus P Rahardjo, Prof. Dr. Ir.	(UNPAR – Bandung)
Richard Langford Johnson	(Proyek PMU SURIP)
Sudaryono, M.M. Dr. Ir.	(HPJI – Jakarta)
Tatang Sutardjo, Ir. MEng.	(Puslitbang Pengairan–Bandung)
Yayan Suryana, Ir., MSc.	(Bintek – Jakarta)
Yun Yunus Kusumahbrata, Dr. Ir	(Puslitbang Geologi – Bandung)

Para penyusun Panduan ingin menyampaikan ucapan terima kasih atas dukungan yang telah diberikan oleh:

Ir. Frankie Tayu, dan Ir. Hendro Ryanb, MengSc. (alm)	Mantan Kepala Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Dr. Ir. Syahdanulirwan, MSc.	Kepala Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Dr. Ir. Hikmat Iskandar,	Kepala Bidang Tata Operasional, Pusat Litbang Prasarana Transportasi

Dan Bambang Dwiyanto, M.Sc. Kepala Puslitbang Geologi atas dukungan serta ijin penggunaan peta geologi Indonesia.

SALINAN

Informasi Hubungi:

Pusat Litbang Prasarana Transportasi

JI Raya Timur 264

Bandung 40294

Indonesia

Telp +62 (0)22 7802251-3

Email pusjal@melsa.net.id