

Prakata

Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air ini dibahas dalam Gugus Kerja Geoteknik, Bendungan dan Waduk pada Sub Panitia Teknik Sumber Daya Air yang berada di bawah Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan Sipil, Departemen Pekerjaan Umum.

Penulisan pedoman ini mengacu pada Pedoman BSN No. 8 Tahun 2000 dan ketentuan terkait lainnya yang berlaku serta telah mendapat masukan dan koreksi dari ahli bahasa.

Perumusan pedoman ini dilakukan melalui proses pembahasan pada Gugus Kerja, Prakonsensus dan Konsensus yang melibatkan para narasumber dan pakar dari berbagai instansi terkait sesuai dengan Pedoman BSN No.9 Tahun 2000. Konsensus pedoman ini dilaksanakan oleh Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan Sipil, Departemen Pekerjaan Umum pada tanggal 7 Oktober 2004 di Puslitbang Sumber Daya Air.

Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air terdiri atas 3 volume yaitu **Volume I Penyusunan program penyelidikan, metode pengeboran dan deskripsi log bor.**

Volume II Pengujian lapangan dan laboratorium.

Volume III Interpretasi hasil uji dan penyusunan laporan penyelidikan geoteknik.

Pedoman ini merupakan volume I dari judul utama Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air yang menguraikan secara lengkap prinsip-prinsip dan penyusunan program penyelidikan geoteknik yang melingkupi jenis bangunan, peninjauan lapangan, dan perencanaan penyelidikan geoteknik; metode pengeboran dan pengambilan contoh tanah dan batuan yang meliputi penyelidikan tanah dan batuan, dan pedoman keamanan pengeboran; serta deskripsi log bor yang meliputi antara lain identifikasi perlapisan dan klasifikasi tanah untuk setiap lokasi dan elevasi pengeboran, serta prosedur deskripsi log bor.

Pedoman ini mengacu pada *guidelines "Manual on Subsurface Investigations"* (FHWA NHI-01-031) dan standar serta pedoman terkait lainnya yang berlaku, seperti dijelaskan dalam Pasal 2 Acuan normatif.

Pedoman ini dimaksudkan untuk mengetahui program penyelidikan geoteknik, metode pengeboran dan deskripsi log bor agar diperoleh identifikasi dan klasifikasi perlapisan tanah, karakteristik perlapisan tanah dan kondisi muka air tanah, yang akan digunakan dalam analisis geoteknik untuk perencanaan awal suatu desain konstruksi bangunan air. Oleh karena itu, pedoman ini diharapkan dapat bermanfaat bagi petugas survei dan investigasi (penyelidikan), laboran, petugas lapangan, teknisi, perencana dan pelaksana, dan semua pihak (instansi) yang terkait dalam pembangunan bangunan air.

Pendahuluan

Dalam membangun infra struktur bangunan air biasanya perlu dilakukan beberapa tahapan kegiatan mulai dari survei dan investigasi, kemudian desain, *land aquisition* dan konstruksi bangunan serta dilanjutkan dengan operasi dan pemeliharaan, yang dikenal dengan istilah *SIDLACOM*. Salah satu tahapan penting yang perlu dilakukan adalah survei dan investigasi untuk mendesain bangunan dan fondasinya, agar konstruksi bangunan dapat memikul beban-beban secara aman tanpa mengalami deformasi yang berlebihan, sehingga bangunan berada dalam keadaan stabil selama umur layannya.

Pada umumnya sistem bangunan air dibangun di atas permukaan tanah dan batuan, dan kadang-kadang juga menggunakan bahan tanah dan batuan sebagai bahan konstruksi. Sehubungan dengan keberhasilan konstruksi sistem bangunan air tersebut, tidak terlepas dari kondisi geoteknik di sekitar lokasi proyek yang akan dibangun. Karakteristik perlapisan tanah dan batuan serta ketersediaan bahan bangunan perlu diselidiki secara terperinci.

Di Indonesia sampai saat ini belum ada suatu pedoman cara-cara penyelidikan geoteknik yang berlaku umum untuk bangunan air, sehingga perlu disusun satu pedoman yang berlaku umum untuk fondasi bangunan air. Sehubungan dengan hal tersebut, maka disusun pedoman yang merupakan acuan secara lengkap dengan judul utama "**Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air**" yang terdiri atas 3 volume yaitu

- Volume I** Penyusunan program penyelidikan, metode pengeboran dan deskripsi log bor.
- Volume II Pengujian lapangan dan laboratorium.
- Volume III Interpretasi hasil uji dan penyusunan laporan penyelidikan geoteknik.

Pedoman ini merupakan volume I dari judul utama Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air yang menguraikan secara lengkap prinsip-prinsip dan penyusunan program penyelidikan geoteknik yang melingkupi jenis bangunan, peninjauan lapangan, dan perencanaan penyelidikan geoteknik; metode pengeboran dan pengambilan contoh tanah dan batuan yang meliputi penyelidikan tanah dan batuan, dan pedoman keamanan pengeboran; serta deskripsi log bor yang meliputi antara lain identifikasi perlapisan dan klasifikasi tanah untuk setiap lokasi dan elevasi pengeboran, serta prosedur deskripsi log bor.

Pedoman ini mengacu pada *guidelines "Manual on Subsurface Investigations"* (FHWA NHI-01-031) dan standar serta pedoman terkait lainnya yang berlaku, sehingga pedoman ini diharapkan sebagai acuan yang lengkap dan komprehensif. Namun dalam implementasinya di lapangan perlu disesuaikan dengan kebutuhan, misalnya pelaksanaan penyelidikan perlu disesuaikan dengan kondisi lapangan, tahapan pekerjaan apakah melingkupi studi pendahuluan, pradesain, desain atau review desain, serta harus memenuhi standar minimum penyelidikan geoteknik.

Penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air
Volume I : Penyusunan program penyelidikan, metode pengeboran dan deskripsi log bor

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan penyusunan program penyelidikan, metode pengeboran dan deskripsi log bor, untuk keperluan penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air.

Dalam pedoman ini diuraikan prinsip-prinsip sebagai berikut.

- a) Penyusunan program penyelidikan geoteknik yang meliputi peninjauan lapangan dan perencanaan penyelidikan geoteknik.
- b) Metode pengeboran dan pengambilan contoh tanah dan batuan yang meliputi penyelidikan tanah dan batuan, penutupan pengeboran, dan pedoman keamanan pengeboran geoteknik.
- c) Deskripsi log bor yang meliputi informasi lokasi dan elevasi pengeboran, identifikasi dan klasifikasi perlapisan tanah, serta prosedur deskripsi log bor inti.

2 Acuan normatif

SNI 03-2393, *Tata cara pelaksanaan injeksi semen pada batuan.*

SNI 03-2411, *Cara uji lapangan tentang kelulusan air bertekanan.*

SNI 03-2436, *Tata cara pencatatan dan interpretasi hasil pemboran inti.*

SNI 03-2849, *Tata cara pemetaan geologi teknik lapangan.*

PdT-17-2000-03, *Tata cara pengendalian mutu bendungan urugan.*

RSNI T-01-2002, *Tata cara desain tubuh bendungan tipe urugan.*

RSNI M-02-2002, *Metode analisis dan cara pengendalian rembesan air untuk bendungan tipe urugan.*

RSNI M-03-2002, *Metode analisis stabilitas lereng statik bendungan tipe urugan.*

RSNI M-03-2003, *Metode analisis stabilitas lereng bendungan tipe urugan akibat gempa.*

ASTM D 420-87, *Guide for investigating and sampling soil and rock.*

ASTM D 1194-72, *Test method for bearing capacity of soil for static load on spread footings.*

ASTM D 1195-64, *Test method for repetitive static plate load tests of soils and flexible pavement components, for airport and highway pavements.*

ASTM D 1196-64, *Test method for nonrepetitive static plate load tests of soils and flexible pavement components, for use in evaluation and design of airport and highway pavements.*

ASTM D 1452-80, *Practice for soil investigation and sampling by auger borings.*

ASTM D 1586-84, *Standard penetration test and split barrel sampling of soils.*

ASTM D 1587-83, *Practice for thin-walled tube sampling of soils.*

ASTM D 2113-83, *Practice for diamond core drilling for site investigation.*

ASTM D 2487-90, *Test method for classification of soils for engineering purposes.*

ASTM D 2488-90, *Practice for description and identification of soils (visual-manual procedure).*

ASTM D 2573-72, *Test method for field vane shear test in cohesive soil.*

ASTM D 3550-84, *Practice for ring-lined barrel sampling of soils.*

ASTM D 4220-89, *Practices for preserving and transporting soil samples.*

ASTM D 4428-84, *Test method for crosshole seismic test.*

ASTM D 4544-86, *Practice for estimating peat deposit thickness.*

ASTM D 4700, *General methods of augering, drilling, & site investigation.*

ASTM D 4719-87, *Test method for pressurimeter testing in soils.*

ASTM D 4750-87, *Test method for determining subsurface liquid levels in borehole or monitoring well (observation well).*

ASTM D 5079-90, *Practices for preserving and transporting rock core samples.*

ASTM D 5092-90, *Design and installation of ground monitoring wells in aquifers.*

ASTM D 5777, *Guide for seismic refraction method for subsurface investigation.*

ASTM D 5778, *Test method for electronic cone penetration testing of soils.*

ASTM D 6635, *Procedures for flat dilatometer testing in soils.*

ASTM G-57-78, *Field measurement of soil resistivity (Wenner Array).*

FHWA NHI-01-031, *Manual on subsurface investigations.*

3 Istilah dan definisi

3.1 Bahan injeksi adalah bahan yang diinjeksikan, berupa campuran semen (PC) dan air serta bahan tambahan dengan perbandingan tertentu.

3.1.1 Bahan pembanding adalah beton dengan proporsi campuran yang sama tanpa menggunakan bahan tambahan.

3.1.2 Bahan tambahan adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang dibubuhkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk mengubah sifat beton.

3.1.3 Injeksi (*grouting*) adalah suatu proses pemasukan cairan dengan/tanpa tekanan ke dalam rongga, rekahan dan kekar pada batuan, yang dalam waktu tertentu cairan tersebut akan menjadi padat dan keras secara fisika maupun kimiawi.

3.1.4 Injeksi semen khusus (*grouting khusus*) adalah suatu teknik penginjeksian semen dengan menggunakan campuran khusus, yang dilakukan di luar rencana untuk mengatasi masalah tertentu pada waktu pelaksanaan.

3.2 Bangunan air (utama) adalah semua bangunan yang dibangun di sungai dan di sepanjang sungai atau aliran air termasuk bendung, untuk membelokkan air ke dalam jaringan saluran irigasi agar dapat digunakan untuk keperluan irigasi; biasanya dilengkapi dengan kantong sedimen agar bisa mengurangi kandungan sedimen berlebihan serta memungkinkan untuk mengukur debit air yang masuk.

3.2.1 Bangunan sungai adalah bangunan air di sungai yang berfungsi untuk berbagai keperluan.

3.2.2 Jenis-jenis bangunan air (utama) adalah bangunan pengambilan, bangunan pembilas (penguras), kantong sedimen, bangunan sungai, dan bangunan-bangunan pelengkap lainnya.

3.2.3 Bendungan adalah bangunan air yang berfungsi sebagai penahan air, jenis urugan atau jenis lainnya, yang dapat menampung air baik secara alamiah maupun buatan, termasuk fondasi, ebatmen, bangunan pelengkap dan peralatannya yang mercunya tidak dilimpasi aliran air.

3.2.4 Tubuh bendungan adalah bagian bendungan yang menahan, menampung dan meninggikan air yang berdiri di atas fondasi bendungan, selanjutnya dalam buku ini disebut bendungan. Bendungan dibagi atas :

Bendungan tinggi, bila tinggi tubuh bendungan $H > 60\text{m}$,

Bendungan dengan risiko besar

$H > 15\text{ m}$ dan volume tampungan waduk $> 100.000\text{ m}^3$

$H < 15\text{ m}$, bila :

- a) volume tampungan waduk $> 500.000\text{m}^3$, atau
- b) debit desain $Q_d > 2000\text{ m}^3/\text{s}$, atau
- c) fondasi tanah lunak.

3.2.5 Bendung tetap adalah bangunan air yang dibangun melintang sungai atau sudetan sungai untuk meninggikan elevasi muka air sehingga air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkannya.

3.2.6 Bendung gerak adalah bangunan air yang dibangun di sungai, antara lain terdiri atas ambang bergerak sehingga muka air banjir dapat diatur elevasinya. Bangunan ini berfungsi untuk meninggikan elevasi muka air sungai agar air sungai dapat disadap untuk berbagai keperluan dan atau untuk kepentingan lain.

3.2.7 Bangunan pelengkap adalah bangunan-bangunan yang akan ditambahkan pada bangunan utama untuk keperluan pengukuran debit dan muka air sungai, pengoperasian pintu, peralatan komunikasi, jembatan di atas bendung, atau instalasi tenaga air mikro/mini.

3.2.8 Bangunan pembilas (penguras) adalah bangunan kelengkapan bendung yang terletak di dekat bendung dan menjadi satu kesatuan dengan bangunan Pengambilan; dapat dengan *undersluice* atau tanpa *undersluice* serta berfungsi untuk mencegah masuknya angkutan sedimen dasar ke saluran irigasi.

3.2.9 Bangunan pengambilan adalah bangunan kelengkapan bendung yang berfungsi sebagai penyadap aliran sungai, mengatur pemasukan air dan sedimen serta menghindarkan sedimen dasar dan sampah masuk ke bangunan pengambilan.

3.2.10 Kantong sedimen adalah bangunan yang biasanya ditempatkan di hilir pengambilan, untuk mengendapkan fraksi-fraksi sedimen yang lebih besar dari fraksi lanau dan lempung (0,06 mm - 0,07 mm).

3.3 Batuan (rock) adalah gabungan atau kumpulan mineral alamiah padat yang terbentuk sebagai massa yang besar atau pecahannya, atau agregat bentukan alamiah dari mineral berupa massa yang besar atau pecahan-pecahannya.

3.3.1 Batuan beku (*igneous rock*) adalah batuan yang terbentuk oleh kristalisasi massa lelehan batu yang berasal dari gunung berapi.

3.3.2 Batuan malihan (*metamorphic rock*) adalah batuan yang terbentuk sebagai akibat tegangan geser yang amat besar yang terjadi pada proses orogenik yang dipengaruhi panas dan air. Hal ini menyebabkan aliran plastis atau akibat panas batuan leleh yang masuk ke batuan kekar dan perubahan-perubahan secara kimiawi serta menghasilkan mineral-mineral baru.

3.3.3 Batuan sedimen (*sedimentary rock*) adalah batuan yang terbentuk dari proses pengendapan yang diangkut dan diendapkan. Material ini kadang-kadang sebagai hujan kimia atau sisa-sisa tanaman dan binatang yang telah membeku akibat panas dan tekanan yang amat besar atau reaksi kimia.

3.3.4 Batuan utuh adalah batuan atau blok batuan atau potongan batuan yang tidak mengalami kerusakan. Sifat-sifat hidraulik dan mekaniknya dapat dikontrol dengan uji karakteristik petrografi material yang dapat menunjukkan batuan segar atau batuan terurai. Klasifikasinya dinyatakan dengan uji kekuatan tekan aksial tunggal dan uji kekerasan.

3.4 Data geologi adalah kondisi umum permukaan tanah daerah yang bersangkutan, dengan keadaan geologi lapangan, kedalaman lapisan keras, sesar, kelulusan tanah, bahaya gempa bumi, dan parameter yang harus digunakan.

3.4.1 Bidang perlapisan adalah diskontinuitas yang terjadi karena proses sedimentasi.

3.4.2 Diskontinuitas adalah bidang pemisah yang menyebabkan batuan bersifat tidak menerus, antara lain berupa perlapisan, kekar dan sesar.

3.4.3 Jarak diskontinuitas adalah jarak tegak lurus antara diskontinuitas yang berdekatan dan diukur dengan satuan sentimeter atau millimeter serta tegak lurus pada bidang-bidang perlapisan.

3.4.4 Kekar adalah diskontinuitas yang terjadi karena gaya tektonik pada batuan, pengerasan magma menjadi batuan, namun tidak menunjukkan gejala pergeseran.

3.4.5 Pemetaan geologi adalah Pekerjaan pengumpulan data geologi terperinci setempat (*insitu*) secara sistematis, yang digunakan untuk memberikan data karakteristik dan dokumentasi kondisi massa batuan atau singkapan (yang diperlukan untuk desain lereng galian atau stabilisasi lereng yang ada).

3.4.6 Retak-pecah (*fracture*) adalah istilah umum untuk segala jenis ketidak-sinambungan mekanis pada batuan, atau suatu kondisi diam pada kesinambungan mekanis badan batuan akibat tegangan yang melampaui kekuatan batuan, contohnya sesar (*faults*), kekar (*joints*), retakan (*cracks*), dan lain-lain.

3.4.7 Sesar adalah diskontinuitas yang terjadi karena gaya tektonik pada batuan dan menunjukkan gejala pergeseran.

3.5 Data geoteknik/mekanika tanah adalah kondisi bahan fondasi, bahan konstruksi, sumber bahan timbunan, batu untuk pasangan batu kosong, agregat untuk beton, batu belah untuk pasangan batu, dan parameter tanah yang harus digunakan.

3.6 Data topografi adalah peta yang meliputi seluruh daerah aliran sungai, peta situasi letak bangunan utama, gambar-gambar potongan memanjang dan melintang sungai baik di sebelah hulu maupun di hilir dari kedudukan bangunan utama.

3.7 Deskripsi kualitas batuan (*Rock Quality Designation = RQD*) adalah persentase termodifikasi dari perolehan inti dengan jumlah panjang potongan inti utuh yang melebihi 100 mm (4 in) dan dibagi dengan panjang inti. Atau *RQD* merupakan ukuran persentase batuan yang terambil dari sebuah interval lubang bor.

3.8 Deskripsi tanah adalah pemberian nama contoh tanah secara sistematis, tepat dan lengkap, baik dalam bentuk tertulis maupun lisan.

3.9 Klasifikasi tanah adalah pengelompokan tanah dalam kategori yang berdasarkan atas hasil-hasil uji indeks propertis (sifat fisik) misalnya nama kelompok dan simbol.

3.10 Koefisien kelulusan air (*k*) adalah angka yang menunjukkan kemampuan tanah/batuan untuk mengalirkan air, dan dinyatakan dalam satuan panjang dibagi satuan waktu (cm/s).

3.10.1 Sifat kelulusan air tanah/batuan adalah kemampuan tanah/batuan untuk mengalirkan air melalui rongga antarbutiran dan atau diskontinuitas.

3.10.2 Nilai Lugeon (*Lu*) adalah angka yang menunjukkan kemampuan batu atau tanah mengalirkan air, dinyatakan dalam liter per menit per meter kedalaman pada tekanan 10 bar (1 bar = 1,0197 kg/cm²).

3.10.3 Uji kelulusan air bertekanan adalah pengujian langsung di lapangan untuk mengetahui sifat lulus air dari batuan, dengan cara memasukkan air bertekanan ke dalam lubang bor batuan yang diuji.

3.11 Konsolidasi adalah suatu proses perubahan volume tanah akibat keluarnya air pori yang disebabkan oleh peningkatan tekanan air pori dalam lapisan tanah jenuh air yang diberi beban sampai terjadi kondisi seimbang.

3.11.1 Terkonsolidasi adalah suatu proses dengan memberikan tekanan samping sesuai dengan kebutuhan dan dibiarkan hingga tekanan air porinya kembali pada tekanan semula sebelum pengujian.

3.11.2 Uji konsolidasi adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik suatu tanah selama proses konsolidasi berlangsung dan merupakan suatu metode uji untuk menentukan koefisien pemampatan dan kelulusan air tanah.

3.12 Pencatatan hasil pengeboran adalah data dasar penyelidikan yang memberikan data terperinci hasil penyelidikan dan merupakan deskripsi prosedur penyelidikan dan kondisi geoteknik yang terjadi selama pengeboran, pengambilan contoh dan pengeboran inti.

3.13 Pengeboran adalah suatu proses pembuatan lubang vertikal/miring/horisontal pada tanah/batuan dengan atau tanpa menggunakan alat/mesin untuk keperluan deskripsi tanah/batuan, biasanya dapat dilakukan bersama-sama dengan uji lapangan dan pengambilan contoh tanah/batuan.

3.13.1 Pengeboran *auger* tangga putar adalah bor *auger* yang berfungsi sebagai sekrup pembawa potongan tanah ke bagian atas lubang. Batang *auger* harus ditambah secara bertahap sampai mencapai kedalaman tanah yang diinginkan.

3.13.1.1 Pengeboran *auger* tangga putar batang berlubang (*hollow*) menerus adalah bor auger yang hampir sama dengan jenis tangga putar batang menerus namun mempunyai lubang besar di tengah.

3.13.1.2 Pengeboran putar dengan penyemprotan (*rotary wash borings*) adalah bor auger yang paling memadai digunakan untuk lapisan tanah yang berada di bawah muka air tanah; tepi lubang didukung pipa lindung (*casing*) dan dibantu dengan air pembilas sehingga pengeboran dapat dilanjutkan secara bertahap.

3.13.2 Pengeboran *auger* ember (*bucket auger borings*) adalah bor auger yang biasanya digunakan untuk keperluan mengambil contoh tanah dalam jumlah besar, dilengkapi dengan rekoaman video yang efektif sampai ke bawah lubang.

3.13.3 Lubang uji adalah lubang bor di mana digunakan untuk melakukan uji.

3.13.4 Pengeboran tangan adalah alat bor untuk mendapatkan informasi geoteknik dangkal di lapangan yang sulit dimasuki kendaraan beroda empat, dengan standar umum lubang tipe bor auger. Untuk tanah kohesif yang stabil, bor tangan dapat dilanjutkan untuk membantu pemeriksaan secara terperinci kondisi tanah dan batuan dangkal dengan biaya relatif rendah.

3.13.5 Pengeboran tanpa inti (*non-coring/destructive*) adalah cara yang relatif cepat dan murah dalam melanjutkan pengeboran bila tidak diperlukan contoh batuan inti, biasanya digunakan untuk membantu menentukan bagian atas batuan dan Mengidentifikasi rongga pelarutan di daerah *karst*.

3.13.6 Pipa lindung (*casing*) adalah pipa yang ditempatkan di lubang bor untuk melindungi tepi lubang bor agar pengeboran dapat dilanjutkan secara bertahap.

3.13.7 Perolehan contoh (*sample recovery*) adalah proses pengeboran material tanah kedua dengan menggunakan tabung belah atau jenis lainnya pada kedalaman yang sama dengan pengeboran pertama yang kurang memadai.

3.13.8 Perolehan inti (*core recovery*) adalah panjang inti batuan yang diambil dari bor inti.

3.13.9 Rasio perolehan inti adalah rasio panjang perolehan inti terhadap panjang total inti bor yang tersedia, yang dinyatakan dengan fraksi atau persentase.

3.13.10 Matabor (*bit*) adalah bagian ujung bor auger yang disambungkan dengan batang bor yang berfungsi untuk memotong tanah (contohnya matabor berbentuk jari (*finger*) dan matabor berbentuk ekor ikan (*fish tail*)).

3.13.10.1 Mata bor inti (*coring bits*) adalah komponen paling dasar dari pemasangan laras inti yang merupakan kegiatan menggerinda dan memotong massa batuan. Jenis-jenis matabor inti terdiri atas intan, karbit dan gerigi.

3.13.10.2 Matabor berbentuk jari (*finger*) adalah matabor dari karbit yang biasanya digunakan pada Formasi lempung keras atau batuan perselingan atau lapisan tersementasi.

3.13.10.3 Matabor berbentuk ekor ikan (*fish tail*) adalah matabor yang biasanya digunakan pada Formasi lempung kaku.

3.14 Tanah adalah campuran butiran mineral tanah berbentuk tidak teratur dari berbagai ukuran yang mengandung pori-pori di antaranya. Pori-pori ini dapat berisi air jika tanah

jenuh, air dan udara jika jenuh sebagian, dan udara saja jika keadaan kering. Butiran itu merupakan hasil pelapukan batuan secara mekanik dan kimiawi, yang dikenal sebagai kerikil, pasir, lanau, dan lempung.

3.14.1 Tanah kohesif adalah material berbutir halus yang terdiri atas lanau, lempung, yang mengandung atau tidak material organik. Kuat geser tanah ini berkisar dari rendah sampai tinggi jika dalam kondisi tidak terkekang. Pada umumnya tanah kohesif relatif lebih kedap dibandingkan tanah nonkohesif. Bahan lanau kadang-kadang mempunyai unsur pengikat antara butiran, seperti garam pelarut atau agregat lempung, yang dapat menyebabkan penurunan jika terjadi pembasahan zat pelarut.

3.14.2 Tanah nonkohesif adalah material butiran atau berbutir kasar dengan ukuran butiran terlihat secara visual dan mempunyai kohesi atau adhesi antara butiran. Tanah ini mempunyai kuat geser kecil atau tidak ada sama sekali jika keadaan kering dan tanah tidak terkekang, dan kohesinya kecil atau tidak ada sama sekali jika keadaan terendam. Adhesi semu (*apparent*) antara butiran dalam tanah nonkohesif dapat terjadi akibat gaya tarik kapiler dalam air pori. Tanah nonkohesif biasanya relatif bebas berdrainase dibandingkan dengan tanah kohesif.

3.14.3 Tabung contoh tanah (*soil sampler*) adalah tabung yang digunakan untuk mengambil contoh tanah yang terdiri atas jenis standar dan jenis lainnya yang digunakan sesuai dengan persyaratan daerah dan kondisi lapangan (*insitu*). Jenis-jenis tabung contoh antara lain tabung dinding tipis (*thin wall sampler*), *piston*, *pitcher*, *Denison*, modifikasi *California*, menerus, tanah bongkahan (*bulk*), contoh blok.

3.14.4 Contoh tanah terganggu (*disturbed samples*) adalah contoh tanah yang sebagian atau seluruh struktur asli tanah terganggu, sementara kadar airnya tetap dijaga.

3.14.5 Contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed samples*) adalah contoh tanah yang struktur asli tanah dan sifat/karakteristiknya dijaga tetap seperti di lapangan tanpa gangguan; contoh ini paling cocok untuk pengujian di laboratorium terutama uji kekuatan geser tanah.

3.14.6 Kuat geser tanah adalah sifat struktur tanah anisotropis yang meliputi kuat geser tanah kohesif tidak terdrainase dan sudut geser tanah nonkohesif yang dipengaruhi oleh arah tegangan utama relatif terhadap arah pengendapan.

4 Penyusunan program penyelidikan geoteknik

Informasi yang mutlak diperlukan untuk membantu perencanaan suatu program penyelidikan geoteknik yang memadai umumnya dibagi atas penyelidikan geoteknik pendahuluan dan penyelidikan geoteknik terperinci, baik bagi proyek baru maupun proyek rehabilitasi.

4.1 Program penyelidikan geoteknik untuk proyek baru

4.1.1 Penyelidikan geoteknik pendahuluan

Penyelidikan geoteknik pendahuluan atau studi pemilihan yang perlu dilakukan oleh tenaga ahli geoteknik sesuai dengan permintaan perencana meliputi hal-hal sebagai berikut. Periksa daftar simak pada Gambar 2.

- 1) Mengidentifikasi lokasi yang terbaik dari beberapa lokasi rencana bangunan.
- 2) Mengevaluasi beberapa alternatif fondasi.
- 3) Pada umumnya tidak diperlukan penyelidikan secara terperinci.

- 4) Biasanya hanya meliputi tinjauan geologi dan beberapa pengambilan contoh, identifikasi kondisi di bawah permukaan untuk mengetahui karakteristik kondisi perlapisan tanah/batuan secara umum, antara lain kedalaman batuan atau tanah, ada lubang langga (*sinkholes*) dan atau lubang-lubang pelarutan, endapan tanah organik di daerah rawa, dan atau adanya timbunan tua, debris, atau pencemaran.
- 5) Pada umumnya hanya diperlukan beberapa uji laboratorium, dan sangat bergantung pada deskripsi kondisi geoteknik dari lubang bor yang disiapkan oleh tenaga ahli lapangan dan atau geologi yang berpengalaman.
- 6) Mengkaji dan memecahkan masalah kondisi fondasi dan biaya pelaksanaan konstruksi yang tinggi, jika ditemukan hal-hal yang meragukan.

4.1.2 Penyelidikan geoteknik terperinci

Penyelidikan geoteknik terperinci mutlak dilakukan untuk membantu mengetahui karakteristik lapangan secara terperinci, yang diperlukan untuk pekerjaan desain dan konstruksi (lihat Gambar 1).

Penyelidikan geoteknik pada tahapan desain biasanya dilaksanakan dalam dua tahap atau lebih, sebagai berikut.

- a) Penyelidikan tahap awal dilakukan secara tipikal dalam proses desain pendahuluan sebelum menentukan bagian-bagian bangunan yang direncanakan atau lokasi-lokasi khusus fondasi, timbunan atau tembok penahan tanah. Penyelidikan tipikal ini meliputi pengeboran dan pengujian untuk mengetahui stratigrafi umum, karakteristik tanah dan batuan, kondisi muka air tanah dan kondisi lainnya yang penting untuk keperluan desain fondasi.
- b) Penyelidikan tahap kedua atau tahap akhir biasanya dilaksanakan untuk mendapatkan informasi geoteknik lapangan secara khusus pada lokasi-lokasi fondasi yang diperlukan dalam desain dan untuk mengurangi risiko kondisi tanah yang tidak terduga selama konstruksi.
- c) Penyelidikan tahap selanjutnya perlu dipertimbangkan jika terdapat perubahan desain yang signifikan atau jika terdapat keganjilan kondisi geoteknik di lapangan (*insitu*).

Data dan informasi dari perencana yang diperlukan oleh tenaga ahli geoteknik sebelum perencanaan dan penyelidikan geoteknik dilaksanakan (periksa tabel 1), antara lain adalah

- a) Jenis/tipe, kriteria beban dan kinerja bangunan, lokasi, geometri dan elevasi bangunan yang direncanakan.
- b) Lokasi dan dimensi galian dan timbunan, bendungan urugan/tanggul, bendung, tembok penahan, dan bangunan fondasi yang harus diidentifikasi dengan cermat;
- c) Lokasi bangunan air, jalan masuk dan jenis konstruksi bangunan air yang harus disediakan secara terperinci untuk memudahkan penentuan lokasi, kedalaman, jenis dan jumlah pengeboran yang harus dilakukan.



a) Contoh pengeboran pada as bendung



b) Pengeboran inti di as bendung secara lebih rinci

Gambar 1 Foto lokasi bendungan yang akan dibangun

Tanggal : _____
 Disiapkan oleh : _____
 Organisasi : _____

PENCAPAIAN
 Mudah
 Hanya dg kendaraan
 Suit dg kendaraan-jalan kaki
 Boleh kendaraan penggerak roda empat
 Boleh dozer dan penggrata (grading)
 Suit dipakai
 Debit _____

PENINJAUAN LAPANGAN
 Tanggal/waktu
 Pengunjung
 Kondisi cuaca
 Panas matahari
 Berawan
 Hujan
 Saling bersaju
 Agak bersaju
 Membeku

PENUTUP TANAH (GROUND COVER)
 Aspal
 Rumput
 Bunga
 Semak-semak
 Pohon-pohon
 Hutan
 Tanah
 Kankil
 Beton
 Singkapan batuan
 Tanda-tanda urugan/ bekas nuntuhan
 Permulaan konstruksi
 Bangunan yang ada
 Jalan
 Lain-lain _____

KEMIRINGAN TANAH DI LAPANGAN
 Datar
 Agak miring
 Kemiringan sedang
 Tegak
 Berukit kecil
 Berukit-bukit
 Pegunungan
 Catatan lainnya _____

KONDISI HIDROLOGI
 Kering-tidak subur
 Padang pasir
 Kondisi air permukaan
 Tidak ada
 Berrawa-rawa
 Telaga
 Danau
 Lautan
 Arus (stream)
 Sungai
 Air di bawah permukaan
 Tidak ada
 Tidak jelas
 Akufir utama (major aquifer)
 Sumur-sumur air
 Pemompaan dan sumur dalam
 Detil lainnya _____

DRAINASE LAPANGAN
 Tanda-tanda runoff
 Erosi
 Pembendungan
 Air terjun
 Erosi buluh
 Sirete
 Lain-lain _____

Alami
 Baik sekali
 Baik
 Sedang
 Buruk
 Drainase buatan
 Sistem stormwater
 Telaga retensi (retention pond)
 Drainase pita vertikal
 Stasiun pompa
 Lain-lain _____

KONDISI TANAH DAN BATUAN
 Tanah di permukaan
 Tanah atas
 Urugan tanah
 Tanda-tanda runtuhan (debris)
 Pollutan/Kontaminan (sampah)
 Pertanian
 Tanda-tanda ketidak stabilan lereng
 Gerakan tanah/Geseran
 Rayapan (creep) _____

Retakan
 Gerusan (scour)
 Penyebaran (heave)
 Amblesan (subsidence)
 Kegiatan penggalian/Kuasi
 Timbunan / bahan timbunan
 Lain-lain _____

TANAH DI BAWAH PERMUKAAN
 Tipe tanah menurut UCS
 GM, GC, GP, GW
 SM, SC, SP, SW
 CL, CH, ML, MH
 PL, OL, OH
 Lain-lain _____

Batuan dasar
 Kerakal legas
 Bongkah
 Outcrop batuan
 Tipe batuan
 Batu
 Malihan
 Debit lainnya
 Tanda-tanda pada batuan
 Pola kekar
 Sesar
 Diskontinuitas
 Pelapukan
 Bidang perlipisan lemah
 Tanda-tanda deposit talus
 Karst / lubang benam (sinkholes)
 Lekukan (cave)
 Lain-lain _____

Ground penetrating radar, VEM surveys
 Magnetometer
 Resistivity measurements

DATA TOPOGRAFI
 Peta Bakorsurtana
 Pemerintah daerah
 Pemerintah kota
 Survei setempat
 Theodolit/Waterpas
 Penginderaan jarak jauh
 Data GPS
 Detil lainnya _____

INFORMASI GEOLOGI
 Peta Direktorat Geologi
 Pemerintah daerah/kota
 Pemetaan geologi oleh geologist
 Benda uji untuk analisis lab.
 Detil kondisi geologi setempat

SARANA UMUM (UTILITIES)
 Aliran atas yang ada (Overhead lines)
 Aliran gas yang diben tanda
 Bangunan perolengan (Easements)
 Lubang orang (manholes)
 Muara nol pembuangan
 Substasiun listrik
 Bacaan uji elektromagnetik
 Ground penetrating radar,
 VEM survey's
 Magnetometer
 Uji resistiviti
 Lain-lain _____

KETERANGAN LAIN

Gambar 2 Daftar simak aspek-aspek yang merupakan bahan pembahasan pada peninjauan lapangan

Tabel 1 Ikhtisaran permasalahan geoteknik yang dibutuhkan dalam desain geoteknik bangunan air (disesuaikan dengan kebutuhan)

| Permasalahan geoteknik | Analisis untuk desain | Informasi yang dibutuhkan untuk analisis | Uji lapangan* (Vol. II) | Uji laboratorium* (Vol. II) |
|------------------------|---|--|--|---|
| Fondasi dangkal | <ul style="list-style-type: none"> • Daya dukung • Penurunan (besaran dan kecepatan) • Rembesan (bangunan penahan air) • Penyusutan dan pengembangan tanah (tanah asli atau timbunan) • Kompatibilitas sifat kimiawi tanah terhadap beton • Penggerusan akibat air terutama bangunan di sungai • Beban yang serius (gempa dan banjir) | <ul style="list-style-type: none"> • Profil bawah permukaan (tanah, air tanah dan batuan) • Parameter kuat geser • Parameter kompresibilitas (termasuk konsolidasi, sifat pengembangan dan penyusutan, dan modulus elastisitas) • Sejarah tegangan (tegangan vertikal efektif masa lalu dan sekarang) • Parameter koefisien kelulusan air • Komposisi kimiawi tanah • Kedalaman perubahan kelembapan pengaruh cuaca) • Berat volume • Pemetaan geologi untuk mengetahui orientasi dan karakteristik diskontinuitas batuan. | <ul style="list-style-type: none"> • Pengeboran dan pengambilan contoh • Uji geser baling • Uji SPT (tanah berbutir kasar) • Uji CPT • Uji dilatometer • Uji <i>pressuremeter</i> • Uji kelulusan air • Inti batuan (RQD) • Uji <i>nuclear density</i> • Uji beban pelat • Uji geofisik | <ul style="list-style-type: none"> • Uji kadar air • Uji berat volume • Uji kadar organik • Uji resistivitas pH • Uji pembagian butir • Uji <i>Afterberg</i> • Uji konsolidasi 1-D • Uji geser langsung • Uji geser triaxial • Uji kelulusan air • Uji potensi pengembangan tanah (<i>collapsible</i>) • Uji kompresi uniaksial dan modulus elastisitas batuan utuh. |
| Fondasi tiang pancang | <ul style="list-style-type: none"> • Tahanan ujung tiang (<i>end bearing</i>) • Tahanan friksi tiang (<i>pile skin friction</i>) • Penurunan • Rembesan (bangunan penahan air) • Tarikan ke bawah (<i>down-drag</i>) pada tiang • Tekanan tanah lateral • Kompatibilitas sifat kimiawi tanah terhadap beton • Kemampuan pemancangan (<i>drivability</i>) • Ada bongkah batuan/lapisan keras • Penggerusan akibat air terutama pada bangunan di sungai • Kerusakan akibat vibrasi/penyembulan (<i>heave</i>). • Beban ekstrim (gempa & banjir) | <ul style="list-style-type: none"> • Profil bawah permukaan (tanah, air tanah dan batuan) • Parameter kuat geser • Koefisien tekanan tanah horisontal • Parameter friksi pada bidang pemisah (<i>interface</i>) antara tanah dan tiang • Parameter kompresibilitas • Parameter koefisien kelulusan air • Komposisi kimiawi tanah/ batuan • Berat volume • Ada tanah yang mengembang/menyusut yang mengurangi tahanan friksi tiang • Pemetaan geologi untuk mengetahui orientasi dan karakteristik diskontinuitas batuan. | <ul style="list-style-type: none"> • Pengeboran dan pengambilan contoh • Uji SPT (tanah berbutir kasar) • Uji beban tiang (tarik dan tekan) • Uji CPT • Uji geser baling • Uji dilatometer • Uji kelulusan air • Pengukuran muka air tanah • Inti batuan (RQD) • Uji geofisik | <ul style="list-style-type: none"> • Uji kadar air • Uji berat volume • Uji kadar organik • Uji resistivitas pH • Uji pembagian butir • Uji <i>Afterberg</i> • Uji geser triaxial • Uji friksi bidang pemisah (<i>interface</i>) • Uji kelulusan air • Uji konsolidasi 1-D • Uji potensi pengembangan tanah (<i>collapsible</i>) • Uji kompresi uniaksial dan modulus elastisitas batuan utuh. • Uji beban titik (<i>point load</i>) |

* Pengujian disesuaikan dengan kebutuhan dan pelapisan tanah

Tabel 1 (sambungan)

| Permasalahan geoteknik | Analisis untuk desain | Informasi yang dibutuhkan untuk analisis | Uji lapangan* (Vol. II) | Uji laboratorium* (Vol. II) |
|--|---|---|--|---|
| Fondasi tiang bor | <ul style="list-style-type: none"> Tahanan ujung tiang bor Tahanan friksi tiang bor Metode konstruksi Tarikan ke bawah (<i>down-drag</i>) pada tiang bor Kualitas batuan sebagai soket (angker) Tekanan tanah lateral Penurunan (besaran dan kecepatan) Rembesan air tanah/pematusan (<i>dewatering</i>) Kompatibilitas sifat kimiawi tanah terhadap beton Ada bongkah batuan/lapisan keras Pengerusan akibat air terutama pada bangunan di sungai Beban ekstrim (gempa & banjir) | <ul style="list-style-type: none"> Profil bawah permukaan (tanah, air tanah dan batuan) Parameter kuat geser Parameter friksi pada bidang pemisah (<i>interface</i>) antara tanah dan tiang Parameter kompresibilitas Koefisien tekanan tanah horizontal Komposisi kimiawi tanah/ batuan Berat volume Parameter koefisien kelulusan air Ada tekanan air artesis Ada tanah mengembang/menyusut yang mengurangi tahanan friksi tiang Pemetaan geologi untuk mengetahui orientasi dan karakteristik diskontinuitas batuan. Degradasi kuat geser batuan, karena pengaruh air atau udara (misalnya pada <i>shale</i> sebagai soket). | <ul style="list-style-type: none"> Pengeboran dan pengambilan contoh Uji <i>SPT</i> (tanah berbutir kasar) Uji beban tiang bor (tanik dan tekah) Uji <i>CPT</i> Uji geser baling Uji dilatometer Uji kelulusan air Pisometer Inti batuan (<i>RQD</i>) Uji geofisik | <ul style="list-style-type: none"> Uji kadar air Uji berat volume Uji resistivitas pH Uji pembagian butir Uji <i>Atterberg</i> Uji kadar organik Uji konsolidasi 1-D Uji geser triaxial Uji friksi bidang pemisah (<i>interface</i>) Uji kelulusan air Uji potensi pengembangan tanah (<i>collapsible</i>) Uji kompresi uniaksial dan modulus elastisitas batuan utuh. Uji beban titik (<i>point load</i>) Uji ketahanan lekung (<i>slake durability</i>) |
| Tubuh dan fondasi urugan (tanggul, bendung, bendungan tipe urugan dan beton) | <ul style="list-style-type: none"> Penurunan (besaran dan kecepatan) Daya dukung Stabilitas lereng Tekanan tanah lateral Kestabilan internal Rembesan (bangunan penahan air) Evaluasi ketersediaan material urugan (kuantitas dan kualitas bahan) Kebutuhan perkuatan tanah | <ul style="list-style-type: none"> Profil bawah permukaan (tanah, air tanah dan batuan) Parameter kuat geser Parameter kompresibilitas (termasuk konsolidasi, sifat pengembangan dan penyusutan dan modulus elastisitas) Sejarah tegangan (tegangan vertikal efektif masa lalu dan sekarang) Parameter koefisien kelulusan air Parameter friksi antara bidang pemisah (<i>interface friction</i>) Parameter tahanan tarik Komposisi kimiawi tanah Berat volume Pemetaan geologi untuk mengetahui orientasi dan karakteristik diskontinuitas batuan | <ul style="list-style-type: none"> Pengeboran dan pengambilan contoh Uji <i>nuclear density</i> Uji beban pelat Uji penimbunan (<i>test fill</i>) Uji <i>CPT</i> Uji <i>SPT</i> (tanah berbutir kasar) Uji dilatometer Uji geser baling Uji kelulusan air Inti batuan (<i>RQD</i>) Uji geofisik Uji geser langsung | <ul style="list-style-type: none"> Uji kadar air Uji berat volume Uji kadar organik Uji pembagian butir Uji <i>Atterberg</i> Uji konsolidasi 1-D Uji geser langsung Uji geser triaxial Uji kelulusan air Uji kompaksi Uji karakteristik geosintetik Uji potensi pengembangan/penyusutan tanah Uji kompresi uniaksial dan modulus elastisitas batuan utuh. Uji tahanan lekung batuan |

Tabel 1 (sambungan)

| Permasalahan geoteknik | Analisis untuk desain | Informasi yang dibutuhkan untuk analisis | Uji lapangan* (Vol. II) | Uji laboratorium* (Vol. II) |
|---|--|---|---|--|
| Galian dan pemotongan lereng (<i>slope cuts</i>) | <ul style="list-style-type: none"> Stabilitas lereng Penyembulan dasar Likuidaksi Pematusan (<i>dewatering</i>) Tekanan tanah lateral Kestabilan internal Perlemahan tanah & keruntuhan progresif Tekanan air pori | <ul style="list-style-type: none"> Profil bawah permukaan (tanah, air tanah dan batuan) Parameter kuat geser tanah & batuan Parameter kompresibilitas (termasuk konsolidasi, sifat pengembangan dan penyusutan dan modulus elastisitas) Sejarah tegangan (tegangan vertikal efektif masa lalu dan sekarang) Parameter koefisien kelulusan air Parameter friksi antara bidang pemisah (<i>interface friction</i>) Berat volume Pemetaan geologi untuk mengetahui orientasi dan karakteristik diskontinuitas batuan | <ul style="list-style-type: none"> Pengeboran dan pengambilan contoh Uji pemotongan lereng untuk mengetahui waktu berlainya lereng (<i>standup time</i>) Pisometer Uji CPT Uji SPT (tanah berbutir kasar) Uji dilatometer Uji geser baling Uji kelulusan air Inti batuan (<i>RQD</i>) Uji geser langsung batuan Uji geofisik | <ul style="list-style-type: none"> Uji kadar air Uji berat volume Uji pembagian butir Uji Atterberg Uji geser langsung Uji geser triaxial Uji kelulusan air Uji potensi pengembangan/penyusutan tanah Uji kompresi uniaksial dan modulus elastisitas batuan utuh. Uji tahanan lejang batuan Uji beban titik (<i>point load</i>) |
| Dinding isi (<i>Fill walls</i>), perkuatan tanah (<i>reinforced soil</i>) | <ul style="list-style-type: none"> Stabilitas internal Stabilitas eksternal Penurunan Deformasi horisontal Daya dukung Kompatibilitas sifat kimiawi tanah terhadap beton Tekanan air pori di belakang dinding Evaluasi ketersediaan material urugan (kuantitas dan kualitas bahan) | <ul style="list-style-type: none"> Profil bawah permukaan (tanah, air tanah dan batuan) Koefisien tekanan tanah horisontal Kuat geser bidang pemisah dinding dengan tanah Parameter kompresibilitas (termasuk konsolidasi, sifat pengembangan dan penyusutan dan modulus elastisitas) Kompisi kimiawi tanah dan fondasi Parameter kecepatan penurunan tanah Pemetaan geologi untuk mengetahui orientasi dan karakteristik diskontinuitas batuan | <ul style="list-style-type: none"> Pengeboran dan pengambilan contoh Uji SPT (tanah berbutir kasar) Uji CPT Uji dilatometer Uji geser baling Uji kelulusan air Uji pembebanan (<i>testfill</i>) Pengukuran tinggi muka air Uji kepadatan lapangan (<i>nuclear density</i>) Uji <i>pullout</i> (<i>MSEW / RSS</i>) Inti batuan (<i>RQD</i>) Uji geofisik | <ul style="list-style-type: none"> Uji kadar air Uji berat volume Uji pembagian butir Uji Atterberg Uji kadar organik Uji konsolidasi 1-D Uji geser langsung Uji geser triaxial Uji kelulusan air Uji kompaksi Uji karakteristik geosintetik Uji potensi pengembangan tanah / penyusutan tanah Uji kompresi uniaksial dan modulus elastisitas batuan utuh. Uji tahanan lejang batuan |

Pengujian disesuaikan dengan kebutuhan dan perlapisan tanah

4.2 Program penyelidikan geoteknik untuk proyek rehabilitasi

4.2.1 Penyelidikan geoteknik pendahuluan

Penyelidikan geoteknik pendahuluan perlu dilakukan berkaitan dengan proyek rehabilitasi dan perbaikan fasilitas bangunan air. Sebagai contoh perbaikan akibat bocoran lewat terowongan *outlet* bendungan, kerusakan akibat longsor, stabilitas tanggul atau timbunan, stabilisasi lereng, penurunan struktur bangunan air, dan penggantian sistem fondasi tua (lihat Gambar 3a, 3b dan 3c).



a)



b)



c)

Gambar 3 Proyek rehabilitasi: a) Pengeboran untuk perbaikan terowongan bendungan Cacaban; b) lubang langga (*sinkhole*); dan c) stabilisasi lereng.

4.2.2 Penyelidikan geoteknik terperinci

Penyelidikan geoteknik secara terperinci yang perlu dilakukan untuk proyek rehabilitasi bergantung pada faktor-faktor seperti berikut:

- Kondisi fasilitas/bangunan yang akan direhabilitasi.
- Apabila bangunan mengalami kerusakan, misalnya kerusakan tanggul atau jalan tepi, kerusakan yang serius, penurunan struktur, longsor, drainase dan aliran air, serta kemungkinan kegagalan yang akan datang.
- Apakah bangunan akan diperbaiki seperti keadaan aslinya dan sesuai dengan gambar konstruksi, atau akan diperbaharui misalnya penambahan lereng pada tanggul jalan atau timbunan.
- Jika bangunan akan diperbaharui, geometri, lokasi, pembebanan dan struktur yang direncanakan akan berubah (misalnya tanggul, gorong-gorong).

- e) Desain yang diminta memang diperuntukkan bagi bangunan yang direhabilitasi.

Informasi tersebut di atas sangat diperlukan untuk membantu perencanaan suatu program penyelidikan geoteknik yang memadai.

4.3 Pengumpulan data

Pengumpulan dan pengkajian data yang tersedia mutlak diperlukan dalam perencanaan penyelidikan geoteknik. Hasil pengkajian data dan informasi ini akan sangat membantu pekerjaan lapangan, penentuan lokasi dan kedalaman pengeboran, dan mengetahui informasi sejarah dan geologi yang sangat penting yang kemungkinan perlu disajikan dalam laporan geoteknik.

Sumber-sumber data dan informasi geologi, historis dan topografi yang penting antara lain adalah

- a) Penyelidikan geoteknik masa lampau (data historis) pada atau dekat lokasi proyek.
- b) Permasalahan konstruksi masa lampau dan catatan metode konstruksi di lapangan (misalnya panjang tiang dan kemungkinan pemancangan, longsor/batuan, rembesan berlebihan, penurunan tidak terduga, dan informasi lain); informasi yang sangat penting ini harus diselidiki, didokumentasi, dan dievaluasi oleh tenaga ahli.
- c) Peta, laporan dan publikasi dari Direktorat Geologi.
- d) Peta zona daerah rawan banjir dari institusi yang terkait.
- e) Perpustakaan universitas setempat dan perpustakaan pusat dari institusi terkait.
- f) Data geologi, data gempa, peta bahaya gempa, peta patahan, dan informasi dari instansi atau institusi yang terkait (BMG, Direktorat Geologi, Puslitbang Sumber Daya Air).
- g) Foto udara (*USGS, SCS, Earth Resource Observation System*).
- h) Pemetaan jarak jauh (*LANDSAT, Skylab, NASA*).
- i) Peta lapangan yang memperlihatkan lokasi-lokasi parit, saluran air, gorong-gorong, prasarana, dan jaringan pipa.
- j) Peta aliran air, sungai dan badan air lainnya yang melintasi tanggul, jembatan, gorong-gorong dan lain-lain, termasuk data bathimetrik.

4.4 Peninjauan lapangan

Peninjauan lapangan ke lokasi rencana proyek mutlak diperlukan untuk memperluas informasi topografi, geologi, geoteknik, dan kondisi jalan masuk. Data dan informasi ini akan sangat membantu dalam penyusunan program dan rencana penyelidikan geoteknik, termasuk di dalamnya penyusunan spesifikasi dan rencana anggaran biaya.

Data dan informasi yang mutlak diperlukan oleh tenaga ahli geoteknik untuk peninjauan lapangan adalah sebagai berikut.

- a) Rencana desain dan konstruksi, dan kondisi lapangan secara umum.
- b) Peninjauan geologi, geomorfologi, dan kondisi jalan masuk untuk membantu transportasi peralatan lapangan.
- c) Pengaturan lalu lintas selama pekerjaan penyelidikan lapangan, lokasi prasarana yang berada di atas dan di bawah permukaan, jenis dan kondisi fasilitas yang tersedia (jalan, jembatan dan lain-lain), penggunaan lahan yang berdekatan (bangunan sekolah, tempat ibadah, fasilitas penelitian dan lain-lain), pembatasan jam kerja, batasan hak melintas lebih dulu, dan persoalan lingkungan.
- d) Lereng gunung yang curam, singkapan, tanda-tanda erosi, penurunan permukaan; elevasi banjir, lalu lintas air dan jalan masuk ke lokasi pengeboran; patok dan titik

referensi lainnya untuk membantu menentukan lokasi lubang bor; tempat gudang peralatan dan keamanan.

4.5 Komunikasi dengan perencana/pemberi tugas

Selama program pelaksanaan penyelidikan geoteknik, diskusi secara berkala mutlak dilakukan oleh tenaga ahli geoteknik bersama-sama dengan pengawas lapangan. Hal ini akan membantu memberitahukan kepada pihak pemberi tugas atau perencana hal-hal yang tidak biasa atau kesulitan dan perubahan yang ditemukan di lapangan dalam program penyelidikan.

Frekuensi komunikasi bergantung pada keadaan lokasi proyek dan permasalahan yang dihadapi. Formulir informasi penyelidikan geoteknik lapangan yang dapat digunakan untuk memperjelas komunikasi persyaratan umum program penyelidikan kepada semua personil, diperlihatkan dalam Gambar 4.

| Informasi penyelidikan geoteknik | | | | |
|---|-----------|-------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Proyek No. | | | | |
| Nama : | | | | |
| Lokasi : | | | | |
| Jumlah tenaga proyek yang digunakan: | | | Telpon: | |
| Prasarana yang digunakan: | | | Referensi No.: | |
| Surat izin masuk : | | | | |
| Hal lain (hal khusus): | | | Telpon rumah: | |
| Waktu perkiraan: | | | | |
| Informasi contoh uji tanah dan pengeboran | | | | |
| No. bor | Kedalaman | Urutan pengeboran | Pengambilan contoh | Keterangan (pisometer, muka air, dll) |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Syarat keamanan dan keselamatan: | | | Rencana khusus: | |
| Jenis contoh, frekuensi: | | | | |
| Pembuangan galian/air pembilas: | | | | |
| Penutupan pengeboran: | | Penggalian: | | Injeksi: |
| Keterangan: | | | | |

Gambar 4 Contoh formulir pekerjaan lapangan yang harus dilakukan dalam penyelidikan geoteknik

4.6 Penyelidikan geoteknik

Program penyelidikan geoteknik lapangan dapat direncanakan oleh tenaga ahli geoteknik berdasarkan atas hasil pengumpulan dan pengkajian data yang tersedia. Metode penyelidikan lapangan, persyaratan pengambilan contoh, serta jenis dan frekuensi uji lapangan yang akan dilakukan ditentukan berdasarkan data dan informasi geoteknik yang tersedia, persyaratan desain proyek, ketersediaan peralatan, dan kondisi lapangan (*insitu*).

Rencana program penyelidikan geoteknik dapat dikembangkan oleh tenaga ahli geoteknik untuk mendapatkan data kondisi geoteknik, dan melaksanakan analisis dan desain. Selain itu, masukan penting dari tenaga ahli geologi yang berkaitan dengan tipe, umur dan satuan geologi tanah dasar yang ada di lapangan, dapat membantu dalam pekerjaan perencanaan dan interpretasi kondisi geoteknik lapangan.

Program penyelidikan geoteknik biasanya harus dimodifikasi setelah penyelidikan pendahuluan dilakukan, sehubungan dengan hal-hal berikut ini.

- a) Adanya kendala/batasan jalan masuk ke lokasi pekerjaan.
- b) Adanya perubahan kondisi geoteknik yang telah ditentukan.
- c) Untuk keperluan modifikasi program penyelidikan, pengawas (tenaga ahli geoteknik atau geologi) harus segera menunjukkan kondisi proyek, maksud penyelidikan, persyaratan pengambilan contoh dan pengujian, dan kondisi geoteknik yang mungkin terjadi.
- d) Pengawas lapangan bertanggung jawab atas pemeriksaan (verifikasi) pekerjaan yang berkaitan dengan rencana program, kemajuan komunikasi dengan tenaga ahli geoteknik dari pihak pemberi tugas, dan kelancaran komunikasi dari tenaga ahli geoteknik mengenai kondisi geoteknik yang tidak biasa atau yang mengalami perubahan.

Petunjuk umum yang harus diikuti pengawas geoteknik di lapangan meliputi hal-hal sebagai berikut.

- a) Memahami lingkup proyek, spesifikasi teknik dan perihal pembayaran (disarankan ada dokumentasi satu kopi dari hasil rencana lokasi pengeboran dan spesifikasi di lapangan).
- b) Memahami kondisi lapangan jalan masuk dan setiap pembatasan.
- c) Mengkaji informasi geologi dan geoteknik yang tersedia.
- d) Mengkaji data lapangan yang diperoleh berkaitan dengan tujuan penyelidikan secara kontinu.
- e) Mengatur hubungan harian dengan tenaga ahli geoteknik proyek; dan memberikan uraian ringkas berkaitan dengan kemajuan pekerjaan, kondisi, permasalahan dan lain-lain.
- f) Mengisi formulir tipikal secara teratur, yang terdiri atas
 - 1) memo lapangan harian;
 - 2) lubang bor, sumuran uji, instalasi sumur dan lain-lain;
 - 3) laporan pengeluaran subkontrak-formulir isian harian, penandatanganan dengan petugas pengeboran.
- g) Mengamati dengan seksama pekerjaan pengeboran pada setiap waktu, dan memperhatikan dengan cermat hal-hal berikut:
 - 1) kedalaman rata-rata (pengukuran panjang batang dan contoh);
 - 2) prosedur pengambilan contoh dan pengeboran;
 - 3) adanya ketidakseragaman, kehilangan air, batang jatuh, dan lain-lain;
 - 4) penghitungan pukulan *SPT* dan pukulan pada pipa lindung (*casing*);
 - 5) pengukuran kedalaman air tanah dan pencatatan derajat kadar air contoh.
- h) Membimbing petugas pengeboran untuk mengikuti spesifikasi.
- i) Mengklasifikasi contoh-contoh tanah dan batuan, meletakkan contoh dalam tabung contoh dan memberi label, memastikan inti batuan telah disimpan dengan baik, membuat foto, dan perlindungan contoh.
- j) Memverifikasi bahwa contoh tidak terganggu telah diambil, ditangani, dilindungi (*sealed*), diberi label dan diangkut dengan baik.
- k) Tidak membuka rahasia informasi kepada siapa pun, kecuali kepada tenaga ahli geoteknik atau pemberi tugas.
- l) Jika dirasakan ada keraguan atau timbul permasalahan, sebaiknya pekerjaan dihentikan dan didiskusikan dengan tenaga ahli geoteknik dari pihak pemberi tugas.

4.6.1 Jenis penyelidikan

Pada umumnya ada lima jenis metode penyelidikan geoteknik lapangan yang sebaiknya dilakukan sebagai berikut, disamping pemetaan geologi teknik (lihat SNI 03-2849, Tata cara pemetaan geologi teknik lapangan)

- a) interpretasi penginderaan jarak jauh (*remote sensing*), dan foto udara;
- b) penyelidikan geofisik;

- c) pengambilan contoh terganggu;
- d) pengambilan contoh tidak terganggu;
- e) pengujian lapangan.

4.6.1.1 Interpretasi penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) dan foto udara

Data hasil penginderaan jarak jauh dapat digunakan secara efektif untuk mengidentifikasi kondisi permukaan tanah secara regional, formasi geologi, lereng gunung yang curam dan permukaan refleksi patahan, dasar sungai terbenam, kondisi jalan masuk lokasi, dan formasi umum tanah dan batuan.

Data penginderaan jarak jauh dari satelit (peta/gambar *LANDSAT* dari *NASA*), foto udara dari *USGS*, dan pemetaan udara dengan menggunakan foto udara yang tersedia, dapat membantu tenaga ahli geoteknik dalam melakukan interpretasi.

Pengambilan contoh, penyelidikan dan teknik pengujian maupun batasan dan kemampuannya, mutlak dipahami oleh tenaga ahli geoteknik sebelum menerapkannya pada proyek.

4.6.1.2 Penyelidikan geofisik

Pengujian geofisik yang biasa digunakan adalah resistivitas permukaan (*SR = Surface resistivity*), penetrasi tanah dengan radar (*GPR = ground penetrating radar*), dan konduktivitas elektromagnetik (*EM*). Penyelidikan ini akan sangat membantu untuk hal-hal sebagai berikut

- a) menentukan stratigrafi tanah,
- b) mendeteksi perubahan cepat dalam satuan tanah dasar, dan lokasi lubang kavitas bawah tanah dalam formasi *karst*,
- c) mengidentifikasi prasarana bawah tanah dan atau gangguan.

Gelombang mekanik terdiri atas gelombang tekan (*P-wave*) dan gelombang geser (*S-wave*), yang dapat diukur dengan metode-metode refraksi gempa, *crosshole*, dan uji gempa *downhole* serta memberikan informasi sifat elastik dinamik tanah dan batuan untuk berbagai keperluan. Pada khususnya, kecepatan gelombang geser diperlukan baik untuk studi amplifikasi gempa lapangan akibat getaran tanah maupun untuk evaluasi likuifaksi tanah.

4.6.1.3 Pengambilan contoh terganggu

Pengambilan contoh terganggu pada umumnya diperlukan untuk mengetahui jenis tanah, gradasi, klasifikasi, konsistensi, kepadatan, adanya pencemaran, stratifikasi dan lain-lain. Metode pengambilan contoh berbeda-beda mulai dari cara manual, dengan alat keruk menggunakan *truck mounted auger* dan cara bor putar. Contoh terambil perlu dimodifikasi sesuai dengan keadaan alami tanah sebelum pengujian dilakukan.

4.6.1.4 Pengambilan contoh tidak terganggu

Pengambilan contoh tidak terganggu dapat digunakan untuk menentukan kekuatan tanah in-situ, kompresibilitas (penurunan), kadar air asli, berat volume, sifat kelulusan air, diskontinuitas, patahan dan retakan formasi tanah dasar.

Tingkat gangguan contoh tanah tidak terganggu bergantung pada

- a) jenis material tanah dasar,
- b) jenis dan kondisi alat yang digunakan,
- c) pengetahuan petugas pengeboran,
- d) lokasi penampungan contoh yang digunakan,
- e) metode transportasi contoh yang digunakan.

Selain itu, mutlak diperlukan cara perhitungan yang tepat untuk menghindari atau mengurangi tingkat gangguan yang dapat mempengaruhi desain.

4.6.1.5 Pengujian lapangan

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam pengujian lapangan adalah sebagai berikut.

- a) Metode uji lapangan (*CPT*, *SPT*, *PMT*, *DMT* dan *VST*) dan geofisik dapat digunakan untuk melengkapi pengeboran tanah.
- b) Uji penetrometer konus elektronik (*CPT*) dapat memberikan informasi geoteknik tanah tanpa pengaruh gangguan pengambilan contoh, dan data dapat dikumpulkan tepat waktu secara kontinu, sehingga dapat diketahui karakteristik stratigrafi dan kekuatan tanah. Demikian juga dengan uji *SPT*, *PMT*, *DMT* dan *VST*.
- c) Uji ini menguntungkan karena semua pengukuran dilakukan di lapangan tanpa uji laboratorium dan hemat biaya, serta efektif digunakan bersama-sama dengan pengambilan contoh konvensional untuk menghemat biaya dan waktu.
- d) Bermanfaat untuk pengembangan korelasi antara pengambilan contoh konvensional, pengujian lapangan, dan parameter tanah.

4.6.2 Frekuensi dan kedalaman pengeboran

Lokasi dan frekuensi pengeboran bergantung pada beberapa faktor, yaitu

- a) tipe dan keadaan kritis bangunan,
- b) formasi tanah dan batuan,
- c) perubahan stratifikasi yang diketahui,
- d) beban-beban fondasi.

Petunjuk praktis penentuan jumlah minimum titik penyelidikan dan kedalaman minimum penyelidikan untuk bangunan air, diberikan dalam Tabel 2. Kadang-kadang, pengeboran perlu diperdalam untuk mendapatkan hal-hal sebagai berikut.

- a) Menentukan kondisi geologi lapangan.
- b) Menentukan kedalaman dan karakteristik teknik lapisan tanah dasar.
- c) Memastikan apakah informasi sudah cukup untuk menunjang persyaratan struktur tanah yang belum ditentukan pada waktu pengeboran.
- d) Jika pengeboran dilakukan pada batuan dan mempengaruhi kinerja fondasi, disarankan panjang minimum batuan 1,5 m untuk memverifikasi bahwa pengeboran telah mencapai batuan dasar dan tidak terhalang bongkahan.
- e) Jika bangunan dibangun di atas batuan, panjang inti batuan harus lebih besar dari 3 m, dan dapat diperdalam jika menggunakan tiang pancang atau tiang bor.
- f) Menentukan pemilihan kedalaman bor pada lokasi persilangan sungai dan saluran dengan mempertimbangkan potensi kedalaman gerusan dasar sungai.

Tabel 2 Petunjuk penentuan jumlah minimum titik dan kedalaman minimum penyelidikan geoteknik untuk bangunan air

| Aplikasi untuk tipe bangunan | Jumlah minimum titik penyelidikan dan lokasi | Kedalaman minimum penyelidikan |
|--|---|--|
| Tembok penahan (tanah dan air) | <ul style="list-style-type: none"> • Minimum 1 titik penyelidikan untuk setiap tembok penahan. Lebih dari satu titik penyelidikan dapat dilaksanakan untuk tembok penahan dengan panjang lebih dari 30 m, dengan ketentuan jarak antara titik berkisar antara 30-60 m dan ditempatkan di sebelah dalam atau luar tembok. • Untuk tembok penahan yang diperkuat dengan penjangkaran, diperlukan tambahan titik penyelidikan dengan jarak 30-60 m ditempatkan pada zona jangkak. • Untuk tembok dengan paku tanah (<i>soil nailing</i>), diperlukan tambahan titik penyelidikan berjarak antara 1,0 sampai 1,5 kali tinggi tembok ditempatkan di belakang tembok dan berjarak 30-60 m satu terhadap yang lainnya. • Untuk tembok penahan air (bendung), diperlukan tambahan titik penyelidikan yang ditempatkan pada setiap tembok pangkal. | <ul style="list-style-type: none"> • Lakukan penyelidikan di bawah dasar tembok sedalam minimum 1 sampai 2 kali tinggi tembok atau minimum 3,0 m di bawah lapisan keras (batuan). • Penyelidikan harus cukup dalam, sehingga menembus lapisan tanah lunak dengan kompresibilitas tinggi (misalnya gambut, tanah lanau organik, tanah lempung lunak) sampai masuk ke dalam tanah dengan daya dukung memadai (misalnya tanah lempung kaku sampai keras, tanah berbutir kasar yang padat, atau batuan dasar). |
| Fondasi urugan tanah/batu | <ul style="list-style-type: none"> • Pada as urugan, diperlukan minimum 1 titik penyelidikan pada setiap jarak 60 m (kondisi tidak homogen) atau 120 m (kondisi homogen). • Pada lokasi-lokasi kritis (misalnya pada daerah urugan dengan tinggi maksimum atau dengan ketebalan tanah lunak maksimum), diperlukan tambahan minimum 3 titik penyelidikan yang ditempatkan pada arah melintang urugan untuk mengetahui kondisi peralihan tanah yang akan digunakan untuk analisis stabilitas lereng dan analisis rembesan. • Untuk bendungan tipe urugan, diperlukan tambahan minimum 1 titik penyelidikan yang ditempatkan pada setiap ebatmen atau tembok pangkal. | <ul style="list-style-type: none"> • Penyelidikan harus dilakukan sedalam minimum 1,5 - 2 kali tinggi urugan, kecuali ditemukan lapisan keras. • Jika masih ditemukan peralihan tanah lunak di bawah 1,5-2 kali tinggi urugan, lanjutkan penyelidikan sampai cukup dalam menembus peralihan tanah lunak dan menemukan peralihan tanah yang kuat (misalnya tanah lempung kaku sampai keras, tanah berbutir kasar yang padat atau batuan dasar). |
| Pemotongan lereng (<i>cut slope</i>) | <ul style="list-style-type: none"> • Pada as pemotongan lereng, diperlukan minimum 1 titik penyelidikan pada setiap jarak 60 m (kondisi tidak homogen) atau 120 m (kondisi homogen). • Pada lokasi-lokasi kritis (misalnya pada daerah pemotongan terdalam, pada daerah ketebalan tanah lunak maksimum), diperlukan tambahan minimum 3 titik penyelidikan dalam arah melintang pemotongan lereng, untuk mengetahui kondisi peralihan tanah yang akan digunakan untuk analisis stabilitas lereng. | <ul style="list-style-type: none"> • Penyelidikan harus dilakukan sedalam minimum 1,5 - 2 kali kedalaman galian, kecuali telah ditemukan lapisan keras. • Jika masih ditemukan peralihan tanah lunak di bawah 1,5-2 kali dalam galian, penyelidikan dilanjutkan sampai cukup dalam menembus peralihan tanah lunak dan menemukan peralihan tanah kuat (misalnya tanah lempung kaku sampai keras, tanah berbutir kasar yang padat atau batuan dasar). |

Tabel 2 (sambungan)

| Aplikasi untuk tipe bangunan | Jumlah minimum titik penyelidikan dan lokasi | Kedalaman minimum penyelidikan |
|------------------------------|---|---|
| Fondasi dangkal | <ul style="list-style-type: none"> • Untuk bangunan di bawah permukaan (misalnya ebatmen atau pier) dengan lebar kurang atau sama dengan 30,00 m, diperlukan minimum satu titik penyelidikan untuk setiap bangunan. • Untuk bangunan di bawah permukaan dengan lebar lebih dari 30,00 m, diperlukan minimum 2 titik penyelidikan. • Tambahan titik penyelidikan, diperlukan bila ditemukan perlapisan tanah dengan kondisi luar biasa. | <p>Kedalaman penyelidikan yang harus dilaksanakan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cukup dalam, sehingga melewati perlapisan tanah yang tidak stabil (misalnya gambut, lanau organik, tanah lempung lunak) dan menembus perlapisan tanah dengan daya dukung yang memadai. • Paling sedikit harus mencapai kedalaman tanah dengan peningkatan tegangan akibat beban struktur yang diperkirakan mencapai 10% dari tegangan vertikal efektif (<i>overburden</i>) yang ada. • Jika ditemukan perlapisan batuan dasar sebelum mencapai kedalaman yang ditentukan pada penjelasan sebelumnya, penyelidikan dihentikan setelah menembus 3,00 m kedalaman perlapisan batuan dasar. Namun, penyelidikan mekanika batuan terhadap material isian yang ditemukan pada bidang diskontinuitas harus diperbanyak untuk mengetahui sifat kompresibilitasnya. |
| Fondasi dalam | <ul style="list-style-type: none"> • Untuk bangunan di bawah permukaan (misalnya ebatmen atau pier/tiang) dengan lebar kurang atau sama dengan 30,00 m, diperlukan minimum satu titik penyelidikan untuk setiap bangunan. • Untuk bangunan di bawah permukaan dengan lebar lebih dari 30,00 m, diperlukan minimum 2 titik penyelidikan. • Tambahan titik penyelidikan, diperlukan jika ditemukan perlapisan tanah dengan kondisi luar biasa. | <ul style="list-style-type: none"> • Pada perlapisan tanah, kedalaman penyelidikan harus mencapai 6,00 m di bawah ujung tiang pancang / tiang bor yang diperkirakan atau minimum dua kali dimensi maksimum dari grup tiang. Dipilih yang terdalam. • Semua titik pengeboran harus melewati perlapisan tanah yang tidak menguntungkan, seperti urugan yang tidak dipadatkan, gambut, material dengan kadar organik tinggi, tanah lempung lunak, tanah berbutir kasar yang lepas dan menembus sebagian dari perlapisan tanah yang keras atau padat. • Untuk tiang yang ujungnya terletak di atas batuan dasar, penyelidikan harus menembus minimum 3,00 m pada setiap titik penyelidikan, untuk memperoleh inti batuan yang dapat digunakan sebagai verifikasi tidak terletak di atas bongkah (<i>boulders</i>). • Untuk tiang bor yang terletak di atas batuan dasar atau menembus sebagian ke dalam batuan dasar, penyelidikan harus menembus minimum 3,00 m di bawah perlapisan batuan untuk tiang yang terisolasi (<i>isolated</i>) atau dua kali dimensi maksimum dari grup tiang bor; dipilih yang terdalam untuk mengetahui karakteristik perlapisan batuan. |

4.6.3 Lokasi dan elevasi pengeboran

Pada umumnya lokasi dan elevasi pengeboran ditentukan oleh tenaga ahli survei. Jika tenaga ahli survei tidak ada, pengawas lapangan bertanggung jawab dalam penentuan lokasi pengeboran dan elevasi muka tanah sesuai dengan kebutuhan proyek. Lokasi bor biasanya ditandai dengan patok beton yang dapat dilihat dalam jarak 1,0 m, misalnya dengan sistem GPS (*Global Positioning System*) untuk membantu dokumentasi lokasi.

Dalam penentuan elevasi pengeboran perlu diperhatikan hal-hal seperti berikut.

- a) Jika dilakukan survei topografi, elevasi bor dapat ditentukan dengan interpolasi antarkontur. Metode ini umumnya dapat diterima, tetapi pengawas lapangan harus mengetahui bahwa pengukuran elevasi peka terhadap posisi horisontal pengeboran. Oleh karena itu, jika interval kontur berubah dengan cepat, elevasi bor harus ditentukan secara optik.
- b) Penggunaan patok referensi (*BM*) harus ditunjukkan pada rencana lapangan dan survei topografi. Jika tidak, perlu digunakan patok sementara (*TBM*) pada struktur tanah permanen.
- c) Patok sementara (*TBM*) harus tetap dapat berfungsi selama operasi konstruksi selanjutnya, dan dapat disusun secara tipikal walaupun elevasi berubah-ubah (kecuali jika elevasi tanah setempat seragam). Letak patok referensi (*BM*) dan atau patok sementara (*TBM*) yang digunakan pada rencana lapangan harus diperlihatkan oleh pengawas lapangan.
- d) Penyipat datar atau alat perata dapat digunakan untuk membantu menentukan elevasi. Survei dengan cara penyipat datar harus dilakukan dengan teliti. Elevasi harus diperlihatkan dengan patok pada lubang bor yang berjarak paling dekat 1/10 m, kecuali jika diarahkan lain oleh perencana. Biasanya datum elevasi (tetap) harus diidentifikasi dan dicatat.

4.6.4 Perlengkapan lapangan

Perlengkapan lapangan yang umum diperlukan untuk penyelidikan geoteknik di lapangan, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Daftar perlengkapan lapangan

| Peralatan | Keterangan |
|------------------------|--|
| Formulir kerja | Rencana lapangan, spesifikasi teknik, lembaran instruksi lapangan, formulir memorandum lapangan harian, formulir isian deskripsi lubang bor, formulir untuk uji khusus (geser baling, kelulusan air, dan lain-lain), label isian contoh atau <i>tape</i> , kopi surat izin yang diperlukan, buku lapangan (anti basah), rencana keselamatan dan keamanan, panduan lapangan, formulir pengeluaran sub kontraktor. |
| Alat pengambil contoh | Alat pengambilan contoh, tabung kosong dan lain-lain, pisau pemotong contoh, alat ukur (sampai bagian 1 cm), dan 25 m <i>tape</i> /pita dengan pelampung dasar yang rata pada ujungnya, agar dapat digunakan untuk pengukuran muka air, alat penyipat datar, kain lap, tempat contoh dan boks inti, boks contoh untuk pengapalan (jika perlu), keranjang dengan penutup jika diperlukan contoh bongkahan (<i>bulk</i>), wadah setengah lingkaran, sikat kawat. |
| Alat pengaman/personel | Topi keras/baja, sepatu pengaman, kaca mata pengaman (jika bekerja dengan alat pemukul atau pahat), sepatu karet, perlengkapan hujan, sarung tangan kerja. |
| Alat lain | Papan jepit (<i>clipboard</i>), potlot, penghapus, alat cap (<i>felt markers</i>), alat skala dan penggaris, jam, kalkulator, kamera, kompas, botol cuci dan atau tabung uji, penetrometer saku dan atau <i>torvane</i> , alat komunikasi (radio dua arah, telpon selular). |

4.6.5 Perencanaan dan spesifikasi

Setiap program penyelidikan geoteknik yang meliputi rencana lokasi dan spesifikasi teknik, mutlak diperlukan untuk mengetahui lingkup dan komunikasi pekerjaan yang akan dilakukan.

Rencana lokasi proyek harus meliputi persyaratan minimum berikut ini.

- a) peta lokasi proyek;
- b) bentuk umum permukaan, seperti jalan lalu lintas, sungai, bangunan, dan tanaman yang ada;
- c) arah panah utara dan titik koordinat yang dipilih;
- d) kontur muka tanah pada interval elevasi yang memadai;
- e) lokasi rencana bangunan dan alinyemen rencana jalan lalu lintas termasuk jalur landai;
- f) lokasi rencana pengeboran, pisometer, dan uji lapangan;
- g) tabel yang menyajikan rencana kedalaman setiap pengeboran dan pendugaan maupun kedalaman saringan pisometer.

Hal-hal dan pekerjaan yang harus diuraikan dengan jelas dalam spesifikasi teknik, antara lain

- a) material, peralatan dan prosedur yang digunakan untuk pengeboran dan pengambilan contoh;
- b) pelaksanaan pengujian lapangan;
- c) pemasangan pisometer;
- d) penentuan metode pengukuran;
- e) ketentuan pembayaran untuk semua jenis pekerjaan.

5 Metode pengeboran dan pengambilan contoh tanah dan batuan

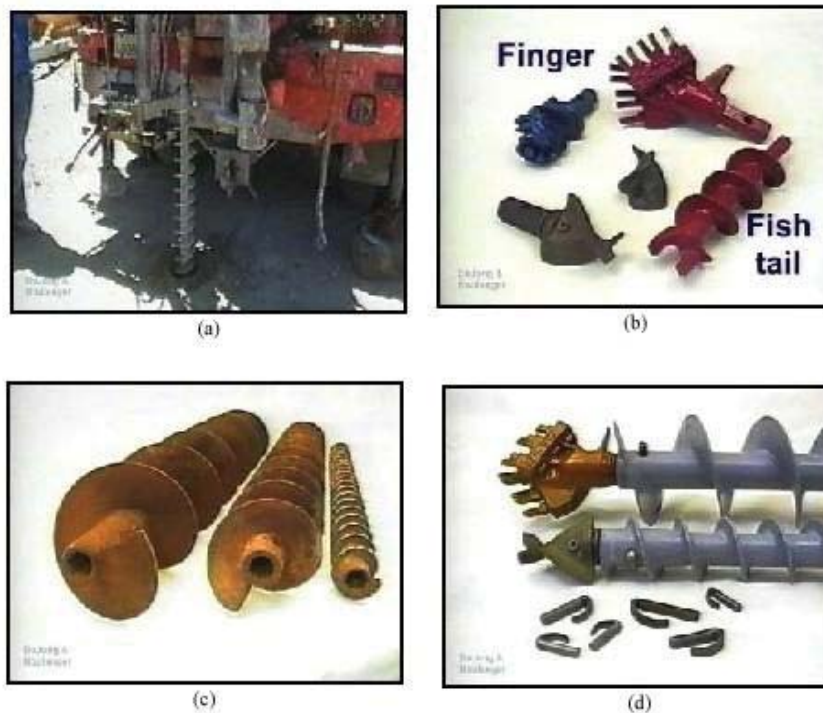
Peralatan dan prosedur yang biasa digunakan untuk pengeboran dan pengambilan contoh tanah dan batuan dijelaskan berikut ini. Metode-metode yang digunakan untuk memanfaatkan contoh tanah dan inti batuan dalam pemeriksaan visual dan pengujian laboratorium dibahas dalam buku Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air, Volume II.

5.1 Penyelidikan tanah

5.1.1 Pengeboran tanah

Pengeboran dan pengambilan contoh tanah dapat dilakukan dengan berbagai peralatan yang berbeda. Metode yang digunakan untuk melanjutkan pengeboran harus sesuai dengan kondisi tanah dan air tanah, untuk memastikan bahwa kualitas contoh tanah yang diperoleh sudah memadai. Hal-hal yang harus diperhatikan pada waktu pengeboran khususnya keruntuhan tanah atau tanah lepas dari bor sebelum pengambilan contoh.

Air pembilas biasanya diperlukan untuk menstabilkan dinding tepi dan dasar lubang bor dalam tanah lempung lunak atau tanah nonkohesif yang berada di bawah muka air tanah. Dasar lubang bor harus distabilisasi agar tidak mengalami penyembulan atau dinding tepi menyusut, tidak mengalami gangguan tanah sebelum pengambilan contoh atau tidak menyulitkan masuknya tabung sampai ke dasar lubang bor. Dalam penyelidikan geoteknik, umumnya pengeboran dilakukan dengan menggunakan alat bor *auger* tangga putar batang menerus (*solid stem continuous flight*), bor *auger* batang berlubang (*hollow stem*), atau bor putar.



Gambar 5 Sistem bor *auger* tangga putar batang padat menerus: (a) Perlengkapan sistem bor *auger*, (b) matabor berbentuk jari (*finger*) dan ekor ikan (*fish tail*), (c) ukuran alat bor batang masif, (d) beberapa bentuk potongan bor *auger* dan sambungannya (FHWA NHI-01-031)

5.1.1.1 Pengeboran *auger* tangga putar batang menerus (*Solid stem flight augers*)

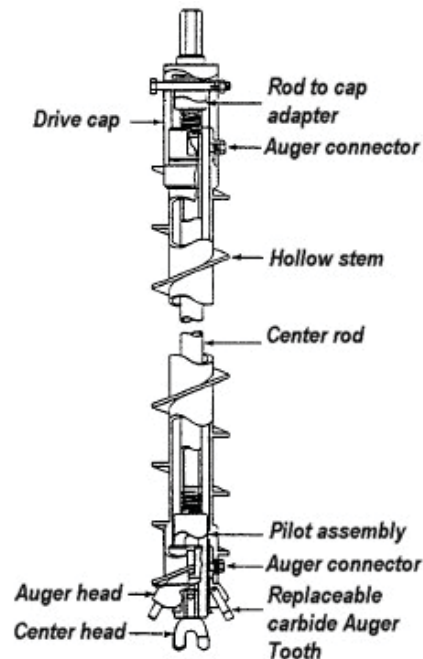
Pada umumnya metode pengeboran ini hanya digunakan pada tanah kohesif kaku, sehingga dinding lubang bor tetap stabil di seluruh kedalaman bor. Gambar 5a menunjukkan perlengkapan sistem bor *auger* menerus yang digunakan dengan mesin bor putar. Ujung *auger* disambung dengan matabor (Gambar 5b) berbentuk jari (*finger*) atau ekor ikan (*fish tail*), yang berfungsi untuk memotong tanah. Sementara itu *auger* berbentuk tangga putar berfungsi sebagai sekrup pembawa, yang dapat membawa potongan tanah ke bagian atas lubang. Batang *auger* harus ditambah secara bertahap sampai mencapai kedalaman tanah yang diinginkan.

Karena penggunaannya terbatas, maka alat ini umumnya tidak cocok untuk penyelidikan yang digabung dengan pengambilan contoh. Alat ini harus digunakan dengan hati-hati terhadap perlawanan penetrasi dan getaran bor, agar dapat memberikan data interpretasi kondisi geoteknik dengan baik.

Matabor berbentuk ekor ikan biasanya digunakan pada formasi lempung kaku (Gambar 5b), sedangkan matabor jari dari *carbide* biasanya digunakan pada formasi lempung keras atau batuan perselingan atau lapisan tersementasi. Berhubung matabor berbentuk jari biasanya meninggalkan runtuh tanah pada dasar lubang bor, maka jarang digunakan.

Bor batang masif tersedia dalam berbagai ukuran diameter luar yang berkisar antara 102 mm (4,0 in) dan 305 mm (12,0 in) (lihat Gambar 5c), dan yang umum adalah dengan diameter 102 mm. Pada waktu pemasangan sambungan bor batang pada alat bor utama, digunakan pasak (*cotter pins*) seperti diperlihatkan pada Gambar 5d. Biasanya bor batang menerus diputar masuk ke dalam tanah dengan suatu kecepatan dan bor ditarik kembali tanpa rotasi, untuk mengatur bor batang dengan putaran minimum.

Metode pengeboran ini dapat membantu untuk mengidentifikasi perubahan formasi tanah secara visual. Potongan dan reaksi bor *auger* harus dipantau secara teratur untuk mengidentifikasi perubahan stratifikasi antarlokasi contoh.



Gambar 6 Komponen bor *auger* tangga putar batang berlubang (*hollow*) (ASTM D 4700)

5.1.1.2 Pengeboran *auger* tangga putar batang berlubang (*hollow*) menerus

Pada umumnya alat ini hampir sama dengan bor *auger* tangga putar batang menerus, namun mempunyai lubang besar di tengah (lihat Gambar 6). Skema berbagai komponen sistem alat ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan gambar alat pada Gambar 7b s.d. 7f. Tabel 4 menyajikan berbagai ukuran bor *auger* batang berlubang yang tersedia di pasaran, yang gambarnya dapat dilihat pada Gambar 7c.

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

- Jika pekerjaan pengeboran dilanjutkan, batang tengah (*center rod*) dan matabor tengah sebagai penyumbat *auger* (*plug*) dimasukkan ke dalam lubang batang *auger*. Matabor tengah yang disambung dengan matabor luar berfungsi untuk mencegah masuknya potongan tanah ke dalam *auger* batang berlubang.
- Batang tengah yang terdiri atas batang-batang penghubung yang disambung dari dasar matabor ke *drive cap* dengan *drive adaptor*, digunakan untuk memastikan bahwa batang tengah dan matabor berputar bersama-sama dengan *auger*.
- Jika elevasi pengambilan contoh sudah tercapai, batang dan matabor tengah harus dicabut kembali. Kemudian tabung contoh dimasukkan melalui batang berlubang untuk pengambilan contoh. Jika hal ini dilakukan pada batuan, harus digunakan bor inti.



Gambar 7 Sistem bor *auger* tangga putar batang berlubang (*hollow*) menerus: (a) perbandingan dengan bor *auger* batang; (b) konfigurasi bor *auger* batang berlubang tipikal; (c) ukuran bor *auger* batang berlubang; (d) matabor bentuk tangga terpasang di tengah; (e) matabor luar; (f) matabor bagian luar dan tengah (*FHWA NHI-01-031*)

- d) Metode alat ini biasanya digunakan pada tanah lempung atau tanah berbutir kasar yang berada di atas muka air tanah, yang kemungkinan dinding lubang bor tidak stabil. *Auger* berfungsi sebagai pipa lindung (*casing*) sementara, untuk mengambil contoh tanah tidak terganggu di bawah matabor. Potongan contoh dari metode bor ini diputar dengan gerakan ke atas dan digunakan untuk keperluan pengamatan visual. Pada kedalaman bor yang dalam, akan terlihat deskripsi yang berbeda antara hasil bor di atas dan di bawah permukaan lapisan dasar. Hal ini mutlak dipahami oleh supervisor untuk keperluan identifikasi kondisi lapisan tanah in situ.
- e) Tanah di bawah muka air tanah di dasar bor akan mengalami tekanan air hidrostatik, sehingga mengganggu tanah berbutir kasar atau lempung lunak. Hal tersebut akan menimbulkan sembulan tanah sumbatan bor, dan menghalangi tabung untuk mencapai dasar lubang bor. Jika terjadi sembulan atau gangguan, perlawanan penetrasi untuk menggerakkan tabung akan berkurang. Oleh karena itu, sebaiknya digunakan metode bor putar atau tetap dengan bor *hollow* yang dialiri air pembilas, untuk mengimbangi tinggi tekan walaupun sulit dilakukan.

Tabel 4 Ukuran umum bor batang *auger* berlubang (*hollow*)

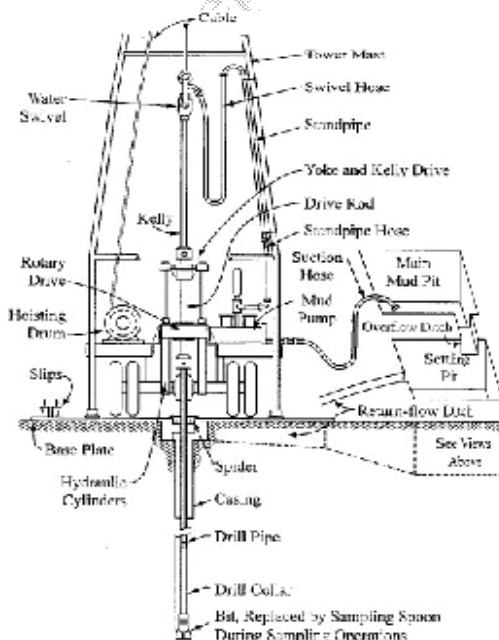
| Diameter dalam batang berlubang mm (in) | Diameter luar <i>auger</i> tangga putar mm (in) | Diameter matabor <i>auger</i> mm (in) |
|---|---|---------------------------------------|
| 57 (2,25) | 143 (5,625) | 159 (6,25) |
| 70 (2,75) | 156 (6,125) | 171 (6,75) |
| 83 (3,25) | 168 (6,625) | 184 (7,25) |
| 95 (3,75) | 181 (7,125) | 197 (7,75) |
| 108 (4,25) | 194 (7,625) | 210 (8,25) |
| 159 (6,25) | 244 (9,625) | 260 (10,25) |
| 184 (7,25) | 295 (11,250) | 318 (12,00) |
| 210 (8,25) | 311 (12,250) | 330 (13,00) |
| 260 (10,25) | 356 (14,000) | 375 (14,75) |
| 311 (12,25) | 446 (17,500) | 470 (18,50) |

5.1.1.3 Pengeboran putar dengan penyemprotan (*rotary wash borings*)

Metode pengeboran putar dengan penyemprotan (lihat Gambar 8 dan Gambar 9a) biasanya merupakan metode yang paling memadai untuk lapisan tanah yang berada di bawah muka air tanah. Tepi lubang bor didukung pipa lindung (*casing*) atau dibantu dengan air pembilas. Jika digunakan pipa lindung bor, pengeboran dapat dilanjutkan secara bertahap dengan cara sebagai berikut:

- Memukul pipa lindung masuk sampai kedalaman contoh yang diinginkan.
- Membersihkan lubang bor sampai ke dasar pipa lindung.
- Memasukkan alat pengambil contoh dan mengambil contoh dari bawah pipa lindung.

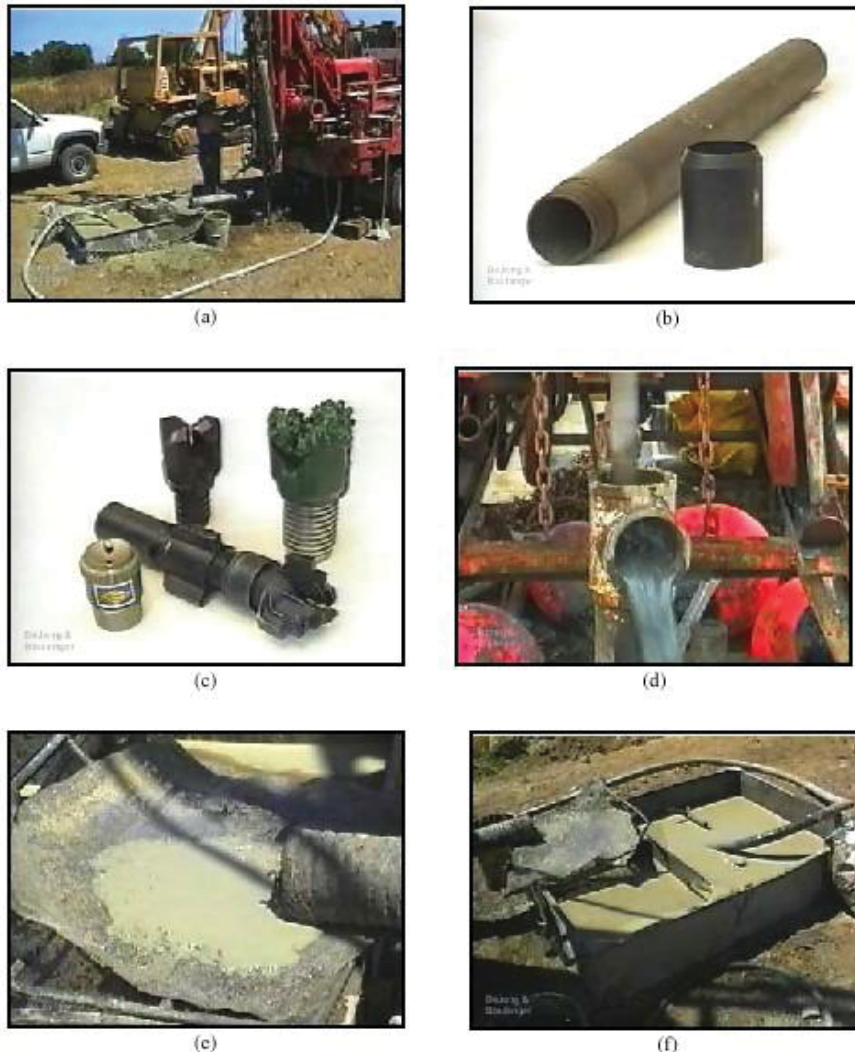
Pemilihan pipa lindung biasanya berdasarkan diameter luar alat pengambil contoh atau alat bor inti yang dimasukkan melalui pipa lindung, faktor-faktor pengaruh lain seperti kekakuan bor dalam badan air atau tanah sangat lunak, atau ukuran batang pipa lindung.



Gambar 8 Skema perlengkapan bor putar dengan penyemprotan (Hvorslev, 1948)

Dalam menggunakan pipa lindung (lihat Gambar 9b) perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

- a) Pipa lindung bor putar tipikal dilengkapi dengan diameter dalam yang berkisar antara 60 mm (2,374 in) dan 130 mm (5,125 in).



Gambar 9 Sistem bor putar semprot: (a) konfigurasi bor tipikal; (b) pipa lindung dan sepatu pemancangan; (c) matabor intan, penahan (*drag*) dan roda (*roller*); (d) debit air pembilas; (e) saringan penangkap air pembilas potongan tanah; (f) kolam pengendapan (tangki sedimen).

- b) Jika pengeboran berada di bawah muka air tanah, penggunaan pipa lindung harus dilakukan dengan hati-hati untuk mengatur tinggi tekan air dalam pipa lindung yang berada di atas muka air tanah. Penambahan air ke dalam lubang juga harus dilakukan dengan hati-hati, karena batang bor kemungkinan dapat bergeser setelah dilakukan pembersihan lubang sebelum pengambilan contoh dilakukan. Kegagalan pada waktu penyesuaian tinggi tekan air, dapat menimbulkan hilangnya atau terjadinya semburan contoh tanah di bawah pipa lindung (Tabel 5 dan Tabel 6).

- c) Pipa lindung untuk lubang bor, yang menggunakan air pembilas untuk menstabilkan dinding lubang bor, harus tetap ada sampai bagian atas lubang. Hal ini dimaksudkan untuk melindungi runtuhnya tanah karena kegiatan di permukaan dan menyediakan sirkulasi air pembilas.
- d) Air pembilas (air, bentonit, *foam*/busa, hasil bor sintetik lain) berfungsi selain untuk menstabilkan dinding lubang bor juga untuk memindahkan potongan bor dari alat bor.
- e) Pada tanah berbutir kasar dan tanah lempung lunak, campuran bentonit atau polimer tipikal digunakan untuk menambah berat air pembilas, agar dapat mengurangi reduksi tegangan tanah di dasar bor.
- f) Lubang bor yang diperdalam dengan menggunakan air pembilas, digunakan untuk mengatur tekanan positif yang terjadi pada seluruh kedalaman bor.

Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam penggunaan metode bor putar adalah :

- a) Matabor terdiri atas dua jenis (Gambar 9c), matabor penahan biasanya digunakan untuk lempung dan pasir lepas, sedangkan matabor roda untuk penetrasi tanah butiran kasar padat, zona tersementasi dan batuan lunak atau lapuk.
- b) Pemeriksaan potongan yang berada dalam air pembilas akan membantu untuk mengidentifikasi perubahan kondisi tanah antarlokasi contoh (Gambar 9d).
- c) Saringan yang disimpan dalam air pembilas yang mengalir digunakan untuk menyaring bahan layang (Gambar 9e dan Gambar 9f). Air pembilas kembali yang berkurang atau hilang dapat menunjukkan adanya pelipatan terbuka, retakan, kavitasi, lapisan kerikil, zona yang sangat lulus air, dan kondisi stratigrafi lainnya yang dapat menimbulkan hilangnya air dalam rongga secara tiba-tiba. Hal ini harus dicatat dalam penyusunan log bor.
- d) Sifat-sifat air pembilas dan kuantitas air pompa melalui bit/potongan dapat digunakan untuk mengetahui ukuran partikel, yang dapat dipindahkan dari lubang bor dengan sirkulasi air pembilas. Pada lapisan tanah yang mengandung kerikil, kerakal, atau partikel lebih besar, material kasar akan tertinggal di dasar bor. Oleh karena itu, kemungkinan diperlukan alat pengambil contoh yang berdiameter lebih besar (misal *OD split-barrel* ukuran 76 mm (3,0 in)) untuk mengambil contoh tanah dan batuan yang representatif.

Tabel 5 Ukuran umum batang bor

| Ukuran | Diameter-luar batang mm (in) | Diameter-dalam batang mm (in) | Diameter-dalam kopeling mm (in) |
|-----------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| <i>RW</i> | 27,8 (1,095) | 18,3 (0,720) | 10,3 (0,405) |
| <i>EW</i> | 34,9 (1,375) | 22,2 (0,875) | 12,7 (0,500) |
| <i>AW</i> | 44,4 (1,750) | 31,0 (1,250) | 15,9 (0,625) |
| <i>BW</i> | 54,0 (2,125) | 44,5 (1,750) | 19,0 (0,750) |
| <i>NW</i> | 66,7 (2,625) | 57,2 (2,250) | 34,9 (1,375) |

Catatan: Tipe batang bor *W* dan *X* adalah tipe batang bor yang paling umum digunakan dan memerlukan kopeling terpisah untuk menghubungkan batang secara seri. Tipe batang lainnya telah dikembangkan dengan menggunakan alat pengambil contoh pipa kawat (*WL*) dan aplikasi khusus lainnya.

Tabel 6 Ukuran umum sambungan pipa lindung pembilas

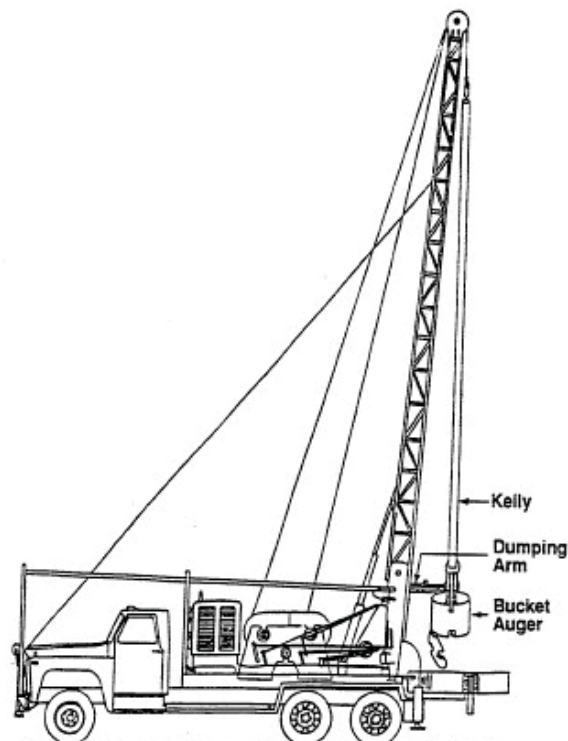
| Ukuran | Diameter-luar pipa lindung mm (in) | Diameter-dalam pipa lindung mm (in) |
|--------|---------------------------------------|--|
| RW | 36,5 (1,437) | 30,1 (1,185) |
| EW | 46,0 (1,811) | 38,1 (1,500) |
| AW | 57,1 (2,250) | 48,4 (1,906) |
| BW | 73,0 (2,875) | 60,3 (2,375) |
| NW | 88,9 (3,500) | 76,2 (3,000) |

Catatan : Sistem kopeling digabung dengan pipa lindung dan dibilas secara internal dan eksternal.

5.1.1.4 Pengeboran *auger ember (bucket auger borings)*

Bor *auger ember* biasanya digunakan untuk keperluan sebagai berikut.

- Mengambil contoh tanah dalam jumlah besar, misalnya untuk proyek yang mempunyai masalah stabilitas lereng.
- Mengamati kondisi geoteknik yang dilakukan dengan menggunakan rekaman video yang efektif sampai ke bawah lubang, karena jika dilakukan oleh petugas akan berbahaya bagi keselamatannya.
- Konfigurasi alat ini secara umum ditunjukkan pada Gambar 10. Alat ini biasanya terdiri atas ember berdiameter 600 mm (24 in) sampai 1200 mm (48 in), panjang ember 600 mm (24 in) sampai 900 mm (36 in), dan dilengkapi silinder logam terbuka di bagian atas dengan satu potongan celah (*slot*) atau lebih di bagian dasar, untuk jalan masuk tanah dan batuan jika ember diputar. Pada celah itu logam dasar diberi tulangan dan gerigi, atau ujung potongan runcing yang digunakan untuk memecahkan material contoh.



Gambar 10 Skema alat bor ember dan perlengkapannya (ASTM D 4700)

- d) Ember bor yang dipasang di dasar batang *Kelly* terdiri atas dua sampai empat tabung baja empat persegi, yang dipasang satu pada sisi lainnya agar dapat meneropong sampai ke dasar lubang bor. Pada setiap kemajuan pengeboran, ember bor yang telah terisi dikosongkan di permukaan tanah yang berdekatan dengan alat pelengkap bor.
- e) Bor ember tipikal diperdalam dengan menggunakan mesin bor yang diletakkan di atas truk. Alat-alat perlengkapan mesin bor kecil (*small skid-mounted* dan *frame A*) untuk hal khusus biasanya telah tersedia, seperti pengeboran pada tebing gunung yang curam atau di bawah tinggi jagaan yang rendah atau kurang dari 2,5 m (8 ft). Penggunaan alat ini bergantung pada ukuran alat pelengkap bor dan kondisi geoteknik. Bor ember tipikal biasanya digunakan sampai kedalaman ≤ 30 m (100 ft), walaupun kemampuannya tersedia sampai 60 m (200 ft) atau lebih.
- f) Pada umumnya alat ini memadai digunakan untuk semua jenis tanah dan batuan dasar lunak sampai kaku. Pengeboran di bawah muka air dapat juga dilakukan pada material kaku dan tidak mudah mengalami runtuh atau infiltrasi air. Kemudian dilanjutkan dengan mengisi air pembilas, agar dapat menimbulkan tinggi tekan positif (tekanan yang melebihi tekanan air tanah), untuk mengurangi potensi ketidakstabilan dinding. Oleh karena itu, lubang bor harus diberi pipa lindung agar dapat dilakukan inspeksi lubang bor secara manual dan deskripsi log bor. Pelaksanaan ini sebaiknya dilakukan oleh personil yang sudah terlatih dan berpengalaman, serta dilengkapi dengan teknik video.
- g) Metode ini khususnya digunakan pada pengeboran material kerikil dan kerakal, yang tidak dapat dilakukan dengan alat bor konvensional. Pengeboran ini dapat dilanjutkan hingga mencapai kedalaman 300 mm (12 in) sampai 600 mm (24 in) inkremen dan dikosongkan, sehingga dapat digunakan untuk volume contoh yang besar dari lokasi khusus, misalnya untuk studi agregat.
- h) Untuk material keras (pembetonan atau batuan yang lebih besar dari yang dapat masuk ke ember), ember khusus dan perlengkapannya dapat diganti dengan ember penggali standar. Perlengkapan khusus ini terdiri atas ember bor inti dengan karbit pemotong gerigi yang tersusun sepanjang ujung dasar, ember batuan dengan gerigi gali yang kuat dan bukaan lebar untuk mengambil material rusak, batang penghancur tunggal yang digabungkan ke batang *Kelly* dan dijatuhkan untuk menghancurkan batuan keras, dan kerangka kerang yang digunakan untuk mengambil kerakal dan fragmen batuan besar dari dasar bor.

5.1.1.5 Pengeboran tangan

Alat ini biasanya digunakan untuk mendapatkan informasi geoteknik dangkal dari lapangan yang sulit dimasuki dengan kendaraan beroda empat. Jenis-jenis bor tangan yang tersedia dengan standar umum lubang tipe bor *auger*. Untuk tanah kohesif yang stabil, bor tangan dapat dilanjutkan sampai kedalaman 8 m (25 ft).

Penggunaan lubang bor terbuka pada tanah berbutir kasar biasanya akan mengalami kesulitan, bahkan pada kerakal dan bongkahan akan menimbulkan masalah besar. Bor tangan dapat digunakan, tetapi transportasinya sulit untuk daerah terpencil. Pemotong dalam laras bor (*barrel*) dapat disusun, dan tabung contoh juga dapat dilanjutkan pada setiap kedalaman.

Walaupun dapat digunakan tabung contoh *Shelby*, tetapi biasanya digunakan tabung berdiameter kecil 25 mm s.d. 50 mm (1,0 in s.d. 2,0 in) (lihat metode pengambilan contoh lainnya dalam *ASTM D 4700*).

5.1.1.6 Sumuran uji / parit uji

Sumuran uji dan parit uji (*trenches*) dapat digunakan untuk membantu pemeriksaan secara terperinci kondisi tanah dan batuan dangkal, dengan biaya relatif rendah. Parit uji merupakan bagian penting dari penyelidikan geoteknik apabila terjadi perubahan kondisi tanah yang signifikan (horisontal dan vertikal), adanya volume tanah yang besar dan atau material bukan tanah (bongkahan, kerakal, debris) yang contohnya tidak dapat diambil dengan metode konvensional, atau bentuk tanah tertanam yang harus diidentifikasi dan atau diukur.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan parit uji adalah seperti berikut.

- a) Pada umumnya penggalian yang dilakukan dengan alat mekanik (*backhoe, bulldozer*) lebih baik daripada dengan tangan.
- b) Kedalaman parit uji ditentukan berdasarkan penyelidikan, tetapi secara tipikal kira-kira 2 m (6,5 ft) sampai 3 m (10 ft). Di daerah yang elevasi muka air tanahnya tinggi, kedalaman parit dibatasi oleh muka air. Galian parit uji pada umumnya tidak aman dan atau tidak ekonomis untuk kedalaman lebih besar dari 5 m (16 ft) dan bergantung pada kondisi tanah.
- c) Pada waktu penggalian, dasar parit harus dijaga agar permukaan tanahnya relatif rata mendatar. Material galian harus ditempatkan secara teratur berdampingan dengan parit, dan terpisah dari tumpukan material lain di permukaan, untuk memudahkan identifikasi kedalaman material. Tepi parit dalam potongan vertikal harus dibersihkan secara kontinu, atau dengan metode lain yang memadai, sehingga menampilkan permukaan batuan atau tanah yang bersih.
- d) Survei pengontrolan parit uji harus dilakukan dengan menggunakan metode survei optik untuk menentukan secara teliti elevasi muka tanah dan lokasi rencana parit uji. Pengukuran harus dilakukan dan dicatat dalam dokumentasi orientasi, ukuran rencana dan kedalaman parit, serta kedalaman dan tebal masing-masing lapisan yang muncul dalam parit.
- e) Pada umumnya parit uji dapat diurug kembali dengan material buangan yang dihasilkan pada waktu penggalian. Material urugan tadi harus dipadatkan untuk mencegah terjadinya penurunan berlebihan. Alat pemadat manual atau alat putar dapat digunakan untuk memadatkan urugan tadi.
- f) Peraturan penggalian parit uji yang memenuhi persyaratan keselamatan harus diikuti sebelum pelaksanaan, misalnya *the U.S. Department of Labor's Construction Safety and Health Regulation*, dan peraturan institusi pemerintah lainnya yang berlaku.

Dalam penyusunan pencatatan (*logging*) harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

- a) Prosedur pencatatan parit uji harus menggunakan skala yang sesuai dengan kompleksitas struktur geologi tanah yang terungkap dalam parit dan ukuran parit. Skala normal untuk *logging* rinci minimal 1:20 atau 1:10.
- b) Pada waktu pencatatan harus dibuat profil vertikal yang sejajar dengan salah satu dinding parit. Bidang kontak antara formasi-formasi geologi harus diidentifikasi dan digambarkan pada profil, serta diambil contoh formasi lapisannya (sesuai dengan saran tenaga ahli geoteknik). Selain itu, karakteristik dan jenis tanah atau bidang litologi juga harus dicatat.
- c) Perubahan yang terjadi dalam lapisan geologi harus dideskripsi dan ditunjukkan pada pencatatan susunan lubang parit yang bersangkutan. Lokasi contoh juga harus ditunjukkan dalam susunan parit uji dan ditulis pada label contoh yang berisi lokasi stasiun dan elevasi, serta muka air tanah.

- d) Setelah pencatatan dilakukan, penyesuaian dapat dipindah dan parit difoto atau direkam dengan video berdasarkan saran tenaga ahli geoteknik. Susunan pencatatan foto dan atau video, yang dilengkapi dengan skala visual harus ditempatkan dengan acuan lokasi proyek dan elevasi garis dasar.

5.1.2 Contoh tanah

Contoh tanah terambil yang digunakan untuk pengujian dan analisis pada umumnya dibagi atas dua kategori utama yaitu contoh terganggu dan contoh tanah tidak terganggu, dengan penjelasan sebagai berikut.

5.1.2.1 Contoh tanah terganggu

Contoh ini diperoleh dengan menggunakan alat yang mungkin dapat menghancurkan struktur makro tanah tetapi tidak mengganggu komposisi mineraloginya, dan dapat dilakukan dengan berbagai metode (lihat Tabel 7). Spesimen contoh ini dapat digunakan untuk mengetahui perkiraan litologi umum endapan tanah, identifikasi komponen tanah dan tujuan klasifikasi umum, ukuran butiran, batas-batas *Atterberg*, dan karakteristik pemadatan tanah.

5.1.2.2 Contoh tanah tidak terganggu

Contoh yang diperoleh dari lapisan tanah lempung akan digunakan dalam uji laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat teknik tanah. Contoh tidak terganggu dari tanah berbutir kasar dapat juga diambil dengan prosedur khusus, seperti pembekuan atau pengisian damar/lilin (parafin) dan tabung blok atau tabung inti. Pengambilan contoh yang dilakukan dengan alat khusus ini, digunakan untuk membantu mengurangi gangguan pada struktur tanah *in-situ* dan kadar air tanahnya. Contoh tanah tidak terganggu dapat pula digunakan untuk mengetahui kekuatan, stratifikasi, kelulusan air, kepadatan, konsolidasi, sifat dinamik, dan sifat teknik tanah lainnya (lihat Tabel 7).

Tabel 7 Metode pengambilan contoh tanah yang umum dilakukan

| Tabung | Terganggu / tidak terganggu | Jenis tanah yang cocok | Metode penetrasi | Penggunaan dlm praktek (%) |
|---|-----------------------------|---|--|----------------------------|
| Tabung laras belah (<i>Split-barrel split spoon</i>) | Terganggu | Pasir, lanau, lempung | Dipukul dengan palu | 85 |
| Tabung dinding tipis (<i>Thin-walled Shelby tube</i>) | Tidak terganggu | Lempung, lanau, tanah berbutir kasar halus, pasir lempungan | Didorong secara mekanik | 6 |
| Tekan menerus (<i>Continuous push</i>) | Sebagian tidak terganggu | Pasir, lanau, dan lempung | Didorong secara hidraulik dengan <i>lining plastic</i> | 4 |
| <i>Piston</i> | Tidak terganggu | Lanau dan lempung | Didorong secara hidraulik | 1 |
| <i>Pitcher</i> | Tidak terganggu | Lempung kaku sampai keras, lanau, pasir, batuan lapuk sebagian, dan tanah berbutir kasar beku atau terisi damar/lilin (parafin) | Rotasi dan tekanan hidraulik | <1 |
| <i>Denison</i> | Tidak terganggu | Lempung kaku sampai keras, lanau, pasir dan batuan lapuk sebagian | Rotasi dan tekanan hidraulik | <1 |
| <i>Modified California</i> | Terganggu | Pasir, lanau, lempung, dan kerikil | Dipukul dengan <i>hammer (large split spoon)</i> | <1 |
| <i>Continuous auger</i> | Terganggu | Tanah kohesif | Bor batang <i>hollow</i> | <1 |
| Bongkahan (<i>bulk</i>) | Terganggu | Kerikil, pasir, lanau, lempung | Bor tangan, bor auger ember | <1 |
| Blok | Tidak terganggu | Tanah kohesif dan tanah berbutir kasar beku atau terisi damar/lilin (parafin) | Bor tangan | <1 |

5.1.3 Tabung contoh tanah

Untuk keperluan penyelidikan geoteknik mutlak dilakukan pengambilan contoh tanah dengan menggunakan berbagai jenis tabung contoh. Misalnya peralatan tabung standar, dan jenis-jenis lainnya sesuai dengan persyaratan daerah tertentu dan kondisi lapangan (*insitu*).

5.1.3.1 Tabung laras belah (*split barrel*)

Tabung laras belah dapat digunakan untuk mengambil contoh terganggu dari semua jenis tanah. Tabung tipikal ini digunakan untuk uji penetrasi standar atau *SPT* (*ASTM D 1586*), dengan tabung contoh dipukul oleh palu (*hammer*) seberat 63,5 kg (140 lb) dan tinggi jatuh 760 mm (30 in). Rincian uji penetrasi standar dibahas dalam buku volume II.

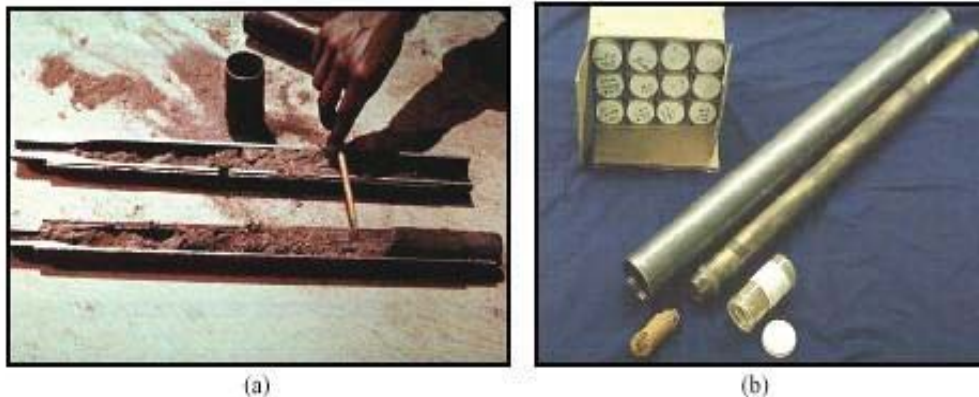
Pada umumnya, tabung berukuran standar panjang 457 mm (18 in) dan 610 mm (24 in) dengan diameter dalam berkisar antara 38,1 mm (1,5 in) dan 114,3 mm (4,5 in) dalam inkremen sebesar 12,7 mm (0,5 in) (Gambar 11a dan Gambar 11b).

Dalam penggunaan tabung laras belah perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Pada umumnya digunakan tabung berdiameter dalam 38,1 mm (1,5 in), sebab telah dikembangkan korelasi antara jumlah pukulan yang diperlukan untuk penetrasi dan pemilihan sifat tanah. Tabung berdiameter besar (lebih besar dari 51 mm (2 in)) dapat juga digunakan pada butiran kerikil, atau jika diperlukan material yang lebih banyak untuk keperluan uji klasifikasi tanah.
- Tabung laras belah standar mempunyai diameter dalam 38,1 mm (1,5 in), diameter luar 51 mm (2,0 in), dan sepatu pemotong berdiameter dalam 34,9 mm (1,375 in). Hal ini sebanding dengan tabung berdinding relatif tebal dengan rasio luas [$A_r = 100 \times (D_{\text{luar}}^2 - D_{\text{dalam}}^2) / D_{\text{dalam}}^2$] sebesar 112% (*Hvorslev, 1949*). Rasio luas yang besar ini akan mengganggu karakteristik asli contoh tanah, sehingga contoh yang diambil menjadi terganggu.



Gambar 11 Tabung laras belah: (a) panjang 457 mm (18 in) dan 610 mm (24 in); (b) diameter dalam 38,1 mm (1,5 in) sampai 89 mm (3,5 in)



Gambar 12 Tabung laras belah: (a) tabung terbuka dengan contoh tanah dan sepatu pemotong; (b) tabung contoh getar, sendok belah, tabung *Shelby*, dan kotak penyimpanan untuk transportasi contoh getar (*FHWA NHI-01-031*).

- c) Katup bola pemeriksa yang sesuai dengan tinggi tekan tabung akan digunakan untuk mengambil kembali material nonkohesif. Katup ini akan berada di tempatnya jika tabung ditarik kembali dari lubang bor, sehingga dapat menghindari tekanan air ke luar pada bagian atas tabung. Jika contoh tanah cenderung longsor ke luar karena beratnya, akan terjadi hampa udara pada bagian atas tabung untuk menahannya.
- d) Jika sepatu dan lengan dilepas dari tabung laras belah, dua katup tabung terpisah dan contoh mudah diambil (Gambar 12a). Kemudian contoh tanah dipindah dari tabung laras belah ke tempat lain dan ditutup/disegel dengan tabung gelas, dengan kotak plastik, atau dengan pipa kuningan (Gambar 12b). Jika contoh berisi jenis-jenis tanah yang berbeda, harus digunakan wadah terpisah. Selain itu, pipa dapat ditempatkan di dalam tabung dengan diameter dalam yang sama sebagai sepatu pemotong (Gambar 13a), agar contoh tetap utuh selama transportasi ke laboratorium. Oleh karena itu, contoh yang terambil dengan tabung laras belah akan terganggu, sehingga hanya cocok digunakan untuk uji identifikasi tanah dan klasifikasi umum.
- e) Alat penahan contoh dari baja atau plastik biasanya diperlukan untuk menyimpan contoh tanah murni berbutir kasar dalam tabung laras belah, antara lain jenis-jenis alat penahan sepatu keranjang, pegas, dan katup perangkap (Gambar 13b). Alat ini dimasukkan ke dalam tabung antara sepatu dan laras tabung untuk menahan material lepas atau aliran material, dan memungkinkan tanah masuk ke dalam tabung selama pemukulan; tetapi akan tertutup dan menahan contoh jika tidak ditarik. Penggunaan penahan contoh ini harus dicatat pada daftar log bor.
- f) Dalam praktek biasanya pipa dalam tidak digunakan dalam laras sendok belah. Perlawanan tabung contoh bergantung pada penggunaan pipa (*Skempton, 1986; Kulhawy & Mayne, 1990*). Jika digunakan pipa, log bor akan tercatat dengan jelas untuk menggambarkan perubahan yang terjadi berdasarkan prosedur standar yang dapat mempengaruhi analisis.

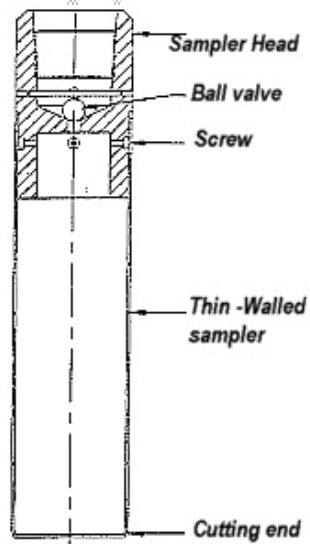


Gambar 13 Tabung laras belah: (a) cincin alat penahan dari nirbaja dan kuningan; (b) alat pengambil bola contoh (FHWA NHI-01-031)

5.1.3.2 Tabung dinding tipis (*thin wall sampler*)

Tabung dinding tipis biasanya digunakan untuk mendapatkan contoh tanah kohesif yang relatif tidak terganggu untuk keperluan uji kekuatan dan uji konsolidasi.

Tabung dinding tipis (Gambar 14) yang biasanya digunakan mempunyai diameter luar 76 mm (3,071 in) dan diameter dalam 73 mm (2,875 in) dengan rasio luas sebesar 9 %. Diameter luar bervariasi antara 51 mm (2,0 in) dan 76 mm (3,0 in), dan panjang tipikal berkisar dari 700 mm (27,56 in) sampai 900 mm (35,43 in), lihat Gambar 14. Tabung berdiameter lebih besar digunakan untuk contoh yang berkualitas lebih tinggi agar gangguan pengambilan contoh dapat dikurangi (ASTM D 1587).



Gambar 14 Skema tabung dinding tipis *Shelby* (ASTM D 4700)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan tabung dinding tipis *Shelby* adalah seperti berikut.

- a) Tabung ini diproduksi pabrik dan terbuat dari baja karbon, baja karbon berlapis seng, nirbaja, dan kuningan. Tabung baja karbon biasanya paling murah, tetapi tidak cocok untuk contoh yang harus disimpan lebih dari beberapa hari atau jika bagian dalam lubang tabung berkarat, sehingga menambah gesekan antara tabung dan contoh tanah. Tabung baja karbon berlapis seng lebih cocok digunakan pada tanah kaku, karena baja karbon lebih kuat, murah, dan berlapis seng memberikan perlawanan tambahan terhadap korosi. Pengeboran pada jembatan yang terletak jauh dari pantai, kondisi air asin, atau waktu penyimpanan yang lama, sebaiknya digunakan tabung nirbaja. Tabung dengan ujung depan dimiringkan, digunakan untuk memotong contoh berdiameter lebih kecil (72 mm (2,835 in)) untuk mengurangi gesekan. Tabung jenis ini dapat juga didorong dengan tinggi tekan tetap atau tinggi tekan piston.
- b) Tabung ini tidak boleh didorong melebihi panjang total sampai ke sambungan tutup (*cap*) kurang dari 75 mm (3 in). Sisa panjang tabung sebesar 75 mm (3 in) dimaksudkan untuk menampung runtuhannya yang mungkin bertambah atau berkurang pada dasar lubang bor. Panjang contoh diperkirakan sebesar 600 mm (24 in). Jika contoh terdiri atas tanah dengan kepadatan rendah atau tanah runtuh, diperlukan dorongan yang tereduksi sebesar 300 mm (12 in) sampai 450 mm (18 in) untuk mencegah gangguan pada contoh.
- c) Tabung harus digerakkan perlahan-lahan secara kontinu dengan menggunakan perlengkapan bor sistem hidrolik. Tekanan hidrolik harus dicatat dan didata pada daftar log. Kepala tabung berisi katup pemeriksa yang memungkinkan air melewati tinggi pengambilan contoh ke dalam batang bor. Katup pemeriksa harus bersih dari sedimen dan pasir serta diperiksa sebelum percobaan pengambilan contoh.
- d) Setelah alat selesai didorong, harus menunggu minimal sepuluh menit untuk memberi kesempatan contoh mengembang sedikit dalam tabung. Kemudian tali batang bor diputar dua kali penuh agar contoh dapat dipotong dengan hati-hati dan dibawa ke permukaan tanah. Akan tetapi, untuk tanah kaku biasanya tabung contoh tidak perlu diputar.
- e) Setelah tabung diambil, runtuhannya atau potongan contoh dari ujung tabung bagian atas harus dipindah dengan menggunakan alat pembersih. Panjang contoh yang diambil harus diukur, dan tanah diklasifikasi untuk penyusunan catatan bor (log bor). Contoh tanah setebal 25 mm pada dasar ujung tabung harus dipindah ke tempat penyimpanan dan diberi label. Kedua ujung tabung dipasang piringan plastik lalu ditutup dengan lapisan lilin (parafin) mikrokristalin setebal minimal 25 mm (1 in), untuk melindungi ujung-ujung contoh (Gambar 16a).
- f) Rongga-rongga yang ada di bagian atas contoh harus diisi dengan pasir lembap. Tutup ujung plastik harus melingkupi kedua ujung dan pita elektrik menutupi pelipatan antara leher penutup (*collar*) dan tabung serta lubang-lubang sekrup. Kemudian leher ujung-ujung tabung dimasukkan ke dalam cairan lilin (parafin), dan cincin *packer* dimasukkan ke ujung contoh dan ditutup agar tersimpan dengan baik (Gambar 16b). Contoh harus disimpan tegak lurus dan terlindungi untuk menghindari pembekuan, pengawetan dengan pengeringan, dan perubahan kadar air (*ASTM D 4220*). Cara ini banyak digunakan karena lebih bersih dan lebih cepat pengerjaannya.
- g) Di beberapa daerah, tabung jenis ini dapat dikeluarkan di lapangan dan tidak perlu diangkut ke laboratorium. Namun, tidak disarankan karena kondisi operasi di lapangan tidak dapat dikontrol, dan tidak boleh digunakan jika alat bor tidak mempunyai prosedur pelaksanaan dan peralatan untuk pengambilan dan transportasi contoh. Selanjutnya, contoh dalam tabung harus diangkut ke laboratorium uji, dan dikeluarkan dengan hati-hati sesuai dengan prosedur standar (*ASTM D 4220*).

- h) Informasi yang harus dituliskan pada setengah bagian atas tabung dan pada ujung bagian atas penutup adalah nomor proyek, jumlah bor, jumlah contoh, dan interval kedalaman. Nama proyek dan tanggal pengambilan contoh, serta istilah atas dan arah panah terhadap bagian atas contoh di ujung tabung bagian atas harus dituliskan oleh supervisor pada tabung contoh. Penulisan informasi contoh pada kedua tabung dan tutup ujung akan membantu untuk menjelaskan tabung dari gudang laboratorium, dan mencegah terjadinya pencampuran contoh dalam laboratorium jika beberapa tabung mengalami pemindahan/pertukaran tutup ujung pada waktu yang bersamaan.



Gambar 15 Tipe dan ukuran terpilih tabung dinding tipis *Shelby*



(a)

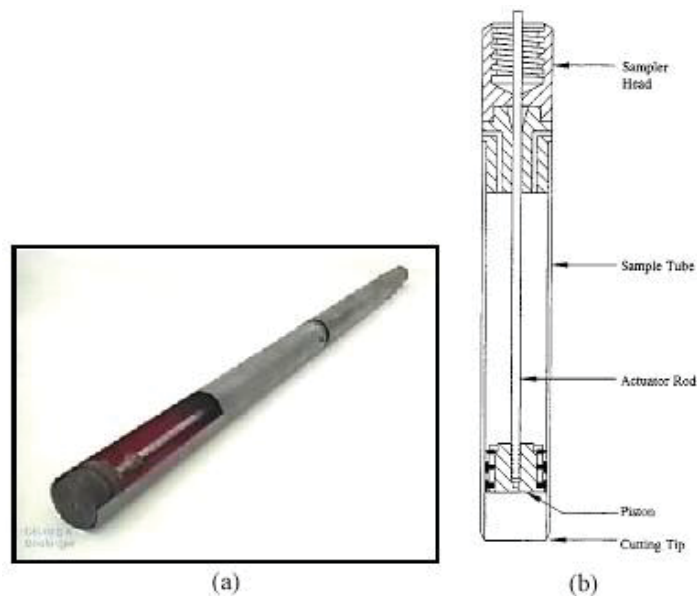


(b)

Gambar 16 Metode penutupan tabung *Shelby*: (a) lilin/parafin mikrokrystalin, (b) cincin *packer*

5.1.3.3 Tabung piston

Tabung piston (Gambar 17a dan Gambar 17b) adalah tabung dinding tipis yang dilengkapi dengan piston, batang, dan modifikasi kepala tabung, yang dikenal pula sebagai tabung *Osterberg* atau *Hvorslev*. Tabung ini terutama digunakan untuk pengambilan contoh tanah lunak yang sulit dilakukan, walaupun dapat juga digunakan untuk tanah kaku.



Gambar 17 Tabung piston: (a) gambar potongan tabung dinding tipis Yang dilengkapi dengan piston; (b) Skema alat (ASTM D 4700)

Dalam penggunaan tabung piston perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut.

- 1) Tabung piston ditempatkan pada dasar tabung contoh, dan diturunkan ke dasar lubang bor, lalu batang piston ditarik dengan kecepatan relatif tetap ke permukaan tanah, dan tabung dinding tipis didorong ke tanah perlahan-lahan dengan tekanan hidrolik atau dinaikkan/didongkrak secara mekanik, namun tabung tidak boleh dipukul.
- 2) Pada akhir pengambilan contoh, tabung dipindahkan dari lubang bor dan tabung hampa udara antara piston dan bagian atas contoh dipatahkan. Kemudian kepala piston dan piston dipindahkan dari tabung dan contoh diambil dari atas dan dasar tabung contoh untuk keperluan identifikasi. Selanjutnya tabung diberi label dan ditutup dengan cara yang sama seperti tabung *Shelby*.
- 3) Kualitas contoh yang terambil sangat baik dan probabilitasnya tinggi. Keuntungan piston tetap adalah dapat mencegah masuknya tanah berlebihan pada awal pengambilan contoh, sehingga dapat menghindari rasio perbaikan lebih besar dari 100 %, dan membantu mendorong tanah masuk ke dalam tabung dengan kecepatan tetap. Kepala tabung yang digunakan juga berfungsi sebagai tabung hampa udara, yang dapat membantu menahan contoh lebih baik daripada katup bola pada tabung dinding tipis *Shelby*.

5.1.3.4 Tabung *pitcher*

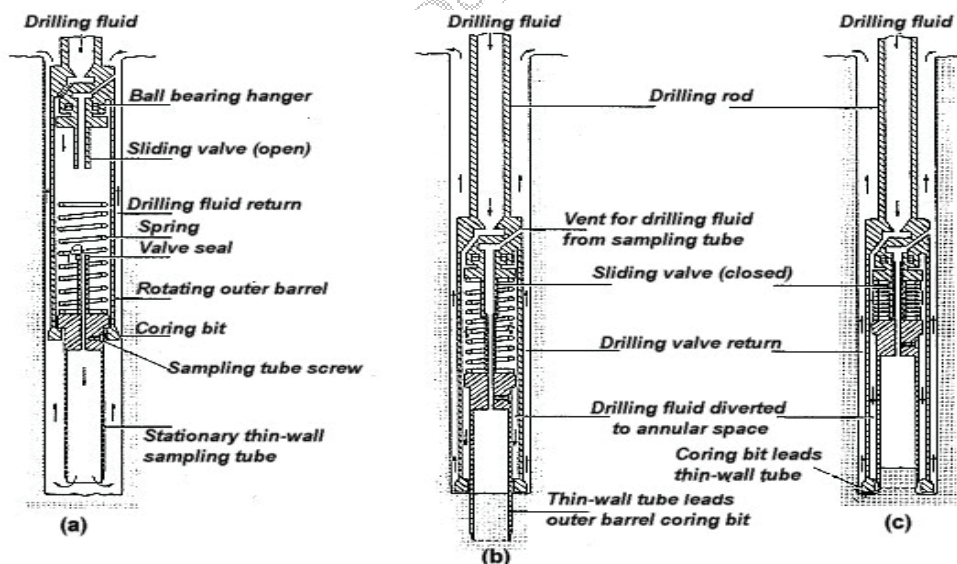
Tabung *pitcher* digunakan untuk lempung kaku sampai keras dan batuan lunak serta disesuaikan dengan pengambilan contoh sedimen, yang terdiri atas lapisan keras dan lunak (Gambar 18). Komponen-komponen utama (Gambar 19a) terdiri atas laras inti putar luar dengan bit dan bagian dalam yang tetap, beban pegas, tabung dinding tipis yang mendorong atau menarik batang bor laras luar, dan bergantung pada kekerasan material yang akan dipenetrasi.



Gambar 18 Tabung *pitcher* (FHWA NHI-01-031)

Dalam penggunaan tabung *pitcher* perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

- Jika lubang bor telah dibersihkan, tabung diturunkan ke dasar lubang (Gambar 19a) hingga tabung mengalami perlawanan dan laras luar meluncur melalui tabung, dan pegas pada bagian atas tabung berhubungan dengan bagian atas laras luar.
- Pada waktu yang sama, katup luncur tertutup sehingga air pembilas mengalir ke bawah ruang antara tabung dan laras inti luar, serta ke atas antara tabung contoh dan dinding lubang bor.
- Pada tanah lunak pegas akan menekan (Gambar 19b) tabung, sehingga tanah dapat diambil.
- Pada tanah keras pegas menekan tabung lebih kuat sambil matabor berputar, sehingga contoh dapat diambil (Gambar 19c). Banyaknya contoh yang dapat diambil bergantung pada kekerasan material yang akan dipenetrasi. Kemampuan menekan tabung dapat mencapai 150 mm (6 in), sedangkan kemampuan tekan matabor hanya mencapai 12 mm (0,5 in).



Gambar 19 Tabung *Pitcher*: (a) tabung dimasukkan ke dalam lubang bor; (b) tabung pengambil contoh tanah lunak; (c) tabung pengambil contoh tanah kaku atau padat (FHWA NHI-01-031).

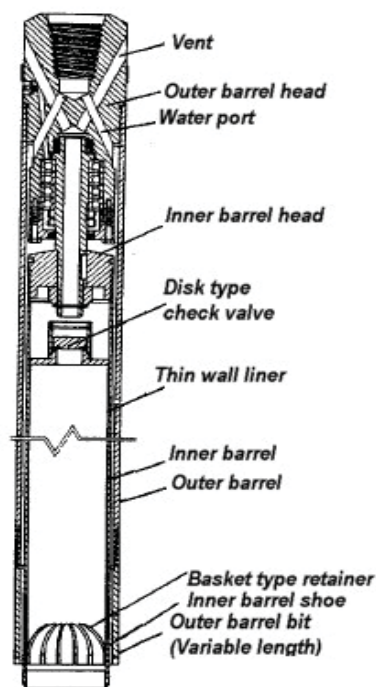
- e) Pengambilan contoh dilakukan dengan memutar matabor (*barrel*) luar dengan kecepatan 100-200 putaran per menit (rpm) pada waktu tekanan bekerja ke bawah. Pengambilan contoh tanah lunak pada prinsipnya sama dengan tabung dinding tipis, dan bit dapat memindahkan material sekitar tabung. Pada tanah keras laras luar akan memotong inti hingga mencapai diameter dalam tabung contoh dan pemotong ujung masuk ke dalam tabung pada waktu dilakukan penetrasi.
- f) Selain itu, contoh dapat terlindungi terhadap erosi dari air pembilas di dasar tabung. Kemudian tabung contoh yang terisi tanah dipindahkan dari alat pengambil contoh dan diberi tanda/label, disiapkan, dan diangkat dengan cara yang sama seperti tabung dinding tipis.

5.1.3.5 Tabung *Denison*

Tabung *Denison* hampir sama dengan tabung *Pitcher*, kecuali proyeksi tabung contoh di depan laras putar luar diatur secara manual sebelum pengambilan awal contoh, dan pegas dapat dikontrol selama penetrasi tabung contoh.

Dalam penggunaan tabung *Denison* perlu diperhatikan hal-hal seperti berikut.

- a) Komponen dasar tabung contoh (Gambar 20) terdiri atas sebuah laras inti putar luar dengan sebuah matabor, bagian dalam laras contoh yang tetap dengan sepatu pemotong, kepala laras dalam dan luar, pita laras dalam, dan pilihan alat penahan inti tipe keranjang. Matabor inti dapat berupa matabor sisipan karbit ataupun matabor gerigi baja yang mengeras.
- b) Sepatu laras dalam berujung pisau runcing. Ujung pisau dapat dibuat untuk menuntun matabor sebesar 12 mm (0,5 in) sampai 75 mm (3 in) dengan menggunakan matabor inti yang panjangnya berbeda.



Gambar 20 Tabung contoh tanah laras inti tabung ganda *Denison*
(FHWA NHI-01-031)

- c) Laras terpanjang digunakan untuk tanah lunak dan tanah lepas, sebab bentuk sepatu mudah melakukan penetrasi, dan dapat melindungi inti tanah terhadap erosi akibat air pembilas yang digunakan dalam pengeboran inti. Laras yang kurang panjang digunakan untuk tanah keras atau tanah yang mengandung kerikil.
- d) Tabung *Denison* khususnya digunakan untuk tanah kohesif kaku sampai keras dan pasir, yang contohnya tidak mudah diambil dengan tabung dinding tipis, dan dapat menghasilkan gaya dongkrak yang besar untuk penetrasi. Selain itu, tabung ini dapat juga digunakan untuk lempung lunak dan lanau.
- e) Contoh pasir murni dapat diperoleh kembali dengan menggunakan alat bor lumpur, katup hampa udara, dan pengambil contoh berbentuk keranjang.

5.1.3.6 Tabung modifikasi *California*

Tabung modifikasi *California* adalah tabung berbaris yang ukurannya besar (biasanya digunakan di negara bagian Barat tengah dan Barat, tetapi jarang digunakan di Negara bagian Timur dan Selatan U.S.A.). Tabung ini berdinding tipis (rasio sebesar 77%) dengan diameter luar 64 mm (2,5 in) dan diameter dalam 51 mm (2 in). Sepatu pisau hampir sama dengan tabung laras belah, tetapi diameter dalam umumnya 49 mm (1,93 in). Empat buah pipa kuningan yang panjangnya 102 mm (4,0 in) dengan diameter dalam 49 mm (1,93 in) digunakan untuk mengisi contoh.

Tabung modifikasi *California* dipukul dengan tenaga penetrasi standar (di negara Barat), dan hitungan pukulan yang tidak teratur dicatat pada log bor. Pada umumnya tabung didorong secara hidraulik (di negara Barat-tengah), dan pembacaan harus dicatat dan disusun data pada daftar log. Perlawanan pukulan yang diperoleh dari tabung ini tidak sama dengan perlawanan uji penetrasi standar, dan harus diatur jika diperlukan perbandingan.

5.1.3.7 Tabung contoh menerus

Jenis dan ukuran tabung contoh menerus serta kondisi yang dihadapi dalam penggunaannya, dijelaskan sebagai berikut.

- a) Tabung contoh menerus terdiri atas berbagai jenis. Jenis yang konvensional terdiri atas tabung dinding tipis dengan panjang 1,5 m (5 ft) dapat digunakan untuk mengambil contoh tanah menerus karena bor tangan batang *hollow* dilanjutkan ke dalam formasi lapisan tanah. Pada waktu bor tangan batang *hollow* dilanjutkan dan tabung didorong ke dalam tanah tidak terganggu, akan terjadi rotasi tabung menerus. Dalam sistem ini, untuk menahan atau mengurangi rotasi tabung menerus digunakan batang pendukung atau batang hexagonal tetap.
- b) Tabung menerus yang didorong secara hidraulik telah dikembangkan oleh *Geoprobe*, *Powerprobe*. Tabung ini mempunyai diameter dalam antara 15 mm (0,6 in) sampai 38,1 mm (1,5 in). *Mandrel* baja didorong ke dalam tanah dengan kecepatan tetap dan tanah yang menempel pada pipa plastik dibuang.
- c) Alat tipikal ini berdiri sendiri dan tidak memerlukan pengeboran apapun. Jika ditemukan lapisan keras, digunakan prosedur penetrasi dengan getaran perkusif.
- d) Contoh menerus umumnya terganggu sehingga hanya cocok digunakan untuk pengamatan visual, uji indeks, dan uji laboratorium untuk klasifikasi (kadar air, kepadatan).
- e) Tabung menerus dapat berfungsi dengan baik pada tanah lempungan dan tanah dengan lapisan pasir tipis. Namun, kurang berhasil pada tanah nonkohesif di bawah muka air tanah, tanah lunak, atau contoh yang mengembang, walaupun tersedia modifikasi untuk meningkatkan perolehan contoh. Tabung ini harus digunakan dengan hati-hati, karena hasilnya akan berpengaruh pada uji konsolidasi dan kekuatan.

5.1.3.8 Contoh tanah bongkahan (*bulk*)

Tabung khusus contoh tanah dan batuan terdiri atas berbagai variasi, antara lain metode tabung sumbatan yang dapat ditarik masuk (*retractable plug*), *Sherbrooke*, dan tabung *Laval*. Metode pengambilan contoh ini digunakan untuk tanah yang sulit dan tidak dapat dilakukan dengan metode biasa, dengan penjelasan sebagai berikut.

- a) Contoh tanah bongkahan (*bulk*) dapat digunakan untuk klasifikasi tanah, uji indeks, nilai R, pemadatan, rasio dukung *California* (*CBR*), dan uji sifat-sifat tanah padat.
- b) Contoh tanah bongkahan dapat diambil secara manual tanpa mempertimbangkan gangguan. Contoh dapat diambil dari dasar atau dinding sumuran uji atau parit uji, batang bor, galian lubang dengan sekop dan alat manual lain, *backhoe*, atau *stockpile*.
- c) Contoh harus dimasukkan ke dalam wadah yang dapat mempertahankan semua ukuran butiran. Untuk contoh yang besar, digunakan wadah plastik atau logam atau tabung logam. Untuk contoh yang lebih kecil, digunakan kantong plastik, yang dapat ditutup untuk menjaga kadar air contoh.
- d) Biasanya contoh bongkahan dapat mewakili material borow untuk urugan uji konstruksi. Untuk uji laboratorium diperlukan contoh yang dipadatkan. Jika material relatif homogen, contoh bongkahan dapat diambil secara manual ataupun mesin. Untuk material berlapis, diperlukan galian secara manual.
- e) Dalam pengambilan contoh bongkahan perlu dipertimbangkan cara penggalian material untuk konstruksi. Jika diinginkan material berlapis dengan menggunakan alat keruk, diperlukan penggalian secara manual untuk mencegah bercampurnya tanah. Jika material diambil dari bidang tegak, pengambilan contoh dilakukan dengan cara pencampuran yang relatif homogen, seperti pada waktu penggalian daerah borow.

5.1.3.9 Contoh blok

Untuk proyek yang memerlukan material dengan sifat-sifat tanah tidak terganggu, dan kondisinya memungkinkan, diperlukan pengambilan contoh blok yang diharapkan hanya mengalami sedikit sekali gangguan.

Hal-hal yang berkaitan dengan contoh blok dan pengambilannya adalah sebagai berikut.

- a) Contoh blok dapat diambil dari tebing bukit, galian, sumuran uji, dinding terowongan dan dinding tebing terbuka lainnya. Pengambilan contoh blok tidak terganggu hanya dapat dilakukan pada tanah kohesif dan batuan. Prosedur pengambilan contoh blok tidak terganggu berbeda-beda, dan dapat dilakukan dengan pemotongan blok tanah besar dengan menggunakan kombinasi sekop, alat tangan dan pemotong kabel, pisau kecil dan *spatula* untuk memperoleh blok kecil.
- b) Selain itu, ada metode khusus pengambilan contoh blok yang lebih baik dari lubang bawah. Pada tanah kohesif dapat dilakukan dengan menggunakan tabung *Sherbrooke* untuk memperoleh contoh berdiameter 250 mm (9,85 in) dan tinggi 350 mm (13,78) (*Lefebvre dan Poulin, 1979*).
- c) Sebelum pengambilan contoh, dilakukan metode pembekuan di lapangan untuk tanah berbutir kasar jenuh dan metode penggembungan damar untuk memblok tanah *insitu*. Cara ini dapat menghasilkan contoh tidak terganggu yang berkualitas tinggi, tetapi memerlukan waktu lama sehingga kurang praktis.
- d) Contoh terambil diangkut ke laboratorium dalam wadah yang memadai, lalu dipotong dengan ukuran dan bentuk tertentu untuk keperluan pengujian. Contoh blok harus dibungkus dengan lapisan tipis/membran plastik dan *foil* yang ringan, dan disimpan dalam bentuk blok, serta hanya dipotong sedikit sebelum pengujian. Setiap contoh harus diidentifikasi dengan informasi nomor proyek, jumlah bor atau sumuran uji, jumlah contoh, kedalaman contoh, dan orientasi.

5.1.4 Interval pengambilan contoh dan jenis tabung contoh yang tepat

Pada umumnya pengambilan contoh uji standar penetrasi (*SPT*) dilakukan baik pada tanah berbutir kasar maupun tanah kohesif, dan untuk tanah kohesif dilakukan dengan menggunakan tabung dinding tipis.

Perihal yang berkenaan dengan interval pengambilan contoh dan jenis tabung yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

- a) Interval pengambilan contoh berbeda-beda antara proyek dan daerah masing-masing. Pada umumnya pengambilan contoh tabung belah dilakukan pada interval 0,75 m (2,5 ft) di bagian atas 3 m (10 ft), dan pada interval 1,5 m (5 ft) di bagian bawah 3 m (10 ft). Pada interval contoh yang lebih besar biasanya 3 m (10 ft) dilakukan di bawah kedalaman 30 m (100 ft). Selain itu, diperlukan contoh menerus untuk beberapa bagian pengeboran.
- b) Untuk tanah kohesif minimal harus diambil satu contoh tanah tidak terganggu dari setiap lapisan yang berbeda. Jika deposit tanah kohesif meluas sampai dalam sekali, diperlukan tambahan contoh tidak terganggu yang biasanya diambil pada interval 3 m (10 ft) sampai 6 m (20 ft). Jika pengeboran dilakukan cukup luas, sebaiknya contoh tidak terganggu diambil di setiap lubang bor.
- c) Untuk bor yang terlalu dekat atau dalam deposit tanah homogen secara lateral, contoh tidak terganggu biasanya diambil hanya dalam lubang bor yang dipilih.
- d) Dalam formasi geologi yang tidak teratur atau lapisan lempung tipis, kadang-kadang diperlukan pengeboran secara terpisah yang berdekatan dengan lubang bor semula. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh contoh tidak terganggu dari kedalaman tertentu yang mungkin tidak terdapat pada pengeboran pertama.

5.1.5 Perolehan contoh (*sample recovery*)

Pada waktu pengeboran kadang-kadang perolehan material hanya sedikit atau tidak ada sama sekali. Oleh karena itu, perlu segera dilakukan percobaan kedua dengan menggunakan tabung belah atau tabung contoh terganggu jenis lain. Tabung contoh biasanya dimodifikasi dan dilengkapi dengan wadah penahan, katup perangkap bergantung, atau alat lain untuk mempertahankan material dalam tabung contoh.

Jika diperlukan contoh tidak terganggu, pengeboran harus dilanjutkan sampai dasar interval pengambilan yang telah dicoba dan percobaan pengambilan contoh diulangi oleh petugas pengeboran atas saran supervisor lapangan.

Metode pengambilan contoh harus dikaji dan peralatannya harus diperiksa untuk mengetahui sebab-sebab tidak diperolehnya contoh (misalnya ada sumbatan katup bola).

Kemungkinan mengganti metode dan atau peralatan pengambilan contoh untuk mengantisipasi hal tersebut, misalnya menunggu waktu sebelum mencabut tabung, mencabut tabung dengan lebih perlahan dan hati-hati, dan lain-lain. Proses ini harus diulangi atau pengeboran kedua dilanjutkan untuk mendapatkan contoh pada kedalaman yang sama.

5.1.6 Identifikasi contoh

Setiap contoh terambil harus diberi nomor unik yang disusun untuk penandaan nomor atau nama proyek, jumlah bor, rangkaian nomor percobaan contoh, dan kedalaman contoh. Jika diperoleh beberapa contoh tabung, setiap tabung terganggu harus ditandai secara jelas dengan memberikan nomor identifikasi contoh, dan label pada bagian atas dan dasar contoh.

5.1.7 Uji kekuatan relatif

Alat *penetrometer* saku dapat digunakan untuk pengamatan konsistensi tanah secara visual, dan untuk memperkirakan kekuatan contoh tanah tidak terkekang, serta cocok untuk tanah lempung

kaku sampai sangat kaku. Untuk tanah yang lebih lunak biasanya diperlukan alat penyesuaian (*adaptor*) yang lebih besar.

Uji ini tidak menghasilkan nilai absolut, tetapi hanya sebagai acuan perkiraan kekuatan relatif tanah sehingga nilai kekuatan tanah yang dihasilkan tidak boleh digunakan dalam desain. Jika diperlukan kekuatan tanah (dan sifat teknik lainnya), harus dilakukan uji lapangan dan atau uji laboratorium terhadap contoh-contoh tanah tidak terganggu (lihat buku pedoman volume II).

Alat uji lainnya, yaitu alat uji geser baling (*torvane*) yang berdiameter kecil dapat digunakan untuk memperkirakan kuat geser tanah kohesif. Baling dengan berbagai diameter dapat digunakan untuk tanah kohesif sangat lunak sampai sangat kaku. Nilai dari hasil uji lapangan hanya digunakan untuk perbandingan, dan sebaiknya tidak digunakan langsung dalam analisis geoteknik atau desain.

Pengujian dengan *penetrometer* atau *torvane* harus dilakukan pada tanah asli sedekat mungkin dengan pusat ujung atas dan dasar contoh, dan tidak boleh dilakukan pada sisi luar contoh.

5.1.8 Penanganan dan pemeliharaan contoh tanah tidak terganggu

Setiap tahapan kegiatan pengambilan, pengeluaran, penyimpanan dan pengujian contoh akan menimbulkan berbagai tingkat gangguan pada contoh tanah. Oleh karena itu diperlukan metode pengambilan, penanganan, dan penyimpanan contoh yang baik untuk mengurangi gangguan tersebut. Gangguan yang terjadi selama tahapan pengambilan sampai pengujian contoh, harus disadari dan diketahui oleh tenaga ahli geoteknik. Supervisor lapangan harus peka terhadap adanya gangguan dan konsekuensinya (*ASTM D 4220*).

Hal-hal yang harus dilakukan dalam perawatan dan pemeliharaan contoh adalah sebagai berikut.

- a) Jika diperoleh beberapa contoh tabung, setiap tabung harus diperiksa untuk memastikan bahwa tabung tidak bengkok, ujung-ujung potongan tidak rusak, dan bagian dalam tabung tidak berkarat. Jika dinding tabung berkarat atau tidak teratur atau contoh telah disimpan lama dalam tabung, diperlukan tenaga untuk mengeluarkan contoh yang kadang-kadang melebihi kuat geser contoh tanah, sehingga akan menimbulkan tambahan gangguan pada contoh.
- b) Semua contoh harus terlindungi terhadap perbedaan suhu yang besar, dijaga terhadap sinar matahari langsung, dan ditutup dengan kain lap basah atau bahan lain. Pada musim dingin contoh harus dicegah terhadap terjadinya pembekuan selama penanganan, pengapalan dan penyimpanan.
- c) Secara praktis tabung contoh dinding tipis harus dijaga berdiri vertikal, dengan bagian atas contoh berada di atas. Jika memungkinkan, tabung dinding tipis harus disimpan dalam alat pengangkut tersendiri. Alas atau bantalan harus ditempatkan di bawah dan di antara tabung, untuk melindungi dan menghindari tabrakan antartabung. Seluruh pengangkutan harus diamankan dengan tali atau kabel ke badan kendaraan angkutan bermotor, sehingga semua kotak tidak terjadi puntiran atau gerakan berlebih pada waktu kendaraan berjalan.
- d) Contoh tanah sebaiknya tidak dikeluarkan dari tabung di lapangan, sebab dapat menimbulkan penggelembungan contoh dan tingkat gangguan yang tinggi. Kehilangan tegangan secara tidak terduga akan menyebabkan contoh menjadi lunak dan mengembang, sehingga lebih mudah terganggu selama diangkut ke laboratorium.
- e) Contoh yang berkualitas tinggi dapat diperoleh jika pengeluaran contoh tanah dilakukan di laboratorium tepat sebelum pengujian konsolidasi, triaksial, geser langsung, kelulusan air, dan *resonant column*. Akan tetapi, untuk menghemat biaya kadang-kadang contoh dikeluarkan di lapangan agar tabung dapat digunakan kembali dan contoh tersebut dibungkus dengan aluminium *foil*.
- f) Berdasarkan pH tanah, aluminium *foil* dapat bereaksi dengan permukaan tanah dan membentuk lapisan tanah tipis yang berubah warna, sehingga menyulitkan identifikasi visual dan membingungkan, serta menyebabkan perubahan distribusi kadar air dalam contoh tanah. Oleh karena itu, lembaran plastik lebih cocok sebagai pembungkus contoh tanah, sebab tidak terlalu berpengaruh dibandingkan dengan *foil*.

- g) Penyimpanan contoh tidak terganggu (di dalam atau di luar tabung) sebaiknya tidak dilakukan terlalu lama. Penyimpanan yang melebihi satu bulan dapat mengubah sifat-sifat kekuatan dan kompresibilitas tanah dari hasil uji laboratorium.

5.2 Penyelidikan batuan

Metode penyelidikan batuan mencakup pengeboran, sumuran uji, pemetaan geologi, dan metode geofisik. Pengeboran inti merupakan metode penyelidikan utama yang digunakan dalam pengambilan contoh batuan utuh bagi keperluan pengujian dan penilaian kualitas dan struktur batuan. Metode-metode sumuran uji, bor tanpa inti, dan geofisik biasanya digunakan untuk mengidentifikasi bagian atas batuan.

Metode geofisik seperti refraksi gempa dan penetrasi radar tanah (*GPR*) digunakan untuk mengetahui kedalaman batuan (lihat buku Pedoman volume II). Selanjutnya, pemetaan geologi bukaan batuan atau singkapan akan membantu memberikan penilaian komposisi dan diskontinuitas lapisan batuan dengan skala besar, yang perlu digunakan untuk berbagai aplikasi teknik khususnya desain lereng batuan.

5.2.1 Pengeboran dan pengambilan contoh batuan

Apabila pengeboran harus dilakukan pada lapisan batuan lapuk dan tidak lapuk, diperlukan prosedur pengeboran dan pengambilan contoh batuan. Sebagai pedoman terperinci pengeboran batuan, bor inti, pengambilan contoh, dan deskripsi log bor pada massa batuan, disarankan mengacu pada pedoman yang berlaku SNI atau *ISRM (International Society for Rock Mechanics) Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests* (1978, 1981).

Penjelasan singkat tentang metode pengeboran dan pengambilan contoh batuan adalah sebagai berikut.

- a) Bagian atas batuan dari pengeboran sulit ditentukan, terutama jika ada bongkah besar di bawah profil tanah residu tidak beraturan, dan dalam daerah atau *terrain karst*. Penentuan bagian atas batuan harus dilakukan dengan hati-hati, sebab identifikasi batuan yang tidak tepat dapat menyebabkan perhitungan volume galian atau panjang tiang menjadi salah.
- b) Jika lapisan terlalu keras, disarankan untuk menggunakan prosedur bor inti untuk pengambilan contoh tanah yang berlaku (*ASTM D 2113*). Penetrasi tabung belah yang berdiameter 51 mm (2 in) dapat mencapai sedalam 25 mm (1 in) atau kurang, setelah dilakukan 50 pukulan dengan tenaga penetrasi standar atau kriteria lain yang ditentukan oleh tenaga ahli geologi atau tenaga ahli teknik. Oleh karena itu, metode pengambilan contoh tanah tidak cocok dilakukan, tetapi diperlukan pengeboran batuan atau bor inti.
- c) Pada umumnya dapat digunakan metode geofisik, seperti refraksi gempa untuk membantu mengevaluasi elevasi bagian atas batuan dengan cara yang baik dan ekonomis, serta memberikan informasi batasan antarlokasi bor.

5.2.2 Pengeboran tanpa inti (*non-coring / destructive*)

Pengeboran tanpa inti adalah cara yang relatif cepat dan murah dalam melanjutkan pengeboran bila tidak diperlukan contoh batuan inti.

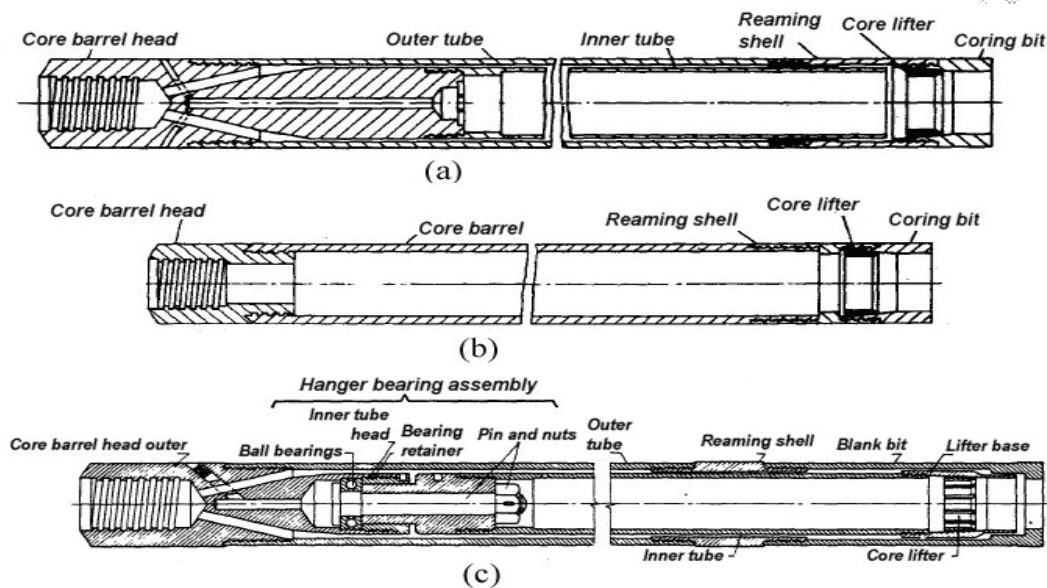
Pengeboran tipikal ini digunakan untuk membantu menentukan bagian atas batuan dan mengidentifikasi rongga pelarutan di daerah *karst*.

Pengeboran tanpa inti (*non-coring*) terdiri atas pengeboran *air-track*, pengeboran *down-the-hole percussive*, bor putar *tricone* (bit putar), bor putar dengan bit dongkrak, dan bor tangan dengan *carbide-tipped bits* dalam batuan sangat lunak. Air pembilas dapat berupa air, sedimen, busa, atau udara tertekan.

Metode ini harus dilakukan dengan hati-hati, karena pengeboran berjalan dengan cepat dan memotong batuan lunak dan lapuk dengan mudah, sehingga sering kali salah dalam memperkirakan elevasi bagian atas batuan atau pemancangan tiang.

Berhubung contoh batuan utuh tidak termasuk dalam pengeboran tanpa inti (*non-coring*), pengamatan selama pengeboran perlu dicatat dengan cermat oleh supervisor lapangan. Informasi karakteristik pengeboran yang harus dicatat pada bagian log bor, adalah sebagai berikut:

- kecepatan penetrasi atau kecepatan pengeboran dalam menit per 0,3 meter (1 ft),
- pemasukan batang bor,
- perubahan operasi bor oleh petugas bor (tekanan ke bawah, kecepatan rotasi, dan lain-lain),
- perubahan kondisi mata bor (*bit*),
- kegiatan bor yang tidak biasa (gemertak, melambung, pengikatan, jatuh tiba-tiba),
- kehilangan air pembilas, perubahan warna air pembilas, atau perubahan tekanan bor.



Gambar 21 (a) Laras inti tabung tunggal; (b) Laras inti tabung ganda tipe kaku; (c) Laras inti tabung ganda tipe putar, rangkaian seri "M" dengan bola dukung (FHWA NHI-01-031)

5.2.3 Jenis-jenis bor inti

Jenis-jenis bor inti (ASTM D 2113) dapat berupa tabung tunggal, tabung ganda, atau tabung tripel, seperti diperlihatkan dalam Gambar 21a, 21b dan 21c, dan ukuran inti bor diperlihatkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Dimensi ukuran inti bor (Christensen Dia-Min Tools, Inc.)

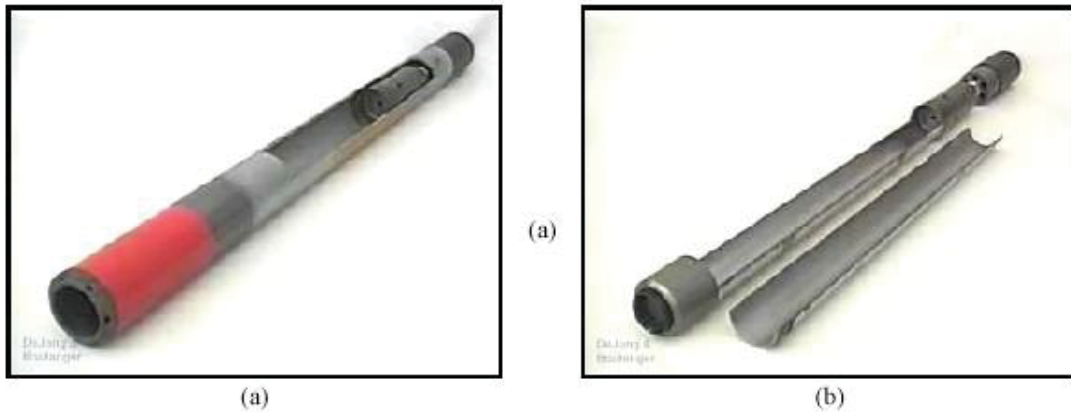
| Ukuran | Diameter inti bor, mm (in) | Diameter lubang bor, mm (in) |
|-----------------|----------------------------|------------------------------|
| EX, EXM | 21,5 (0,846) | 37,7 (1,484) |
| EWD3 | 21,2 (0,835) | 37,7 (1,484) |
| AX | 30,1 (1,138) | 48,0 (1,890) |
| AWD4, AWD3 | 28,9 (1,138) | 48,0 (1,890) |
| AWM | 30,1 (1,185) | 48,0 (1,890) |
| AQ Wireline, AV | 27,1 (1,067) | 48,0 (1,890) |
| BX | 42,0 (1,654) | 59,9 (2,358) |
| BWD4, BWD3 | 41,0 (1,614) | 59,9 (2,358) |

| Ukuran | Diameter inti bor, mm (in) | Diameter lubang bor, mm (in) |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <i>BXB Wireline, BWC3</i> | 36,4 (1,433) | 59,9 (2,358) |
| <i>BQ Wireline, BV</i> | 36,4 (1,433) | 59,9 (2,358) |
| <i>NX</i> | 54,7 (2,154) | 75,7 (2,980) |
| <i>NWD4, NWD3</i> | 52,3 (2,059) | 75,7 (2,980) |
| <i>NXB Wireline, NWC3</i> | 47,6 (1,874) | 75,7 (2,980) |
| <i>NQ Wireline, NV</i> | 47,6 (1,874) | 75,7 (2,980) |
| <i>HWD4, HXB Wireline, HWD3</i> | 61,1 (2,406) | 92,7 (3,650) |
| <i>HQ Wireline</i> | 63,5 (2,500) | 96,3 (3,791) |
| <i>CP, PQ Wireline</i> | 85,0 (3,346) | 122,6 (4,827) |

Jenis-jenis bor inti dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a) Jenis bor inti standar adalah bor inti tabung ganda yang menghasilkan contoh lebih baik dengan melindungi inti batuan dari aliran air pembilas. Bor inti terdiri atas kepala laras inti yang berputar sekeliling inti atau ditempelkan padaudukan putar, yang memungkinkan tabung dalam tidak bergerak sementara tabung luar berputar.
- b) Jenis bor kedua atau tipe putar tidak begitu mengganggu inti karena masuk ke laras dalam, dan dapat digunakan untuk pengeboran batuan retak dan tidak utuh. Di beberapa daerah hanya digunakan laras inti tabung tripel untuk pengeboran batuan. Dalam sistem tabung ganda, tabung dalam dapat membelah secara longitudinal untuk keperluan pengamatan dan pemindahan inti yang mengalami sedikit gangguan.
- c) Pengeboran batuan dapat dilaksanakan dengan alat konvensional ataupun pipa kawat, dengan seluruh tali batang dan laras inti dibawa ke permukaan setelah pemotongan inti batuan. Pada alat bor pipa kawat, tabung dalam dapat lepas dari sambungan tabung luar dan mencapai permukaan dengan cepat melalui alat angkat pipa kawat.
- d) Keuntungan utama bor pipa kawat dibandingkan dengan bor konvensional adalah sebagai berikut.
 - 1) Dapat meningkatkan hasil bor dengan adanya pemindahan inti yang cepat dari lubang sehingga biaya tenaga buruh berkurang.
 - 2) Dapat memperbaiki kualitas inti bor batuan lunak, karena metode pipa kawat dapat menghindari penanganan kasar laras inti selama pemotongan laras dari lubang bor dan pada waktu laras inti dibuka. (Petugas pengeboran biasanya memukul laras inti untuk mematahkan dari batang bor dan membuka laras inti sehingga menyebabkan inti rusak).
 - 3) Efektif untuk penyelidikan tanah dan batuan serta kerakal atau bongkah yang cenderung berubah dan menutup lubang bor.
 - 4) Dapat digunakan pada setiap pengeboran batuan, tetapi secara tipikal digunakan pada proyek-proyek yang memerlukan lubang bor lebih dalam dari 25 m, dan pemindahan inti yang cepat dari lubang bor sehingga berdampak pada biaya.
- e) Meskipun *NX* adalah ukuran yang paling sering digunakan untuk penyelidikan, tetapi dapat juga digunakan ukuran yang lebih besar dan lebih kecil. Pada umumnya, ukuran inti yang lebih besar akan menghasilkan contoh yang lebih besar dengan kerusakan mekaniknya kecil. Oleh karena itu, ukuran dan jenis alat bor yang digunakan harus dicatat dengan cermat di tempat yang cocok pada log bor.
- f) Panjang setiap lubang inti harus dibatasi sampai maksimum 3 m, dan dikurangi sampai 1,5 m (5 ft). Akan tetapi, kurang tepat digunakan untuk di bawah permukaan batuan dan di daerah

batuan retak atau lapuk. Lubang inti yang lebih pendek biasanya dapat mengurangi tingkat kegagalan pada inti dan memperbaiki contoh inti batuan yang berkualitas rendah (lihat Gambar 22a dan Gambar 22b).



Gambar 22 Laras inti tabung ganda: (a) pemasangan laras luar; (b) pemasangan laras dalam

5.2.3.1 Matabor inti (*Coring bits*)

Matabor inti adalah komponen paling dasar dari pemasangan laras inti, yang merupakan kegiatan menggerinda dan memotong massa batuan. Tiga kategori dasar dari jenis matabor yang digunakan adalah sisipan intan, karbit, dan gerigi (Gambar 23). Matabor inti yang digunakan umumnya dipilih oleh petugas bor dan disetujui oleh tenaga ahli geoteknik. Pemilihan matabor harus didasarkan atas pengetahuan umum tentang kinerja matabor inti untuk contoh yang diinginkan dan air pembilas yang diusulkan.

Hal-hal yang berkaitan dengan jenis matabor inti, dijelaskan sebagai berikut.

- a) Matabor inti intan dapat berupa susunan permukaan atau jenis intan yang terisi dan menghasilkan inti material batuan lunak sampai sangat keras yang berkualitas tinggi. Dibandingkan dengan jenis lainnya, pengeboran dengan matabor intan umumnya lebih cepat dan menimbulkan tegangan torsi yang lebih rendah pada inti (Hvorslev, 1949).
- b) Besarnya perbedaan kekerasan, kekasaran, dan tingkat retakan massa batuan memberikan masukan pada pekerjaan desain matabor untuk menghadapi kondisi khusus atau keadaan lapangan. Matabor inti dapat digunakan untuk mengetahui besarnya perbedaan kualitas, ukuran, dan jarak intan dalam komposisi matrik logam dalam kontur permukaan, serta tipe dan jumlah aliran air. Dengan cara yang sama, kadar intan dan komposisi matrik logam dari matabor yang terisi bisa berbeda-beda sesuai dengan kondisi batuan.



Gambar 23 Matabor inti dari kiri ke kanan: intan, karbit, dan gerigi (sawtooth)

- c) Matabor terdiri atas berbagai jenis, antara lain matabor intan, gerigi, dan karbit yang menggunakan *tungsten carbide* sebagai pengganti intan (Gambar 23). Matabor karbit digunakan untuk batuan inti lunak sampai agak keras dan lebih murah daripada matabor intan, namun kecepatan pengeborannya lebih lambat.
- d) Matabor gerigi terdiri atas gigi-gigi yang memotong ke dalam dasar matabor, khususnya digunakan untuk batuan inti dan batuan sangat lunak. Gigi-gigi dilapisi dan dibungkus dengan campuran logam keras seperti *tungsten carbide* untuk memberikan perlawanan air dan meningkatkan umur layan matabor. Walaupun matabor gerigi lebih murah daripada matabor intan, namun kecepatan pengeborannya rendah dan tidak mempunyai faktor keselamatan (keamanan).
- e) Ciri-ciri penting dari semua jenis matabor yang harus dicatat adalah tipe aliran air dalam matabor untuk melewati air pembilas. Matabor dengan aliran air konvensional dipotong pada permukaan dalam matabor atau matabor dengan aliran air dasar yang berupa aliran dalam pada permukaan dasar matabor di belakang logam yang memisahkan inti dari debit air pembilas. Matabor dengan aliran dasar harus digunakan pada batuan inti lunak atau batuan dengan rekahan yang terisi tanah, untuk menghindari erosi inti karena air pembilas sebelum inti memasuki laras inti.

5.2.3.2 Air pembilas

Pada umumnya digunakan air bersih sebagai air pembilas inti batuan. Jika diperlukan lumpur bor untuk menstabilkan lubang yang runtuh atau daerah penutup pada waktu hilangnya air pembilas, perencana, tenaga ahli geologi dan geoteknik harus diberitahu untuk menentukan jenis lumpur bor. Lumpur bor dapat menyumbat bukaan rekahan dan retakan, sehingga akan mempengaruhi pengukuran kelulusan air dan pemasangan pisometer.

Air pembilas harus diisi dalam bagian yang menurun untuk memindahkan potongan bor dan membuat sirkulasi ulang air pembilas. Pada umumnya air pembilas dapat dialirkan ke permukaan tanah. Oleh karena itu, mutlak diperlukan perhatian atau penanganan khusus jika material tercemar oleh minyak atau bahan lain dan memerlukan tempat pembuangan serta menghindari aliran air melalui permukaan tanah.

5.2.4 Pengamatan selama pengeboran inti

5.2.4.1 Kecepatan/waktu pengeboran

Kecepatan pengeboran harus dipantau dan dicatat pada log bor dalam satuan menit per 0,3 m (1 ft). Waktu yang diperlukan untuk melaksanakan pengeboran digunakan untuk menentukan kecepatan pengeboran.

5.2.4.2 Foto dokumentasi

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam dokumentasi foto inti adalah seperti berikut.

- a) Setelah pemindahan dari lubang bor, contoh inti dalam tabung inti belah harus segera difoto, dan diberi label untuk identifikasi log bor, interval kedalaman dan jumlah bor inti.
- b) Kadang-kadang diperlukan gambar *close-up* dari bentuk inti yang menarik. Untuk itu, permukaan contoh inti dibasahi dengan semprotan dan atau digosok dengan spon sebelum pengambilan foto agar dapat memperjelas perbedaan warna contoh inti.
- c) Pita ukur atau penggaris harus ditempatkan melintasi bagian atas atau dasar ujung blok untuk memberikan skala dalam foto. Pita ukur harus mempunyai panjang minimal 1 meter (3 ft) dan penandaan yang relatif besar dan sangat mencolok harus diupayakan agar terlihat dalam foto.
- d) Bagian tabung yang berwarna (untuk yang tidak ada contoh) biasanya diperlukan dalam foto untuk memberikan indikasi pengaruh perubahan dalam umur film, proses film, dan sumber cahaya yang masuk (*ambient*). Keseragaman kondisi cahaya dari hari ke hari harus diatur oleh petugas foto, dan disesuaikan dengan jenis film yang dipilih.

5.2.4.3 Klasifikasi batuan

Jenis batuan dan sifat batuan, seperti diskontinuitas, rekahan, lipatan, dan faktor lainnya harus didokumentasi. Lihat subpasal 6.6 dan 6.7 yang menguraikan klasifikasi tanah, batuan dan informasi inti batuan yang harus dicatat.

5.2.4.4 Perolehan inti (*core recovery*)

Perolehan inti adalah panjang inti batuan yang diambil dari bor inti, dan rasio perolehan inti adalah rasio panjang perolehan inti terhadap panjang total inti bor yang tersedia, yang dinyatakan sebagai fraksi atau persentase.

Panjang inti harus diukur sepanjang garis sumbu inti. Jika perolehan inti kurang dari panjang bor inti, bagian yang tidak terambil harus dianggap menjadi ujung bor kecuali jika ada alasan perkiraan lainnya (misal zona lapuk, jatuhnya batang, penyumbatan selama pengeboran, kehilangan air pembilas, dan potongan inti berputar atau dipotong ulang).

Non-recovery harus diberi tanda *NCR* (tanpa inti terambil) pada log bor, dan data masukan untuk pelapisan, retakan, atau pelapukan dalam interval tersebut tidak perlu dibuat.

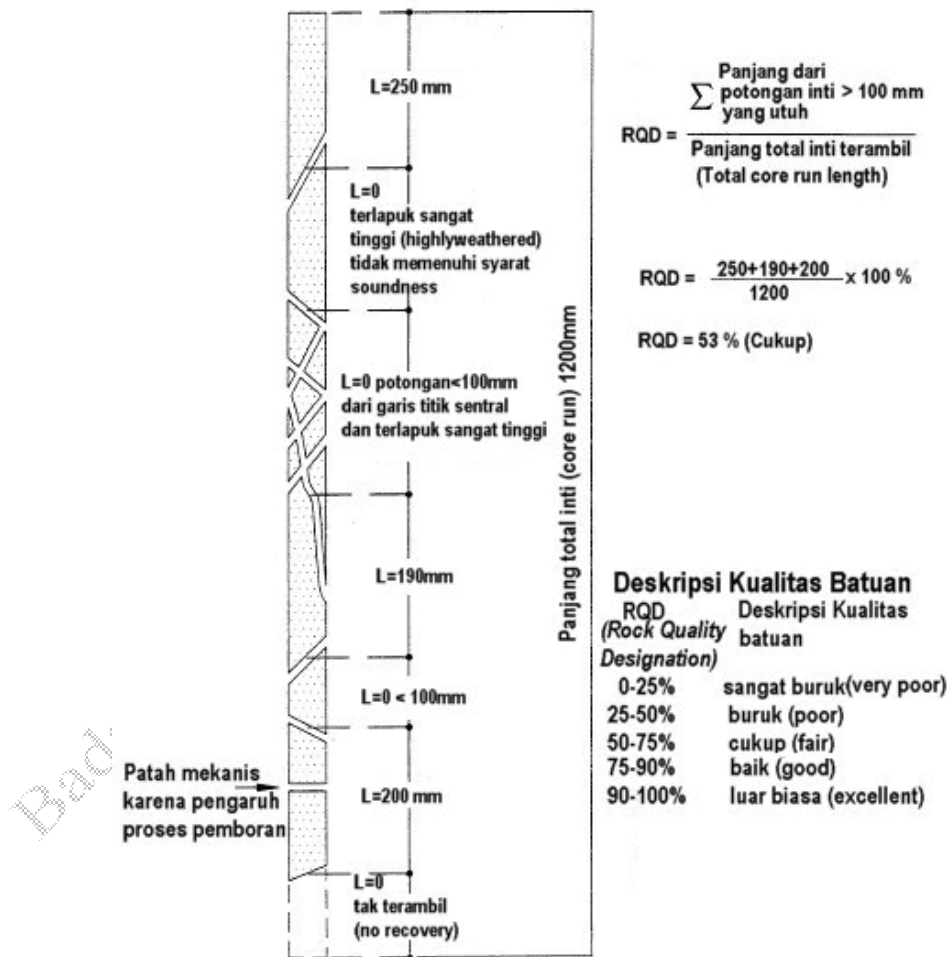
Perolehan inti terambil yang lebih besar dari 100% kemungkinan dapat terjadi jika inti terlindungi selama pengeboran yang dilanjutkan dengan bor berikutnya. Hal ini harus dicatat dan pengaturan data sebaiknya tidak dibuat di lapangan.

5.2.4.5 *Rock quality designation (RQD)*

Penjelasan *RQD* dan hal-hal terkait lainnya adalah seperti berikut.

- a) Yang dimaksud dengan *RQD* adalah
 - 1) Persentase termodifikasi dari perolehan inti dengan jumlah panjang potongan inti utuh yang melebihi 100 mm (4 in) dan dibagi dengan panjang inti.

- 2) Indeks kualitas batuan tipikal dalam kondisi batuan yang mengalami pelapukan berat, lunak, retakan, pergeseran, rekahan/pelipatan akan menyebabkan nilai *RQD* menurun.
 - 3) Secara sederhana *RQD* merupakan ukuran persentase batuan yang terambil dari sebuah interval lubang bor.
- b) Prosedur pengukuran *RQD* yang benar digambarkan dalam Gambar 24. Cara perhitungan dengan gambar disajikan dalam SNI 03-2436.
 - c) Korelasi asli *RQD* harus dicatat berdasarkan atas pengukuran pada inti ukuran *NX* (*Deere, 1963*). *RQD* dapat dihitung berdasarkan inti yang mempunyai diameter minimal berukuran *NX* (*Deere dan Deere, 1989*).
 - d) Inti pipa kawat yang menggunakan *NQ, HQ, dan PQ* dapat juga diterima. Ukuran *BQ* dan *BX* yang lebih kecil tidak dapat digunakan, sebab yang lebih kecil dari *NX* sangat berpotensi mengalami kerusakan dan kehilangan inti.

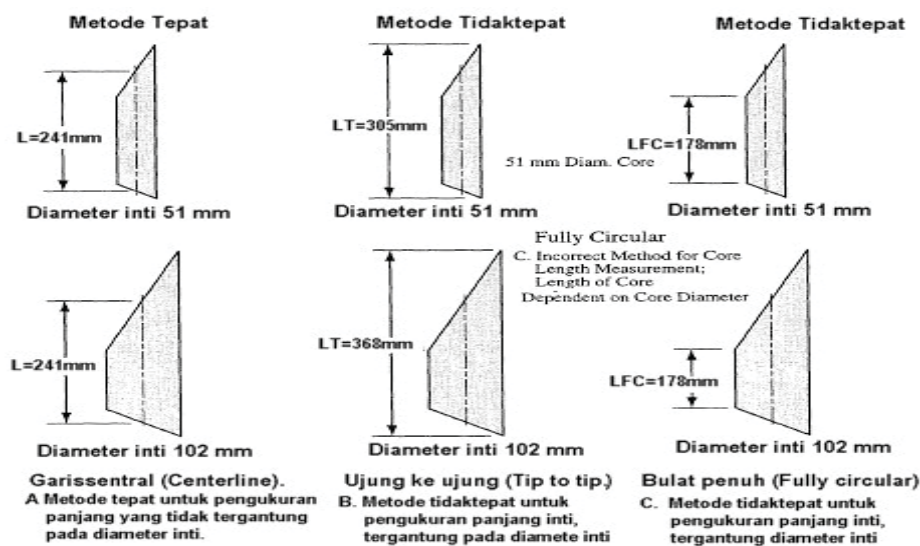


Gambar 24 Modifikasi pengambilan ulang inti sebagai indeks kualitas (*RQD*) massa batuan

- e) Pengukuran panjang potongan inti
Potongan inti yang sama dapat diukur dengan tiga cara, yaitu sepanjang garis sumbu, dari ujung ke ujung, atau sepanjang potongan laras lingkaran penuh (Gambar 25). Prosedur yang dianjurkan adalah mengukur panjang inti sepanjang garis sumbu. Lihat acuan *the International Society for Rock Mechanics (ISRM), Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests* (1978, 1981).

Pengukuran sepanjang garis sumbu lebih banyak digunakan, karena:

- 1) Menghasilkan *RQD* standar yang tidak bergantung pada diameter inti.
- 2) Menghindari ancaman serius kualitas batuan, jika keadaan retakan sejajar lubang bor dan dipotong dengan pemasangan kedua.



Gambar 25 Pengukuran panjang inti dengan penentuan *RQD*

Patahan inti yang disebabkan oleh proses pengeboran harus disusun kembali dan diperhitungkan sebagai satu potongan. Patahan akibat bor biasanya terjadi karena permukaan yang kasar. Pada batuan *schistose* dan batuan berlapis, biasanya sulit untuk membedakan antara patahan alami dan patahan akibat bor. Oleh karena itu, sebaiknya dipertimbangkan sebagai patahan alami dalam perhitungan *RQD* yang konservatif untuk berbagai keperluan. Jika *RQD* digunakan sebagai bagian dari perkiraan pekerjaan pembongkaran atau pengerukan, perhitungan menjadi tidak bersifat konservatif.

- f) Penilaian kekuatan batuan
Potongan inti yang tidak keras dan tidak kuat, sebaiknya tidak diperhitungkan untuk *RQD*, meskipun memenuhi syarat panjang 100 mm (3,94 in). Persyaratan kekuatan dapat membantu menurunkan ketentuan syarat kualitas batuan jika batuan telah mengalami perubahan dan perlemahan, baik karena pelapukan permukaan ataupun kegiatan hidrothermal. Keputusan penentuan tingkat perubahan kimiawi apakah sudah cukup atau belum, biasanya harus dilakukan untuk mendapat persetujuan atau penolakan dilakukannya potongan inti.

Dua macam prosedur yang dapat digunakan untuk menilai kekuatan batuan adalah sebagai berikut.

- 1) Prosedur pertama dilakukan tanpa memperhitungkan potongan inti, karena adanya keraguan mengenai syarat kekuatan yang harus dipenuhi (misalnya batasan perubahan

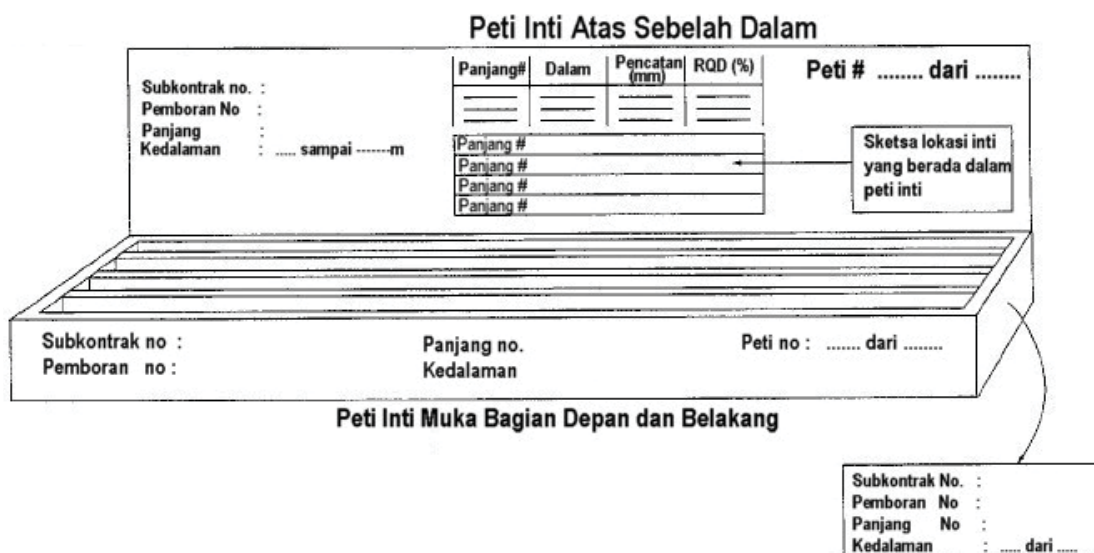
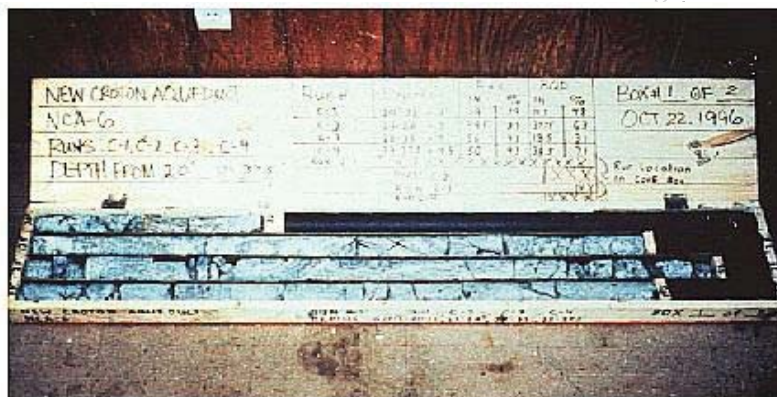
warna atau pemutihan butiran, pencemaran berat, rongga, atau butiran lemah). Prosedur ini bersifat konservatif dan meragukan penilaian kualitas batuan.

- 2) Prosedur kedua dilakukan dengan memasukkan batuan yang berubah persentase total *RQD*nya dengan tanda bintang (*RQD**) karena persyaratan kekuatan belum terpenuhi. Metode *RQD** dapat memberikan beberapa indikasi kualitas batuan sesuai dengan tingkat retakan selama tidak kehilangan kekuatan.

5.2.4.6 Kehilangan air pembilas (*Drilling fluid recovery*)

Kehilangan air pembilas selama melanjutkan pengeboran dapat menunjukkan adanya bukaan rekahan/pelipatan, zona retakan atau rongga-rongga dalam massa batuan yang sedang dibor. Oleh karena itu, volume air pembilas yang hilang dan interval terjadinya harus dicatat. Jika tidak ada air pembilas yang hilang, berarti tidak ada air yang hilang kecuali melalui lamanya rembesan dan pengisian pada rongga-rongga.

Kehilangan air pembilas sebagian, berarti ada air pembilas yang membalik dalam jumlah yang lebih kecil dari jumlah air yang dipompa. Kehilangan air pembilas penuh berarti tidak ada kehilangan air pembilas ke permukaan selama operasi pemompaan. Oleh karena itu, diperlukan gabungan pendapat dari petugas lapangan dan petugas bor agar memberikan hasil perkiraan yang terbaik.



Gambar 26 Kotak penyimpanan contoh inti batuan dan *labeling*

5.2.4.7 Penanganan inti dan labeling

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penanganan inti dan labeling adalah seperti berikut.

- Inti batuan dari hasil penyelidikan geoteknik harus disimpan dalam kotak inti yang kuat secara struktur, terbuat dari kayu atau kertas karton berombak yang digosok dengan lilin/parafin (*corrugated waxed cardboard*) (Gambar 26). Kotak kayu harus dikunci dan dilengkapi dengan penutup berengsel pada sisi atas kotak dan grendel.
- Pemindahan inti harus dilakukan dengan hati-hati dari tabung ke kotak, untuk memelihara ketidakteraturan material melintang retakan dan isian retakan. Patahan inti yang terjadi selama atau setelah inti dipindahkan ke kotak inti, harus disusun kembali dan ditandai dengan tiga garis pendek sejajar yang melintang alur retakan untuk menunjukkan patahan secara mekanik. Patahan yang terjadi pada waktu penyusunan inti ke kotak inti dan waktu pemeriksaan permukaan dalam inti, sebaiknya dihindari walaupun harus ditandai pula.
- Inti harus ditempatkan dalam kotak dari arah kiri ke kanan, dan dari atas ke bawah. Jika bagian ruangan atas kotak diisi, bagian lebih rendah (atau sambungan) berikutnya harus diisi. Kedalaman bagian atas dan bawah inti, dan setiap rongga yang tampak dalam formasi batuan harus ditandai secara jelas dengan label blok pengatur jarak dari kayu.
- Jika ada inti bor terambil yang lebih kecil dari 100%, pengatur jarak tabung bambu yang sama panjang dengan inti tidak terambil harus ditempatkan di kotak inti, baik pada kedalaman inti tidak terambil ataupun pada dasar bor. Kedalaman atau panjang inti tidak terambil harus ditandai pada pengatur jarak dengan tanda hitam yang permanen.
- Label kotak inti harus dilengkapi dengan pena hitam yang tidak dapat dihapus (lihat Gambar 26). Penutup kotak inti harus diberi tanda yang identik pada kedua sisi dalam dan luar, termasuk kedua ujung luar kotak. Untuk pengeboran miring, kedalaman yang ditandai pada kotak-kotak inti dan log bor harus merupakan hasil pengukuran sepanjang sumbu bor. Sudut dan orientasi pengeboran harus dicatat pula pada kotak inti dan log bor.



Gambar 27 Formasi batuan yang menunjukkan pelipatan, lereng galian, bidang, dan cara-cara stabilisasi

5.2.4.8 Perawatan dan pemeliharaan contoh batuan (ASTM D 5079)

Empat jenis tahapan perlindungan contoh yang diidentifikasi adalah

- perawatan rutin,
- perawatan khusus,
- perawatan seperti tanah,
- perawatan kritis.

Dalam penyelidikan geoteknik pada umumnya digunakan perawatan rutin dalam penempatan inti batuan dalam kotak inti. Menurut *ASTM D 5079* penutupan inti dalam selimut polietilin dapat dipasang lepas sebelum inti ditempatkan dalam kotak inti. Perawatan khusus dianggap sesuai, jika kadar air inti batuan (terutama serpih, batulempung dan batulanau) dan sifat-sifat inti yang terkait dapat dipengaruhi oleh bukaan batuan.

Prosedur ini dapat juga diaplikasikan untuk mengatur air pembilas dibandingkan dengan air dalam contoh. Perawatan serius perlu dilakukan untuk melindungi contoh terhadap guncangan/kejutan, dan getaran atau perubahan temperatur yang besar, atau keduanya. Untuk perawatan contoh terhadap kotoran ditunjukkan dalam *ASTM D 4220*.

5.2.5 Pemetaan geologi

Pemetaan geologi adalah pekerjaan pengumpulan data geologi terperinci *insitu* secara sistematis, yang digunakan untuk memberikan data karakteristik dan dokumentasi kondisi massa batuan atau singkapan. Data yang dihasilkan dari pemetaan geologi merupakan sebagian data yang diperlukan untuk desain lereng galian atau stabilisasi lereng yang ada. Pemetaan geologi biasanya dapat memberikan informasi lebih luas dan biayanya lebih hemat daripada pengeboran. Uraian penjelasannya (Gambar 27) adalah sebagai berikut.

- a) Kegiatan pemetaan dan pengumpulan data harus dilakukan oleh seorang tenaga ahli geologi yang berpengalaman dan terlatih, dan diinformasikan kepada supervisor lapangan yang bertanggung jawab. Langkah pertama dalam pemetaan geologi adalah mengkaji dan memahami benar kondisi geologi dan regional setempat berdasarkan atas laporan yang dipublikasi maupun tidak, peta dan hasil penyelidikan. Tim pemetaan harus mempunyai pengetahuan tentang formasi dan struktur batuan, serta aspek sejarah geologi permukaan tanah secara regional.
- b) Prosedur pemetaan diuraikan dalam SNI 03-3405-1994 atau *Manual FHWA* (1989) yang membahas desain lereng batuan, penggalian dan stabilisasi, dan dalam *ASTM D 4879*. Referensi pertama menjelaskan parameter yang harus diperhitungkan jika pemetaan mutlak diperlukan untuk desain lereng galian, yang mencakup:
 - 1) tipe diskontinuitas,
 - 2) orientasi diskontinuitas,
 - 3) isian yang tidak menerus,
 - 4) sifat-sifat permukaan diskontinuitas,
 - 5) jarak diskontinuitas,
 - 6) kesinambungan diskontinuitas,
 - 7) parameter massa batuan lainnya.

Prosedur pemetaan geologi dapat dilihat pada Tata Cara Pemetaan Geologi Teknik (SNI 03-2849).

- c) Parameter tersebut dapat dicatat pada formulir kodefikasi pemetaan struktur (lihat Gambar 28a dan Gambar 28b). Penjelasan parameter yang sama dan penyajian simbol-simbol geologi yang biasa digunakan untuk pemetaan, serta penyajian uraian laporan yang diinginkan dapat dilihat dalam *ASTM D 4879*. Penyajian data orientasi diskontinuitas dapat berupa grafik dengan menggunakan proyeksi stereografi. Proyeksi ini sangat berguna dalam analisis stabilitas lereng batuan. Metode proyeksi stereografi ini dijelaskan secara terperinci dalam manual *FHWA* (*Graphical presentation of geological data*).

5.3 Penutupan lubang hasil pengeboran

Semua lubang bor harus ditutup dengan baik pada waktu penyelesaian penyelidikan lapangan, dengan alasan pertimbangan keselamatan dan pencegahan pencemaran lapisan tanah dan air tanah. Penutupan bor mutlak diperlukan untuk proyek terowongan, karena lubang bor terbuka akan memberi kesempatan aliran air masuk tidak terkontrol atau jalan udara tertekan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penutupan lubang bor adalah sebagai berikut.

- a) Peraturan penutupan lubang bor (*sealing* dan *grouting*) biasanya diatur tersendiri sesuai dengan persyaratan yang berlaku setempat (misalnya *National Cooperation Highway Research Program Report No. 378 (1995)* berjudul "*Recommended Guidelines for Sealing Geotechnical Holes*").
- b) Pada umumnya jika terjadi air tanah atau pencemaran, lubang bor harus diinjeksi dengan menggunakan campuran tepung bentonit, semen *portland* dan air bersih atau air suling. Persyaratan ini harus dipahami benar oleh tenaga ahli geoteknik dan supervisor lapangan setempat sebelum pengeboran mulai dilaksanakan.
- c) Semua lubang bor sebaiknya diinjeksi. Lubang-lubang jalan dan pelat harus diisi dengan beton pasangan cepat atau beton aspal. Pengisian kembali lubang bor umumnya dilakukan dengan menggunakan campuran bahan injeksi (*grout*). Pada lubang bor yang diisi dengan air pembilas, *grout* getas akan menempati/menggantikan air pembilas. Oleh karena itu, harus dilakukan persiapan perlengkapan untuk mengumpulkan buangan dari semua air pembilas yang dipindahkan dan buangan *grout*.

5.4 Pedoman keselamatan dalam pengeboran geoteknik

Hal-hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut.

- a) Prosedur keamanan dan keselamatan umum maupun persyaratan tambahan lain dari proyek atau instansi pemerintah yang terkait, harus dipahami benar oleh semua petugas lapangan termasuk tenaga ahli geologi, tenaga ahli teknik, teknisi dan regu bor. Pedoman keselamatan khusus untuk pengeboran tanah dan batuan disajikan dalam lampiran A. Perlindungan minimum untuk semua personil terdiri atas topi helm, sepatu bot, pelindung mata dan sarung tangan.
- b) Biasanya masalah lingkungan muncul tanpa diketahui terlebih dahulu, misalnya perubahan warna tanah atau fragmen batuan dari tumpahan sebelumnya, atau air tanah tercemar. Tenaga ahli geoteknik dan supervisor lapangan harus mencoba untuk mengidentifikasi kemungkinan sumber pencemaran sebelum memulai pekerjaan lapangan. Berdasarkan evaluasi ini, harus dibuat keputusan mengenai rencana keselamatan lapangan. Masalah lingkungan dapat mempengaruhi jadwal dan biaya penyelidikan, dan memerlukan izin dari pemerintah pusat atau yang mewakili sebelum memulai pekerjaan pengeboran atau pengambilan contoh.
- c) Pencemaran yang ditemukan pada lokasi-lokasi penyelidikan geoteknik yang tidak diketahui atau tidak diharapkan selama pekerjaan lapangan, perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.
 - 1) Penghentian segera pengeboran dan pemberitahuan informasi kepada tenaga ahli geoteknik harus dilakukan oleh supervisor lapangan, termasuk identifikasi terjadinya pencemaran, kedalaman pencemaran, dan perkiraan kedalaman muka air. Jika produksi tingkat air pembilas terjadi pada atau di atas muka air, pengeboran harus segera ditinggalkan dan ditutup dengan *chip* bentonit dicampur air atau *grout*.
 - 2) Petugas lingkungan dari instansi pemerintah harus diberitahu oleh pemberi tugas (pemimpin proyek), agar dapat menentukan apakah perlu dilaksanakan protokol khusus keamanan dan keselamatan, serta demobilisasi dari lapangan.

DESKRIPSI MASSA BATUAN

INFORMASI UMUM

Stasiun + Km

Hari Bulan Tahun Inspeksi

Tipe Lokal Panjang Lereng data diskontinuitas

1 Lereng alami Tinggi Lereng Sketsa Foto-grafi

2 Galian konstruksi 0 Tidak 1 Ya

3 Sumur percobaan

4 Parit

5 Adit

6 Terowongan

Jumlah tembaran suplemen

PERKIRAAN KESTABILAN LERENG

Pembabatan Hasil Inspeksi Tindakan Dibutuhkan

1 Urgensi; bukti adanya pergerakan rasam fail 1 Dibutuhkan inspeksi lebih rinci dalam waktu 3 bulan

2 Prioritas; bukti adanya pergerakan rasam fail 2 Pekerjaan seera: pada lokasi tertentu perubahan diri tahun

3 Teramat; Identifikasi daerah berpotensi mengalami ketidak stabilan 3 Penyelesaian sementara: penempatan talus/akuram sebelum ada stabilisasi dalam kurun waktu 1-5 thn

4 OK; tidak ada tanda ketidak stabilan 4 Kemungkinan stabilisasi: baik detail desain (tambakan tembok penahan)

5 Tidak perlu ada tindakan 5 Tidak perlu ada tindakan

6 Tidak perlu ada tindakan 6 Tidak perlu ada tindakan

Catatan: (Konseluensi, stabilisasi, rockfall, pergeseran dinding)

INFORMASI MATERIAL BATUAN

Warna **Ukuran Butir** **Kuat Tekan** **Jenis Batuan**

1 Merah jumbo 1 Muda 1 Sangat kasar (> 60 mm) 1 Batuan sangat kuat > 200 MPa 1 Terukur

2 Merah 2 Tua 2 Kasar (20-60 mm) 2 Batuan kuat 100-200 2 Di takir

3 Kuning 3 Kehilangan 3 Sedang (60 mikron-20 mm) 3 Batuan kuat sedang 50-100

4 Coklat 4 Kecil-kecil 4 Halus (20-60 mikron) 4 Batuan lemah sedang 25-50

5 Olive 5 Kebijauan 5 Sangat halus (< 20 mikron) 5 Batuan sangat lemah 1-25

6 Hijau 6 Keabuan 6 Tanah sangat kaku 0,50-1

7 Biru 9 Abu-abu 7 Tanah kaku 0,15-0,60

8 Putih 0 Hitam 8 Tanah lempung 0,075-0,25

9 Tanah lunak 0,04-0,075

10 Tanah sangat lunak < 0,04 MPa

INFORMASI MATERIAL BATUAN

Fabrik Ukuran Blok Tingkat Pelapukan Jumlah set diskontinuitas utama

1 Blok (blocky) 1 Sangat besar (> 8 m³) 1 Segar

2 Rata (Tabular) 2 Besar (0,20 - 8 m³) 2 Lapuk ringan

3 Menyempal kolom 3 Sedang (0,008 - 0,2 m³) 3 Lapuk sedang

4 Kolumnar 4 Kecil (0,0002 - 0,008 m³) 4 Lapuk kuat

5 Sangat kecil (< 0,0002 m³) 5 Lapuk sempurna

GARIS SURVAI PENENTUAN JARAK DISKONTINUITAS

| Garis | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Plung | | | | | | | | | | |
| Trend | | | | | | | | | | |
| garis | | | | | | | | | | |
| garis (m) | | | | | | | | | | |
| Jarak | | | | | | | | | | |
| Rekahan (spacing) | | | | | | | | | | |

Jarak diskontinuitas 1 Ekstrem dekat (< 20 mm) 4 Sedang (200 - 500 mm)

2 Dekat (20 - 200 mm) 5 Dekat (200 - 500 mm) 6 Sangat lebar (2000 - 50000 mm)

3 Dekat (60 - 200 mm) 7 Ekstrem lebar (> 60000 mm)

KOPILAH Umum

Gambar 28b Formulir pemetaan struktur geologi untuk data survei perkiraan kestabilan lereng

5.5 Pengeboran secara umum

Kinerja petugas pengeboran biasanya dinilai dari banyaknya hasil pengeboran dan contoh terambil. Tenaga ahli geoteknik dan supervisor lapangan harus mendapat pelatihan untuk mengenal dan memahami benar informasi lapangan dan contoh-contoh yang diperoleh dengan baik (lihat Gambar 29).



Gambar 29 Pemandangan perlengkapan alat bor putar diangkut di atas truk untuk penyelidikan tanah dan batuan

Kesalahan umum yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

- a) Pembersihan runtuhan dan potongan dari dasar lubang bor yang kurang baik. Contoh tidak boleh diambil dari runtuhan oleh petugas bor, tetapi harus dari dalam lubang bor dan runtuhan harus dipindahkan sebelum kegiatan pekerjaan.
- b) Pada tanah nonkohesif, pemancangan tidak boleh digunakan untuk melanjutkan atau mempercepat tabung belah ke dasar lubang bor.
- c) Kondisi contoh inti terambil yang buruk akibat penggunaan alat atau prosedur pengambilan contoh yang tidak sesuai.
- d) Jika pengambilan contoh tanah lunak atau tanah nonkohesif dilakukan dengan tabung dinding tipis (misal tabung *Shelby*), tidak mungkin diperoleh contoh tidak terganggu sebab contoh tidak akan berada dalam tabung. Petugas bor harus diberi instruksi yang jelas agar tidak menekan inti terambil dengan pemukulan berlebihan pada waktu pengambilan tabung contoh.
- e) Jenis contoh yang tidak baik atau jumlah contoh tidak cukup. Petugas bor harus diberitahu dengan jelas frekuensi contoh dan jenis contoh yang diperlukan. Kedalaman bor pada setiap tahap penyelidikan harus diawasi oleh supervisor lapangan, untuk menentukan contoh lapisan tanah dan atau batuan yang baik.
- f) Stabilisasi lubang bor yang tidak baik. Dalam pengeboran putar dengan air dan bor tangan batang *hollow* di bawah muka air tanah, diperlukan tinggi tekan air yang diatur pada puncak pipa lindung (*casing*) /bor tangan pada setiap waktu. Jika batang bor ditarik atau bor tangan batang *hollow* yang

dimasukkan, muka air akan cenderung turun, dan harus ditambah dengan air pembilas agar tepi lubang bor tidak runtuh atau tidak terjadi sembulan di dasar lubang bor.

- g) Tabung contoh diturunkan ke dalam lubang bor dengan pipa terbuka dan tanpa sumbatan. Tabung dapat berposisi miring dan memukul dinding lubang bor. Oleh karena itu, sebaiknya tabung diisi dengan debris.
- h) Prosedur pelaksanaan yang kurang baik selama uji penetrasi standar. Supervisor lapangan dan petugas bor harus memastikan bahwa berat jatuh dan pemukul yang digunakan berfungsi dengan baik, sehingga friksi pada kepala dan sepanjang pukulan *hammer* berkurang.

6 Deskripsi log bor

6.1 Umum

Pencatatan hasil pengeboran adalah data dasar penyelidikan geoteknik yang memberikan data terperinci hasil penyelidikan, dan merupakan deskripsi prosedur penyelidikan dan kondisi geoteknik yang terjadi selama pengeboran, pengambilan contoh dan pengeboran inti. Pencatatan hasil pengeboran harus ditulis atau dicetak dengan jelas, dan disimpan (didokumentasi) dengan cermat dan praktis. Semua bagian pencatatan hasil pengeboran harus dilengkapi sebelum penyelidikan lapangan selesai. Formulir bor bisa berbeda dari satu instansi dengan instansi lainnya yang digunakan oleh berbagai perwakilan.

Formulir khusus yang harus digunakan untuk jenis bor tertentu bergantung pada aplikasi setempat. Formulir-formulir khusus log bor, log bor inti dan log sumuran uji disahkan oleh *ASCE Soil Mechanics & Foundations Engineering Committee*, lihat Gambar 30, 31 dan 32. Legenda yang diusulkan untuk log bor tanah diperlihatkan dalam Gambar 33a dan 33b, dan untuk log bor inti dalam Gambar 34a dan 34b.

Aspek-aspek yang harus dicatat pada log bor.

- a) Data survei topografi yang meliputi lokasi pengeboran dan elevasi permukaan, serta lokasi tanda patok dan datum (jika tersedia).
- b) Data akurat dari setiap deviasi lokasi bor rencana.
- c) Identifikasi tanah dan batuan dasar yang terdiri atas kepadatan, konsistensi, warna, kadar air, struktur, dan sumber geologi.
- d) Kedalaman berbagai lapisan tanah dan batuan secara umum.
- e) Jenis tabung contoh, kedalaman, penetrasi, dan contoh inti terambil (*core recovery*).
- f) Perlawanan pengambilan contoh sesuai dengan tekanan hidraulik atau pukulan per kedalaman penetrasi tabung contoh, serta ukuran dan jenis *hammer*, dan tinggi jatuh.
- g) Interval pengambilan contoh tanah dan contoh inti terambil (*core recovery*).
- h) Jumlah bor inti batuan, kedalaman dan panjang, inti terambil (*core recovery*), dan nilai kualitas batuan (*RQD*).
- i) Jenis operasi pengeboran yang digunakan untuk mempercepat dan menstabilkan lubang bor.
- j) Perbandingan perlawanan terhadap pengeboran.
- k) Kehilangan air pembilas.
- l) Pengamatan muka air tanah dengan tanda-tanda perubahan karena permukaan gelombang atau turun naiknya air sungai.

- m) Tanggal dan waktu pengeboran mulai, selesai, dan pengukuran muka air tanah.
n) Penutupan lubang bor.

| Proyek : Lokasi Proyek : No. Proyek : | | | | | PENCATATAN HASIL PENGEBORAN (Log of Boring) Lembar no 1 dari..... | | | | | | |
|---|--------------|------------------------------|-------|-----------------------|---|-------------|----------------------|------------------|-------------------|-----------------------|-------------|
| Tanggal pengeboran : | | Pencatatan oleh : | | | Diperiksa oleh : | | | | | | |
| Cara pengeboran : | | Mata bor : | | | Kedalaman total pengeboran (m) : | | | | | | |
| | | Ukuran/Tipe : | | | | | | | | | |
| Tipe mesin bor : | | Dibor oleh : | | | Berat palu /tinggi jatuh : | | | | | | |
| Kedalaman air semu (<i>apparent</i>) : m; K.A.T | | m setelah jam, | | | Elevasi permukaan (m) : | | | | | | |
| | | K.A.T m setelah jam | | | | | | | | | |
| Keterangan : | | Pengisian ulang lubang bor : | | | Elevasi datum (m) : | | | | | | |
| Kedalaman (m) | Contoh tanah | | | | DESKRIPSI MATERIAL DAN KETERANGAN LAINNYA | Elevasi (m) | Pocket pen. (kPa) | Kadar air (%) | Batas cair (%) | Indeks plastisitas | Uji lainnya |
| | Lokasi | Tipe | Nomor | Tahanan pengambila | | | | | | | |
| 0,0 | | | | | | | | | | | |
| 1,0 | | | | | | | | | | | |
| 2,0 | | | | | | | | | | | |
| 3,0 | | | | | | | | | | | |

Gambar 30 Contoh formulir pencatatan hasil pengeboran untuk tanah

| Proyek : | | PENCATATAN HASIL PENGEBORAN (Log of Boring) Lembar no 1 dari..... | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--|---------------|---------------------------|---------|---------------------------------|----------------|----------|--|------------|------------------|--------------------------|------------|
| Lokasi Proyek : | | Tanggal pengeboran : | | Pencatatan oleh : | | Diperiksa oleh : | | | | | | | |
| No. Proyek : | | Cara pengeboran : | | Mata bor : | | Kedalaman total pengeboran (m): | | | | | | | |
| | | | | Ukuran/Tipe : | | | | | | | | | |
| Tipe mesin bor : | | Dibor oleh : | | Berat palu /tinggi jatuh: | | | | | | | | | |
| Kedalaman air semu (<i>apparent</i>) : m; K.A.T | | m setelah jam, | | Elevasi permukaan (m): | | | | | | | | | |
| | | K.A.T m setelah jam | | | | | | | | | | | |
| Keterangan: | | Pengisian ulang lubang bor: | | Elevasi datum (m): | | | | | | | | | |
| Kedalaman (m) | Elevasi (m) | INTI BATUAN | | | | | | | DESKRIPSI MATERIAL DAN KETERANGAN LAINNYA | Uji Packer | Uji laboratorium | Kec. pengeboran m/jam | Keterangan |
| | | Panjang no. | Perolehan (%) | Frekuensi rekahan | ROD (%) | Gambar rekahan | Jumlah rekahan | Litologi | | | | | |
| 0.0 | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | | | | | | |

Gambar 31 Formulir pencatatan hasil pengeboran untuk batuan

| Proyek : | | | | | PENCATATAN HASIL SUMURAN UJI (TESTPIT) Lembar no 1 dari..... | | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------|---|---------------|-------------------|
| Lokasi Proyek : | | | | | | | |
| No. Proyek : | | | | | | | |
| Tanggal penggalian : | | Dicatat oleh : | | Diperiksa oleh : | | | |
| Perkiraan panjang (m) : | | Perkiraan lebar (m) : | | Perkiraan kedalaman (m) : | | | |
| Alat gali : | | Kontraktor penggalian : | | Kecendrungan sumur : | | | |
| Elevasi air tanah : | | Tanggal pengukuran : | | Perkiraan elevasi permukaan : | | | |
| Keterangan : | | | | | | | |
| Kedalaman (m) | Elevasi (m) | Tipe contoh dan jumlah | Pocket pen. (kPa) | Grafik pencatatan | DESKRIPSI MATERIAL DAN CATATAN LAINNYA | Kadar air (%) | Pengujian lainnya |
| 0,0 | | | | | | | |
| 1,0 | | | | | | | |
| 2,0 | | | | | | | |

Gambar 32 Contoh pencatatan hasil sumuran uji

Pencatatan hasil pengeboran dapat digunakan untuk memberikan informasi dasar dalam pemilihan spesimen/benda uji, latar belakang kondisi asli tanah dasar, elevasi air tanah, penampilan contoh, dan lapisan tanah atau batuan pada lokasi bor maupun penyebaran daerah dari berbagai deposit atau tanah dasar. Gabungan antara data log bor dan hasil-hasil uji laboratorium dapat digunakan untuk mengidentifikasi profil tanah dasar, yang menunjukkan penyebaran dan kedalaman berbagai material lapangan yang ditinjau.

Profil tanah yang disusun berdasarkan kedalaman dan lokasi dari berbagai jenis material dan elevasi air tanah digunakan untuk bahan masukan dalam laporan akhir geoteknik, laporan desain dan spesifikasi.

6.2 Informasi proyek

Pada bagian atas log bor harus disediakan ruang untuk informasi khusus proyek, seperti nama atau nomor proyek, lokasi proyek, kontraktor pengeboran (jika pekerjaan pengeboran dikontrakkan ke luar), jenis alat bor, tanggal dan waktu pekerjaan, metode pengeboran, berat palu (*hammer*) dan tinggi jatuh, nama personil pengeboran, dan informasi cuaca. Semua informasi harus diberikan pada lembaran pertama dari setiap log bor.

6.3 Lokasi dan elevasi bor

Lokasi pengeboran (koordinat dan atau stasiun dan *offset*) dan elevasi muka tanah (dengan datum) harus dicatat pada setiap log bor. Prosedur yang diuraikan dalam subpasal 4.5.3, dapat digunakan untuk menentukan lokasi dan elevasi setiap lokasi bor.

6.4 Identifikasi stratigrafi atau perlapisan tanah

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam identifikasi perlapisan tanah adalah sebagai berikut.

- a) Pengamatan kondisi geoteknik contoh tanah dan potongan inti atau perkiraan berdasarkan kinerja perlengkapan bor (misalnya gemertak alat pemukul dalam kerikil atau tabung yang memantul kembali pada kerakal), harus dicatat dalam kolom tengah log bor dengan label "Deskripsi material", atau dalam kolom keterangan.
- b) Komentar petugas bor mutlak diperlukan dalam persiapan log bor, penyusunan deskripsi masing-masing contoh, dan penggambaran berbagai lapisan pada log bor. Data tersebut meliputi deskripsi masing-masing lapisan tanah, dengan batasan horisontal yang menggambarkan perbedaan lapisan yang berdekatan.
- c) Deskripsi terperinci kondisi geoteknik pada waktu pengeboran, sebaiknya digambarkan pada log bor lapangan. Deskripsi tidak bisa hanya diselesaikan di laboratorium. Batas-batas perlapisan harus digambarkan sesuai dengan perubahan deskripsi, misalnya perubahan plastisitas yang agak kaku menjadi kaku dan yang rendah menjadi tinggi.
- d) Perubahan kecil dapat dinyatakan dengan istilah pantas atau selaras. Batas perlapisan harus digambarkan sesuai dengan perubahan material dari kondisi geologi asli dan harus dicantumkan dalam deskripsi material atau kolom keterangan log, sedangkan batas-batas yang terputus-putus (*dashed*) harus dihindari.
- e) Pengamatan perlapisan harus meliputi identifikasi urugan yang ada, *topsoil*, dan potongan lapisan tanah. Interval pengamatan dan pengambilan contoh khusus mutlak diperlukan untuk membantu mengidentifikasi keberadaan dan ketebalan lapisan material serta menghasilkan kesimpulan dan saran-saran studi geoteknik yang baik.
- f) Masing-masing lapisan harus diberi tanda di tengah-tengah contoh, kecuali jika batasan ditemui dalam contoh atau diperlukan pengukuran khusus untuk menentukan posisi batasan yang lebih baik.

6.5 Informasi contoh

Informasi jenis-jenis tabung, jadwal dan waktu pengambilan contoh, jenis contoh, kedalaman contoh, dan perolehan inti (*core recovery*) harus diperlihatkan pada setiap formulir log, dengan menggunakan notasi dan sistem grafik atau sistem singkatan (*abbreviation*) yang ditentukan dalam Gambar 33a, 33b, 34a dan 34b. Masing-masing contoh uji harus diberi nomor berurutan yang ditandai dalam kolom nomor contoh.

Jika tabung contoh dipukul, perlawanan pukulan harus dicatat pada interval yang ditentukan dan ditandai dalam kolom perlawanan pengambilan contoh. Persentase inti terambil harus ditentukan sebagai panjang contoh inti terambil terhadap panjang contoh uji (contoh 550/610 mm).

| PROYEK : LOKASI PROYEK : NO PROYEK : | | | | ACUAN PENENTUAN SIMBOL TANAH DAN PERSYARATAN | | | | | | |
|--|--------|------|--------|---|---------------------|----------------|-------------|-----------------|-----------------|---|
| | | | | Lembaran 1 dari 2 | | | | | | |
| Kedalaman, (meter) | Contoh | | | DESKRIPSI MATERIAL dan Catatan-Catatan lainnya | Elevasi, (meter) | Pocket Pen kPa | Kadar air % | Batas cair LL % | Indeks plast. % | Uji lainnya |
| | Lokasi | Tipe | Nomor | | | | | | | |
| 0 | | | | DESKRIPSI DARI SAMPLER DAN KODE UJI LAPANGAN | | | | | | |
| 1 | SS | 1 | 15 | Jumlah pukulan (15) dengan menggunakan palu 63,6 kg dijatuhkan dengan tinggi 750 mm untuk memukul split barrel dengan ukuran diam. luar 50 mm untuk 300 mm penetrasi terakhir | | | | | | |
| 2 | SS | 2 | 50/150 | Jumlah pukulan (50) yang diperoleh untuk memukul split barrel masuk sedalam sekian milimeter (150) | | | | | | |
| 3 | P | 3 | 1724 | Pemberian tekanan hidraulis (1724kPa) agar thin wall tube masuk sekian dalamnya (160 mm) | | | | | | |
| 3 | A | 4 | | Kode jenis sampler : P - Thin wall tube C - Denison atau "Pitcher typ" core barrel sample Ps - Piston sample A - Auger sample BS - Bulk sample SS - Standard spoon sample CL - California liner sample | | | | | | |
| 4 | NX | 5 | 40 | BX - Inti batuan dengan penginti BX, dengan diameter inti yang diperoleh 41 mm NX - Inti batuan dengan penginti NX, dengan diameter inti yang diperoleh 53 mm | | | | | | |
| 5 | 65 | | | 65 - Prosentase (65) inti batuan terambil 40 - Rock Quality Designation (RQD) dalam persen (40) | | | | | | |
| 6 | S | | | Contoh terambil: dinyatakan dengan kotak terarsir pada kolom lokasi | | | | | | |
| 6 | NR | | | Contoh takterambil: dinyatakan dengan batang vertikal pada kolom lokasi dan NR (takterambil) pada kolom tipe | | | | | | |
| 7 | | | | Singkatan uji lapangan lainnya : FVT - Geser baling (Field vane shear) PMT - Pressuremeter DMT - Dilatometer BHS - Borhole shear | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Singkatan pada kolom uji lainnya C - konsolidasi dan spesifik graviti D - kepadatan maksimum dan minimum DS- Geser langsung (direct shear) S - Spesifik graviti K - Permeabiliti M - Pembagian butir mekanik (hydr/saring) T - Triaxial TV - geser torvane U - geser bebas (Unconfined Comp) W - berat volume dan kadar air |

Gambar 33a Acuan penentuan simbol, deskripsi dan persyaratan untuk pencatatan log bor pada tanah

| <p>Proyek :</p> <p>Lokasi Proyek :</p> <p>No Proyek :</p> | <p>Acuan Penentuan Simbol Tanah dan Persyaratan</p> <p>Lembaran 2 dari 2</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------|---|--|---|---|--|--|---|--|--------------------------|---|--|---|-------|--|--|----|---|--|----|-------------------------------------|--|----|---|--|--|----|---|---|----|---|----|--|----|--|----|---|----|---|----|--|
| <p>Konsistensi atau Kondisi Material :</p> <p>1. Tanah berbutir kasar yang sebagian besar tertahan pada saringan no 200 Yang termasuk dalam material ini adalah :</p> <p>a) Kerikil dan pasir bersih ; b) Kerikil dan pasir lanauan atau lempungan.</p> <p>Konsistensi dinyatakan dalam kepadatan relatif yang diperoleh dari uji laboratorium atau uji standar penetrasi (SPT)</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Konsistensi</td> <td style="width: 40%;">Kepadatan Relatif</td> <td style="width: 40%;">SPT (Pukulan/30cm pen)</td> </tr> <tr> <td>Sangat lepas</td> <td>0 - 15%</td> <td>< 4</td> </tr> <tr> <td>Lepas</td> <td>15 - 35%</td> <td>4 - 10</td> </tr> <tr> <td>Medium padat</td> <td>35 - 65%</td> <td>10 - 30</td> </tr> <tr> <td>Padat</td> <td>65 - 85%</td> <td>30 - 50</td> </tr> <tr> <td>Sangat padat</td> <td>86 - 100%</td> <td>> 50</td> </tr> </table> <p>2. Tanah berbutir halus yang sebagian besar lolos pada saringan no 200 Yang termasuk dalam material ini adalah :</p> <p>a) Lanau dan lempung anorganik dan organik; b) Lempung kerikilan, pasir dan lanauan ; c) Lanau lempungan.</p> | | Konsistensi | Kepadatan Relatif | SPT (Pukulan/30cm pen) | Sangat lepas | 0 - 15% | < 4 | Lepas | 15 - 35% | 4 - 10 | Medium padat | 35 - 65% | 10 - 30 | Padat | 65 - 85% | 30 - 50 | Sangat padat | 86 - 100% | > 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Konsistensi | Kepadatan Relatif | SPT (Pukulan/30cm pen) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sangat lepas | 0 - 15% | < 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lepas | 15 - 35% | 4 - 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medium padat | 35 - 65% | 10 - 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Padat | 65 - 85% | 30 - 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sangat padat | 86 - 100% | > 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%; text-align: center;">Kuat geser</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Konsistensi Sangat lunak</td> <td style="text-align: center;">Tekan bebas kPa <25</td> <td style="text-align: center;">SPT (Pukulan /30 cm pen) < 2</td> </tr> <tr> <td>Lunak</td> <td style="text-align: center;">25 - 50</td> <td style="text-align: center;">2 - 4</td> </tr> <tr> <td>Medium kaku</td> <td style="text-align: center;">50 - 100</td> <td style="text-align: center;">4 - 8</td> </tr> <tr> <td>Kaku</td> <td style="text-align: center;">100 - 200</td> <td style="text-align: center;">8 - 15</td> </tr> <tr> <td>Sangat kaku</td> <td style="text-align: center;">200 - 400</td> <td style="text-align: center;">15 - 30</td> </tr> <tr> <td>Keras</td> <td style="text-align: center;">>400</td> <td style="text-align: center;">>30</td> </tr> </table> <p>Keterangan Umum</p> <p>1. Klasifikasi didasarkan atas " Unified Soil Classification System" dan termasuk konsistensi, kadar air dan warna. Deskripsi lapangan harus dimodifikasi agar sesuai hasil laboratorium bila dianggap perlu</p> <p>2. Elevasi permukaan didasarkan pada peta topografi dan lokasi yang diperkirakan</p> | | | Kuat geser | | Konsistensi Sangat lunak | Tekan bebas kPa <25 | SPT (Pukulan /30 cm pen) < 2 | Lunak | 25 - 50 | 2 - 4 | Medium kaku | 50 - 100 | 4 - 8 | Kaku | 100 - 200 | 8 - 15 | Sangat kaku | 200 - 400 | 15 - 30 | Keras | >400 | >30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kuat geser | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Konsistensi Sangat lunak | Tekan bebas kPa <25 | SPT (Pukulan /30 cm pen) < 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lunak | 25 - 50 | 2 - 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medium kaku | 50 - 100 | 4 - 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kaku | 100 - 200 | 8 - 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sangat kaku | 200 - 400 | 15 - 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Keras | >400 | >30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Pembagian Utama</th> <th style="width: 10%;">Simbol Grup</th> <th style="width: 25%;">Deskripsi Umum</th> <th style="width: 50%;">Kriteria Klasifikasi Laboratorium</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="font-size: small; vertical-align: top;"> Lebih dari 50% butiran terahan pada ayakan no. 200 (0,074 mm) </td> <td style="text-align: center;">GW</td> <td>Kerikil bergradasi baik, campuran kerikil-pasir , sedikit atau tak mengandung butiran halus</td> <td> $C_u = D_{60} / D_{10}$ lebih besar 4 dan $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ antara 1 dan 3 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GP</td> <td>Kerikil bergradasi buruk, campuran kerikil-pasir, sedikit atau tak mengandung butiran halus</td> <td>Tidak memenuhi persyaratan gradasi pada GW</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GM</td> <td>Kerikil lanauan, campuran kerikil-pasir-lanau</td> <td>Batas Atterberg berada dibawah garis A atau Ip kurang dari 4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">GC</td> <td>Kerikil lempungan, campuran kerikil-pasir dan lempung</td> <td>Batas Atterberg berada diatas garis A atau Ip lebih besar dari 4</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="font-size: small; vertical-align: top;"> Lebih dari 50% fraksi kasar lolos tertahan pada saringan no. 4 (75mm) </td> <td style="text-align: center;">SW</td> <td>Pasir bergradasi baik, pasir kerikilan, sedikit atau tak mengandung butiran halus.</td> <td> $C_u = D_{60} / D_{10}$ lebih besar 4 dan $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ antara 1 dan 3 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SP</td> <td>Pasir bergradasi buruk, pasir kerikilan , sedikit atau tak mengandung butiran halus</td> <td>Tidak memenuhi persyaratan gradasi pada SW</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SM</td> <td>Pasir lanauan, campuran pasir-lanau</td> <td>Batas Atterberg berada dibawah garis A atau Ip kurang dari 4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">SC</td> <td>Pasir lempungan, campuran pasir-lempung</td> <td>Batas Atterberg berada diatas garis A atau Ip lebih besar dari 4</td> </tr> <tr> <td rowspan="6" style="font-size: small; vertical-align: top;"> Lebih dari 50% butiran lolos saringan no 200 (0,074mm) </td> <td style="text-align: center;">ML</td> <td>Lanau anorganik dan pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir lanauan atau lempungan</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> <p style="font-size: x-small;"> Untuk klasifikasi tanah berbutir halus dan fraksi halus dari tanah berbutir kasar Pers. garis A Horizontal pada Ip = 4 sampai Pl = 0,73(LL-20) Persamaan garis U Vertikal pada LL=16 sampai Pl=7 dari titik ini Pl=0,9(LL-8) </p> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CL</td> <td>Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikilan /pasiran / lanauan dan lempung kurus (lean clay)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">OL</td> <td>Lanau organik, lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MH</td> <td>Lanau anorganik, pasir halus diatomae, lanau diatomae, lanau elastis</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CH</td> <td>Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clay)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">OH</td> <td>Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pt</td> <td>Gambut dan tanah-tanah organik dengan kandungan organik tinggi</td> </tr> </tbody> </table> | | Pembagian Utama | Simbol Grup | Deskripsi Umum | Kriteria Klasifikasi Laboratorium | Lebih dari 50% butiran terahan pada ayakan no. 200 (0,074 mm) | GW | Kerikil bergradasi baik, campuran kerikil-pasir , sedikit atau tak mengandung butiran halus | $C_u = D_{60} / D_{10}$ lebih besar 4 dan $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ antara 1 dan 3 | GP | Kerikil bergradasi buruk, campuran kerikil-pasir, sedikit atau tak mengandung butiran halus | Tidak memenuhi persyaratan gradasi pada GW | GM | Kerikil lanauan, campuran kerikil-pasir-lanau | Batas Atterberg berada dibawah garis A atau Ip kurang dari 4 | GC | Kerikil lempungan, campuran kerikil-pasir dan lempung | Batas Atterberg berada diatas garis A atau Ip lebih besar dari 4 | Lebih dari 50% fraksi kasar lolos tertahan pada saringan no. 4 (75mm) | SW | Pasir bergradasi baik, pasir kerikilan, sedikit atau tak mengandung butiran halus. | $C_u = D_{60} / D_{10}$ lebih besar 4 dan $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ antara 1 dan 3 | SP | Pasir bergradasi buruk, pasir kerikilan , sedikit atau tak mengandung butiran halus | Tidak memenuhi persyaratan gradasi pada SW | SM | Pasir lanauan, campuran pasir-lanau | Batas Atterberg berada dibawah garis A atau Ip kurang dari 4 | SC | Pasir lempungan, campuran pasir-lempung | Batas Atterberg berada diatas garis A atau Ip lebih besar dari 4 | Lebih dari 50% butiran lolos saringan no 200 (0,074mm) | ML | Lanau anorganik dan pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir lanauan atau lempungan | <p style="font-size: x-small;"> Untuk klasifikasi tanah berbutir halus dan fraksi halus dari tanah berbutir kasar Pers. garis A Horizontal pada Ip = 4 sampai Pl = 0,73(LL-20) Persamaan garis U Vertikal pada LL=16 sampai Pl=7 dari titik ini Pl=0,9(LL-8) </p> | CL | Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikilan /pasiran / lanauan dan lempung kurus (lean clay) | OL | Lanau organik, lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah | MH | Lanau anorganik, pasir halus diatomae, lanau diatomae, lanau elastis | CH | Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clay) | OH | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi | Pt | Gambut dan tanah-tanah organik dengan kandungan organik tinggi |
| Pembagian Utama | Simbol Grup | Deskripsi Umum | Kriteria Klasifikasi Laboratorium | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lebih dari 50% butiran terahan pada ayakan no. 200 (0,074 mm) | GW | Kerikil bergradasi baik, campuran kerikil-pasir , sedikit atau tak mengandung butiran halus | $C_u = D_{60} / D_{10}$ lebih besar 4 dan $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ antara 1 dan 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GP | Kerikil bergradasi buruk, campuran kerikil-pasir, sedikit atau tak mengandung butiran halus | Tidak memenuhi persyaratan gradasi pada GW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GM | Kerikil lanauan, campuran kerikil-pasir-lanau | Batas Atterberg berada dibawah garis A atau Ip kurang dari 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GC | Kerikil lempungan, campuran kerikil-pasir dan lempung | Batas Atterberg berada diatas garis A atau Ip lebih besar dari 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lebih dari 50% fraksi kasar lolos tertahan pada saringan no. 4 (75mm) | SW | Pasir bergradasi baik, pasir kerikilan, sedikit atau tak mengandung butiran halus. | $C_u = D_{60} / D_{10}$ lebih besar 4 dan $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ antara 1 dan 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SP | Pasir bergradasi buruk, pasir kerikilan , sedikit atau tak mengandung butiran halus | Tidak memenuhi persyaratan gradasi pada SW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SM | Pasir lanauan, campuran pasir-lanau | Batas Atterberg berada dibawah garis A atau Ip kurang dari 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SC | Pasir lempungan, campuran pasir-lempung | Batas Atterberg berada diatas garis A atau Ip lebih besar dari 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lebih dari 50% butiran lolos saringan no 200 (0,074mm) | ML | Lanau anorganik dan pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir lanauan atau lempungan | <p style="font-size: x-small;"> Untuk klasifikasi tanah berbutir halus dan fraksi halus dari tanah berbutir kasar Pers. garis A Horizontal pada Ip = 4 sampai Pl = 0,73(LL-20) Persamaan garis U Vertikal pada LL=16 sampai Pl=7 dari titik ini Pl=0,9(LL-8) </p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CL | Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikilan /pasiran / lanauan dan lempung kurus (lean clay) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | OL | Lanau organik, lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MH | Lanau anorganik, pasir halus diatomae, lanau diatomae, lanau elastis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CH | Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clay) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | OH | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pt | Gambut dan tanah-tanah organik dengan kandungan organik tinggi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%; text-align: center;">Ukuran Butir</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">mm</td> <td style="text-align: center;">Saringan</td> <td style="text-align: center;">< # 200</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">mm</td> <td style="text-align: center;">mm</td> <td style="text-align: center;"># 200 - # 40 # 40 - # 10 # 10 - # 4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">mm</td> <td style="text-align: center;">Material</td> <td style="text-align: center;">0,074 - 0,42 0,42 - 2,00 2,00 - 4,76</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">mm</td> <td style="text-align: center;">Material</td> <td style="text-align: center;">Halus Medium Kasar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">mm</td> <td style="text-align: center;">Ukuran Butir</td> <td style="text-align: center;"># 4 - 3/4 in 3/4 in - 3 in 3 in - 12 in 12 in - 36 in</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">mm</td> <td style="text-align: center;">Material</td> <td style="text-align: center;">Kerikil Halus Kasar Kerakal Bongkah</td> </tr> </table> | | | Ukuran Butir | | mm | Saringan | < # 200 | mm | mm | # 200 - # 40 # 40 - # 10 # 10 - # 4 | mm | Material | 0,074 - 0,42 0,42 - 2,00 2,00 - 4,76 | mm | Material | Halus Medium Kasar | mm | Ukuran Butir | # 4 - 3/4 in 3/4 in - 3 in 3 in - 12 in 12 in - 36 in | mm | Material | Kerikil Halus Kasar Kerakal Bongkah | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ukuran Butir | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mm | Saringan | < # 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mm | mm | # 200 - # 40 # 40 - # 10 # 10 - # 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mm | Material | 0,074 - 0,42 0,42 - 2,00 2,00 - 4,76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mm | Material | Halus Medium Kasar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mm | Ukuran Butir | # 4 - 3/4 in 3/4 in - 3 in 3 in - 12 in 12 in - 36 in | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mm | Material | Kerikil Halus Kasar Kerakal Bongkah | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Gambar 33b Acuan penentuan simbol, deskripsi dan persyaratan untuk pencatatan log bor pada tanah (sambungan)

| Kedalaman meter | | INTI BATUAN | | | | | | | | DESKRIPSI MATERIAL | Uji Packer | Uji Laboratorium | Kecep. pembor. meter/jam | Catatan Lapangan |
|-----------------|------------|-------------|------------|-------------|-------|--------------------------|----------|------------|------------------|--------------------|------------|------------------|--------------------------|------------------|
| Elevasi meter | Panjang No | Peti no | Terambil % | Frek.Rekah. | RQD % | Gamb.rekah / No. Rekahan | Litologi | Uji Packer | Uji Laboratorium | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 1 | 1 | 100 | | 80 | | | | 11 | | | | |
| 2 | | | | | 1 | | | | | 12 | | | | Pemboran lambat |
| 4 | | | | | 0 | | | 1 | | | | | | |
| | | | | | | | | M | | | | | | |

11 META-ARKOSE, light gray, moderately weathered, moderately strong.
12 a), b), c), d), e), f), g), h)
 1: 75, J, VN, Fe, Su, Pl, S, VC
 M: Mechanical Breakage

1 Kedalaman: Jarak dalam meter dari permukaan lubangbor
2 Elevasi: Elevasi (dalam meter) dari permukaan lubangbor
3 Panjang no: Panjang no masing-masing interval inti; dimulai dari puncak batuan dasar (bedrock)
4 No Peti: No peti yang berisi inti dari panjang no yang ditentukan
5 Terambil: Jumlah (%) inti terambil (recovery) dari setiap interval panjang inti; dihitung sebagai panjang inti terambil dibagi dengan panjang no (run)
6 Frek.Rekah: (Frekuensi rekahan) Jumlah rekahan alamiah per 1 foot dari inti; tidak termasuk patahan mekanis yang disebabkan teknik pemboran yang salah
7 RQD: (Rock Quality Designation %) Jumlah panjang potongan batuan intact dengan ukuran lebih besar dari 100mm dibagi dengan panjang interval inti.
8 Gamb. rekah: (Gambar rekahan) Sketsa rekahan alamiah (jumlah) dan patahan mekanis; memperlihatkan sudut rekahan relatif terhadap potongan melintang dari inti, NR (No recovery) tidak terambil.
9 No Rekahan: Lokasi rekahan yang terjadi secara alamiah (diberi nomor) dan patahan mekanis (tanda M). Rekahan alamiah dijelaskan dalam kolom 11 dengan memberi deskripsi seperti diuraikan dalam lembaran selanjutnya (a-h)
10 Litologi: Presentasi pencatatan grafis berupa simbol tentang tipe batuan yang berbeda
11 Deskripsi: Deskripsi litologi dengan urutan tipe batuan, warna, tekstur, ukuran butir, foliasi, pelapukan, kekuatan, dan hal-hal lainnya. Penjelasan rinci diperlihatkan pada lembaran 2
12 Deskripsi diskontinuitas: Deskripsi berupa singkatan tentang rekahan sehubungan jumlah rekahan alami dalam kolom 9 dijelaskan secara rinci pada lembaran 2 (a sampai dengan h)
13 Uji Packer: Pengujian Packer ditandai dengan memberi garis vertikal pada interval setiap pengujian
14 Uji laboratorium: Uji laboratorium ditandai dengan memberi garis vertikal pada interval setiap pengujian
15 Kecep. pemboran: Kecepatan penetrasi pemboran (dalam meter/jam). Tanda No berarti tidak ada pengamatan.
16 Catatan lapangan: Keterangan tentang pemboran, termasuk kehilangan air (water loss), penyebab tak terambilnya inti dan jenis lumpur pemboran (drilling mud) yang digunakan, jenis uji laboratorium terhadap inti.

Gambar 34a Acuan penentuan simbol, deskripsi dan persyaratan untuk pencatatan log bor pada batuan

| Proyek : | | PENCATATAN HASIL PENGEBORAN (Log of Boring) | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--|---|----------------------|---------|---|----------------|--|------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
| Lokasi Proyek : | | Lembar no 2 dari 2 | | | | | | | | | | |
| No. Proyek : | | | | | | | | | | | | |
| Kedalaman (m) | Elevasi (m) | INTI BATUAN | | | | | | DESKRIPSI MATERIAL DAN KETERANGAN LAINNYA | Uji Packer | Uji laboratorium | Kec. pengeboran malam | Catatan lapangan |
| | | Panjang no. | Perolehan (%) | Frekuensi rekahan | ROD (%) | Gambar rekahan | Jumlah rekahan | | | | | |
| ISTILAH DALAM DESKRIPSI INTI BATUAN | | | | | | | | | | | | |
| Penggolongan diskontinuitas : a) <i>Dip</i> dari bidang rekahan diukur relatif terhadap horisontal b) Tipe diskontinuitas F - Sesar (<i>fault</i>) J - Kekar (<i>joint</i>) Sh - Pergeseran (<i>Shear</i>) Fo - Foliasi (<i>Foliation</i>) V - Urat (<i>Vein</i>) B - Perlapisan (<i>Bedding</i>) c) Lebar diskontinuitas (millimeter) W - lebar (12,5 - 50,0; <i>Width</i>) MW - Sedang (2,5 - 12,5; <i>Medium width</i>) N - Sempit (1,25 - 2,5; <i>Narrow</i>) VH - Sangat sempit (< 1,25; <i>Very narrow</i>) T - Rapat (0; <i>Tight</i>) | | | d) Tipe pengisian (Type of infilling) C - Lempung (<i>Clay</i>) Cs - Kalsit Ch - Chlorit Fe - Oksida besi (<i>Iron oxide</i>) Gy - Gypsum/Talc H - <i>Healed</i> No - Tidak ada (<i>None</i>) Py - Pyrit Qz - Kuarsa (<i>Quartz</i>) S - Sand e) Jumlah pengisian (infilling) Su - Permukaan luntur (<i>Surface stain</i>) Sp - Bintik-bintik (<i>Spotty</i>) Pa - Terisi sebagian (<i>Partly filled</i>) Fi - Terisi (<i>Filled</i>) No - Tidak terisi (<i>None</i>) | | | f) Bentuk permukaan kekar (Surface shape of joint) Wa - Bergelombang (<i>Wavy</i>) Pl - Datar (<i>Planar</i>) St - Bertangga (<i>Stepped</i>) Ir - Tidak beraturan (<i>Irregular</i>) g) Kekasaran permukaan (Roughness of surface) Sk - Cermin sesar permukaan halus, mengkilat dengan tanda visual berupa penggarisan S - Permukaan lembut (<i>Smooth</i>) terasa bila dipegang SR - Agak kasar (<i>Slightly Rough</i>), pada bidang diskontinuitas dapat dibedakan dan terasa S - Kasar (<i>Rough</i>) beberapa tonjolan dan sisi bersudut dapat terlihat dan permukaan bidang diskontinuitas sangat abrasif VR - Sangat kasar (<i>Very rough</i>), terlihat pada bidang permukaan bidang diskontinuitas tonjolan vertikal bertangga. h) Jarak diskontinuitas (meter, Discontinuity spacing) EW - Sangat lebar (<i>Extremely wide</i> ; > 20 m) W - Lebar (<i>Wide</i> ; 7 - 20 m) M - Sedang (<i>Moderate</i> ; 2,5 - 7 m) C - Rapat (<i>Close</i> ; 0,7 - 2,5 m) VC - Sangat rapat (<i>Very close</i> ; < 0,7 m) | | | | | | |
| PELAPUKAN/ ALTERASI BATUAN | | | | | | | | | | | | |
| Deskripsi | | | | | | Identifikasi | | | | | | |
| Tanah residual | | | | | | Mineral asli batuan telah terurai (<i>decomposed</i>) menjadi mineral sekunder, tidak terlihat <i>fabric</i> asli dari batuan; material dapat dipatahkan dengan mudah dengan tangan | | | | | | |
| Lapuk sempurna (<i>Completely weathered</i>) | | | | | | Mineral asli batuan hampir secara keseluruhan terurai menjadi mineral sekunder, walaupun <i>fabric</i> aslinya masih utuh; material dapat dihancurkan dengan tangan. | | | | | | |
| Lapuk tinggi (<i>Highly weathered</i>) | | | | | | Lebih dari setengah mineral batuan terurai; batuan telah melemah dan mudah dipatahkan dengan tangan melewati <i>fabric</i> batuan dengan diameter minimum 50 mm. | | | | | | |
| Lapuk sedang (<i>Moderately</i>) | | | | | | Batuan telah berubah warna dan dengan tanda melemah; tetapi kurang dari setengahnya terurai; batuan dengan diameter minimum 50 mm tidak mudah dipatahkan dengan tangan lewat <i>fabric</i> batuan | | | | | | |
| Lapuk ringan (<i>Slightly weathered</i>) | | | | | | Batuan berubah warna sedikit, tetapi tidak ada tanda-tanda perubahan kekuatan dibandingkan dengan batuan segar. | | | | | | |
| Segar (<i>Fresh</i>) | | | | | | Batuan tidak mengalami perubahan warna, tidak mengalami perubahan kekuatan atau perubahan lain akibat pelapukan. | | | | | | |
| Deskripsi | | | | | | KEKUATAN BATUAN (ROCK STRENGTH) | | | | | | |
| Identifikasi | | | | | | Kuat tekan uniaxial (kPa) | | | | | | |
| Batuan ekstrem lemah (<i>extremely weak</i>) | | | | | | Dapat dengan mudah tergores oleh kuku | | | | | | 250 - 1000 |
| Batuan sangat lemah (<i>very weak</i>) | | | | | | Dapat dengan mudah dikupas dengan pisau saku | | | | | | 1000 - 5000 |
| Batuan lemah (<i>weak</i>) | | | | | | Dapat dikupas dengan susah payah dengan pisau saku | | | | | | 5000 - 25000 |
| Batuan sedang (<i>medium</i>) | | | | | | Dapat digores sedalam 5 mm dengan paku runcing | | | | | | 25000 - 50000 |
| Batuan kuat (<i>strong</i>) | | | | | | Dapat dipatahkan dengan satu kali pukulan palu | | | | | | 50000 - 100000 |
| Batuan sangat kuat (<i>very strong</i>) | | | | | | Dibutuhkan beberapa kali pukulan dengan palu untuk mematahkan | | | | | | 100000 - 250000 |
| Batuan ekstrim sangat kuat (<i>extremely strong</i>) | | | | | | Hanya dapat disayat dengan palu. | | | | | | > 250000 |

Gambar 34b Acuan penentuan simbol, deskripsi dan persyaratan untuk pencatatan log bor pada batuan (sambungan)

6.6 Deskripsi tanah / klasifikasi tanah

Deskripsi / identifikasi tanah adalah pemberian nama contoh tanah secara sistematis, tepat, dan lengkap, baik dalam bentuk tertulis maupun lisan (*ASTM D 2488*). Klasifikasi tanah adalah pengelompokan tanah dalam kategori yang berdasarkan atas hasil-hasil uji indeks properti (sifat fisik), misalnya nama kelompok dan simbol (*ASTM D 2487*).

Deskripsi tanah minimum harus terdiri atas:

- a) konsistensi semu/*apparent* (untuk tanah berbutir halus), atau sifat kepadatan (untuk tanah berbutir kasar);
- b) sifat kondisi kadar air (misal kering, lembap, basah);
- c) deskripsi warna;
- d) nama jenis tanah minimum ditambah dengan “y” jika komponen minimum berbutir halus < 30%, tetapi > 12%, atau komponen minimum berbutir kasar $\geq 30\%$;
- e) gambaran sifat jenis tanah utama;
- f) sifat distribusi ukuran butiran untuk kerikil dan pasir;
- g) sifat plastisitas dan tekstur tanah (lanauan atau lempungan) untuk lanau atau lempung inorganik dan organik;
- h) nama jenis tanah utama (semua huruf besar);
- i) sifat deskriptif “dengan” untuk jenis tanah minimum berbutir halus jika 5-12 % atau untuk jenis tanah minimum berbutir kasar jika < 30 % tetapi $\geq 15\%$ (sebagai catatan praktis penggunaan sifat deskriptif “banyak” dan “sedikit” untuk komponen-komponen minimum);
- j) istilah deskriptif untuk jenis-jenis tanah minor;
- k) gangguan (misal pembetonan, sementasi);
- l) pengelompokan nama dan simbol menurut *The Unified Soil Classification System (USCS)* (dalam tanda kurung) yang memadai untuk jenis tanah sesuai dengan *ASTM D 3282*, atau *ASTM D 2487*;
- m) nama geologi (misal *Holocene*, *Eocene*, *Pleistocene*, *Cretaceous*), jika diketahui (dalam tanda kurung atau kolom catatan).

Pada umumnya berbagai deskripsi elemen tanah harus dinyatakan dalam urutan seperti di atas. Sebagai contoh:

Tanah berbutir halus : lunak, basah, abu-abu, LEMPUNG berplastisitas tinggi, dengan pasir halus; lempung gemuk (*CH*); (alluvium).

Tanah berbutir kasar : padat, lembap, coklat, pasir lanauan sedang-halus, dengan kerikil halus sampai pasir lempungan, pasir lanauan (*SM*), (aluvium).

Banyak praktisi setempat mengabaikan simbol kelompok menurut *USCS* (misal *CL*, *ML*, dan lain-lain), tetapi menggunakan simbol kelompok pada akhir deskripsi. Jika terjadi perubahan dalam lapisan tanah yang sama, seperti perubahan dalam kepadatan nyata, pencatatan/log bor harus menunjukkan deskripsi perubahan, seperti “sama, kecuali sangat padat”.

6.6.1 Konsistensi dan sifat kepadatan semu (*apparent*)

Konsistensi tanah berbutir halus dan kepadatan semu tanah berbutir kasar, dapat diperkirakan dari jumlah pukulan (nilai *N*) yang diperoleh dari uji penetrasi standar (*ASTM D 1586*). Konsistensi lempung dan lanau bervariasi dari lunak sampai teguh, kaku, dan keras. Kepadatan semu tanah berbutir kasar berkisar dari sangat lepas sampai teguh, padat dan sangat padat. Acuan pada tabel 9 dan 10 dapat digunakan untuk memperkirakan konsistensi setempat atau sifat kepadatan tanah dari nilai-nilai *N*.

Tabel 9 Sifat kepadatan tanah berbutir kasar

| Nilai N terukur | Sifat kepadatan | Perilaku batang <i>probe</i> ukuran 13 mm | Kepadatan relatif, % |
|-----------------|--------------------------------------|---|----------------------|
| 0 – 4 | sangat terurai (<i>very loose</i>) | Mudah dipenetrasi dengan tangan. | 0 – 20 |
| > 4 – 10 | terurai (<i>loose</i>) | Terpenetrasi dengan teguh jika didorong dengan tangan. | 20 – 40 |
| > 10 – 30 | agak padat (<i>firm</i>) | Mudah terpenetrasi jika dipukul dengan palu 2 kg. | 40 – 70 |
| > 30 – 50 | padat (<i>dense</i>) | Hanya terpenetrasi beberapa sentimeter jika dipukul dengan palu 2 kg. | 70 – 85 |
| > 50 | sangat padat (<i>very dense</i>) | Hanya mengalami penetrasi beberapa milimeter jika dipukul dengan palu 2 kg. | 85 – 100 |

Tabel 10 Sifat konsistensi tanah berbutir halus

| Nilai N tidak terkoreksi | Konsistensi | Kuat tekan tidak terkekang, q_u , kPa | Hasil langkah-langkah secara manual |
|--------------------------|-----------------------------------|---|--|
| < 2 | sangat lunak (<i>very soft</i>) | < 25 | Benda uji (tinggi=2x diameter) merosok oleh berat sendiri, atau keluar di antara jari-jari jika ditekan. |
| 2 – 4 | lunak (<i>soft</i>) | 25 – 50 | Benda uji mudah dibentuk oleh tekanan jari. |
| 4 – 8 | teguh (<i>firm</i>) | 50 – 100 | Dapat dibentuk oleh tekanan jari dengan kuat. |
| 8 – 15 | kaku (<i>stiff</i>) | 100 – 200 | Membekas jika ditekan dengan ibu jari. |
| 15 – 30 | sangat kaku (<i>very stiff</i>) | 200 – 400 | Membekas jika ditekan dengan kuku ibu jari. |
| > 30 | keras (<i>hard</i>) | > 400 | Tidak membekas oleh tekanan jari atau sulit tertoreh oleh kuku ibu jari. |

Berdasarkan kerelasi empiris ini sifat kepadatan atau konsistensi tanah dasar dapat bervariasi karena berbagai alasan. Keputusan penentuan seseorang tetap merupakan bagian penting dari proses identifikasi visual. Alat mekanik, seperti penetrometer saku (*hand penetrometer*), dan uji indeks di lapangan (uji *smear*, uji kekuatan kering, uji benang/*thread*), disarankan sebagai alat bantu dalam penentuan konsistensi tanah berbutir halus.

Jika memungkinkan, nilai N dari semua jenis tanah dikoreksi untuk efisiensi tenaga (*ASTM D 4633*). Efisiensi tenaga diperhitungkan sebesar 60% menurut referensi dari *U.S.* Dalam evaluasi geoteknik tertentu, perilaku tanah berbutir kasar (kepadatan relatif, sudut geser, potensi likuifaksi), dan jumlah pukulan (nilai N) harus dinormalisasi/dikoreksi ke dalam tegangan acuan sebesar 1 atmosfer, lihat buku pedoman volume II dan III.

Catatan: nilai N disarankan tidak digunakan langsung untuk menentukan parameter desain kekuatan tanah berbutir halus.

6.6.2 Kadar air

Jumlah air yang ada dalam contoh tanah atau sifat kadar air harus dinyatakan dalam keadaan kering, lembap, atau basah, seperti diperlihatkan dalam Tabel 11.

6.6.3 Warna

Warna harus diuraikan setelah contoh dikembalikan (*retrived*) pada kadar air contoh tanah asli. Warna-warna utama yaitu coklat, abu-abu, hitam, hijau, putih, kuning, merah, dan warna antara, digambarkan dengan menggunakan dua warna dasar misalnya abu-abu - hijau.

Banyak instansi menggunakan warna *Munsell*, walaupun tidak mempengaruhi penentuan tekstur. Jika tanah ditandai sesuai dengan tempat/lokasi warna, digunakan istilah titik-titik (*mottled*). Tanah yang bertekstur homogen tetapi mengalami perubahan pola warna dan tidak diperhitungkan sebagai titik-titik, dapat digambarkan sebagai goresan/garis (*streaked*).

Tabel 11 Sifat kadar air tanah

| Deskripsi | KONDISI |
|-----------|---|
| Kering | Jika disentuh, tidak ada tanda air dan tanah kering. |
| Lembap | Jika disentuh, ada tanda air dan tanah relatif kering. |
| Basah | Jika disentuh, ada tanda air dan tanah basah; dan jika tanah berbutir kasar dipadatkan memperlihatkan banyak air bebas. |

6.6.4 Jenis tanah

Bagian-bagian penting dari jenis tanah yang ditentukan berdasarkan tekstur ukuran butir, dapat menentukan pemisahan tanah berbutir kasar, berbutir halus, dan tanah dengan kadar organik tinggi, dengan penjelasan sebagai berikut.

- 1) Tanah yang terdiri atas lebih dari 50% butiran yang lebih besar dari saringan (*U.S. Standard*) No.200 (0,075 mm) ditentukan sebagai butiran kasar.
- 2) Tanah (inorganik dan organik) yang terdiri atas 50% atau lebih butiran yang lebih halus dari saringan No. 200, ditentukan sebagai butiran halus.
- 3) Tanah yang terdiri atas kurang dari 50% volume material organik, warna gelap, dan dengan bau organik, ditentukan sebagai tanah organik. Tanah berkadar organik yang mengandung lebih dari 50%, ditentukan sebagai gambut.
- 4) Penentuan jenis tanah mengikuti *ASTM D 2487*, misalnya kerikil, pasir, lempung, lanau, lempung organik, lanau organik, dan gambut.

6.6.4.1 Tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir)

Tanah berbutir kasar terdiri atas kerikil, pasir, dan tanah berbutir halus secara terpisah ataupun gabungan, dan tanah yang lebih dari 50% tertinggal pada saringan No.200. Komponen kerikil dan pasir ditentukan berdasarkan atas ukuran butir, seperti dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Acuan ukuran butiran untuk kerikil dan pasir

| Komponen tanah | Ukuran butiran | Penentuan |
|--|------------------------------|---|
| Bongkahan * | 300 mm + | Dapat diukur |
| Kerakal * | 300 mm - 75 mm | Dapat diuji |
| Kerikil : | | |
| Kasar | 75 mm - 19 mm | Dapat diukur |
| Halus | 19 mm-saringan # 4 (4,75 mm) | Dapat diukur |
| Pasir : | | |
| Kasar | Saringan # 4 - # 10 | Dapat diuji dan terlihat dengan mata |
| Sedang | Saringan # 10 - # 40 | Dapat diuji dan terlihat dengan mata |
| Halus | Saringan # 40 - # 200 | Dapat diuji dan mudah dibedakan dengan mata |
| * Bongkahan dan kerakal tidak diperhitungkan sebagai klasifikasi atau deskripsi tanah atau bagian tanah, kecuali deskripsi pengaruh campuran, misalnya dengan volume kerakal kira-kira 5%. | | |

Distribusi ukuran butir diidentifikasi sebagai bergradasi baik atau bergradasi jelek. Tanah berbutir kasar yang bergradasi baik terdiri atas semua butiran berukuran yang mewakili dengan baik mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil, dengan butiran halus $\leq 12\%$. Sebagai acuan untuk distribusi sifat kekasaran ukuran butir digunakan Tabel 13, dan simbol kelompok pasir yang mengandung kadar organik digunakan Tabel 14.

Tabel 13 Sifat ukuran butir untuk pasir dan kerikil

| Sifat ukuran butir | Singkatan | Persyaratan ukuran |
|---------------------|-----------|---|
| Kasar | K | <30% pasir s-h atau <12% kerikil h |
| Kasar sampai sedang | k-s | <12% pasir halus |
| Sedang sampai halus | s-h | <12% pasir kasar dan >30% pasir sedang |
| Halus | H | <30% pasir sedang atau <12% kerikil kasar |
| Kasar sampai halus | k-h | >12% dari setiap ukuran * |

* Kriteria 12% dan 30% dapat dimodifikasi bergantung pada kadar bahan halus. Sebagai acuan adalah bentuk kurva distribusi ukuran butiran. Jika kurva relatif lurus atau menurun dan mengandung pasir kasar, digunakan k-h, dan digunakan pasir s-h jika terdapat cukup banyak pasir sedang. Jika ada keraguan, tentukan persentase di atas berdasarkan jumlah kandungan pasir atau kerikil.

Tabel 14 Kelompok simbol untuk tanah organik

| Simbol kelompok | Nama kelompok | Keterangan |
|-----------------|---|--|
| SO | Pasir lanauan organik | Di bawah garis-A dengan butiran halus >12% |
| SO | Pasir lempungan organik | Di bawah garis-A dengan butiran halus >12% |
| SP-SO | Pasir bergradasi jelek dengan lanau organik | 5-12% bagian halus di bawah garis-A |

CATATAN: USCS tidak mengizinkan identifikasi batas cair bahan halus kurang dari atau sama dengan dan lebih besar dari 50 %.

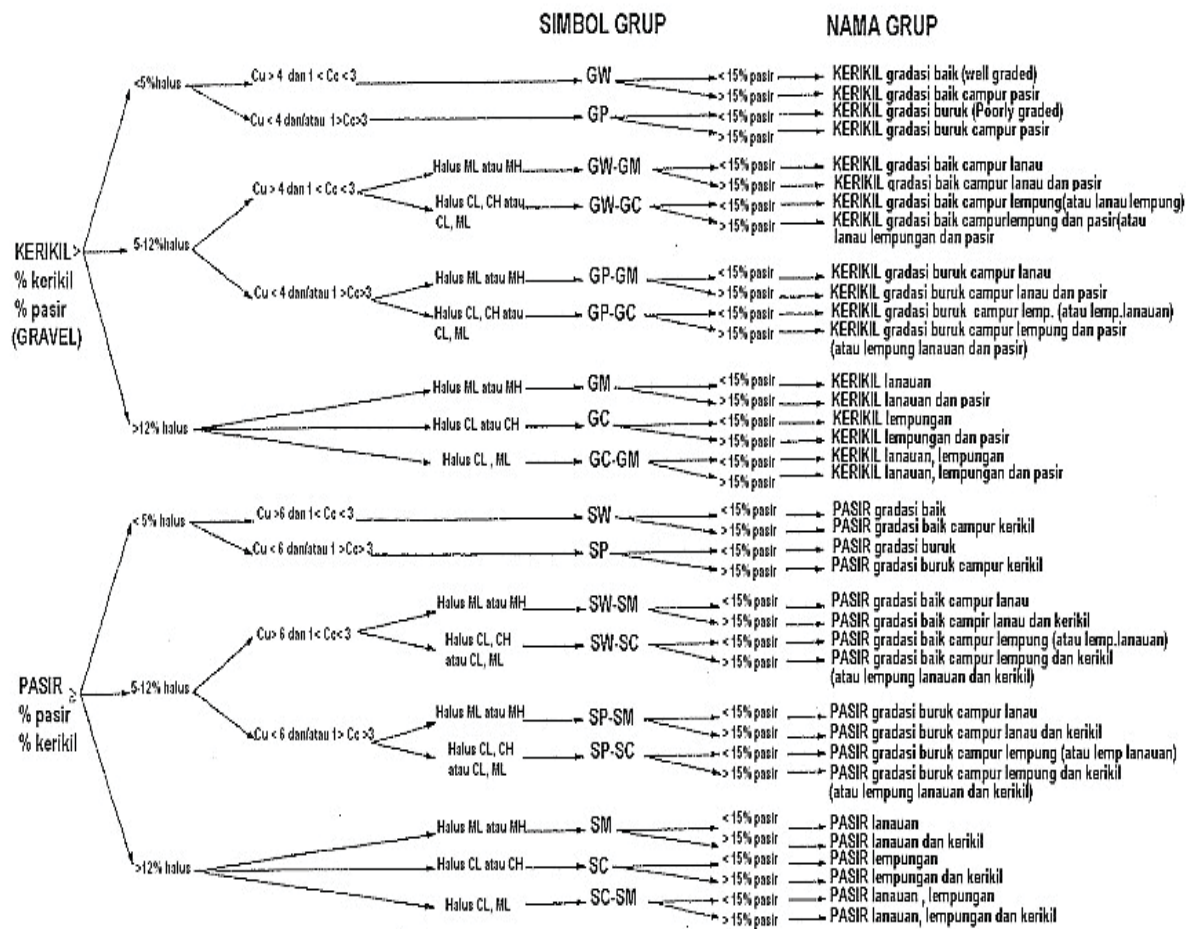
Pengujian-pengujian yang perlu diperhatikan.

a) Uji sedimentasi

Sedikit contoh tanah digetarkan dalam tabung uji, yang diisi dengan air dan ditunggu sampai diam. Waktu jatuh butiran sampai jarak 100 mm kira-kira $\frac{1}{2}$ menit untuk ukuran butiran lebih kasar daripada lanau. Untuk butiran sebesar 0,005 mm atau lebih kecil (lempung), diperlukan waktu 50 menit sampai diam. Untuk pasir dan kerikil yang mengandung lebih dari 5% bahan halus, jenis bahan halus inorganik (lanau atau lempung) dapat diidentifikasi dengan uji getar/dilatansi.

b) Karakteristik visual

Butir-butir pasir dan kerikil dapat diidentifikasi secara visual, tetapi butiran lanau umumnya tidak dapat dibedakan dengan mata. Jika komponen lanau meningkat, warna butiran pasir menjadi gelap. Jika kandungan lanau melebihi 12%, semua komponen pasir sulit dibedakan dari pemisahan secara visual. Pasir berbutir halus abu-abu secara visual akan menampilkan lebih lanau daripada kadar lanau sebenarnya. Deskripsi tanah berbutir kasar secara visual, dapat dilihat pada bagan alir dalam Gambar 35.



Gambar 35 Bagan alir untuk menentukan simbol kelompok dan nama kelompok tanah berbutir kasar

6.6.4.2 Tanah berbutir halus

Tanah berbutir halus adalah tanah yang terdiri atas 50% atau lebih butiran yang melewati saringan No.200 (bahan halus). Bahan halus terdiri atas lanau dan lempung inorganik atau organik, seperti ditentukan dalam grafik plastisitas (Gambar 33b) dan batas cairnya (LL) menurun jika dikeringkan di atas pengeringan oven. Lanau dan lempung inorganik tidak memenuhi kriteria yang diperlihatkan dalam Tabel 15.

Bagan alir untuk menentukan simbol kelompok dan nama kelompok untuk tanah butiran halus, diperlihatkan dalam Gambar 33a dan 33b. Gambar-gambar ini identik dengan ASTM D 2487, jika dimodifikasi untuk jenis tanah dengan huruf besar/kapital, misalnya LEMPUNG. Simbol ganda digunakan untuk menunjukkan lempung dan lanau organik yang ada di atas garis A. Misalnya CL/OL sebagai ganti OL, dan CH/OH sebagai ganti OH.

Penjelasan jenis-jenis tanah butiran halus, sifat plastisitas, dan sifat jenis tanah mutlak digunakan untuk menentukan lebih lanjut jenis tekstur tanah, plastisitas, dan lokasi pada bagan plastisitas.

6.6.4.3 Keterkaitan (*Inclusions*)

Keterkaitan tambahan atau karakteristik contoh dapat digambarkan dengan menggunakan istilah “dengan” dan deskripsi yang dijelaskan di atas.

Sebagai contoh:

- a) dengan bau bahan bakar,
- b) dengan material organik,
- c) dengan material asing (akar, batu bata, dan lain-lain),
- d) dengan fragmen serpih,
- e) dengan mika,
- f) dengan pemisahan, lipatan, dan lain-lain dari deskripsi lengkap tanah yang diberikan.

6.6.4.4 Tanah berlapis

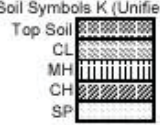

Tanah dengan jenis yang berbeda dapat ditemukan dalam perlapisan tanah dengan berbagai tebal. Tiap lapisan diuraikan seolah-olah berupa tanah tidak berlapis dengan menggunakan urutan deskripsi tanah yang diuraikan di atas. Tebal dan bentuk lapisan, dan tipe geologi perlapisan, dicatat dengan menggunakan istilah deskriptif yang ditunjukkan dalam tabel 19. Tebal jenis lapisan, sebelum atau pada akhir deskripsi ditentukan dengan tanda kurung, dan dipilih yang mana yang lebih memadai.

Contoh deskripsi untuk tanah lapisan adalah seperti berikut ini.

- a) Pelipatan saling berlapis setebal 5 mm s.d. 20 mm agak kaku, lembap sampai basah dengan lapisan tanah abu-abu, agak plastis, lempung lanauan (*CL*) dan lanau agak abu-abu, plastisitas rendah (*ML*, aluvium).
- b) Lapisan lunak lembap sampai basah setebal 5 mm s.d. 20 mm dari abu-abu coklat, lempung plastisitas tinggi (*CH*) dan lanau setebal 10 mm s.d. 15 mm tidak plastis, sedikit pasir halus (*ML*, aluvium).

6.6.4.5 Nama geologi

Deskripsi tanah mencakup hasil penilaian supervisor lapangan termasuk asal usul satuan tanah dasar dan nama secara geologi (jika diketahui), yang ditempatkan dalam tanda kurung atau dalam kolom catatan lapangan dari log bor. Sebagai contoh diperlihatkan hasil pencatatan hasil pengeboran tanah pada Gambar 36.

| PENCATATAN HASIL PEMBORAN GEOTEKNIK | | | | | | | November 3, 2001 |
|---|------------------------------|---|-----------------------------|---|----------------------|---|---|
| Elevasi (ft-msl) | Kedalaman Stratum (ft) | Deskripsi tanah secara visual | Kedalaman contoh (ft) | Contoh Terambil (inch) | Simbol Tanah K | Penetrasi N ₆₀ (Pkl/1ft) | Catatan dan data mentah hasil SPT |
| +180 | 0.3 | Tanah penutup rumput, akar | | | | | |
| | | Loose gray-brown clayey fine SAND (SC) | 6.0 | 16 | | 7 | (2+3+4) |
| | 7.0 | | | | | | |
| +170 | | Soft blue-tan clayey SILT (MH) | 12.0 | 16 | | 3 | (0+2+1) |
| | 14.5 | | | | | | Muka airtanah z _w = 15.5 feet (Nov. 8, 2001) |
| | | Firm yellow-tan clean to slightly silty fine SAND (SP to SP-SM) | 20.5 | 18 | | 32 | (11+14+18) |
| +160 | 21.5 | | | | | | |
| | | Firm yellow-tan clean fine to medium SAND (SP) | 28.0 | 11 | | 28 | (+13+15+13) |
| +150 | 30.0 | | | | | | |
| | | Loose white to yellow slightly silty medium to coarse SAND (SP) | 36.0 | 11 | | 5 | (+2+3+2) |
| | 39.0 | | | | | | |
| +140 | | Very stiff green fine-medium sandy CLAY (CL) | 43.5 | 16 | | 20 | (+10+10+10) |
| | 45.5 | | | | | | |
| +130 | | Stiff green-gray silty to sandy CLAY (CL) | 52.5 | 18 | | 15 | (+6+7+8) |
| | 60.2 | | | | | | |
| +120 | | Dense white medium SAND (SP) with shells | 63.5 | 10 | | 42 | (+20+22+20) |
| | 64.0 | REFUSAL at 64 feet | | | | | |
| Soil Symbols K (Unified Soil Classification System) | | Other Symbols | | Driller: E. Van Halen | | | |
|  | |  | | Boring Number: AGB-1 | | | |
| | | | | Date Drilled: Oct/29/2001 | | | |
| | | | | Job Number: 32335 | | | |
| | | | | Site Location: Tampa | | | |
| | | | | Florida | | | |
| | | | | Test Method: ASTM D 1586 | | | |
| | | | | Hammer Type: Diedrich Automatic (ER = 82%) | | | |
| | | | | Sampler: Drive (split-barrel) | | | |
| | | | | Drilling Method: Hollow Stem Augers | | | |
| | | | | Make of Drilling Rig: CME-850 (truck mounted) | | | |
| Notes: N = Penetration in blows per foot (ASTM D-1586) $N_{60} = (E/60) * N_{measured}$ = Energy-Corrected N-value E _r = Energy Efficiency of Hammer Used ER = energy ratio per ASTM D-4633 | | | | | | | |

Gambar 36 Contoh formulir pencatatan hasil pengeboran tanah

6.7 Prosedur pencatatan hasil pengeboran inti

Pencatatan hasil pengeboran tanah dan batuan (inti) harus dilakukan selengkap mungkin sesuai dengan kondisi lapangan, singkat dan jelas. Tingkat rinciannya akan sangat membantu menjelaskan tujuan penyelidikan maupun maksud penggunaan hasil pencatatan pengeboran. Di samping informasi dasar hasil pencatatan pengeboran batuan, tingkat rincian yang memadai harus ditentukan oleh tenaga ahli geoteknik dan atau tenaga ahli geologi berdasarkan kebutuhan proyek.

Pengeboran untuk fondasi bangunan air biasanya diperlukan lebih rinci sesuai dengan tingkat pelapukan yang dibandingkan dengan bentuk struktur batuan. Demikian juga

untuk perencanaan penggalian terowongan, penjelasan bentuk/struktur batuan diperlukan lebih terperinci.

6.7.1 Deskripsi batuan

Deskripsi batuan harus disusun dengan menggunakan istilah geologi teknik yang benar, meskipun istilah setempat dalam penggunaan umum dapat diterima untuk menggambarkan karakteristik yang berbeda. Pencatatan hasil pengeboran inti harus dilakukan segera pada kondisi asli, khususnya untuk warna dan konsistensi.

Lihat prosedur log bor inti pada pedoman yang disajikan dalam "International Society for Rock Mechanics Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests" (1978, 1981).

Deskripsi litologi batuan minimum meliputi butir-butir berikut:

- a) jenis batuan,
- b) warna,
- c) ukuran dan bentuk butiran,
- d) tekstur (perlapisan/foliasi),
- e) komposisi mineral,
- f) pelapukan dan perubahan,
- g) kekuatan,
- h) catatan lainnya.

Tabel 15 Kelompok dan jenis batuan

| BEKU (IGNEOUS) | | |
|--|--|---|
| Intrusif (butiran kasar) | Ekstrusif (butiran halus) | Piroklastik |
| Granit Syenit Diorit Diabase Gabro Peridotit Pegmatit | Rhyolit Trachyt Andesit <i>Basalt</i> | Obsidian Pumic Tufa |
| SEDIMEN | | |
| Sedimen klastik | Sedimen kimiawi | Sedimen organik |
| Serpih Batulumpur Batulempung Batulanau Batupasir Konglomerat Batugamping, eolitik | Batugamping Dolomite Gypsum Halit | Kapur <i>Coquina</i> Lignit Batubara |
| MALIHAN (METAMORFIK) | | |
| Mengalami foliasi (<i>Foliated</i>) | | Tidak mengalami foliasi (<i>Nonfoliated</i>) |
| <i>Slate</i> Phyllit <i>Schist</i> <i>Gneiss</i> | | Kuarsa Amphibolit Marmar <i>Hornfels</i> |

Berbagai elemen deskripsi batuan harus dinyatakan dalam urutan seperti tabel di atas. Sebagai contoh "batugamping, abu-abu terang, butiran sangat halus, lapisan tipis, tidak

lapuk, kuat". Deskripsi batuan harus meliputi identifikasi diskontinuitas dan ciri-ciri, serta gambar retakan alami dan hancuran secara mekanik.

6.7.2 Jenis batuan

Batuan digolongkan menurut asal usulnya ke dalam tiga kelompok utama, yaitu beku (*igneous*), sedimen, dan malihan (metamorfik), lihat tabel 15. Ketiga kelompok ini dibagi lagi atas jenis-jenis menurut komposisi mineral dan kimiawi, tekstur, dan struktur internal. Untuk proyek tertentu diperlukan dokumentasi contoh dan foto jenis batuan litologi di daerah proyek.

6.7.3 Warna

Warna harus konsisten dengan bagan warna *Munsell*, dan kondisi basah maupun kering yang memadai juga harus dicatat.

6.7.4 Ukuran dan bentuk butiran

Deskripsi ukuran butiran harus diklasifikasi dengan menggunakan istilah-istilah yang ditunjukkan dalam Tabel 16, dan Tabel 17 untuk deskripsi bentuk butiran.

Tabel 16 Istilah untuk deskripsi ukuran butiran khusus batuan sedimen

| Deskripsi | Diameter (mm) | Karakteristik |
|-----------------------|---------------|--|
| Berbutir sangat kasar | > 4,75 | Ukuran butiran lebih besar dari biji jagung <i>popcorn</i> . |
| Berbutir kasar | 2,00 – 4,75 | Setiap butiran mudah dibedakan dengan mata. |
| Berbutir sedang | 0,425 – 2,00 | Setiap butiran dapat dibedakan dengan mata. |
| Berbutir halus | 0,075 – 0,425 | Setiap ukuran butiran sulit dibedakan. |
| Berbutir sangat halus | < 0,075 | Setiap butiran tidak dapat dibedakan tanpa bantuan mata. |

Tabel 17 Istilah untuk deskripsi bentuk butiran batuan sedimen

| Deskripsi | Karakteristik |
|-------------------|--|
| Bersudut | Menunjukkan sedikit sekali tanda lusuh. Ujung dan sudut butiran runcing. Sudut sekunder banyak dan runcing. |
| Sebagian bersudut | Menunjukkan pengaruh lusuh. Ujung dan sudut butiran agak bundar. Sudut sekunder agak sedikit dan tidak begitu runcing daripada butiran bersudut. |
| Sebagian bundar | Menunjukkan lusuh sekali. Ujung dan sudut butiran bundar sampai lengkung halus. |
| Bundar | Menunjukkan amat sangat lusuh. Ujung dan sudut butiran halus/licin sampai lengkung lebar. Sudut sekunder sedikit dan bundar. |
| Bundar sekali | Benar-benar lusuh. Ujung atau sudut butiran tidak tampak. Juga tidak ada ujung atau sudut sekunder. |

6.7.5 Stratifikasi /foliasi

Ciri-ciri struktur utuh yang signifikan harus diuraikan dengan tebal lapisan dan istilahnya, serta orientasi perlapisan/foliasi (Tabel 18).

Tabel 18 Istilah untuk deskripsi tebal perlapisan

| Istilah deskriptif | Tebal lapisan |
|-----------------------|----------------|
| Berlapis sangat tebal | > 1 m |
| Berlapis tebal | 0,5 – 1,0 m |
| Berlapis tipis | 50 mm – 500 mm |
| Berlapis sangat tipis | 10 mm – 50 mm |
| Sementasi | 2,5 mm – 10 mm |
| Sementasi tipis | < 2,5 mm |

6.7.6 Komposisi mineral

Komposisi mineral harus diidentifikasi oleh tenaga ahli geologi berdasarkan atas pengalaman dan referensi yang tepat. Daftar urut mulai dari batuan dengan mineral yang paling berlebihan, dan diikuti dengan batuan yang kadar mineralnya kurang. Untuk beberapa jenis umum batuan, kadang-kadang komposisi mineral tidak perlu dispesifikasi (misal dolomit, batugamping).

6.7.7 Pelapukan dan perubahan

Pelapukan batuan merupakan proses penghancuran secara fisik terhadap mineral batuan oleh proses atmosfer, sedangkan perubahan ditentukan oleh proses geothermal. Istilah dan singkatan yang digunakan untuk menjelaskan pelapukan atau perubahan, diperlihatkan dalam Gambar 34b.

6.7.8 Kekuatan

Uji beban titik (lihat buku pedoman volume II) sebaiknya dilakukan untuk mengetahui kuat tekan contoh di lapangan. Indeks beban titik (I_s) dapat dikonversi terhadap kuat tekan uniaksial ekuivalen dan dicatat sebagai data.

Berbagai kategori dan istilah yang disarankan untuk menggambarkan kekuatan batuan dari uji beban titik, disajikan dalam Gambar 34b. Gambar ini juga merupakan pedoman untuk penilaian kekuatan kualitatif umum pada waktu pemetaan atau *logging* inti pendahuluan pada lokasi perlengkapan dengan menggunakan palu dan pisau saku. Perkiraan lapangan harus dikonfirmasi dengan perbandingan pada uji laboratorium yang terpilih.

6.7.9 Kekerasan

Kekerasan umumnya diperkirakan dengan uji penggoresan. Deskripsi dan singkatan yang digunakan untuk menjelaskan kekerasan batuan dapat dilihat dalam Tabel 19.

Tabel 19 Istilah untuk deskripsi kekerasan batuan

| Deskripsi (singkatan) | Karakteristik |
|---|---|
| Lunak (<i>Soft</i>) | Berlaku untuk material plastik saja |
| Rapuh (<i>friable =F</i>) | Mudah dihancurkan dengan tangan, hancur lebur atau menjadi bubuk dan terlalu lunak jika dipotong dengan pisau saku. |
| Kekerasan rendah (<i>Low hardness=LH</i>) | Dapat dicungkil sampai dalam atau dipahat dengan pisau saku. |
| Kekerasan sedang (<i>Moderately hard =MH</i>) | Dapat digores dengan pisau belah, meninggalkan bekas debu yang tampak dan terlihat setelah bubuk ditiup. |
| Keras (<i>Hard=H</i>) | Agak sulit digores, menghasilkan bubuk sedikit dan biasanya terlihat, bekas pisau baja terlihat. |
| Sangat keras (<i>Very hard=VH</i>) | Tidak dapat digores dengan pisau saku, meninggalkan tanda pisau baja pada permukaan. |

6.7.10 Diskontinuitas batuan

Diskontinuitas adalah istilah umum untuk setiap retakan atau rekahan mekanik dalam massa batuan yang tidak atau mempunyai kuat tarik rendah. Hal ini merupakan istilah kolektif untuk jenis-jenis umum pelipatan, bidang perlapisan lemah, bidang *schistosity* lemah, zona perlemahan, dan patahan. Simbol-simbol yang dianjurkan untuk jenis diskontinuitas massa batuan dapat dilihat pada Gambar 34a dan Gambar 34b.

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

- Jarak diskontinuitas adalah jarak tegak lurus antara diskontinuitas yang berdekatan, dan diukur dengan satuan sentimeter atau milimeter, serta tegak lurus pada bidang-bidang satuan. Pedoman untuk mendeskripsi jarak diskontinuitas dapat dilihat pada Gambar 34b.

- b) Diskontinuitas dapat digambarkan sebagai tertutup, terbuka atau terisi. Celah menggambarkan jarak tegak lurus pemisah dinding batuan yang berdekatan dari suatu diskontinuitas terbuka dengan ruang pemisah yang terisi dengan udara atau air. Lebar celah menggambarkan jarak pemisah dinding batuan yang berdekatan dari diskontinuitas yang terisi. Istilah-istilah untuk mendeskripsi celah diperlihatkan dalam Tabel 20.
- c) Istilah lebar, sempit dan rapat digunakan untuk menggambarkan lebar diskontinuitas, seperti tebal lapisan, pengisian patahan, atau bukaan lipatan (Gambar 34a dan Gambar 34b).
- d) Patahan atau geseran yang tidak cukup tebal untuk mewakili log bor, harus dicatat tebal terukurnya secara numerik dalam milimeter.
- e) Diskontinuitas digolongkan juga dalam bentuk permukaan lipatan dan kekasaran permukaan. Pedoman untuk membedakan ciri-ciri tersebut disajikan dalam Gambar 34b.
- f) Isian adalah material yang memisahkan dinding diskontinuitas batuan yang berdekatan, dan dibedakan atas jenis, jumlah, lebar (misal jarak tegak lurus antara dinding batuan berdekatan), dan kekuatan. Pedoman karakteristik jumlah dan lebar isian diperlihatkan pada Gambar 34b. Kekuatan setiap material isian sepanjang permukaan diskontinuitas dapat dinilai dengan menggunakan pedoman untuk tanah yang disajikan dalam tiga kolom terakhir dari Tabel 10. Untuk isian material nonkohesif, identifikasi isian dapat dilaksanakan secara kualitatif (misal pasir halus).

Tabel 20 Istilah untuk klasifikasi diskontinuitas berdasarkan ukuran celah (*aperture*)

| Celah | D e s k r i p s i | |
|---------------|-------------------|---------------------------|
| < 0,1 mm | Sangat rapat | Ciri-ciri/bentuk tertutup |
| 0,1 – 0,25 mm | Rapat | |
| 0,25 – 0,5 mm | Terbuka sebagian | |
| 0,5 – 2,5 mm | Terbuka | Bentuk terbuka lebar |
| 2,5 – 10 mm | Agak terbuka | |
| > 10 mm | Lebar | |
| 1 – 10 cm | Sangat lebar | Bentuk terbuka |
| 10 – 100 cm | Amat sangat lebar | |
| > 1 m | Sangat besar | |

6.7.11 Deskripsi retakan

Lokasi setiap retakan alami dan patahan mekanik diperlihatkan dalam kolom retakan dari log inti batuan, diberi nomor dan diuraikan dengan menggunakan istilah diskontinuitasnya, seperti dijelaskan di atas.

Penjelasan retakan diuraikan sebagai berikut.

- a) Retakan harus digambarkan secara sket dalam kolom gambar. Sudut *dip* retakan harus diukur dengan menggunakan busur derajat dan ditandai pada log. Untuk bor miring, sudutnya harus diukur dan ditandai seolah-olah bor berdiri tegak. Jika batuan pecah dalam beberapa potongan yang panjangnya kurang dari 25 mm, log tidak perlu digunakan dalam interval itu, atau retakan diperlihatkan secara skematik.
- b) Jumlah retakan alami yang diamati dalam setiap 0,5 m inti harus dicatat dalam kolom frekuensi retakan. Patahan/retakan mekanik yang mungkin terjadi karena pengeboran, tidak diperhitungkan.

Untuk mengidentifikasi retakan alami dapat digunakan kriteria berikut ini.

- 1) Retakan buatan diperlihatkan oleh permukaan yang rapuh kasar dengan bidang belah segar dalam setiap mineral batuan.
 - 2) Diskontinuitas alami diperlihatkan oleh permukaan yang halus atau agak lapuk dengan material pelindung lunak atau isian, seperti kapur, gypsum, khlorit, mika, atau kapur.
 - 3) Batuan dengan foliasi, bidang belah atau perlapisan akan sulit dibedakan antara diskontinuitas alami dan retakan buatan, jika bidang itu sejajar dengan bidang perlemahan yang baru terjadi. Jika pengeboran dilakukan dengan cermat, secara konservatif retakan dapat diperhitungkan sebagai bentuk alami.
 - 4) Bergantung pada peralatan bor, bagian dari panjang inti yang akan dibor kadang-kadang dapat berputar dengan cara putaran tabung di permukaan diskontinuitas dan retakan yang terjadi. Permukaan bundar pada jenis batuan lemah sulit sekali ditentukan apakah mewakili bentuk alami atau buatan. Jika meragukan, sebaiknya dianggap bentuk alami walaupun cara ini konservatif.
- c) Hasil log bor inti (frekuensi dan *RQD*) sangat bergantung pada waktu dan kadar air dalam keadaan perubahan tertentu dari serpih dan batulumpur yang tersementasi dan berkembang menjadi relatif lemah. Masalah yang sering terjadi adalah keadaan potongan, yang sejak awal inti utuh sudah terpisah menjadi potongan-potongan pada bidang yang baru terjadi, yang kemungkinan akibat proses sesaat dalam beberapa menit pada waktu pengambilan contoh inti.

Gejala yang terjadi dalam bentuk berbeda dapat dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Tegangan relief retakan (dan pengembangan) dalam batuan serpih terjadi karena kehilangan enersi secara cepat pada regangan awal di dalam inti terambil dari daerah yang bertegangan tinggi.
 - 2) Dehidrasi retakan yang terjadi dalam batulumpur dan serpih yang lebih lemah dapat mengurangi nilai *RQD* dari 100% sampai 0% dalam beberapa menit, dan integritas awal yang mungkin terjadi karena tekanan air pori negatif.
 - 3) Retakan yang terjadi akibat banyaknya batulumpur dan serpih yang lebih lemah mengalami pembasahan dan pengeringan.
- d) Semua gejala ini akan meragukan log inti terhadap terjadinya retakan dan nilai *RQD*. Untuk mengantisipasi kondisi ini, harus dibuat log inti oleh tenaga ahli geologi teknik, terhadap inti terambil dan pada interval berikutnya sampai terjadi gejala tersebut. Kemudian dilanjutkan dengan uji indeks mekanik, seperti beban titik atau uji palu (*hammer*) *Schmidt* selama inti masih tetap jenuh.

Lampiran A
(normatif)

Pedoman keselamatan pengeboran tanah dan batuan, dan prosedur keamanan dan keselamatan pelaksanaan pengeboran

A.1 Pedoman keselamatan pengeboran tanah dan batuan

A.1.1 Tujuan

Prosedur operasi ini bertujuan untuk memberikan pedoman keselamatan pelaksanaan operasi pengeboran dengan perlengkapan truk angkat dan bor bertenaga mesin lainnya. Prosedur ini menjelaskan cara kerja perlengkapan bor, bangunan atas dan bangunan bawah, penggunaan bor tangan, bor putar dan bor inti, serta operasi pengeboran dan kegiatan lainnya.

A.1.2 Manfaat

Pedoman ini bermanfaat untuk proyek-proyek yang menggunakan perlengkapan bor dengan truk angkat atau bertenaga mesin lain. Jika perlengkapan bor dioperasikan oleh kontraktor, keselamatan perlengkapan bor juga menjadi tanggung jawab kontraktor.

A.1.3 Tanggung jawab dan penanggung jawab

Keselamatan dan pemeliharaan perlengkapan bor adalah tanggung jawab operator perlengkapan bor.

A.1.4 Pedoman keselamatan

A.1.4.1 Pemindahan perlengkapan bor

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemindahan perlengkapan bor adalah sebagai berikut.

- a) Sebelum pemindahan perlengkapan, operator harus melakukan
 - 1) inspeksi jalur lintasan yang direncanakan terhadap terjadinya amblesan, jurang, bekas roda, dan rintangan lain;
 - 2) pemeriksaan rem pada truk/alat angkut, jika daerah sepanjang jalur angkutan kasar atau miring;
 - 3) pengeluaran semua penumpang sebelum bergerak di daerah kasar atau curam;
 - 4) penyewaan axle depan (pada kendaraan ukuran 4x4, 6x6 dan lain-lain) sebelum melewati daerah kasar atau curam.
- b) Menghindari pemasukan perlengkapan bor sepanjang sisi bukit atau timbunan. Jika pemindahan harus melalui tebing bukit, operator harus mengevaluasi kemampuan perlengkapan angkutan agar tetap tegak pada tebing atau timbunan, dan melakukan langkah-langkah untuk memastikan kestabilannya.
- c) Log, parit, tepi pengaman jalan, dan rintangan panjang dan horisontal harus ditangani seperti biasa, dan dalam luas persegi tidak dalam bentuk sudut.
- d) Jika terjadi penutupan secara lateral atau melebihi tinggi jagaan, petugas perlengkapan bor harus diberi arahan/petunjuk oleh orang lain yang berada di atas permukaan tanah.

- e) Beban pada perlengkapan bor dan truk harus ditempatkan dalam posisi yang baik selama truk bergerak, dan tiang harus dalam posisi benar-benar rendah.
- f) Sebelum pengeboran dilakukan, perlengkapan harus ditempatkan dalam posisi yang baik dan benar, lalu semua rem dan atau kunci harus dipasang. Jika perlengkapan harus ditempatkan pada tingkat yang curam dan permukaan tanah tidak memungkinkan atau tidak praktis, roda kendaraan transportasi harus dibatasi dan digunakan cara lain untuk mencegah pergerakan perlengkapan yang berlebihan.

A.1.5 Bangunan bawah dan bangunan atas

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

- a) Lokasi batas-batas bangunan bawah dan yang tingginya berlebihan harus ditentukan sebelum pengeboran mulai dilakukan, dan dicatat pada rencana pengeboran atau lembaran laporan.
- b) Jika tenaga terbatas, tiang perlengkapan bor tidak boleh dinaikkan kecuali jika jarak terdekat antara perlengkapan dan batas tenaga minimal 6 m, atau diperlukan suatu jarak yang ditentukan oleh yang berwenang setempat. Operator perlengkapan bor atau asisten harus berkeliling memeriksa perlengkapan untuk memastikan tersedianya jarak yang memadai.
- c) Bila perlengkapan bor ditempatkan berdekatan dengan batas tinggi yang berlebihan, operator perlengkapan harus waspada terhadap batas katrol dan batas tenaga karena kemungkinan dapat saling berpindah karena angin. Dengan adanya keterbatasan tenaga, diperlukan persyaratan keselamatan khusus karena hal ini sangat berbahaya.

A.1.6 Pembersihan daerah pekerjaan

Sebelum perlengkapan bor ditempatkan, daerah harus dibersihkan dari rintangan dan perlengkapan harus diratakan jika berposisi miring. Daerah yang dibersihkan atau diratakan harus cukup luas untuk memberikan tempat perlengkapan dan persediaan agar berfungsi dengan baik.

A.1.7 Keselamatan penggunaan alat manual

Peraturan alat manual (*OSHA*) yang harus diamati untuk melengkapi pedoman ialah sebagai berikut.

- a) Setiap alat harus digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan yang telah ditentukan semula.
- b) Alat yang rusak harus diperbaiki sebelum digunakan atau harus diganti (*discarded*).
- c) Alat atau kaca mata keselamatan harus digunakan pada waktu menggunakan palu atau pahat, baik oleh pekerja pembantu maupun penggantinya.
- d) Jika tidak digunakan, alat-alat harus dijaga bersih dan disimpan dengan cara yang teratur.

A.1.8 Keselamatan penggunaan pipa kawat angkat, tali kawat, dan alat katrol

Dalam penggunaan katrol pipa kawat, tali kawat, atau alat pengatrol, sebaiknya mengikuti peraturan keselamatan yang berlaku (misal *Wire RPE User's Manual* yang dipublikasi oleh *American Iron and Steel Institute*).

A.1.9 Alat matagigi (*gear*) pelindung

A.1.9.1 Matagigi pelindung minimum

Pada waktu melakukan kegiatan pengeboran, semua anggota tim pengeboran harus menggunakan perlengkapan minimum berikut

- a) topi helm,
- b) sepatu keselamatan (sepatu atau bot dengan kaki baja dan *shanks*),
- c) sarung tangan.

A.1.9.2 Matagigi lain

Perlengkapan lain yang harus digunakan sesuai dengan persyaratan yang ditentukan adalah sebagai berikut.

- a) Kacamata pengaman harus digunakan jika:
 - 1) memasukkan pin/peniti ke dalam dan ke luar cincin pemukul,
 - 2) memindahkan kunci dengan tang,
 - 3) menangani bahaya pengaruh kimia,
 - 4) memperbaharui atau mengencangkan gelas ukur,
 - 5) memecahkan beton, batu bata atau besi tuang,
 - 6) membersihkan material dengan larutan kimia,
 - 7) memukul atau memahat (*sledging*) dengan pahat, pemotong (*cold cuts*), atau batang,
 - 8) memotong pipa kawat,
 - 9) menggerinda roda yang abrasif,
 - 10) menangani material dengan alat mesin atau semi mesin,
 - 11) mengeruk permukaan logam,
 - 12) memahat (*sledging*) matabor batuan atau kepala inti untuk mengencangkan atau melonggarkan,
 - 13) memukul pemasangan dan sambungan,
 - 14) memasukkan dan menahan *rivets*.
- b) Ikat pinggang yang aman di atas balok kuda-kuda yang diangkat harus digunakan oleh semua pekerja. Umur layan harus ditentukan sesuai dengan posisi tinggi jatuh kurang dari 2,4 m (8 ft) yang memungkinkan.
- c) *Life vest* harus digunakan oleh pekerja di atas air.

A.1.10 Keselamatan lalu lintas

Pengeboran jalan, tempat parkir atau daerah lain dari lalu lintas angkutan memerlukan terminologi zona kerja dengan arahan, tape peringatan dan lain-lain, dan perlengkapan dengan ketentuan kebijakan setempat.

A.1.11 Keselamatan kebakaran

Untuk keselamatan terhadap bahaya kebakaran harus diperhatikan hal-hal berikut ini.

- a) Alat pemadam kebakaran harus disimpan pada atau dekat perlengkapan bor untuk memudahkan pemadaman kebakaran kecil.
- b) Jika diperkirakan terdapat *methane* di daerah kerja, harus digunakan alat gas peredam atau *combustible gas (CGI)* untuk memantau udara di sekitar lubang bor. Semua pekerjaan harus dihentikan pada syarat aman 25% dari batas ledakan yang lebih rendah.
- c) Pekerjaan harus dihentikan selama terjadi badai.

A.2 Prosedur keamanan dan keselamatan pelaksanaan pengeboran

A.2.1 Tujuan

Log geologi lubang bor yang memungkinkan orang masuk ke dalam lubang bor tanpa pipa lindung umumnya digunakan untuk mendapatkan informasi perlapisan tanah. Pengurangan pipa lindung dapat melebihi 30 m, sehingga diperlukan inspeksi dinding lubang pada proses *logging*. Lubang bor merupakan ruang yang terbatas, yang memungkinkan terjadi bahaya khusus. Salah satu yang utama adalah kekurangan oksigen, konsentrasi gas atau kabut (*vapors*) yang tinggi, konsentrasi racun gas atau kabut, dan keruntuhan dinding lubang bor.

Pedoman ini disiapkan untuk operasi *logging* ke bawah lubang bor, prosedur pendugaan dan keseragaman pengamanan, sesuai dengan peraturan pemerintah pusat dan instansi yang mewakili.

Prosedur operasi pengamanan ini harus sesuai dengan peraturan keselamatan yang berlaku baik dari pemerintah pusat dan daerah, yang berkaitan dengan ruang terbatas dan pengeboran, misalnya OSHA dalam *California Administrative Code* (CAC).

A.2.2 Manfaat

Prosedur ini digunakan untuk operasi *logging* ke bawah lubang bor, yang kemungkinan dapat terjadi pelepasan racun kimiawi. Namun, hanya sebagai tambahan pada perencanaan keamanan dan keselamatan khusus di lapangan, dan dengan mempertimbangkan risiko perlindungan pekerja terhadap semburan (*exposure*) yang berlebihan.

A.2.3 Tanggung jawab dan penanggung jawab

Supervisor lapangan dan atau tenaga ahli geoteknik bertanggung jawab penuh terhadap keselamatan pelaksanaan operasi *logging* ke bawah lubang bor dan tidak boleh melepaskan tanggung jawab ini kepada orang lain.

A.2.4 Persyaratan keamanan dan keselamatan

A.2.4.1 Inspeksi sebelum pelaksanaan

Tenaga ahli geoteknik dan tenaga ahli geologi yang profesional harus hadir dan memahami benar proses pengeboran, melakukan inspeksi, dan mencatat karakteristik material dan stabilitas tiang bor, serta mengupayakan kestabilan dinding tiang bor agar dapat dimasuki petugas dengan aman. Jika dinding tersebut berpotensi mengalami keruntuhan, sebaiknya dibuat larangan memasuki lubang bor sesuai dengan saran tenaga ahli.

Tenaga ahli geoteknik yang profesional adalah orang yang minimum mempunyai kualifikasi sebagai berikut.

- a) Berpengalaman dalam melaksanakan pengeboran dan *logging* geologi lubang bor yang berdiameter besar tanpa pipa lindung.
- b) Berpengalaman dalam melaksanakan inspeksi lubang bor atau *logging* di daerah proyek setempat dan atau di daerah-daerah lain dengan karakteristik geologi yang sama.
- c) Telah mendapat pelatihan sebelumnya dari tenaga ahli geoteknik yang berpengalaman.
- d) Memahami operasi pengamanan peralatan pengeboran dan *logging* yang akan digunakan, dan kesulitan-kesulitan khusus, bahaya, dan teknik mitigasi yang digunakan dalam *logging* geologi lubang bor.

A.2.4.2 Pipa lindung permukaan dan pendekatan material pada tiang bor terbuka

Bagian atas tiang bor harus dilengkapi dengan cincin penutup permukaan untuk mendukung pipa lindung pada material di bagian atas sebesar 1,2 m atau lebih dari tiang bor. Penutup cincin harus ditempatkan sampai 300 mm di atas permukaan tanah atau setinggi mungkin, untuk menghindari penggalian bor dan adanya material lepas atau benda lain yang jatuh ke dalam lubang atau menyumbat jalan masuk ke tiang bor.

Galian dengan bor tangan kotak (*detached auger buckets*) dan peralatan lepas harus ditempatkan cukup jauh dari bukaan tiang bor dan aman, agar terhindar jatuh ke dalam tiang bor.

A.2.4.3 Uji gas

Sebelum memasuki tiang bor, penguji harus menentukan dan yakin bahwa udara dalam tiang bor tidak kekurangan oksigen, dan tidak mengandung gas atau kabut yang dapat meledak atau beracun. Pengujian harus dilanjutkan sesuai dengan proses *logging* untuk memastikan bahwa tidak terjadi kondisi udara yang berbahaya.

Pemantauan instrumen harus mencakup alat ukur gas berbahaya (*combustible*) dan alat ukur oksigen. Jika terdapat gas atau kabut beracun, harus digunakan instrumen pemantau yang dilengkapi dengan alat deteksi fotoionisasi untuk melakukan pemantauan dan mengetahui jumlahnya.

A.2.4.4 Tangga dan kabel turun

Tangga dapat digunakan untuk menuruni tiang bor yang disediakan dengan panjang kurang dari 6 m. Untuk tiang bor yang lebih dalam dari 6 m, harus digunakan alat katrol mekanik.

A.2.4.5 Katrol

Katrol dapat dioperasikan dengan mesin atau manual dan harus dilengkapi matagigi (*gear*) atau mesin. Alat ini harus didesain agar jika mesin dihentikan, beban tidak dapat bergerak. Pengontrolan mesin katrol harus menggunakan alat kontrol (*switch*) yang tidak terkunci. Alat mesin pemadam harus dipasang di muka alat kontrol operasi. Mesin katrol tidak boleh terdiri atas bagian *casing* dari logam. Setiap katrol harus diuji dengan dua kali beban maksimum sebelum dipasang untuk pengoperasian dan penggunaan secara tahunan. (sebagai contoh Peraturan California menetapkan faktor keamanan katrol sebesar 6).

Hasil-hasil uji harus disimpan dalam arsip di kantor tenaga ahli geoteknik dan kantor-kantor lain yang diminta oleh instansi yang berwenang dalam prosedur *logging* geologi. Kabel katrol harus mempunyai diameter paling sedikit 8 mm. Perlengkapan bor sebaiknya tidak digunakan untuk menaikkan atau menurunkan personil dalam tiang bor, kecuali jika ditentukan dalam persyaratan.

A.2.4.6 Jangkar

Jangkar yang dilapisi logam dapat digunakan untuk menaikkan dan menurunkan orang dalam tiang bor. Jangkar harus mempunyai faktor keamanan sebesar 4 dan diuji beban sebelum digunakan. Jangkar hanya dilengkapi *shackles* tertutup, dan bagian luarnya harus bebas dari sudut-sudut proyeksi dan tajam. Jangkar harus disertifikasi setelah memenuhi semua spesifikasi desain oleh tenaga ahli mekanik yang diakui. Hasil-hasil sertifikasi dan uji beban harus didokumentasi.

A.2.4.7 Keadaan darurat tetap

Selain operator katrol atau perlengkapan bor, diperlukan pula penempatan petugas darurat di atas permukaan dekat tiang bor jika ada tenaga ahli geoteknik dalam tiang bor.

A.2.4.8 Komunikasi

Sistem komunikasi operasi listrik dua arah mutlak diperlukan untuk komunikasi antara pekerja dan tenaga ahli geoteknik yang berada dalam tiang bor pada kedalaman lebih dari 6 m, atau pada tingkat kebisingan yang tidak menyebabkan kesulitan komunikasi. Dalam perlengkapan bor ini, disarankan menggunakan telepon selular.

A.2.4.9 Alat pengaman

Alat-alat pengaman yang harus digunakan tenaga ahli geoteknik pada waktu berada dalam tiang bor adalah sebagai berikut.

- a) Alat pengaman didesain untuk melindungi keselamatan seseorang, dan harus dipasang pada kabel katrol melalui lubang dalam pengaman kepala, serta tidak boleh dibenturkan pada pengaman kepala atau jangkar.
- b) Topi baja pelindung.
- c) Pelindung kepala dari baja berbentuk kerucut atau rata atau *deflector* dengan diameter minimum 450 mm harus dipasang pada kabel katrol di atas alat pengaman.

A.2.4.10 Peralatan elektrik

Alat-alat listrik, seperti lampu, alat deteksi gas yang dapat menyedot (*combustible*) dan kabut racun, serta alat lainnya mutlak diperlukan sebagai pengaman di lokasi berbahaya.

A.2.4.11 Bahaya air

Sebelum petugas memasuki tiang bor, harus diketahui dahulu ada /tidaknya air dalam tiang bor. Jika tiang bor berisi air lebih dari 1,2 m, elevasi muka air harus diturunkan hingga kurang dari 1,2 m sebelum petugas diperbolehkan memasuki tiang bor. Selama memasuki tiang bor yang ada airnya, kedalaman air harus diukur secara berkala dan elevasi muka air dijaga berada di bawah 1,2 m jika pekerjaan dilanjutkan.

A.2.4.12 Persediaan udara

Alat *respirator* udara (*NIOSH*) yang disediakan (*SCBA* atau garis batas udara) harus cocok dengan jangkar yang digunakan dalam tiang bor, jika udara kekurangan oksigen atau gas atau kabut beracun. Jika digunakan sistem garis batas udara, persediaan pompa udara atau udara tertekan harus ditanggung oleh seseorang yang berada di permukaan.

A.2.4.13 Iluminasi

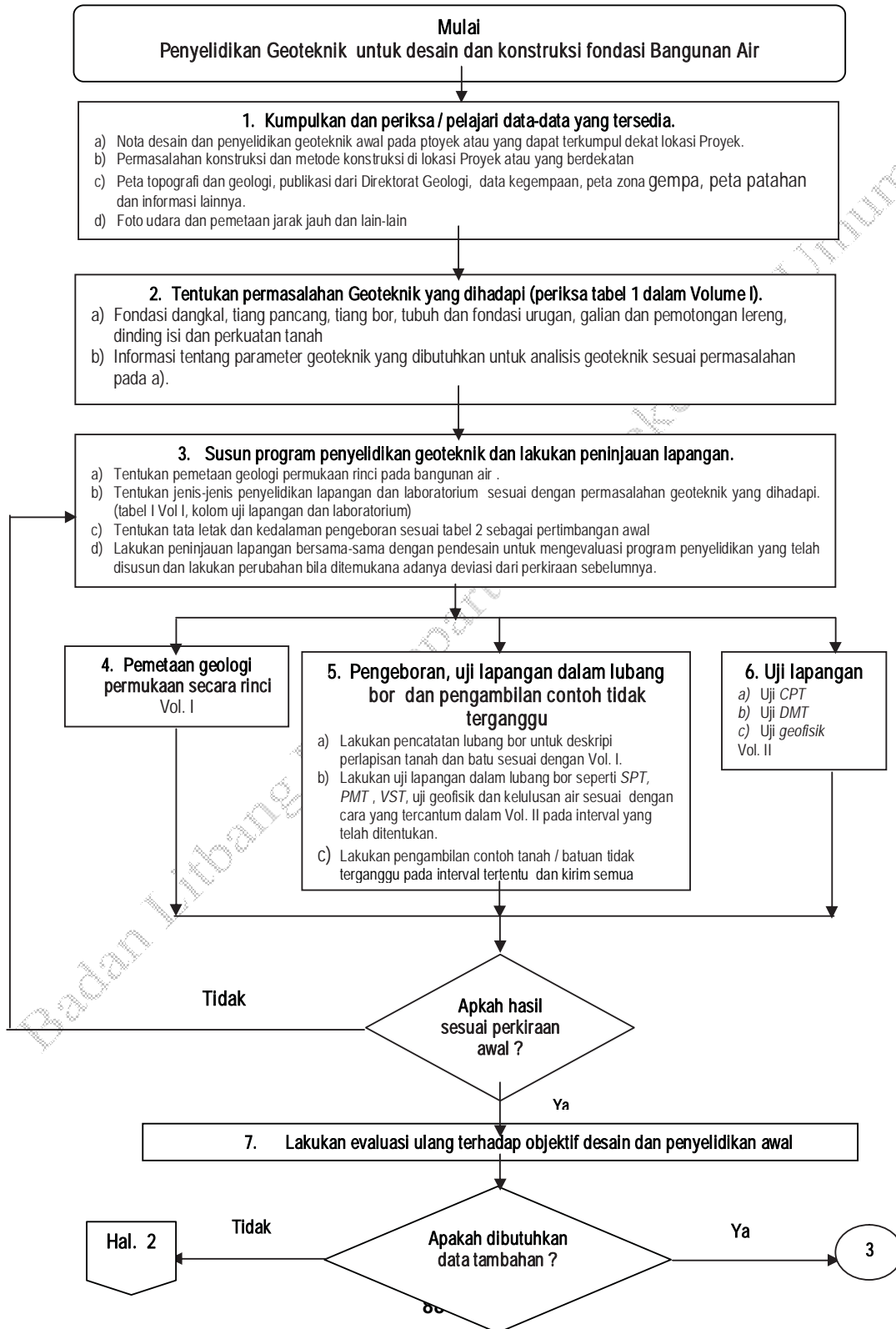
Pembuatan *logging* di dalam tiang bor harus dilengkapi dengan intensitas cahaya minimal berjarak 3 m pusat ke pusat. Peledakan (*explosion*) yang terjadi harus dapat digambarkan oleh alat pencahayaan.

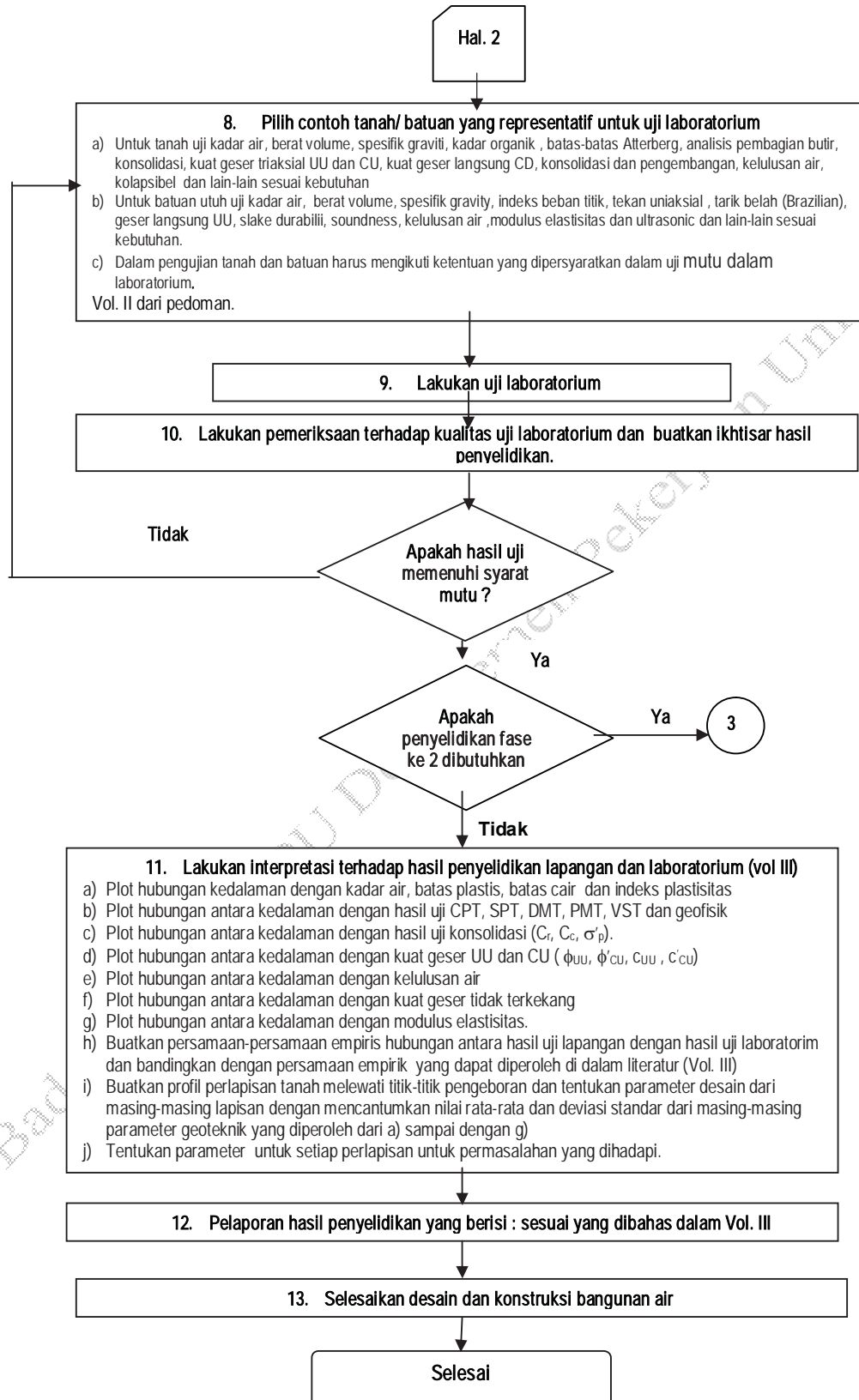
A.2.4.14 Periode kerja/istirahat

Selang waktu kerja secara kontinu di dalam tiang bor tidak boleh lebih dari dua jam.

Lampiran B (normatif)

Bagan alir penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air





Lampiran C (informatif)

Daftar Gambar, Tabel, Simbol dan Singkatan

C.1 Daftar gambar

- Gambar 1 Lokasi bendungan yang akan dibangun.
- Gambar 2 Daftar simak aspek-aspek yang merupakan bahan pembahasan pada peninjauan lapangan.
- Gambar 3 Proyek rehabilitasi: a) Pengeboran untuk perbaikan terowongan bendungan Cacaban; b) lubang langga (*sinkhole*); dan c) stabilisasi lereng.
- Gambar 4 Contoh formulir pekerjaan lapangan yang harus dilakukan dalam penyelidikan geoteknik.
- Gambar 5 Sistem bor *auger* tangga putar batang padat menerus:
(a) Perlengkapan sistem bor *auger*, (b) matabor berbentuk jari (*finger*) dan ekor ikan (*fish tail*), (c) ukuran alat bor batang masif, (d) beberapa bentuk potongan bor *auger* dan sambungannya (*FHWA NHI-01-031*).
- Gambar 6 Komponen bor *auger* tangga putar batang berlubang (*hollow*) (*ASTM D 4700*)
- Gambar 7 Sistem bor *auger* tangga putar batang berlubang (*hollow*) menerus: (a) perbandingan dengan bor *auger* batang; (b) konfigurasi bor *auger* batang berlubang tipikal; (c) ukuran bor *auger* batang berlubang; (d) matabor bentuk tangga terpasang di tengah; (e) matabor luar; (f) matabor bagian luar dan tengah (*FHWA NHI-01-031*)
- Gambar 8 Skema perlengkapan bor putar dengan penyemprotan (*Hvorslev, 1948*)
- Gambar 9 Sistem bor putar semprot: (a) konfigurasi bor tipikal; (b) pipa lindung dan sepatu pemancangan; (c) matabor intan, penahan (*drag*) dan roda (*roller*); (d) debit air pembilas; (e) saringan penangkap air pembilas potongan tanah; (f) kolam pengendapan (tangki sedimen).
- Gambar 10 Skema alat bor ember dan perlengkapannya (*ASTM D 4700*)
- Gambar 11 Tabung laras belah: (a) panjang 457 mm (18 in) dan 610 mm (24 in); (b) diameter dalam 38,1 mm (1,5 in) sampai 89 mm (3,5 in)
- Gambar 12 Tabung laras belah: (a) tabung terbuka dengan contoh tanah dan sepatu pemotong; (b) tabung contoh getar, sendok belah, tabung *Shelby*, dan kotak penyimpanan untuk transportasi contoh getar (*FHWA NHI-01-031*).
- Gambar 13 Tabung laras belah: (a) cincin alat penahan dari nirobaja dan kuningan; (b) alat pengambil bola contoh (*FHWA NHI-01-031*)
- Gambar 14 Skema tabung dinding tipis *Shelby* (*ASTM D 4700*)
- Gambar 15 Tipe dan ukuran terpilih tabung dinding tipis *Shelby*
- Gambar 16 Metode penutupan tabung *Shelby*: (a) lilin/parafin mikrokristalin, (b) cincin *packer*
- Gambar 17 Tabung piston: (a) gambar potongan tabung dinding tipis yang dilengkapi dengan piston; (b) Skema alat (*ASTM D 4700*)
- Gambar 18 Tabung *pitcher* (*FHWA NHI-01-031*)
- Gambar 19 Tabung *Pitcher*: (a) tabung dimasukkan ke dalam lubang bor; (b) tabung pengambil contoh tanah lunak; (c) tabung pengambil contoh tanah kaku atau padat (*FHWA NHI-01-031*).
- Gambar 20 Tabung contoh tanah laras inti tabung ganda *Denison* (*FHWA NHI-01-031*)
- Gambar 21 (a) Laras inti tabung tunggal; (b) Laras inti tabung ganda tipe kaku; (c) Laras inti tabung ganda tipe putar, rangkaian seri "M" dengan bola dukung (*FHWA NHI-01-031*).

| | |
|------------|--|
| Gambar 22 | Laras inti tabung ganda: (a) pemasangan laras luar; (b) pemasangan laras dalam |
| Gambar 23 | Matabor inti dari kiri ke kanan: intan, karbit, dan gerigi (<i>sawtooth</i>) |
| Gambar 24 | Modifikasi pengambilan ulang inti sebagai indek kualitas (<i>RQD</i>) massa batuan |
| Gambar 25 | Pengukuran panjang inti dengan penentuan <i>RQD</i> |
| Gambar 26 | Kotak penyimpanan contoh inti batuan dan <i>labeling</i> |
| Gambar 27 | Formasi batuan yang menunjukkan pelipatan, lereng galian, bidang, dan cara-cara stabilisasi |
| Gambar 28a | Formulir pemetaan struktur geologi untuk data survei diskontinuitas |
| Gambar 28b | Formulir pemetaan struktur geologi untuk data survei perkiraan kestabilan lereng |
| Gambar 29 | Pemandangan perlengkapan alat bor putar diangkut di atas truk untuk penyelidikan tanah dan batuan |
| Gambar 30 | Contoh formulir pencatatan hasil pengeboran untuk tanah |
| Gambar 31 | Formulir pencatatan hasil pengeboran untuk batuan |
| Gambar 32 | Contoh pencatatan hasil sumuran uji |
| Gambar 33a | Acuan penentuan simbol, deskripsi dan persyaratan untuk pencatatan log bor pada tanah |
| Gambar 33b | Acuan penentuan simbol, deskripsi dan persyaratan untuk pencatatan log bor pada tanah (sambungan) |
| Gambar 34a | Acuan penentuan simbol, deskripsi dan persyaratan untuk pencatatan log bor pada batuan |
| Gambar 34b | Acuan penentuan simbol, deskripsi dan persyaratan untuk pencatatan log bor pada batuan (sambungan) |
| Gambar 35 | Bagan alir untuk menentukan simbol kelompok dan nama kelompok tanah berbutir kasar |
| Gambar 36 | Contoh formulir pencatatan hasil pengeboran tanah |

C.2 Daftar tabel

| | |
|----------|--|
| Tabel 1 | Ikhtisar permasalahan geoteknik yang dibutuhkan dalam desain geoteknik bangunan air (disesuaikan dengan kebutuhan) |
| Tabel 2 | Petunjuk penentuan jumlah minimum titik dan kedalaman minimum penyelidikan geoteknik untuk bangunan air |
| Tabel 3 | Daftar perlengkapan lapangan |
| Tabel 4 | Ukuran umum bor batang <i>auger</i> berlubang (<i>hollow</i>) |
| Tabel 5 | Ukuran umum batang bor |
| Tabel 6 | Ukuran umum sambungan pipa lindung pembilas |
| Tabel 7 | Metode pengambilan contoh tanah yang umum dilakukan |
| Tabel 8 | Dimensi ukuran inti bor (<i>Christensen Dia-Min Tools, Inc.</i>) |
| Tabel 9 | Sifat kepadatan tanah berbutir kasar |
| Tabel 10 | Sifat konsistensi tanah berbutir halus |
| Tabel 11 | Sifat kadar air tanah |
| Tabel 12 | Acuan ukuran butiran untuk kerikil dan pasir |
| Tabel 13 | Sifat ukuran butir untuk pasir dan kerikil |
| Tabel 14 | Kelompok simbol untuk tanah organik |
| Tabel 15 | Kelompok dan jenis batuan |
| Tabel 16 | Istilah untuk deskripsi ukuran butiran khusus batuan sedimen |
| Tabel 17 | Istilah untuk deskripsi bentuk butiran batuan sedimen |
| Tabel 18 | Istilah untuk deskripsi tebal perlapisan |
| Tabel 19 | Istilah untuk deskripsi kekerasan batuan |
| Tabel 20 | Istilah untuk klasifikasi diskontinuitas berdasarkan ukuran celah (<i>aperture</i>) |

C.3 Simbol dan singkatan

| Simbol | Keterangan |
|-----------------------------------|---|
| α_j | Arah <i>dip</i> dari kekar (<i>Joint dip direction</i>) |
| α_s | Arah kemiringan kekar (<i>Slope dip direction</i>) |
| β | Sudut rata-rata dari <i>dip</i> bidang perlapisan batuan (<i>Average dip angle of rock bedding</i>) |
| β_j | <i>Dip</i> dari kekar (<i>Joint dip</i>) |
| β_s | Kemiringan <i>dip</i> (<i>Slope dip</i>) |
| γ' | Berat volume terendam dari material geoteknik |
| γ | Berat volume tanah |
| γ_d, γ_{dry} | Berat volume kering tanah |
| γ_{dmax} | Berat volume tanah dalam kondisi sangat padat |
| γ_{dmin} | Berat volume tanah dalam kondisi sangat lepas |
| γ_{sat} | Berat volume jenuh air |
| γ_t | Berat volume total sama dengan γ_t |
| γ_w | Berat volume air (= 9,81 kN/m ³) |
| δ | Pergerakan horisontal dari massa tanah dalam uji geser langsung (<i>direct shear</i>) |
| $\Delta\epsilon_a$ | Perubahan dalam regangan aksial |
| $\Delta\sigma$ | Perubahan dalam pemberian tegangan aksial |
| ΔD | Perubahan diameter pada benda uji batuan |
| Δe | Perubahan angka pori terhadap Δp |
| ΔH | Pergerakan vertikal dari massa tanah dalam uji geser langsung (<i>uji direct shear</i>) |
| ΔH | Perubahan tinggi benda uji |
| Δp | Penambahan beban akibat konstruksi fondasi atau penimbunan. |
| Δt | Waktu jatuh tinggi air dalam pipa tegak |
| $\epsilon_a, \epsilon_{axial}$ | Regangan aksial dalam tanah atau batuan ($\Delta H/H$) |
| ϵ_{radial} | Regangan radial pada benda uji batuan ($\Delta D/D$) |
| μ | Viskositas dari <i>permeant</i> |
| μ_{FV} | Faktor koreksi terhadap kuat geser baling (VST) untuk mencapai kekuatan termobilisasi. |
| ν | rasio <i>Poisson</i> |
| ρ | Resistivitas ; = $2 \pi dV/I$ |
| σ' | Tegangan efektif |
| σ | Tegangan normal |
| $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ | Tegangan utama total maksimum, menengah dan minimum berurutan (<i>Major, intermediate and minor total principal stresses</i>) |
| $\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$ | Tegangan utama efektif maksimum, menengah dan minimum (<i>Major, intermediate and minor effective principal stresses</i>) |
| $\sigma_{a(ult)}$ | Kuat tekan uniaksial dari batuan |
| σ_{CIR} | Kuat tekan uniaksial dari batuan utuh |
| σ_a | Tegangan normal pada kekar (<i>joint</i>) |
| σ_u | Tegangan aksial yang diberikan |
| σ_v | Tekanan total <i>overburden</i> |
| σ_{vo} | Tegangan (vertikal) total <i>overburden</i> |
| σ_{vo} | Tegangan efektif <i>overburden</i> (vertikal) |
| τ | Tegangan geser |
| $(\tau_u)_{corr}$ | Kuat geser baling (<i>vane</i>) terkoreksi |
| $(\tau_u)_{field}$ | Kuat geser baling terukur di lapangan (belum terkoreksi) |
| ϕ' | Sudut geser dalam terdrainase atau efektif dari tanah atau batuan |
| ϕ | Sudut geser dalam |
| ϕ_d | Sudut geser dalam terdrainase |
| ϕ_r | Sudut geser dalam residual (sisa) |
| A | Tekanan tidak terkoreksi yang dibutuhkan sehingga membran atau diafragma dari dilatometer datar terdorong balik. |
| A | Area yang terbebani; luas potongan melintang dari benda uji |
| A | Kode contoh <i>Auger</i> yang tercatat pada kolom uji lainnya pada pencatatan hasil pengeboran |

| Simbol | Keterangan |
|------------------|--|
| | (log bor) |
| AASHTO | <i>American Association of Slate Highway and Transportation Officials</i> |
| ADSC | <i>Association of Drilled Shaft Contractors</i> |
| AQ Wireline | Petunjuk untuk matabor batuan |
| ASTM | <i>American Society for Testing and Materials</i> |
| B | <i>Bedding</i> (untuk menjelaskan tipe diskontinuitas dalam log bor batuan) |
| B | Tekanan tidak terkoreksi untuk menyebabkan defleksi membran dilatometer 1,1 mm. |
| B _f | Lebar fondasi |
| BHS | Kode untuk uji <i>borehole shear</i> yang dicantumkan pada kolom uji lainnya dalam bor log |
| BQ | Dimensi ukuran inti batuan |
| BX | Penginti batuan dengan matabor inti BX untuk memperoleh diameter inti 41 mm. |
| C | Kode untuk contoh inti <i>Denison</i> atau tipe <i>pitcher</i> |
| C | Kode untuk uji konsolidasi pada kolom uji lainnya pada bor log |
| C | Tertutup (<i>Close</i>) (digunakan untuk penjelasan jarak diskontinuitas dalam log bor) |
| C | Tekanan tidak terkoreksi pengempesan membran dilatometer datar. |
| c | Faktor bentuk |
| c' | Kohesi terdrainase atau efektif dari tanah atau batuan hasil uji geser terdrainase di laboratorium |
| C _α | Koefisien konsolidasi sekunder |
| C _{αε} | Koefisien kompresibilitas sekunder dalam terminologi regangan |
| C _{αe} | Koefisien kompresibilitas sekunder dalam terminologi angka pori (<i>void ratio</i>) |
| C _I | Koefisien <i>Hazen</i> |
| Ca | <i>Calcite</i> (digunakan untuk menjelaskan tipe isian pada log bor batuan) |
| CBR | <i>California Bearing Ratio</i> |
| C _c | Koefisien kelengkungan (<i>curvature</i>) = $(D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ |
| C _c | Indeks kompresibilitas (<i>Virgin</i>) |
| CD | Terkonsolidasi dan terdrainase |
| CDS | Kondisi <i>Completely Decomposed</i> |
| CH | Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi |
| Ch | Chlorite (digunakan untuk menjelaskan tipe isian pada log bor batuan) |
| c _h | Koefisien konsolidasi horisontal |
| CL | Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang |
| CI | Lempung (digunakan untuk menjelaskan tipe isian pada log bor batuan) |
| c _o | Kohesi dari tanah yang dikompaksi I |
| CP | Petunjuk untuk matabor inti. |
| CPT | Uji penetrasi konus (<i>Cone Penetration Test</i>) atau sondir |
| CR | Rasio kompresibilitas = $C_c / (1+e)$ |
| C _r | Indeks rekompresi |
| C _U | Koefisien keseragaman = D_{60} / D_{10} |
| CU | Uji geser triaksial terkonsolidasi dan tidak terdrainase |
| c _u | Kuat geser tidak terdrainase |
| c _v | Koefisien konsolidasi vertikal |
| D | Diameter asli dari contoh batuan. |
| D | Diameter semu (apparent) dari butiran tanah |
| d | Konsolidasi primer pada tingkat pembebanan tertentu |
| d | Kedalaman |
| d | Jarak antara elektrode dalam survai resistivitas |
| D ₁₀ | Ukuran butir dari pada 10% contoh yang lebih kecil (<i>Grain size than which 60% of the sample is smaller</i>) |
| D ₃₀ | Ukuran butir dari pada 30% contoh yang lebih kecil |
| D ₅₀ | Ukuran butir rata-rata ; dari pada 50% contoh yang lebih halus |
| D ₆₀ | Ukuran butir dari pada 60% contoh yang lebih kecil. |
| D _{max} | Ukuran butir terbesar dalam contoh tanah |
| D _{min} | Ukuran butir terkecil dalam contoh tanah |
| DMT | Uji <i>flat dilatometer</i> |
| D _r | Kepadatan relatif dari tanah |
| DS | Kode uji <i>direct shear</i> yang dicantumkan dalam kolom uji lainnya pada log bor |

| Simbol | Keterangan |
|-------------|--|
| D_s | Diameter efektif |
| DSS | Uji <i>Direct Simple Shear</i> |
| E | Modulus Elastisitas atau <i>Young</i> |
| e | Angka pori |
| E_{AV} | Modulus <i>Young</i> rata-rata |
| E_D | Modulus elastisitas ekuivalen diperoleh dari uji <i>flat dilatometer</i> . |
| e_f | angka pori final |
| E_M | Modulus <i>Menard</i> dari uji <i>pressuremeter</i> standar dengan (prapengeboran). |
| E_m | Modulus deformasi di lapangan (in-situ) |
| e_{max} | Angka pori dalam kondisi paling lepas dari tanah. |
| e_{min} | Angka pori dalam kondisi paling padat dari tanah. |
| e_0 | Angka pori awal (<i>initial</i>) dari tanah. Void ratio at beginning of rebound |
| e_r | Angka pori pada permulaan dari pembalikan (<i>rebound</i>) |
| EROS | <i>Earth Resources Observations Systems</i> |
| E_s | Modulus sekan <i>Young</i> . |
| E_t | Modulus tangen <i>Young</i> . |
| EW | Petunjuk untuk <i>casing flush joint</i> |
| EX | Petunjuk untuk matabor inti batuan |
| F | Rapuh (<i>friable</i>) (terminologi untuk menjelaskan kekerasan batuan). |
| F | Sesar (<i>Fault</i>) (untuk menjelaskan jenis diskontinuitas dalam bor log batuan) |
| F | Kadar halus (<i>Fines</i>); berhubungan dengan persentase tanah yang lewat saringan no. 200 |
| f | Frekuensi gelombang geser (<i>Shear wave</i>) |
| Fe | Fe, Oksida besi (digunakan untuk menjelaskan tipe isian pada log bor batuan) |
| Fi | Terisi (<i>Filled</i>) (digunakan untuk menjelaskan jumlah isian dalam log bor batuan) |
| Fo | Foliasi (<i>Foliation</i>) (untuk menjelaskan jenis diskontinuitas dalam bor log batuan) |
| f | Tahanan gesek atau friksi yang terukur pada uji <i>CPT</i> |
| FV | Uji geser baling di lapangan (<i>Field Vane or Vane Shear Test</i>) |
| GC | Kerikil lempungan, campuran kerikil pasir dan lempung bergradasi buruk |
| GM | Kerikil lanauan, campuran kerikil-pasir-lanau bergradasi buruk. |
| GP | Kerikil bersih bergradasi buruk, campuran kerikil dan pasir. |
| GPR | <i>Ground Penetrating Radar</i> |
| G_s | Spesifik gravitasi butiran padat dar tanah |
| GW | Kerikil bergradasi baik, campuran kerikil dan pasir. |
| Gy | <i>Gypsum /Talc</i> (digunakan untuk menjelaskan tipe isian pada log bor batuan) |
| H | Rasio modulus tinggi |
| H | <i>Healed</i> (digunakan untuk menjelaskan tipe isian pada log bor batuan) |
| H | Beda tinggi tekanan air pada potongan pengujian |
| H | Keras (<i>Hard</i>) (terminologi untuk menjelaskan kekerasan batuan) |
| H | Setengah tinggi dari contoh konsolidasi (Lintasan drainase terpanjang) |
| H | Tinggi asli contoh batuan. |
| h_1, h_2 | Tinggi tekanan air pada waktu t_1 , dan t_2 secara berurutan |
| HQ | Dimensi ukuran inti batuan. |
| HW | Petunjuk untuk batang bor |
| i | Sudut ketidak sama rataan terhadap garis dip rata-rata. |
| $I_{a(50)}$ | Indeks kekuatan beban titik anisotropik dari benda uji batuan. |
| I_D | Indeks material untuk menentukan tipe tanah dari uji <i>dilatometer</i> datar. |
| I_{d2} | Indeks ketahanan legang (<i>Slake durability index</i>) |
| I_p, PI | Indeks plastisitas = LL - PL |
| I_r | Tidak beraturan (<i>Irregular</i>) (digunakan menjelaskan permukaan kekar pada log bor batuan) |
| I_s | Indeks beban titik |
| $I_{s(50)}$ | Indeks kekuatan beban titik benda uji batuan dengan diameter = 50 mm |
| ISRM | International Society for Rock Mechanics |
| J | Kekar (<i>Joint</i>) (digunakan menjelaskan tipe diskontinuitas pada log bor batuan) |
| J_a | Angka alterasi kekar (Joint alteration number) dalam cara <i>Q-System</i> |
| JCS | Kuat tekan dinding kekar (<i>Joint wall Compressive Strength</i>) |
| J_r | Koefisien kekasaran kekar dalam cara <i>Q System</i> |
| JRS | Koefisien kekasaran kekar (<i>Joint Roughness Coefficient</i>) |

| Simbol | Keterangan |
|--------------|---|
| J_v | Jumlah kekar-kekar dalam satuan volume dari batuan. |
| k | Koefisien kelulusan air |
| K_D | Indeks tegangan lateral atau horisontal dari uji <i>dilatometer</i> datar. |
| K_0 | Koefisien tegangan lateral atau horisontal pada kondisi geostatik |
| L | Panjang contoh tanah |
| L | Rasio modulus rendah |
| L_f | Panjang fondasi |
| LFC | Panjang sepenuhnya potongan inti batuan silindris (<i>Length of fully cylindrical rock core piece</i>) |
| LH | Kekerasan rendah (<i>Lows hardness</i>) (terminologi menjelaskan kekerasan batuan)) |
| LI | Indeks likuiditas (<i>Liquidity Index</i>) |
| LL | Batas cair (<i>Liquid Limit</i>) |
| LPS | <i>Latent Planes of Separation</i> |
| LT | Panjang potongan inti batuan dari ujung ke ujung |
| M | Sedang (<i>Moderate</i>) (untuk menjelaskan jarak diskontinuitas dalam bor log batuan) |
| M | Rasio modulus rata-rata |
| M | Analisis mekanis (saringan atau hydrometer) |
| MFS | Kondisi <i>micro fresh</i> |
| MH | Lanau lempungan anorganik, lanau elastik |
| MH | <i>Moderately hard</i> (term to describe rock hardness) |
| ML | Lanau anorganik atau pasir halus, serbuk batuan pasir lanauan atau lempungan (Grup simbol dalam <i>Unified Soil Classification System</i>) |
| ML-CL | Campuran lanau anorganik dan pasir. |
| MW | Lebar sedang (<i>Moderately wide</i>) (menjelaskan lebar diskontinuitas dalam log bor batuan) |
| N_M, N_n | Nilai N (atau jumlah pukulan) tidak terkoreksi uji penetrasi standar (<i>SPT</i>) |
| N_1 | Porositas |
| N_{60} | Nilai N yang dinormalisir terhadap tegangan efektif overburden (pada 1 Atmosfir=1 kg/cm ²) |
| $(N_1)_{60}$ | Nilai N-SPT terkoreksi terhadap 60% rata-rata dari enersi standar |
| NC | Nilai N-SPT N terkoreksi terhadap 60% efisiensi enersi dan tegangan yang dinormalisir. |
| N_{corr} | Terkonsolidasi normal (<i>Normally Consolidated</i>) |
| N_{field} | Nilai N terkoreksi terhadap tekanan air pori untuk pasir halus dan pasir lanauan |
| NGI | Nilai N terukur di lapangan |
| No | <i>Norwegian Geotechnical Institute</i> |
| NQ | Tidak terisi (None) (menjelaskan jumlah atau tipe pengisian dalam log bor batuan) |
| NR | Dimensi ukuran inti batuan. |
| NV | Tidak ada perolehan contoh (<i>No recovery of sample</i>) |
| NW | Petunjuk mata bor inti. |
| NX | Petunjuk batang bor |
| OC | Penginti batuan dengan matabor NX untuk memperoleh inti dengan diameter 53 mm |
| OCR | Terkonsolidasi lebih (<i>Overconsolidated</i>) |
| OH | Rasio terkonsolidasi lebih (<i>Overconsolidation Ratio</i>) |
| OL | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi (Grup simbol dalam <i>Unified Soil Classifications System</i>) |
| OMC | Lanau organik, lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah (Grup simbol dalam <i>Unified Soil Classifications Systems</i>) |
| P | Kadar air optimum (<i>Optimum Moisture Content</i>) |
| P | Pisometer |
| p_1 | Kode contoh tabung dinding tipis (<i>thin-wall tube</i>) dalam kolom tipe contoh pada log bor |
| Pa | Tekanan B terkoreksi akibat kekakuan membran dari uji <i>dilatometer</i> datar |
| p_c | Terisi sebagian (<i>Partially filled</i>) (menjelaskan jumlah pengisian bor log batuan) |
| PDS | Tegangan prakonsolidasi |
| p_f | Kondisi terurai sebagian (<i>Partly Decomposed State</i>) |
| PI | Tekanan creep pada uji pressuremeter tipe <i>Menard</i> |
| PL | Indeks plastisitas = LL – PL |
| p_l | Batas plastis |
| PLT | Tekanan batas (<i>limit pressure</i>) pada uji <i>pressuremeter</i> tipe <i>Menard</i> |
| | Uji beban titik (<i>Point Load Test</i>) |

| Simbol | Keterangan |
|----------------------|---|
| PMT | Uji pressuremeter |
| P_0 | Tekanan sehubungan dengan volume V_0 pada uji pressuremeter type Menard |
| p_0 | Tekanan A terkoreksi akibat kekakuan membran dari uji <i>dilatometer</i> datar |
| PQ | Dimensi ukuran inti batuan |
| Ps | Kode contoh tabung piston dalam kolom tipe contoh pada log bor. |
| Pt | Gambut dan tanah dengan kadar organik tinggi |
| PVC | <i>Poly-vinyl chloride</i> |
| PW | Petunjuk tipe casing <i>flush-joint</i> |
| Py | Pyrite (untuk menjelaskan tipe pengisian dalam log bor batuan. |
| Q | Kecepatan aliran konstan kedalam lubang; debit volume total. |
| q_c | Tahanan konus tidak terkoreksi diukur dari uji <i>CPT</i> |
| q_t | Tahanan konus terkoreksi diukur dari uji <i>CPT</i> . |
| q_u | Kuat geser tidak terkekang (<i>Unconfined</i>); kuat tekan uniaksial dari batuan. |
| Qz | <i>Quartz</i> (menjelaskan tipe pengisian pada bor log batuan. |
| R | Kasar (<i>Rough</i>) (menjelaskan kekasaran permukaan pada bor log batuan |
| R | Pembobotan (<i>rating</i>) dari <i>Shale</i> |
| r | Radius dari lubang pengeboran untuk pengujian |
| R-value | Nilai tahanan tanah terhadap deformasi lateral bila diberi beban di atasnya. |
| RMR | Bobot massa batuan (<i>Rock Mass Rating</i>) |
| RQD | <i>Rock Quality Designation</i> |
| R | Rasio rekompresi = $C_r / (1 + e)$ |
| RW | Petunjuk untuk batang bor |
| RW | Petunjuk untuk casing tipe <i>flush-joint</i> |
| S_r | Derajat kejenuhan tanah (<i>Degree of saturation</i>) |
| S | Permukaan lembut (<i>Smooth</i>) (menjelaskan kekasaran dari permukaan pada bor log batuan) |
| SC | Pasir lempungan, campuran pasir lempung bergradasi buruk |
| Sd | Pasir (<i>Sand</i>) (menjelaskan tipe pengisian pada bor log batuan). |
| SDI | Indeks ketahanan lejang (<i>Slake Durability Index</i>) |
| Sh | Penggeseran (<i>Shear</i>) (menjelaskan tipe diskontinuitas pada bor log batuan |
| SL | Batas susut (<i>Shrinkage limit</i>) |
| Slk | Cermin sesar (<i>Slickensided</i>) (menjelaskan kekasaran dari permukaan pada log bor batuan. |
| SM | Pasir lanauan, campuran pasir – lanau bergradasi buruk. |
| SM-SC | Campuran pasir-lanau -lempung dengan butiran halus yang agak plastis. |
| SMR | Bobot kemiringan massa batuan (<i>Slope rock Mass Rating</i>) |
| SP | Pasir bersih bergradasi buruk, campuran pasir-kerikil. |
| Sp | Bintik-bintik (<i>Spotty</i>) (menjelaskan jumlah pengisian pada bor log batuan) |
| SPB | Pecahan yang disukai (<i>Preferred Breakage</i>) |
| SPT | Uji penetrasi standar (<i>Standard Penetration Test</i>) |
| SR | Agak kasar (<i>Slightly rough</i>) (menjelaskan kekasaran permukaan pada bor log batuan) |
| SRB | Pecahan random (<i>Random Breakage</i>) |
| SRS | Sistim pembobotan <i>shale</i> (<i>Shale Rating System</i>) |
| SS | Kode contoh <i>standard spoon</i> pada kolom tipe contoh pada bor log |
| St | Bertangga (<i>Stepped</i>) (menjelaskan bentuk permukaan kekar pada bor log batuan) |
| STS | Kondisi luntur (<i>Stained State</i>) |
| Su | Permukaan luntur (Surface stain) (menjelaskan jumlah pengisian pada log bor batuan. |
| s_u | Kuat geser tidak terdrainase |
| s_{uv} | Kuat geser baling tidak terkoreksi (<i>Vane shear strength</i>) |
| s_u / σ_{v0}' | Rasio kuat geser tidak terdrainase penormalan terhadap tegangan efektif <i>overburden</i> |
| SW | Pasir bergradasi baik, pasir kerikil dengan sedikit atau tanpa butiran halus. |
| T | Kode uji triaksial terkompresi pada kolom uji lainnya dari log bor. |
| T | Keruntuhan <i>Topping</i> ; Rapat (<i>Tight</i>) (menjelaskan lebar diskontinuitas pada log bor batuan) |
| T | Gaya geser pada tanah dalam uji geser langsung (<i>direct shear</i>) |
| t | Waktu |
| t_{100} | Waktu yang dibutuhkan untuk 100% konsolidasi pada tingkat beban tertentu. |
| t_{50} | Waktu yang dibutuhkan untuk 50% konsolidasi pada tingkat beban tertentu. |
| TV | Kode untuk uji indeks <i>torvane</i> pada kolom uji lainnya pada log bor. |
| U | Kode uji tekan tidak terkekang (<i>Unconfined</i>) pada kolom uji lainnya dari bor log. |

| Simbol | Keterangan |
|----------------|--|
| u | Tekanan air pori |
| u ₁ | Tekanan air pori uji <i>piezocone</i> tipe 1 (elemen tengah) |
| u ₂ | Tekanan air pori uji <i>piezocone</i> tipe 2 (elemen bahu) |
| u ₀ | Tekanan air pori hidrostatik di lapangan atau in-situ. |
| USCS | <i>Unified Soil Classification System</i> |
| UU | Tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase. |
| UW | Petunjuk casing tipe <i>flush-joint</i> |
| V | Penurunan potensial dalam survai resistivitas. |
| V | Urut (<i>Vein</i>) (menjelaskan tipe diskontinuitas dalam log bor batuan) |
| VC | Sangat rapat (<i>Very close</i>) (menjelaskan jarak diskontinuitas pada log bor batuan) |
| V _c | Volume awal probe pada uji <i>pressuremeter</i> tipe <i>Menard</i> . |
| V _f | Volume yang berhubungan dengan tekanan creep p, pada uji <i>pressuremeter</i> tipe <i>Menard</i> . |
| VH | Sangat keras (<i>Very hard</i>) (terminologi untuk menjelaskan kekerasan batuan). |
| V _m | (V _c + V _f) pada uji <i>pressuremeter</i> tipe <i>Menard</i> |
| VN | Sangat sempit (<i>Very narrow</i>) (menjelaskan lebar diskontinuitas pada log bor batuan) |
| v ₀ | Perbedaan antara volume lubang dan v _c |
| VR | Sangat kasar (<i>Very rough</i>) (menjelaskan kekasaran permukaan pada bor log batuan). |
| V _s | Kecepatan rambat gelombang geser |
| W | Lebar (<i>Wide</i>) (menjelaskan lebar diskontinuitas dalam bor log). |
| W | Kode berat volume dan kadar air dalam kolom uji lainnya pada bor log. |
| w _n | Kadar air alami |
| Wa | Bergelombang (<i>Wavy</i>) (menjelaskan bentuk permukaan kekar dalam bor log batuan). |
| W _n | Kadar air alami. |
| X | Jarak |
| X | Kode uji khusus pada kolom uji lainnya pada bor log. |
| ZW | Petunjuk casing tipe <i>flush-joint</i> |
| z | Kedalaman (dibawah permukaan tanah) |

Lampiran D
(informatif)

Daftar nama dan lembaga

1) Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.

2) Penyusun

| N a m a | L e m b a g a |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Ir. Theo F. Najoan, M.Eng. | Pusat Litbang Sumber Daya Air |
| Ir. Carlina Soetjiono, Dipl. HE. | Pusat Litbang Sumber Daya Air |

Bibliografi

ACKER, W.L. (1974), "*Basic Procedures of Soil Sampling and Core Drilling*", Acker Drill Co. Inc. P.O Box 830, Scranton, PA, 18501.

BURMISTER, D.M. (1970), "*Suggested Methods for Identification of Soils*", Special Procedures for Soil and Rock for Engineering Purposes, Special Technical Publication 479, ASTM, West Conshohocken, PA, 311-23.

DEERE, D.U., and DEERE, D.W. (1989), "*Report manual : Rock Quality Designation (RQD) after 20 years*", Contract DACW39-86-M-4273, Department of the Army, U.S. Corps of Engineers, Washington DC.

HOEK, E. and BRAY, J.W. (1977), "*Rock Slope Engineering*", Intitution of Mining and Metallurgy, London, UK.

HUNT, R.E. (1984), "*Geotechnical Engineering Investigation Manual*", McGraw - Hill Inc.

HVORSLEV, M.J. (1948), "*Subsurface Exploration and Sampling for Civil Engineering Purposes*", U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

International Society for Rock Mechanics Commission (1979), "*Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties*", International Journal Rock Mechanics, Mining Sci. and Geomechanics Abstr., Vol. 16., Great Britain.

LOWE III, J. and ZACCHEO, P.F. (1991), "*Subsurface Exploration and Sampling*", Foundation Engineering Handbook, H.Y Fang, ed., Van Nostrand Reinhold, New York.

U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation (1973), "*Design of Small Dams*", United States Government Printing Office, Washington, D.C.

U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation (1960), "*Earth Manual*", United States Government Printing Office, Washington, D.C.