



Standar Nasional Indonesia

SNI 2813:2008

Cara uji kuat geser langsung tanah terkonsolidasi dan terdrainase

“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”

“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	iii
Pendahuluan	iv
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ketentuan dan persyaratan	4
4.1 Peralatan	4
4.1.1 Alat geser	4
4.1.2 Batu pori	4
4.1.3 Alat pembeban gaya vertikal	4
4.1.4 Alat pembeban gaya horizontal	4
4.1.5 Arloji ukur deformasi	4
4.1.6 Perlengkapan lain	4
4.2 Benda uji dan bahan penunjang uji	5
4.2.1 Benda uji	5
4.2.2 Bahan penunjang uji	5
4.3 Pengujian	5
4.3.1 Kalibrasi	5
4.3.2 Persiapan benda uji	5
4.3.3 Petugas	5
4.3.4 Penanggung jawab hasil uji	5
5 Persiapan peralatan dan pengujian	6
5.1 Persiapan peralatan sebelum pengujian	6
5.1.1 Persiapan pemeriksaan peralatan uji	6
5.1.2 Persiapan benda uji	6
5.2 Persiapan pengujian	6
5.2.1 Pemasangan benda uji dalam kotak geser	6
5.2.2 Pemasangan peralatan	7
6 Prosedur pengujian	7
6.1 Penjenuhan benda uji	7
6.2 Pembebanan konsolidasi	7
6.3 Penentuan waktu penggeseran	8
6.4 Penggeseran benda uji	8
6.5 Pengeluaran benda uji dari kotak geser	8

6.6 Pengulangan langkah-langkah pengujian	8
7 Perhitungan	9
7.1 Rumus-rumus perhitungan	9
7.2 Prosedur perhitungan	10
8 Laporan uji	11
Lampiran A Gambar-gambar (informatif)	12
Lampiran B Bagan alir cara uji geser langsung tanah terkonsolidasi dengan drainase (normatif)	18
Lampiran C Formulir contoh uji geser langsung (informatif)	19
Lampiran D Tabel daftar deviasi teknis dan penjelasannya (informatif)	23
Bibliografi	24

Prakata

Standar tentang 'Cara uji kuat geser langsung tanah terkonsolidasi dan terdrainase' merupakan revisi dari SNI 03-2813-1992, Metode Pengujian Geser Langsung Tanah Terkonsolidasi dengan Drainase, dengan perubahan pada judul, penambahan acuan normatif, penambahan istilah dan definisi, penambahan dan revisi beberapa materi mengenai persyaratan dan ketentuan serta cara pengujian, penjelasan rumus, pembuatan bagan alir, perbaikan gambar dan pembuatan contoh formulir.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Sub Panitia Teknis Bidang Sumber Daya Air melalui Gugus Kerja Pendayagunaan Sumber Daya Air Bidang Bahan dan Geoteknik.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas pada forum rapat konsensus pada tanggal 21 November 2006 di Bandung dengan melibatkan para nara sumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Dalam desain struktur tanah sering dilakukan analisis stabilitas dan penurunan dengan menggunakan parameter tanah baik tegangan total maupun tegangan efektif. Parameter kuat geser dapat diperoleh dengan berbagai cara. Dalam melakukan uji geser ini digunakan metode pengujian geser langsung tanah terkonsolidasi dengan drainase (SNI 03-2813-1992) walaupun tidak dapat mengukur tekanan air pori dan tidak dapat dijenuhkan. Mengingat diperlukannya parameter kekuatan geser tanah terganggu atau tanah tidak terganggu yang terkonsolidasi untuk perhitungan stabilitas bangunan, maka perlu disusun revisi standar berjudul "**Cara uji kuat geser langsung tanah terkonsolidasi dan terdrainase**".

Cara uji ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam uji kuat geser langsung di laboratorium pada benda uji tanah yang terkonsolidasi dan terdrainase. Tujuannya adalah untuk memperoleh parameter kuat geser tanah terganggu atau tanah tidak terganggu yang terkonsolidasi, dan diuji geser dengan diberi kesempatan berdrainase dan kecepatan pergeseran/ deformasi tetap. Parameter tersebut berupa koefisien konsolidasi, kecepatan penggeseran, tegangan geser tanah, dan regangan geser, serta hubungan antara tegangan dengan regangan geser, yang akan digunakan untuk keperluan analisis perhitungan stabilitas bangunan atau timbunan.

Standar ini diharapkan bermanfaat bagi para laboran atau tenaga teknis yang berhubungan dengan penyelidikan geoteknik, para pendesain bangunan dan pihak-pihak terkait lainnya.

Cara uji kuat geser langsung tanah terkonsolidasi dan terdrainase

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan cara uji kuat geser langsung tanah terkonsolidasi dan terdrainase di laboratorium, untuk memperoleh parameter kuat geser tanah (artinya tanah terkonsolidasi dan diberi kesempatan berdrainase dengan kecepatan pergeseran/deformasi tetap). Parameter tersebut berupa koefisien konsolidasi, kecepatan penggeseran, tegangan geser tanah, dan regangan geser, serta hubungan antara tegangan geser dengan regangan geser.

Standar ini menguraikan tentang prinsip-prinsip cara uji geser langsung tanah terkonsolidasi dan terdrainase, yang meliputi : sistem peralatan uji kuat geser langsung dan perlengkapan lainnya, benda uji dan bahan penunjang uji; cara pengujian; perhitungan dan rumus-rumus parameter uji kuat geser langsung; laporan uji dan contoh uji. Cara uji ini berlaku untuk uji kuat geser tunggal, baik untuk tanah terganggu maupun tanah tidak terganggu.

2 Acuan normatif

SNI 03-1965-1990,	<i>Metode pengujian kadar air tanah</i>
SNI 03-1966-1990,	<i>Metode pengujian batas plastis</i>
SNI 03-1967-1990,	<i>Metode pengujian batas cair dengan alat Casagrande</i>
SNI 03-2812-1992,	<i>Metode pengujian konsolidasi tanah satu dimensi</i>
SNI 03-3420-1994,	<i>Metode pengujian geser langsung tanah tidak terkonsolidasi tanpa drainase</i>

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang berkaitan dengan standar ini adalah sebagai berikut.

3.1

benda uji tanah

benda uji yang diletakkan di dalam cincin/kotak geser (*shear box*) dari logam dengan dua buah batu pori, yang diletakkan di atas dan di bawah benda uji tanah tersebut.

3.2

gaya geser

gaya yang bekerja secara tangensial terhadap suatu bidang

3.3

gaya normal

gaya langsung yang bekerja normal (tegak lurus) pada suatu bidang

3.4

geser langsung terkonsolidasi dan terdrainase

metoda uji geser dengan menempatkan benda uji dalam kotak geser yang terdiri atas 2 bagian (bagian atas dan bawah terpisah) yang diletakkan dalam bak berisi air, dan diberi tegangan normal untuk konsolidasi. Kemudian digeser lewat bidang horizontal yang dipaksakan sebagai bidang runtuhnya dengan kecepatan lambat, agar dapat terjadi drainase air (tekanan air pori eksed diasumsikan sama dengan nol). Dengan menggunakan hukum Coulomb, akan diperoleh parameter-parameter ϕ'_p (sudut geser efektif puncak), ϕ'_r (sudut

geser efektif sisa), c'_p (kohesi efektif puncak) dan c'_r (kohesi efektif sisa yang biasanya mendekati nol)

3.5

grafik pemampatan dan waktu

grafik hubungan antara pemampatan dengan waktu untuk setiap pembebanan. Bentuk grafik umumnya terdiri atas tiga tahapan yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar A.6 Lampiran A

3.6

hukum Coulomb

hubungan antara tegangan geser puncak τ'_p dengan tegangan normal σ'_n pada bidang runtuh, dan hubungan antara tegangan geser sisa τ'_r dengan tegangan normal σ'_n pada bidang runtuh, yang dinyatakan dalam persamaan empirik berikut:

$$\begin{aligned}\tau'_p &= c'_p + \sigma'_n \tan(\phi'_p) \\ \tau'_r &= c'_r + \sigma'_n \tan(\phi'_r)\end{aligned}$$

3.7

kekuatan geser tanah atau kekuatan geser puncak (*peak shear strength*)

tahanan geser maksimum yang dapat ditahan oleh tanah pada kondisi tegangan efektif dan drainase tertentu

3.8

kekuatan geser sisa atau *residual (residual shear strength)*

tahanan geser yang dapat dipertahankan oleh tanah pada kondisi pergerakan geser yang besar setelah kekuatan geser puncak telah termobilisasi

3.9

keruntuhan benda uji

kondisi tegangan pada waktu benda uji runtuh yang dipaksakan pada suatu bidang horizontal tertentu dengan kecepatan lambat agar dapat terjadi drainase air, biasanya diambil pada tegangan geser maksimum

3.10

kohesi (c')

komponen dari kekuatan geser tanah yang timbul akibat gaya-gaya internal yang menahan butiran tanah menjadi satu kesatuan dalam satu massa padat

3.11

konsolidasi

suatu proses pemampatan tanah yang terjadi akibat adanya pembebanan dalam jangka waktu tertentu, sehingga menyebabkan mengalirnya air ke luar dari ruang pori (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)

3.12

konsolidasi primer (*primary consolidation*)

konsolidasi yang terjadi akibat keluarnya air dari pori-pori tanah selama tekanan air pori secara lambat laun berubah menjadi tegangan efektif

3.13

konsolidasi sekunder (*secondary consolidation*)

konsolidasi yang terjadi setelah tekanan air pori hilang seluruhnya; pemampatan yang terjadi ini disebabkan oleh penyesuaian butiran tanah yang bersifat plastis

3.14**pemampatan (*compression*)**

proses pemampatan benda uji tanah yang diukur dengan menggunakan skala ukur mikrometer. Benda uji tanah selalu direndam dengan air selama pengujian, dan setiap beban biasanya diberikan selama 24 jam. Setelah itu beban dinaikkan sampai dua kali lipat beban sebelumnya, lalu pengukuran pemampatan diteruskan. Setelah pengujian selesai, ditentukan berat kering benda uji tanah

3.15**pemampatan awal (*initial compression*)**

proses konsolidasi yang disebabkan oleh pembebanan awal (*preloading*)

3.16**pergerakan (*displacement*)**

pergerakan horizontal dari satu bagian benda uji relatif terhadap bagian lainnya sepanjang bidang runtuh dan searah dengan gaya yang bekerja, dalam uji geser langsung

3.17**regangan (linier)**

perubahan panjang per unit panjang akibat tegangan dan diukur dalam arah tegangan

3.18**regangan geser**

distorsi sudut (*angular distortion*) yang diakibatkan oleh tegangan geser, dan diukur dalam radian

3.19**sudut geser dalam (*angle of shear resistance* = ϕ)**

komponen dari kekuatan geser tanah yang timbul akibat gesekan antarbutir

3.20**tahanan geser (*shear resistance*)**

perlawanan tanah terhadap deformasi bila diberi tegangan geser

3.21**tegangan**

besaran gaya per unit luas

3.22**tegangan geser**

gaya geser per unit luas

3.23**tekanan air pori**

tekanan hidrostatik dalam ruang pori antarbutir yang terisi air

3.24**tekanan air pori berlebihan**

tekanan air pori yang terjadi akibat peningkatan tekanan luar secara tiba-tiba

3.25**uji konsolidasi**

uji yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik suatu tanah selama proses konsolidasi berlangsung dan merupakan suatu metode untuk menentukan permeabilitas tanah

4 Ketentuan dan persyaratan

4.1 Peralatan

4.1.1 Alat geser

Alat geser yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (periksa Gambar A.1 dan A.2 pada Lampiran A).

- a) Dapat menahan benda uji di antara dua batu pori agar tidak terjadi torsi.
- b) Dapat memungkinkan bekerjanya tegangan normal pada permukaan benda uji, pengukuran perubahan tebal benda uji, proses drainase melalui batu pori, dan penjenahan benda uji, serta gaya geser sepanjang bidang geser benda uji yang telah ditentukan semula (geser tunggal).
- c) Dudukan (landasan) alat harus kaku untuk mencegah distorsi selama pengujian geser.
- d) Bagian-bagian dari alat geser harus terbuat dari bahan yang tidak mudah mengalami korosi oleh zat kimia.

4.1.2 Batu pori

Batu pori yang digunakan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a) Batu pori terbuat dari silikon karbid, aluminium oksida, atau logam yang tidak mudah mengalami korosi oleh zat kimia;
- b) Batu pori :
 - 1) mempunyai kekasaran yang memadai sebagai batas sambungan dengan benda uji;
 - 2) pori-porinya halus agar dapat mencegah penyusupan tanah berlebihan ke dalam benda uji;
 - 3) berkualitas dengan angka kelulusan air berkisar antara 0,5 mm/s s.d 1 mm/s untuk benda uji tanah normal.

4.1.3 Alat pembeban gaya vertikal

Alat pembeban yang digunakan harus memenuhi ketentuan berikut :

- a) mampu digunakan untuk pelaksanaan cepat tanpa melampaui batasannya;
- b) ketelitian alat kurang lebih 1% dari penyimpangannya selama pengujian.

4.1.4 Alat pembeban gaya horizontal

Alat pembeban yang digunakan harus memenuhi ketentuan berikut:

- a) Alat dibedakan untuk pengujian kontrol regangan atau kontrol tegangan;
- b) Peralatan uji kontrol regangan harus mampu menggeser benda uji dengan kecepatan alihan yang seragam dan penyimpangannya kira-kira 10%;
- c) Kecepatan alihan bergantung pada karakteristik konsolidasi tanah, serta diatur oleh motor dan susunan sistem roda gigi;
- d) Gaya gesernya ditentukan dengan alat penunjuk beban atau cincin pengukur beban (arloji ukur dengan ketelitian 0,002 mm);
- e) Peralatan uji kontrol tegangan harus mampu menjalankan gaya geser tambahan pada benda uji dengan cara yang sama dan pada derajat ketelitian.

4.1.5 Arloji ukur deformasi

Alat ini harus memenuhi ketentuan :

- a) dapat mengukur perubahan tebal benda uji dengan ketelitian sampai 0,01 mm;
- b) dapat mengukur regangan (alihan) dengan ketelitian sampai 0,01 mm.

4.1.6 Perlengkapan lain

Perlengkapan lainnya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Ruang pelembab untuk menyimpan contoh tanah agar kadar airnya selama persiapan benda uji tidak melebihi 0,5% ;
- Neraca dengan ketelitian sampai 0,1 g atau 0,1 % dari massa benda uji ;
- Oven pengering untuk mengatur suhu sampai $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- Wadah benda uji ;
- Alat cetak ulang atau alat pemadat benda uji ;
- Alat ukur waktu, penyuling air, spatula, pisau, dan penggaris.

4.2 Benda uji dan bahan penunjang uji

4.2.1 Benda uji

Benda uji yang digunakan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Diameter minimum benda uji berbentuk lingkaran adalah 50 mm;
- Lebar minimum benda uji berbentuk empat-persegi adalah 50 mm;
- Diameter benda uji tidak langsung diambil dari bagian yang dipotong dari tabung contoh dan minimum 5 mm lebih kecil dari diameter tabung contoh (untuk mengurangi gangguan pada persiapan benda uji);
- Tebal minimum benda uji 12,5 mm, namun tidak kurang dari 6 kali diameter butiran maksimum;
- Diameter berbanding tebal benda uji 2 : 1;
- Benda uji berbentuk empat persegi, dan angka perbandingan minimum antara lebar dan tebalnya adalah 2:1.

4.2.2 Bahan penunjang uji (air)

Air yang digunakan dalam sistem pengujian geser langsung ini harus bersih, bebas dari kotoran dan suspensi lumpur (disarankan untuk menggunakan air bebas gelembung udara atau air suling).

4.3 Pengujian

4.3.1 Kalibrasi

Semua alat ukur harus dikalibrasi minimum 3 tahun sekali dan pada saat diperlukan, sesuai dengan persyaratan kalibrasi yang berlaku.

4.3.2 Persiapan benda uji

Benda uji yang akan disiapkan harus memenuhi syarat berikut :

- Minimum dibutuhkan 3 buah benda uji yang identik untuk melakukan pengujian dengan 3 variasi tegangan normal, sehingga diperoleh 3 variasi kuat geser puncak dan kuat geser sisa (*residual*);
- Ukuran benda uji disesuaikan dengan diameter dalam dan tinggi kotak geser;
- Benda uji dari hasil pemadatan disesuaikan dengan kadar air yang diinginkan, dengan menggunakan alat cetak berukuran sama dengan ukuran kotak geser.

4.3.3 Petugas

Petugas pengujian ini adalah laboran atau teknisi yang memahami dan berpengalaman dalam pengujian geser langsung, dan diawasi oleh tenaga ahli geoteknik.

4.3.4 Penanggung jawab hasil uji

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pelaksanaan ini adalah :

- a) kemampuan petugas pengujian dan pengawas harus kompetensi ;
- b) nama-nama penguji, pengawas dan penanggung jawab hasil uji harus tertulis dengan jelas, dan disertai paraf atau tanda tangan dan tanggal yang jelas.

5 Persiapan peralatan dan pengujian

5.1 Persiapan peralatan sebelum pengujian

Lakukan persiapan peralatan untuk pemeriksaan peralatan, persiapan benda uji, pemasangan benda uji, dan pemasangan peralatan uji sebagai berikut.

5.1.1 Persiapan pemeriksaan peralatan uji

Lakukan persiapan uji untuk pemeriksaan peralatan uji dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Periksa kotak geser benda uji, apakah sudah bersih, licin dan tidak cacat;
- b) Periksa bak air, apakah tidak bocor bila diisi air;
- c) Periksa lengan pembeban, apakah dapat bergerak bebas tanpa gangguan pada penyangganya;
- d) Periksa gantungan beban, apakah terletak pada poros yang sesuai agar dapat memberi pembeban vertikal nilai banding sesuai dengan yang diperlukan;
- e) Setel beban imbang pada posisi rangka pembeban vertikal agar lengan pembeban vertikal berada dalam keseimbangan (posisi mendatar), dan kunci lengan pembeban;
- f) Bersihkan batu pori dengan sikat halus, dan rebus batu pori dalam air panas sebelum digunakan.

5.1.2 Persiapan benda uji

Lakukan pengukuran, pencetakan dan penimbangan benda uji dengan tahapan berikut:

- a) Ukur diameter dalam cincin cetak (D) sampai ketelitian 0,1 mm;
- b) Ukur tinggi cincin cetak sampai ketelitian 0,01 mm pada 3 tempat, dan hitung tinggi rata-ratanya (H_o) dengan pembulatan sampai 0,1 mm;
- c) Timbang berat cincin cetak (W) dengan ketelitian 0,01 g;
- d) Cetak benda uji dari tabung contoh, blok contoh, atau silinder uji pemadatan dengan menggunakan cincin cetak;
- e) Ratakan bagian atas dan bawah benda uji dengan pisau atau gergaji kawat;
- f) Ambil contoh uji secukupnya di sekeliling cincin cetak pada waktu pencetakan;
- g) Uji kadar air tanah semula berdasarkan SNI 03-1965-1990;
- h) Uji berat jenis tanah berdasarkan SNI 03-1964-1990;
- i) Timbang benda uji sampai ketelitian 0,01 g.

5.2 Persiapan pengujian

5.2.1 Pemasangan benda uji dalam kotak geser

Lakukan pemasangan benda uji dalam kotak geser dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Keluarkan kotak geser dari bak air, dan pasang baut pengunci agar kotak geser bagian atas dan bawah menjadi satu;
- b) Masukkan pelat dasar pada bagian bawah kotak geser, dan di atasnya dipasang batu pori yang sebelumnya telah direbus dalam air panas;
- c) Pasang kertas filter yang telah dibasahi dengan air suling di atas batu pori;
- d) Pasang pelat berlubang yang beralur di atas kertas filter, dengan alur menghadap ke atas dan arah alurnya harus tegak lurus arah penggeseran;

- e) Masukkan kembali kotak geser ke dalam bak air dan setel kedudukan kotak geser dengan mengencangkan ke dua buah baut penjepit;
- f) Letakkan cincin cetak yang berisi benda uji dengan bagian runcingnya menghadap ke atas (Gambar A.3 Lampiran A) di atas kotak geser;
- g) Pasang pelat berlubang yang beralur di atas benda uji, dengan alur menghadap ke bawah dan arah alurnya harus tegak lurus arah penggeseran;
- h) Masukkan benda uji ke dalam kotak geser dengan menggunakan alat pengeluar benda uji yang ditekan, seperti terlihat pada Gambar A.3 dan Gambar A.4 Lampiran A;
- i) Pasang kertas filter, batu pori dan landasan pembeban pada bagian atas pelat berlubang;
- j) Setel dongkrak penekan horizontal agar tepat menempel kotak geser bagian bawah (lihat Gambar A.2 Lampiran A).

5.2.2 Pemasangan peralatan

5.2.2.1 Pemasangan rangka pembeban vertikal

Lakukan pemasangan rangka pembeban vertikal dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Angkat ujung lengan pembeban agar rangka pembeban dapat diatur dalam posisi vertikal (posisi pengujian, Gambar A.5 Lampiran A);
- b) Putar sekrup batang pembeban sampai menyentuh landasan pembeban dan kencangkan sekrup batang pembeban agar letaknya tidak berubah;
- c) Pasang beban 10 g pada gantungan beban hingga letak lengan pembeban tidak mengambang.

5.2.2.2 Pemasangan arloji ukur gerak vertikal

Lakukan pemasangan arloji ukur gerak vertikal dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Pasang arloji ukur pada penopang arloji ukur;
- b) Setel lengan penggantung arloji ukur agar batang arloji ukur menyentuh batang penekan bagian atas;
- c) Setel arloji ukur sehingga letak jarum berada pada posisi nol.

5.2.2.3 Pemasangan arloji ukur gerak horizontal

Lakukan pemasangan arloji ukur gerak horizontal dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Pasang arloji ukur padaudukan arloji ukur gerak horizontal;
- b) Setel kedudukan arloji ukur agar batang arloji ukur menyentuh bak air;
- c) Setel arloji ukur sehingga letak jarum berada pada posisi nol.

6 Prosedur pengujian

6.1 Penjenuhan benda uji

Jenuhkan benda uji dengan cara mengisi bak dengan air hingga benda uji dan batu pori terendam seluruhnya. Sebelum pembebanan pada benda uji tanah dilakukan dengan cara meletakkan beban pada ujung sebuah balok datar, benda uji selalu direndam dalam air selama pengujian.

6.2 Pembebanan konsolidasi

Lakukan pembebanan konsolidasi dengan tahapan sebagai berikut.

- Lepaskan beban 10 g yang terpasang;
- Pasang beban pada gantungan beban sehingga benda uji mendapat tekanan sesuai dengan tekanan yang akan dialami di lapangan;
- Buka kunci lengan pembebanan dan baca deformasi pada arloji ukur gerak vertikal untuk waktu $t = 0; 0,25; 1,0; 4,0; 6,25; 9,0; 12,25; 16,0; 20,25; 60; 120; 240; 480; \text{ dan } 1440$ menit.

6.3 Penentuan waktu penggeseran

Waktu yang dibutuhkan benda uji untuk mencapai 50% konsolidasi dengan menggunakan metode logaritma waktu (*log time*) adalah sebagai berikut:

- Gambarkan hubungan antara logaritma waktu dengan bacaan deformasi;
- Pilih dua gambar pada grafik dengan nilai banding 1 : 4 (misal 0,5 menit dan 2,0 menit), lihat titik a dan b pada Gambar A.6;
- Tarik garis vertikal ad ke atas dengan jarak yang sama dengan ac;
- Ulangi langkah b) dan c) satu atau dua kali untuk waktu 0,25 menit dan 1 menit, serta 0,75 menit dan 3 menit;
- Tarik garis d_0 melewati elevasi rata-rata dari titik d yang diperoleh dengan langkah-langkah b), c), d), e) yang merupakan garis dengan derajat konsolidasi teoritis 0 %;
- Tarik garis AB menyinggung bagian lurus dari kurva logaritma waktu;
- Tarik garis DP menyinggung bagian bawah dari kurva logaritma waktu, dimulai dari titik akhir bacaan;
- Tentukan perpotongan garis AB dan DF (yaitu titik C) dengan derajat konsolidasi mencapai 100 %;
- Tarik garis horizontal d_{100} melalui titik C;
- Gambar skala derajat konsolidasi dengan $d_0 = 0 \%$ dan $d_{100} = 100 \%$;
- Tarik garis horizontal melalui $d_{50} = \frac{1}{2} (d_{100} + d_0)$;
- Tentukan absis titik potong garis horizontal d_{50} dengan kurva logaritma waktu, yaitu waktu yang diperlukan benda uji mengalami 50 % konsolidasi primer (t_{50});
- Hitung koefisien konsolidasi dengan persamaan (1).

6.4 Penggeseran benda uji

Lakukan penggeseran benda uji dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Buka baut pengunci kotak geser agar bagian atas dan bagian bawah kotak dapat bergeser;
- Setel kotak cincin pembebanan agar dapat menempel pada kotak geser bagian atas;
- Setel arloji ukur cincin pembebanan sehingga letak jarum ada pada posisi nol;
- Tentukan kecepatan penggeseran dengan menggunakan persamaan (2); Pilih kombinasi gigi agar kecepatan penggeseran alat mendekati hasil perhitungan pada langkah c);
- Tekan tombol listrik agar penggeseran dapat dimulai;
- Catat waktu, deformasi vertikal, deformasi horizontal, dan gaya geser cincin pembebanan;
- Hentikan penggeseran, apabila telah mencapai deformasi horizontal minimum 15% dari diameter benda uji semula;
- Setelah penggeseran selesai, matikan mesin dan kembalikan kotak geser pada posisi

sebelum digeser dengan menggerakkan mundur dongkrak penekan secara manual.

6.5 Pengeluaran benda uji dari kotak geser

Lakukan pengeluaran benda uji dari kotak geser dengan urutan sebagai berikut:

- Lepaskan beban dari gantungan pembeban;
- Naikkan dan putar penopang arloji ukur vertikal;
- Angkat ujung lengan pembeban dan rebahkan rangka pembeban pada posisi parkir (tidak dipakai);
- Keluarkan benda uji tanah dari kotak geser.

6.6 Pengulangan langkah-langkah pengujian

Ulangi langkah-langkah pengujian tersebut di atas dengan menggunakan minimum dua benda uji lagi untuk tekanan normal atau beban konsolidasi yang berbeda.

7 Perhitungan

7.1 Rumus-rumus perhitungan

7.1.1 Perhitungan tegangan normal dan kecepatan penggeseran

Sebelum proses penggeseran dilakukan, maka terlebih dahulu perlu ditentukan besar tegangan normal pada benda uji yang sekaligus berfungsi sebagai tegangan konsolidasi dengan menggunakan persamaan atau rumus berikut ini.

$$\sigma_n = \frac{BN}{A_i} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

σ_n adalah tegangan normal (kN/m²);

BN adalah gaya normal (kN);

A_i adalah luas benda uji awal berbentuk empat-persegi atau bulat.

Sedangkan untuk menentukan kecepatan penggeseran, maka terlebih dahulu benda uji harus dikonsolidasi dan hasilnya digunakan untuk menghitung koefisien konsolidasi dengan menggunakan persamaan atau rumus di bawah ini.

$$c_v = \frac{0,026 \times H^2}{t_{50}} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

c_v adalah koefisien konsolidasi (m² /tahun);

H adalah tinggi benda uji rata-rata (mm);

t_{50} adalah waktu 50 % konsolidasi (menit).

Kemudian kecepatan penggeseran (apakah masih memenuhi standar yang ditentukan) dihitung dengan menggunakan persamaan

$$v_g = \frac{\delta_f}{t_f} \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

v_g adalah kecepatan penggeseran (mm/menit);

δ_f adalah keruntuhan diasumsi pada 10 % diameter atau benda uji (mm);

t_f adalah waktu keruntuhan (menit) = 50% konsolidasi (= t_{50}).

7.1.2 Perhitungan deformasi horizontal, luas bidang geser dan tegangan geser

1) Deformasi horizontal

Deformasi horizontal diperoleh dari bacaan arloji ukur horizontal per satuan waktu, sehingga deformasi horizontal kumulatif diperoleh dengan menggunakan persamaan

$$HD = (DD - DD_i) \times DD_c \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

HD adalah deformasi horizontal (mm);
DD adalah bacaan arloji ukur (unit bacaan);
DD_i adalah bacaan awal arloji ukur (unit bacaan);
DD_c adalah konstanta arloji ukur (ketelitian 10⁻² mm).

2) Luas bidang geser

Dalam perhitungan perubahan tegangan geser pada waktu penggeseran, dapat diasumsikan 3 alternatif luas benda uji yaitu :

a) Asumsi luas benda uji tetap pada waktu penggeseran
Dengan persamaan :
 $A = A_i \dots\dots\dots(5)$

b) Asumsi luas benda uji berubah pada waktu penggeseran
Untuk benda uji berbentuk persegi,
 $A = A_i - (S \times HD) \dots\dots\dots(6)$

c) Untuk benda uji berbentuk bulat,
 $A = (\pi D^2 / 4) \times (\Theta - \sin (\Theta)) \dots\dots\dots(7)$

$$\Theta = 2 \times \arccos (HD/D) \dots\dots\dots(8)$$

dengan :

Θ adalah sudut untuk koreksi luas benda uji (radial);
A adalah luas benda uji (empat persegi atau bulat) pada waktu penggeseran (cm²);
A_i adalah luas awal benda uji (empat persegi atau bulat) pada waktu penggeseran (cm²);
S adalah panjang samping benda uji (cm) ;
D adalah diameter awal benda uji berbentuk bulat (cm) ;
HD adalah deformasi horizontal (mm).

3) Tegangan geser waktu pengujian

Untuk dapat menghitung perubahan tegangan geser pada waktu penggeseran, maka perlu ditentukan besarnya beban penggeseran dengan membaca arloji ukur pada cincin pembeban dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$LD_a = LD - LD_i \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{Beban} = LD_a \times LRC_1 \dots\dots\dots(10)$$

Sedangkan tegangan geser diperoleh dari persamaan

$$\tau = \frac{\text{Beban}}{A} \dots\dots\dots (11)$$

dengan :

- Θ adalah sudut untuk koreksi luas benda uji (radial);
- A adalah luas benda uji (empat persegi atau bulat) pada waktu penggeseran (cm²) ;
- S adalah panjang samping benda uji (cm) ;
- D adalah diameter awal benda uji berbentuk bulat (cm) ;
- LD_a adalah bacaan arloji ukur beban terkoreksi (unit bacaan);
- LD adalah bacaan arloji ukur beban (unit bacaan);
- LD_i adalah bacaan awal arloji ukur beban (unit bacaan);
- Beban adalah beban puncak atau gaya geser puncak (kN);
- LRC₁ adalah faktor kalibrasi (kN/ unit) ;
- τ adalah tegangan geser (kN/m²).

7.2 Prosedur perhitungan

Lakukan perhitungan kadar air awal dan akhir dengan tahapan sebagai berikut:

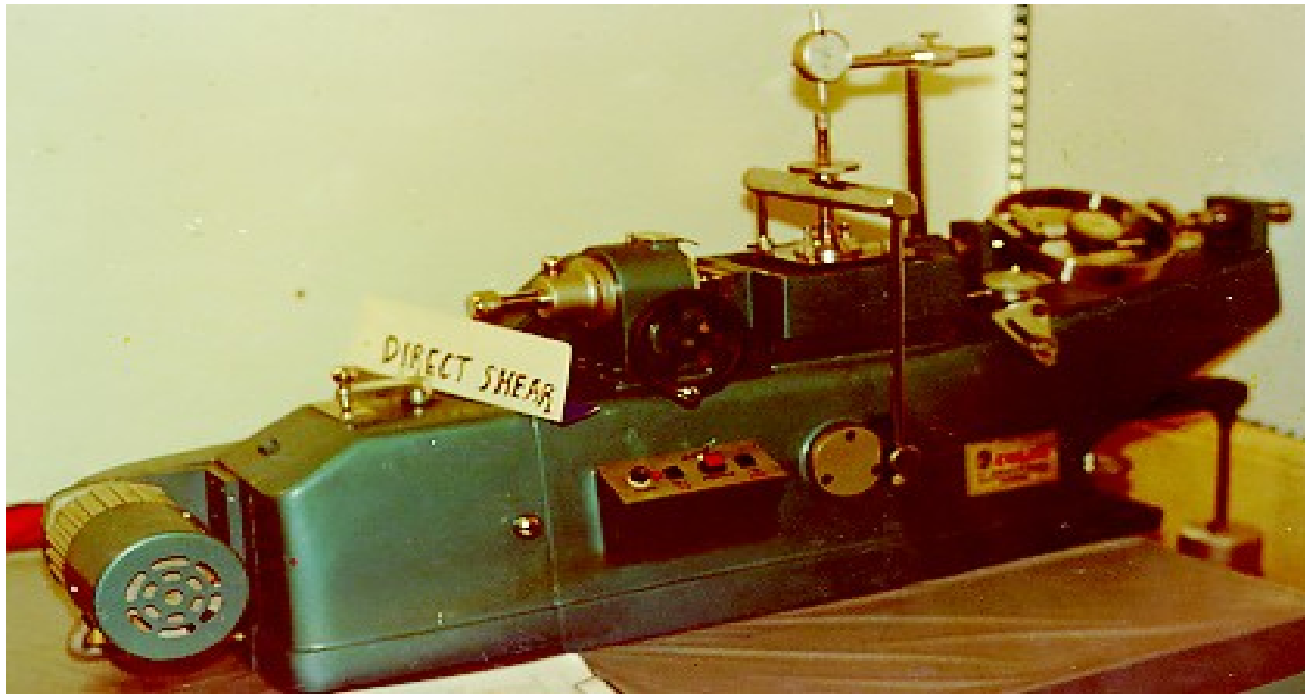
- a) Hitung berat volume basah dan berat volume kering;
- b) Hitung koefisien konsolidasi dengan menggunakan persamaan (2);
- c) Hitung kecepatan penggeseran dengan menggunakan persamaan (3);
- d) Hitung tegangan geser dengan menggunakan persamaan (11);
- e) Gambar hubungan antara deformasi horizontal dengan tegangan geser;
- f) Gambar hubungan antara deformasi horizontal dengan deformasi vertikal;
- g) Gambar hubungan antara tegangan geser versus tegangan vertikal dengan menarik garis lurus terbalik dari minimum tiga buah titik, sehingga diperoleh sudut geser dalam dari kekuatan geser tanah (ϕ' , c' , ϕ'_r , c'_r).

8 Laporan uji

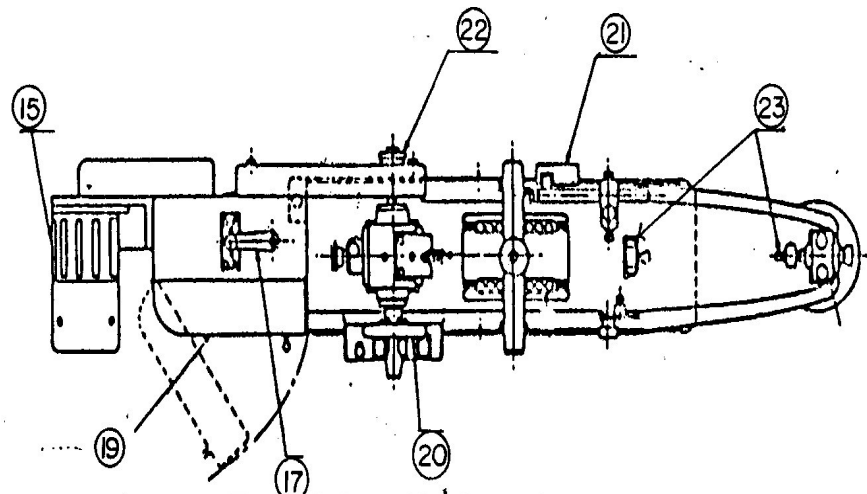
Lakukan pencatatan data yang diperoleh pada formulir laporan uji geser langsung, yang memuat hal-hal sebagai berikut :

- a) Nama proyek, lokasi, tanggal pengambilan contoh dan tanggal pengujian;
- b) Nama lubang bor, diameter lubang bor, elevasi lubang bor, kedalaman contoh cara membuat lubang bor;
- c) Deskripsi tipe alat uji geser;
- d) Identifikasi dan deskripsi contoh, termasuk tanah tidak terganggu dan tanah terganggu, dan catat setiap bentuk khusus (stratifikasi)-nya;
- e) Kadar air asli;
- f) Satuan massa basah (berat volume basah asli);
- g) Satuan massa kering (berat volume kering asli);
- h) Kedalaman tanah asli;
- i) Data uji dasar termasuk tegangan normal, regangan geser dan nilai perlawanan geser terkait, serta perubahan ketebalan benda uji;
- j) Gambar hubungan antara tegangan geser maksimum versus tegangan normal;
- k) Gambar hubungan antara tegangan geser versus regangan geser, dan perubahan ketebalan benda uji versus regangan geser untuk setiap benda uji;
- l) Urutan pembebanan khusus atau persyaratan penjenjangan khusus berdasarkan prosedur yang ditentukan;
- m) Nama-nama penguji, pengawas dan penanggung jawab hasil uji beserta tanda tangannya.

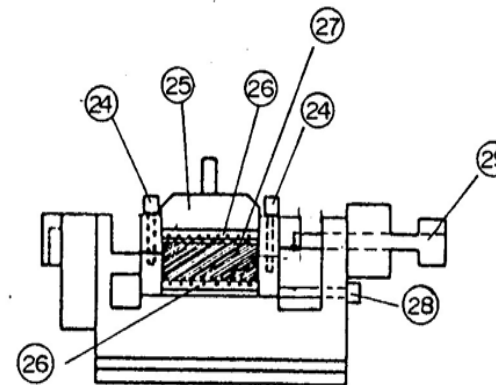
Lampiran A
(informatif)
Gambar- gambar



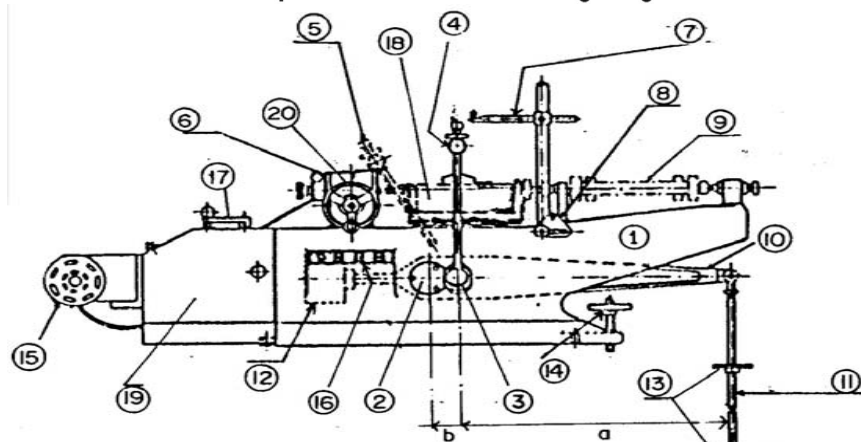
Gambar A.1 Contoh peralatan uji geser langsung



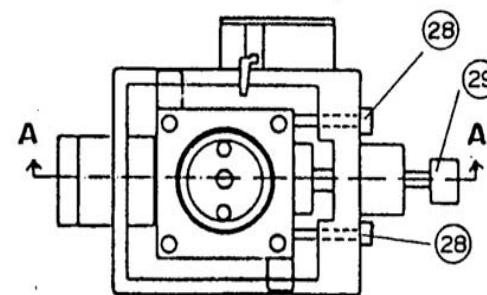
Tampak Atas Alat Geser Langsung



Potongan A-A Kotak Geser Langsung



Tampak samping alat Geser langsung

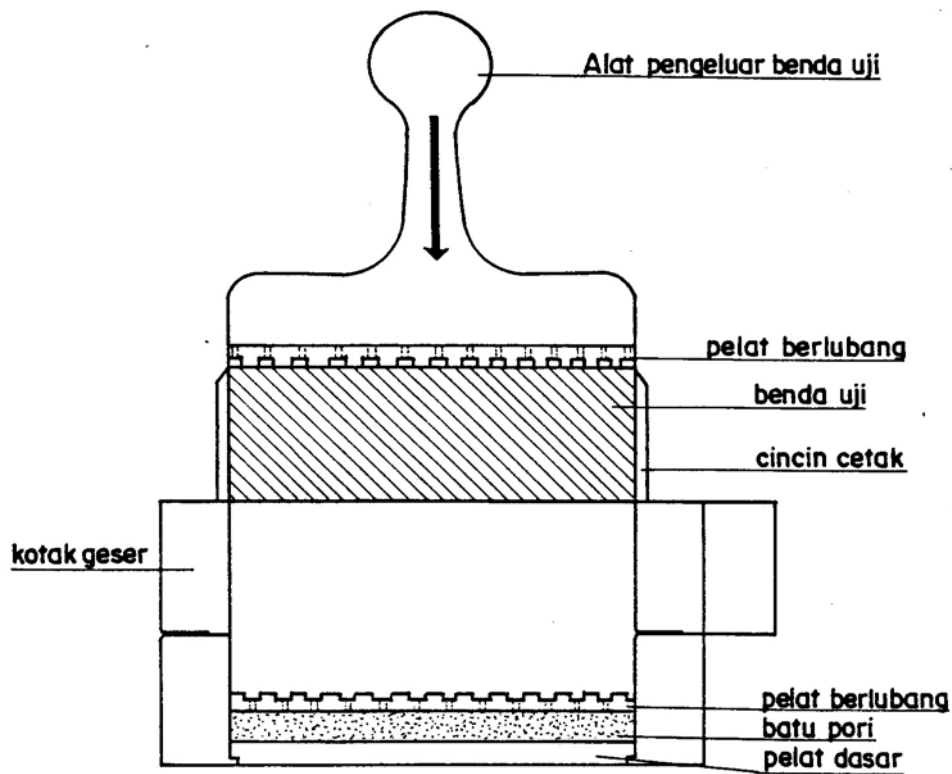


Tampak atas Kotak Geser Langsung

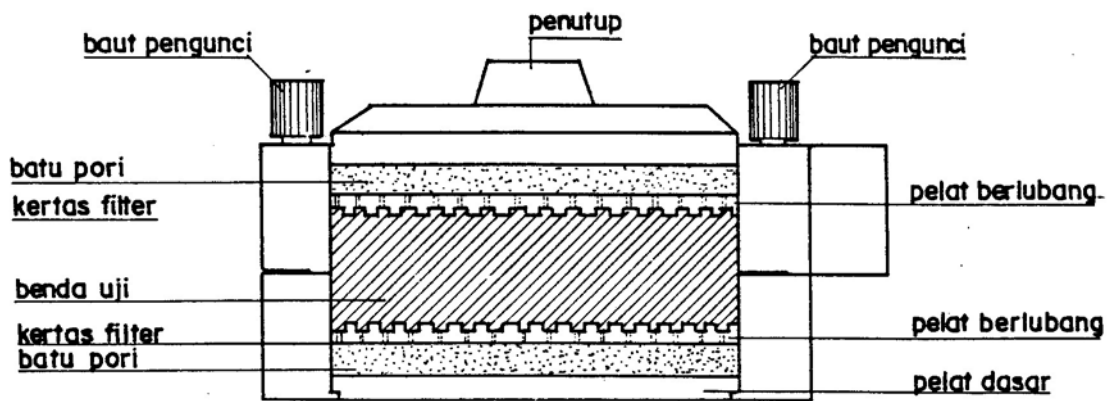
KETERANGAN :

- ① dudukan alat pembeban
- ② tumpuan putar alat pembeban
- ③ bantalan rangka pembeban
- ④ rangka pembeban pada posisi pengujian
- ⑤ rangka pembeban pada posisi parkir
- ⑥ dongkrak penekan horizontal dengan sistem roda gigi
- ⑦ lengan penggerak arloji ukur konsolidasi
- ⑧ dudukan arloji ukur gerak horizontal
- ⑨ cincin pengukur beban
- ⑩ lengan pembeban vertikal
- ⑪ gantungan beban
- ⑫ beban imbang
- ⑬ beban
- ⑭ sekrup pengunci beban
- ⑮ motor listrik
- ⑯ tombol listrik
- ⑰ persnelling pemutar gerak horizontal
- ⑱ bak air dan kotak geser dengan pintu beban gesel
- ⑲ pemutar tangan gerak horizontal
- ⑳ tombol otomatis untuk mencegah gerak horizontal berlebihan
- ㉑ kopling otomatis
- ㉒ sekrup pengencang cincin pembeban
- ㉓ baut pengunci kotak geser
- ㉔ landasan pembeban
- ㉕ batu pori
- ㉖ pelat berlubang
- ㉗ baut penahan kotak geser
- ㉘ piston cincin pembeban

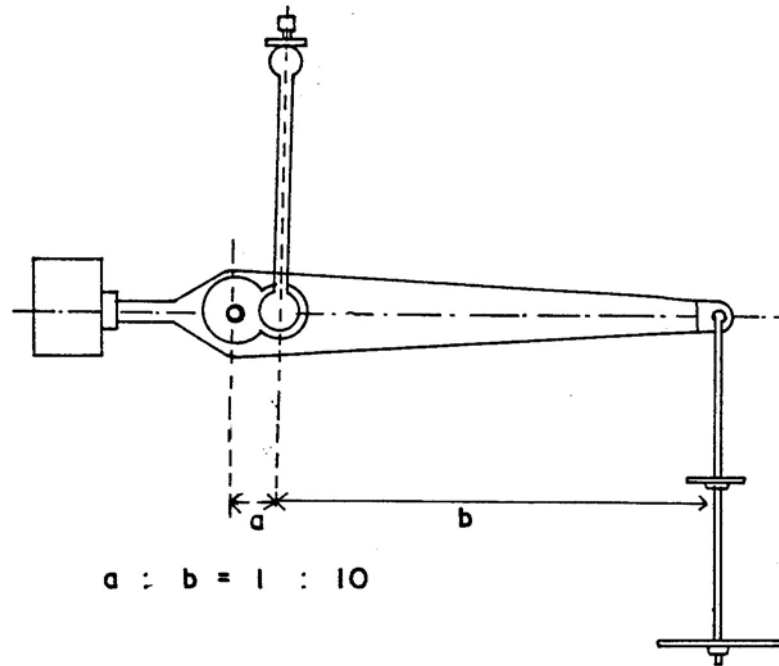
Gambar A.2 Contoh rangkaian alat uji geser langsung



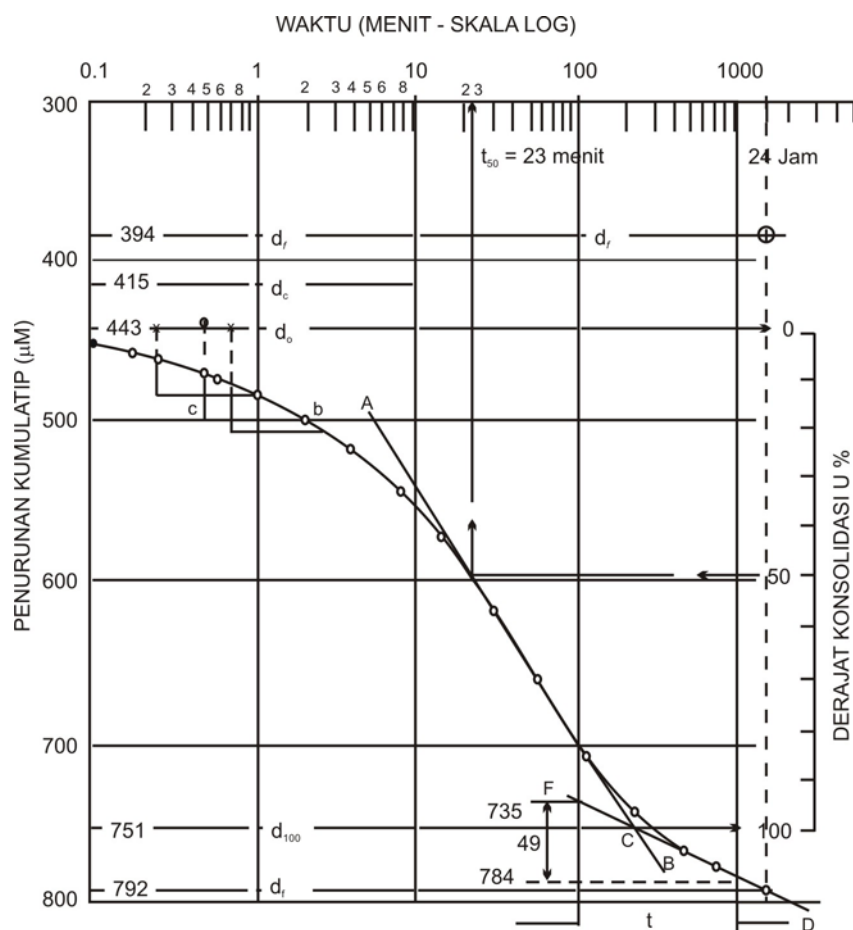
GambarA.3 Sketsa cara memasukkan benda uji dalam kotak geser



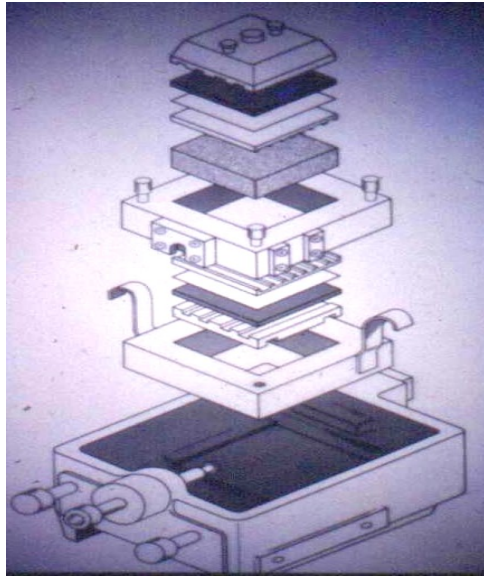
Gambar A.4 Sketsa susunan benda uji dalam kotak geser



Gambar A.5 Lengan pembebanan vertikal



Gambar A.6 Grafik hubungan antara logaritma waktu dan penurunan kumulatif



A.7 Rangkaian kotak benda uji



A.8 Pencetakan benda uji dengan cincin cetak



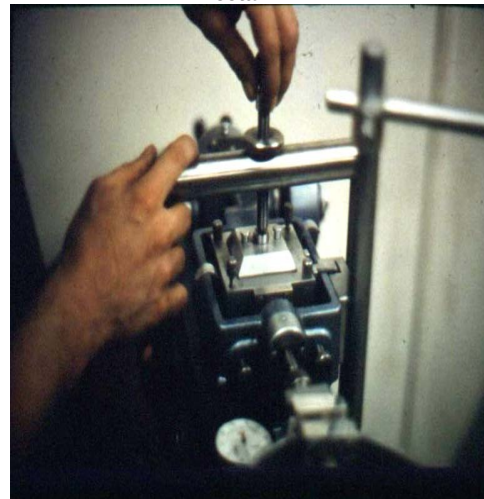
A.9 Pemasangan benda uji dalam kotak benda uji



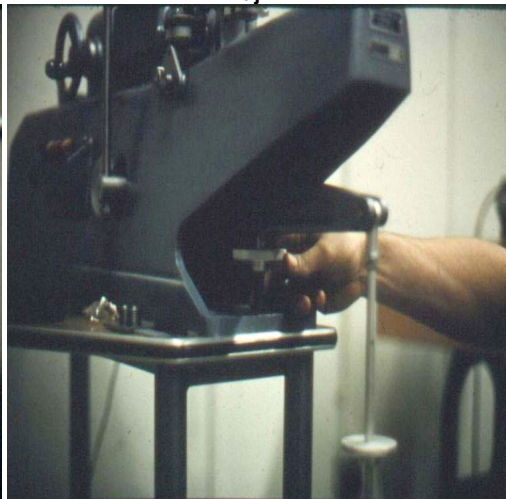
A.10 Perataan benda uji dalam kotak



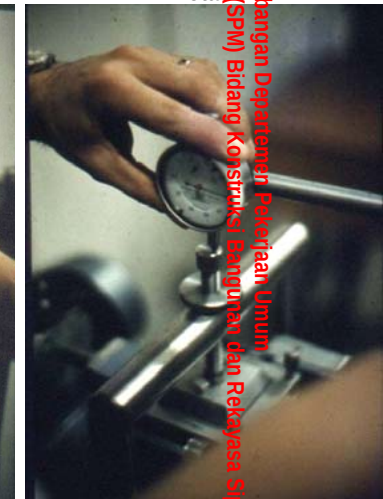
A.11 Pemasangan kotak geser dalam bak air, dan penyambungan dengan sekrup ke



A.12 Penyetelan tiang pembeban vertikal dengan pemutaran sekrup agar menekan



A.13 Pemasangan sekrup penahan beban agar beban yang akan dipasang masih dapat



A.14 Penyetelan arloji ukur deformasi vertikal agar berada pada

"Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil"

cincin pembeban



A.15 Pemberian beban yang tepat sesuai kebutuhan untuk konsolidasi dan pelepasan sekrup pengunci beban

pada benda uji secara sentris



A.16 Proses konsolidasi selama 24 jam

berfungsi

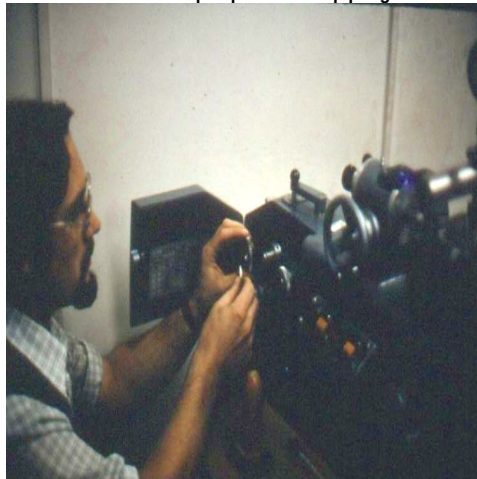


A.17 Penyetelan cincin pembeban dan pemasangan pada dudukannya

dudukan yang tepat.



A.18 Penyetelan arloji untuk deformasi horizontal pada dukannya



A.19 Penentuan kombinasi roda gigi (gear) yang akan digunakan dalam pengujian



A.20 Penyetelan agar supaya kotak geser menyentuh cincin pembeban sebelum pengujian

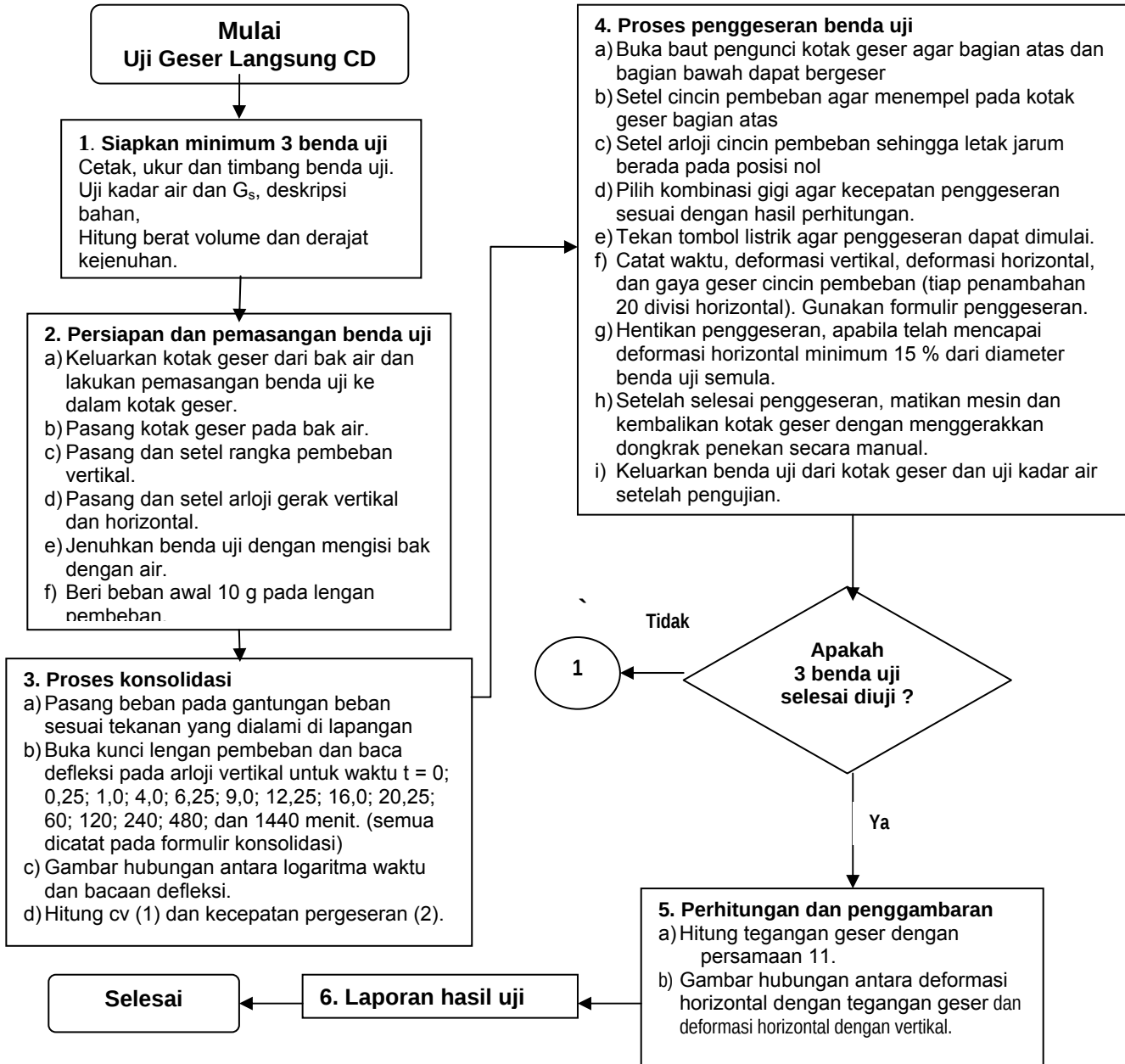


A.21 Proses penggeseran dan pencatatan arloji ukur deformasi vertikal, horizontal dan cincin pembeban

"Copy standar ini dibuat oleh SN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil"

Lampiran B (normatif)

Bagan alir cara uji kuat geser langsung tanah terkonsolidasi dan terdrainase



Tabel C.1 Contoh formulir bacaan hasil uji geser langsung CD

19 dari 24

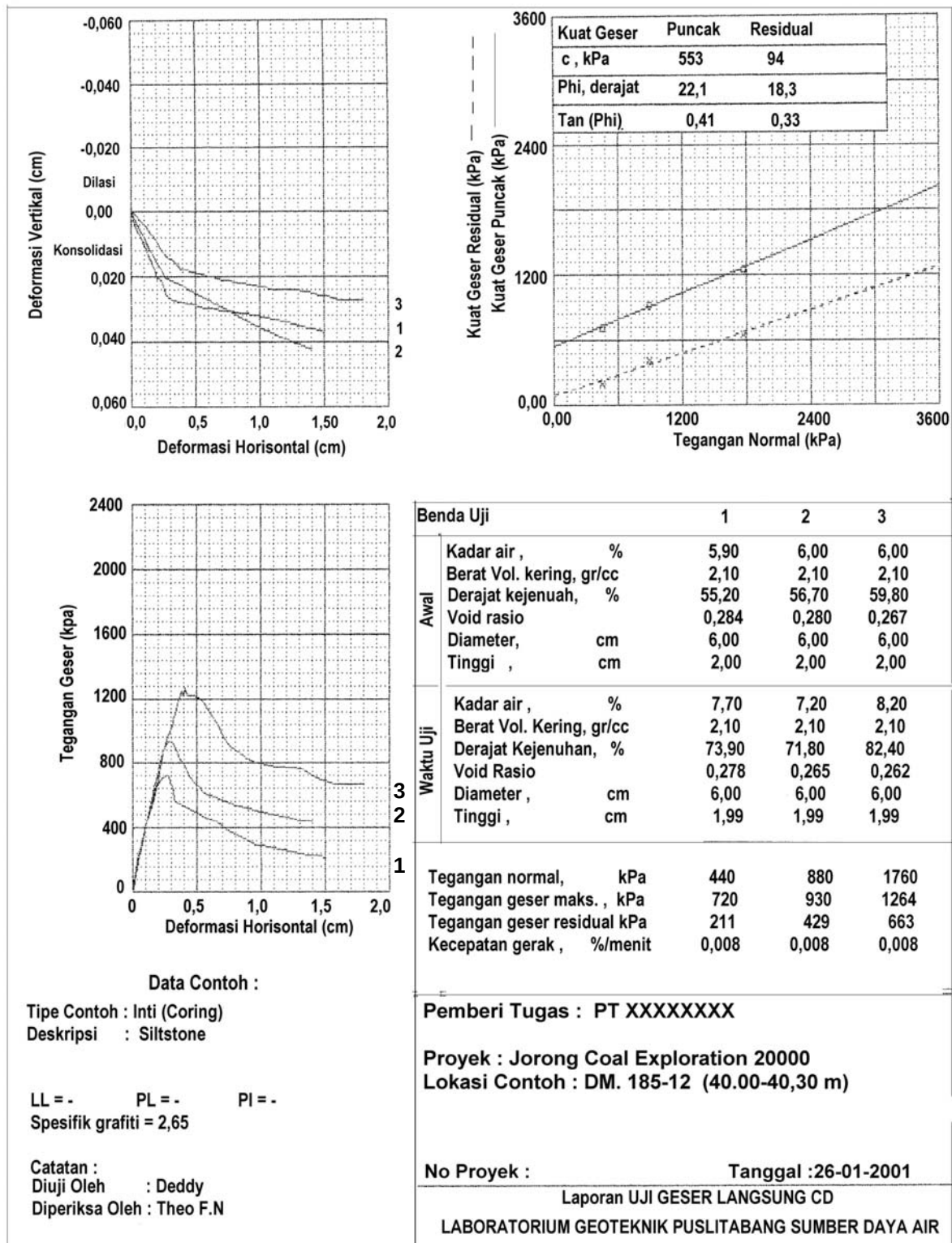
Tabel C.2 Contoh bacaan hasil uji geser langsung CD

UJI GESER LANGSUNG CD							
Data Proyek.							
No Proyek :		Tanggal Uji : 26-01-2001		Data file :			
Pemberi Kerjaan :		Contoh					
Proyek :		Jorong Coal Exploration 2000					
Lokasi Contoh :		DM.185-12 (40,00m s.d 40,30m)		Penguji :		Deddy	
Deskripsi Contoh :		Silt abu-abu		Penyelia :		Theo FN	
Data Benda Uji No. 1							
Tipe benda uji : Inti hasil pengeboran							
Spesifik gravity : 2,65		LL =	%	PL=	%	PI =	%
Parameter benda uji		Sebelum pengujian			Waktu pengujian		
Diameter (cm)		6,000					
Tinggi (cm)		2,000			1,990		
Berat (g)		123,600					
Kadar air (%)		5,900			7,700		
Berat Vol. Kering (g/cc)		2,100					
Derajat kejenuhan (%)		55,200					
Angka pori (-)		0,284					
Data Hasil Uji							
Konstanta arloji ukur deformasi horizontal = 0,001 cm/unit divisi							
Konstanta arloji ukur deformasi vertikal = 0,001 cm/unit divisi							
Konstanta cincin ukur beban = 1,77 x 10 ⁻³ kN/divisi							
Kecepatan pergeseran horizontal = 0,008 %/menit							
Tegangan normal = 440 kPa							
NO.	Horizontal		Cincin Pembeban (Divisi)	Beban (kN)	Tegangan Geser (kPa)	Vertikal	
	Bacaan arloji	Deformasi (cm)				Bacaan arloji	Deformasi (cm)
0	0,0	0,000	0	0,0	0,00	977,2	0,0000
1	40,0	0,040	240	0,4	151,01	972,2	0,0050
2	80,0	0,080	506	0,0	318,37	969,8	0,0074
3	120,0	0,120	720	1,3	453,02	965,5	0,0117
4	160,0	0,160	871	1,5	548,03	961,6	0,0156
5	200,0	0,200	1060	1,0	666,94	956,7	0,0205
6	240,0	0,240	1122	2,0	705,95	956,4	0,0208
7	270,0	0,270	1141	2,0	717,91	952,0	0,0249
8	280,0	0,280	1145	2,0	720,43 (P)*	951,5	0,0257
9	290,0	0,290	1135	2,0	714,15	951,2	0,0260
10	320,0	0,320	991	1,8	623,53	950,3	0,0269
11	330,0	0,330	911	1,6	573,19	950,0	0,0272
12	340,0	0,340	878	1,6	552,43	950,0	0,0272
13	380,0	0,380	851	1,5	535,44	949,7	0,0275
14	420,0	0,420	825	1,5	519,08	949,3	0,0279
15	460,0	0,460	798	1,4	502,10	948,9	0,0283
16	500,0	0,500	771	1,4	485,11	948,5	0,0287
17	540,0	0,540	745	1,3	468,75	948,1	0,0291
18	580,0	0,580	718	1,3	451,76	947,7	0,0295
19	620,0	0,620	705	1,3	443,58	947,5	0,0297
20	660,0	0,660	688	1,2	432,88	947,2	0,0300
21	700,0	0,700	639	1,1	402,05	946,9	0,0303
22	740,0	0,740	611	1,1	384,44	946,7	0,0305
23	780,0	0,780	585	1,0	368,08	946,5	0,0307
24	820,0	0,820	558	1,0	351,09	946,3	0,0309
25	860,0	0,860	531	0,9	334,10	946,1	0,0311
26	900,0	0,900	505	0,9	317,74	945,9	0,0313
27	940,0	0,940	478	0,9	300,75	945,7	0,0315
28	980,0	0,980	457	0,8	287,54	945,2	0,0320
29	1020,0	1,020	451	0,8	283,77	944,8	0,0324
30	1060,0	1,060	440	0,8	276,84	944,6	0,0326

* Kuat geser puncak (peak strength) tertinggi

NO.	Horizontal		Cincin Pembeban (Divisi)	Beban (kN)	Tegangan Geser (kPa)	Vertikal	
	Bacaan arloji	Deformasi (cm)				Bacaan arloji	Deformasi (cm)
31	1100,0	1,100	430	0,8	270,55	944,2	0,0330
32	1140,0	1,140	419	0,7	263,63	943,9	0,0333
33	1180,0	1,180	410	0,7	257,97	943,6	0,0336
34	1220,0	1,220	400	0,7	251,68	943,2	0,0340
35	1260,0	1,260	391	0,7	246,01	942,8	0,0344
36	1300,0	1,300	382	0,7	240,35	942,4	0,0348
37	1340,0	1,340	372	0,7	234,06	942,0	0,0352
38	1380,0	1,380	363	0,6	228,40	941,6	0,0356
39	1420,0	1,420	354	0,6	222,73	941,2	0,0360
40	1460,0	1,460	345	0,6	217,07	940,8	0,0364
41	1500,0	1,500	335	0,6	210,78 (R)**	940,4	0,0368

** Kuat geser residu (*residual strength*) terendah



Gambar C.1 Contoh grafik hasil uji geser langsung CD

Lampiran D
(informatif)

Tabel daftar deviasi teknis dan penjelasannya

No.	Materi	Sebelum	Revisi
1	Judul	Metode Pengujian Geser Langsung Tanah Terkonsolidasi dengan Drainase	Cara uji kuat geser langsung tanah terkonsolidasi dengan drainase
2	Format	Format SNI	Tetap
2	Acuan normatif	Ada	ASTM yang terkait agar dipindah ke Bibliografi.
3	Istilah dan definisi	Sudah ada	Perbaiki sedikit pada beberapa penjelasan, disusun menurut abjad.
4	– Penjelasan rumus dan gambar – Penjelasan cara kerja peralatan, bagan alir cara uji, dan contoh uji	Sudah ada	Lengkapi penjelasan rumus dan gambar, serta cara kerja peralatan secara skematis.
5	Rumus	Sudah ada	Lengkapi rumus dengan gambar dan satuan serta perhitungannya.
6	Gambar	Gambar masih kurang jelas	Perbaiki, lengkapi dan perjelas gambar-gambar cara kerja alat, bagan alir cara kerja dan cantumkan sumbernya.
7	Contoh Formulir	Belum lengkap	Penambahan contoh uji/ perhitungan (Lampiran C).

Bibliografi

ASTM D 3080-90 “*Test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions*”,

ASTM D 2435-90 (1990), “*Test method for one dimensional consolidation properties of soils*”.

ASTM D 2487-90 (1990), “*Test method for classification of soils for engineering purposes*”.

ASTM D 2488-90 (1990), “*Practice for description and identification of soils (visual-manual procedure)*”.

ASTM D 3080-90 (1990), “*Test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions*”.

Departemen Pekerjaan Umum, 2005, “*Pedoman penyelidikan geoteknik untuk fondasi bangunan air*”, Vol.1: Penyusunan program penyelidikan, metode pengeboran dan deskripsi log bor (Pd.T 03.1- 2005-A), Vol.2: Pengujian lapangan dan laboratorium (Pd.T 03.2-2005-A), dan Vol.3: Interpretasi hasil uji dan penyusunan laporan penyelidikan geoteknik (Pd.T 03.3-2005-A), Kep.Men. Pekerjaan Umum No: 498/KPTS/M/2005, Jakarta, tgl. 22 Nov 2005.

Head, K,H (1981), “*Manual of Soil Laboratory Testing*”, Vol, II, Pentech Press, London, Plymouth, hal. 509- 571, ISBN 0-7273-1305-3.

Sosrodarsono, S dan Takeda K (1977) Editor, “*Bendungan Tipe Urugan*”, Penerbit Pradnya Paramita Jakarta 1977.

Geosystem (1987), “*ShearTM Software for Soil Shear Test Reports*”, Von Gunten Engineering Software Inc. PO. Box 8813, Fort Collins Colorado 80525.