

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 3423:2008

Cara uji analisis ukuran butir tanah

© BSN 2008

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	iii
Pendahuluan.....	iv
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Prinsip pengujian	2
4.1 Pengujian dengan alat hidrometer	2
4.2 Analisis saringan.....	4
4.2.1 Analisis saringan fraksi yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm)	4
4.2.2 Analisis saringan fraksi yang lolos saringan No.10 (2,00 mm)	4
5 Peralatan	4
6 Bahan dispersi	9
7 Persyaratan umum untuk berat	9
8 Benda uji.....	9
9 Cara pengerjaan	11
9.1 Dispersi contoh tanah	11
9.2 Alternatif metode dispersi contoh tanah.....	11
9.3 Air higroskopis	11
9.4 Analisis saringan fraksi yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm)	11
9.5 Analisis hidrometer dan saringan fraksi yang lolos saringan No.10 (2,00 mm)	12
9.5.1 Penentuan koreksi gabungan untuk pembacaan hidrometer	12
9.6 Pengujian hidrometer.....	12
9.7 Analisis saringan.....	14
10 Perhitungan	15
10.1 Persentase air higroskopis.....	15
10.2 Persentase material kasar	15
10.3 Persentase tanah dalam larutan (suspensi)	16
10.4 Diameter butiran tanah dalam suspensi	17
10.5 Analisis saringan butir halus	19
10.6 Penggambaran	19
11 Pelaporan	20
12 Ketelitian	21
Lampiran A (normatif) Contoh formulir pengujian.....	23
Lampiran B (informatif) Contoh perhitungan formulir pengujian	25
Bibliografi.....	27

Gambar 1	Kedalaman efektif L	3
Gambar 2	Tongkat pengaduk	5
Gambar 3	Mangkok dispersi	5
Gambar 4	Mangkok dispersi <i>wintermyer</i>	6
Gambar 5	Tangki untuk memelihara suspensi tanah pada temperatur konstan selama analisis hidrometer	8
Gambar 6	Hidrometer	14
Gambar 7	Kurva akumulasi ukuran butir tanah	20
Tabel 1	Standar ukuran saringan	7
Tabel 2	Ukuran batang kaca	9
Tabel 3	Besaran butir	10
Tabel 4	Harga a, untuk berbagai harga G	16
Tabel 5	Harga kedalaman efektif berdasarkan hidrometer dan larutan sedimentasi di dalam silinder berukuran khusus ^a	17
Tabel 6	Harga K untuk digunakan dalam rumus menghitung diameter butir tanah pada analisis hidrometer ⁽¹⁾	19
Tabel 7	Hasil analisis mekanis	21
Tabel 8	Ketelitian operator tunggal	21
Tabel 9	Ketelitian multilaboratorium	22
Tabel A.1	Formulir analisis saringan contoh 1	23
Tabel A.2	Formulir analisis hidrometer contoh 2	24
Tabel B.1	Analisis saringan contoh 1	25
Tabel B.2	Analisis hidrometer contoh 2	26

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang “Cara uji analisis ukuran butir tanah” adalah revisi dari SNI 03-3423-1994, *Metode pengujian analisis ukuran butir tanah dengan alat hidrometer*. Standar ini menggunakan referensi AASHTO T88-00, *Standard method of test for particle size analysis of soils*.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknik Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Geoteknik Jalan pada Subpanitia Teknik Rekayasa Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas dalam forum konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 25 April 2006 di Bandung, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Cara uji ini dilakukan untuk mendapatkan gradasi tanah pada klasifikasi tanah bagi perencana maupun pengawas lapangan.

Cara uji ini terdiri atas 2 cara yaitu Cara uji analisis hidrometer dan cara uji analisis saringan.

Peralatan yang digunakan adalah oven pengering, timbangan, alat pengaduk mekanis, hidrometer, silinder sedimentasi, termometer, saringan, bak air, gelas kimia, alat pengukur waktu, wadah/cawan, dan batang kaca.

Bahan dispersi yang digunakan adalah sodium heksametaphospat, dan larutan garam.

Prosedur cara uji adalah:

1. Cara uji analisis hidrometer

Tanah yang butirnya sangat kecil yakni lebih kecil dari No.200 (0,075 mm) tidak efektif lagi disaring dengan saringan yang lebih kecil dari No.200 bila ingin menentukan besaran butirnya. Oleh sebab itu tanah dicampur dengan air suling yang ditambah bahan dispersi, sehingga tanah dapat terurai, kemudian dipantau dengan alat hidrometer. Kecepatan mengendap butiran dihubungkan dengan rumus stoke guna mendapatkan distribusi butiran tanah.

2. Cara uji analisis saringan, dibedakan menjadi 2, yaitu:

a. Analisa saringan fraksi yang tertahan saringan No. 10 (2,00 mm)

Sejumlah contoh tanah 500 g yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm) akan ditentukan jumlah dan distribusi butirnya, dipisahkan dalam rangkaian susunan saringan 75, 50, 25, 9,5 dan 4,75 (3 in, 2 in, 1 in, 3/8 in dan No.4). Saringan dengan ukuran lubang besar diletakkan di atas saringan yang mempunyai ukuran lubang lebih kecil. Penggunaan saringan lainnya mungkin saja diperlukan, tergantung contoh dan spesifikasi bahan yang di uji. Saringan No.2,00 mm harus digunakan, bila contoh dipersiapkan sesuai dengan AASHTO T 146.

b. Analisis Saringan fraksi yang lolos saringan No. 10 (2,00 mm)

Contoh tanah yang lolos saringan 2,00 mm sebanyak 100-50 g dilakukan analisa hidrometer terlebih dahulu. Setelah langkah terakhir pengujian hidrometer selesai maka tanah kering yang tertahan pada saringan No.200 (0,075 mm) tersebut ditentukan jumlah dan distribusi butirnya dengan menggunakan serial saringan No.40 (0,425 mm) sampai saringan No.200 (0,075 mm).

Cara uji analisis ukuran butir tanah

1 Ruang lingkup

Cara uji ini merupakan prosedur untuk mendapatkan jumlah dari distribusi ukuran butir tanah.

2 Acuan normatif

SNI 03-1965-1990, *Metode pengujian kadar air tanah*

SNI 03-1975-1990, *Metode mempersiapkan contoh tanah dan tanah mengandung agregat*

SNI 03-3962-1995, *Metode pengujian distribusi butir sedimen layang secara gravimetri dengan ayakan*

SNI 03-6388-2000, *Spesifikasi agregat lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas dan lapis permukaan*

SNI 03-6408-2000, *Tata cara penentuan suku bilangan yang signifikan terhadap nilai batas yang dipersyaratkan*

SNI 03-6414-2002, *Spesifikasi timbangan yang digunakan pada pengujian bahan*

SNI 03-6797-2002, *Tata cara klasifikasi tanah dan campuran tanah agregat untuk konstruksi jalan*

SNI 03-6866-2002, *Spesifikasi saringan anyaman kawat untuk keperluan pengujian*

SNI 03-6865-2002, *Tata cara pelaksanaan program uji antar laboratorium untuk penentuan presisi metode uji bahan konstruksi*

AASHTO R 16, *Regulatory information for chemicals used in AASHTO test*

AASHTO T 146, *Wet preparation of disturbed soil samples for test*

ASTM E 100, *Specification for ASTM hydrometer*

3 Istilah dan definisi

3.1

analisis saringan

suatu usaha untuk mendapatkan distribusi ukuran butir tanah dengan menggunakan analisis saringan

3.2

dispersi

penghancuran gumpalan-gumpalan tanah dengan menggunakan bahan pengurai yaitu antara lain: dengan larutan natrium silikat (*water glass*) dengan berat jenis 1,023 untuk gumpalan tanah yang tidak mengandung kapur, atau dengan larutan natrium heksametaposfat (*calgon*) yang mengandung 33 gram natrium heksametaposfat dan 7 gram natrium karbonat anhidrid per liter untuk menghancurkan gumpalan tanah mengandung kapur dan dapat juga menggunakan larutan 40 gram sodium heksametaposfat dalam 1 liter air suling

3.3

gradasi

jumlah dan distribusi ukuran butir yang dapat diperoleh dari grafik hasil analisis saringan dan analisis hidrometer, sehingga diperoleh informasi mengenai gradasi baik

3.4

hidrometer

suatu alat pengujian untuk menentukan jumlah dan distribusi ukuran butir tanah yang melewati saringan No.10 (2,00 mm) berdasarkan proses sedimentasi tanah

3.5

klasifikasi tanah

informasi mengenai sifat-sifat teknik tanah yang didapat dari hasil pengujian kadar air, batas-batas Atterberg, distribusi ukuran dan kepadatan butir

3.6

suspensi

butiran-butiran tanah dicampur air dan bahan dispersi, merupakan larutan yang mengalami sedimentasi

4 Prinsip pengujian

4.1 Pengujian dengan alat hidrometer

- a) Di dalam analisis hidrometer, contoh tanah yang akan diuji dilarutkan di dalam air, dan dalam keadaan jatuh bebas butir-butir tanah turun mengendap ke dasar tabung tempat larutan tanah air itu ditempatkan. Dalam hal ini dibutuhkan contoh tanah antara lain 100 gram atau 50 gram yang lolos saringan No.10 (2,00 mm).
- b) Kecepatan mengendap dari butir-butir tanah akan berbeda-beda, tergantung dari ukuran butir tanah tersebut. Ukuran butir yang lebih besar dan lebih berat akan mengalami sedimentasi (mengendap) terlebih dahulu dengan kecepatan mengendap lebih besar dari butir yang lebih kecil dan lebih ringan. Agar gumpalan tanah cepat terurai maka digunakan bahan dispersi. Penggunaan yang berkaitan dengan bahan kimia sesuai dengan AASHTO R 16.
- c) Untuk menentukan kecepatan mengendap dari butir-butir tanah di dalam air digunakan hukum Stoke. Butir tanah dianggap berbentuk bulat, dengan rumus:

$$V = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} d^2 \dots\dots\dots (1)$$

dengan pengertian:

- V adalah kecepatan mengendap butir-butir tanah (cm/detik);
- γ_s adalah berat volume butir-butir tanah (gram/cm³);
- γ_w adalah berat volume air (gram/cm³);
- η adalah kekentalan air (gram-detik/cm²);
- d adalah diameter butir tanah (mm).

- d) Bila alat ukur hidrometer dicelupkan dan didiamkan dalam larutan (air + tanah) yang pengendapannya masih berlangsung, alat ukur hidrometer dapat mengukur harga berat jenis dari larutan sampai kedalaman efektif L (lihat Gambar 1).

- e) Jika T dinyatakan sebagai waktu yang dihitung dari saat pengujian dimulai, butir-butir tanah yang mengendap di luar daerah pengukuran (kedalaman efektif L) akan mempunyai diameter d yang memenuhi rumus:

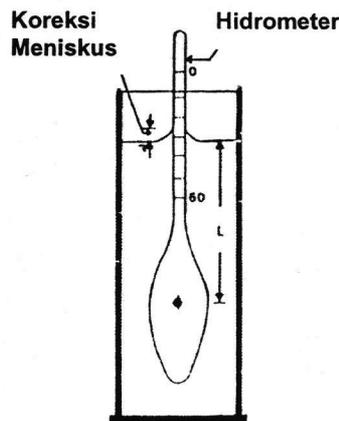
$$d = \sqrt{\frac{30 \eta L}{980 (G - G_1) T}} \dots\dots\dots (2)$$

$$L = L_1 + \frac{1}{2} [L_2 - (V_B / A)] \dots\dots\dots (3)$$

dengan pengertian:

- d adalah diameter butir tanah maksimum dalam ukuran mm;
- η adalah koefisien kekentalan media suspensi (dalam hal ini adalah air), dalam gram-detik/cm³, harganya bervariasi sesuai perubahan temperatur media suspensi;
- L adalah jarak dari permukaan suspensi ke tempat kepadatan suspensi yang diukur, dalam mm (diberikan oleh alat ukur hidrometer dan sedimentasi dalam tabung, harganya bervariasi sesuai pembacaan hidrometer. Jarak ini disebut juga dengan kedalaman efektif);
- L₁ adalah jarak sepanjang batang hidrometer dari ujung bawah labu (*bulb*) terhadap tanda untuk pembacaan hidrometer dalam ukuran mm;
- L₂ adalah panjang keseluruhan labu hidrometer dalam ukuran mm. Untuk hidrometer 151 H dan 152 H, harga L₂ = 140 mm;
- V_B adalah volume labu (*bulb*) hidrometer, dalam mm³ untuk hidrometer 151 H dan 152 H, harga V_B = 67000 mm³;
- A adalah luas penampang tabung sedimentasi, dalam mm² untuk hidrometer 151 H dan 152 H, harga A = 2780 mm²;
- T adalah interval waktu dari mulainya pengendapan sampai waktu pembacaan, dalam menit;
- G adalah berat jenis butiran tanah;
- G₁ adalah berat jenis media suspensi (1,0 untuk air).

- f) Dengan melakukan pembacaan hidrometer, dan koreksi pembacaan (terhadap temperatur dan *meniscus*) dalam selang waktu tertentu, akan diperoleh besaran butir tanah, d.



Gambar 1 Kedalaman efektif L

4.2 Analisis saringan

4.2.1 Analisis saringan fraksi yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm)

Sejumlah contoh tanah 500 gram yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm) akan ditentukan jumlah dan distribusi butirnya, dipisahkan dalam rangkaian susunan ukuran saringan 75 mm; 50 mm; 25 mm; 9,5 mm dan 4,75 mm (3 inci, 2 inci, 1 inci, 3/8 inci dan No.4). Saringan dengan ukuran lubang besar diletakkan di atas saringan yang mempunyai ukuran lubang lebih kecil. Penggunaan saringan lainnya mungkin saja diperlukan, tergantung contoh dan spesifikasi bahan yang di uji. Saringan No.10 (2,00 mm) harus digunakan, bila contoh dipersiapkan sesuai dengan AASHTO T 146.

4.2.2 Analisis saringan fraksi yang lolos saringan No.10 (2,00 mm)

Contoh tanah yang lolos saringan No.10 (2,00 mm) sebanyak 100 gram atau 50 gram dilakukan analisis hidrometer terlebih dahulu. Setelah langkah terakhir pengujian hidrometer selesai maka tanah kering yang tertahan pada saringan No.200 (0,075 mm) tersebut ditentukan jumlah dan distribusi butirnya dengan menggunakan serial saringan No.40 (0,425 mm) sampai dengan saringan No.200 (0,075 mm).

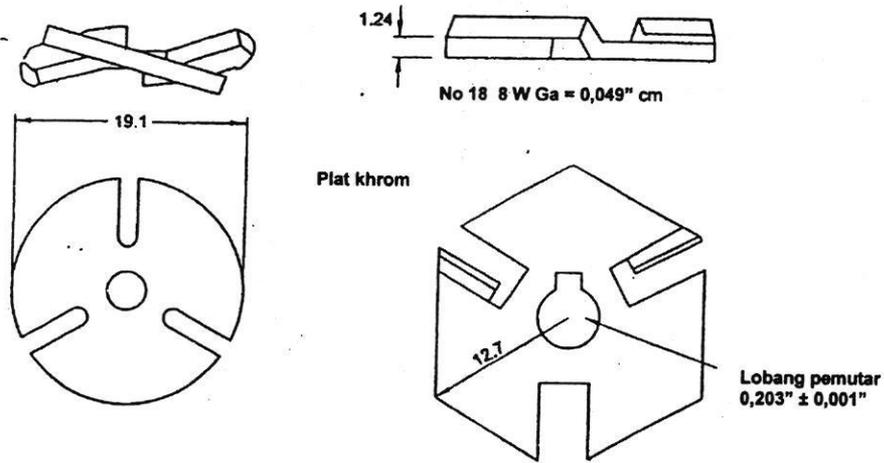
5 Peralatan

Peralatan terdiri atas:

- a) oven pengering yang dapat mengatur dan menjaga temperatur sebesar $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ untuk mengeringkan contoh analisis saringan;
- b) timbangan dengan kapasitas yang cukup dapat menimbang sampai 0,1 persen dari berat contoh, atau lebih teliti;
- c) alat pengaduk yang dapat dijalankan secara mekanis, terdiri atas motor listrik yang dapat memutar batang vertikal dengan kecepatan tidak kurang dari 10.000 revolusi per menit dan tanpa beban. Tongkat pengaduk dapat diganti dan biasanya terdiri atas logam, plastik atau karet keras dengan desain seperti Gambar 2;

Panjang tongkat pengaduk tidak kurang dari 19,00 mm (3/4 inci) dan tidak lebih dari 38 mm (1,5 inci) yang diletakkan di atas dasar dari mangkok dispersi. Mangkok dispersi harus sesuai dengan Gambar 3.

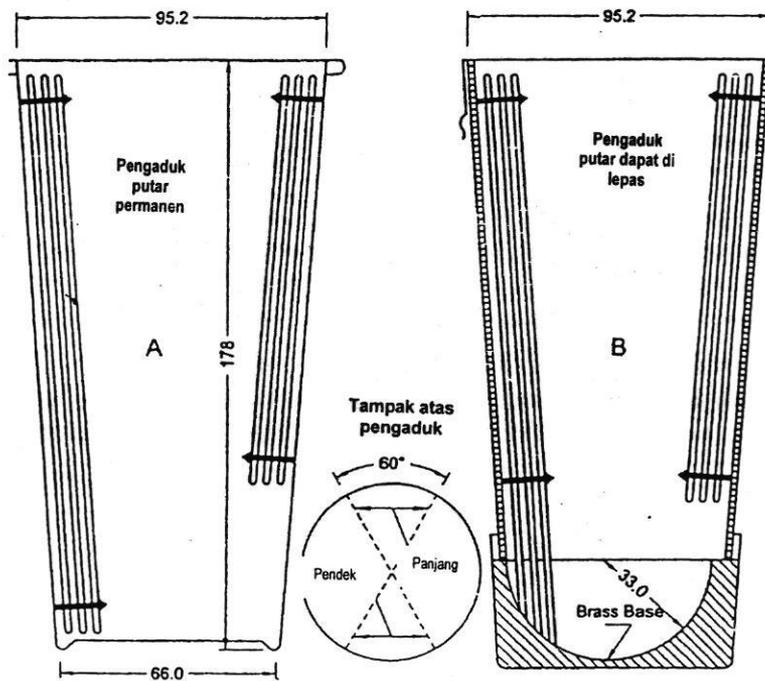
Alternatif lain alat pengaduk-suatu pancaran udara tipe dispersi seperti Gambar 4.



Satuan ekuivalen

in	0,001	0,049	0,203	1/2	3/4
mm	0,03	1,24	5,16	12,7	19,0

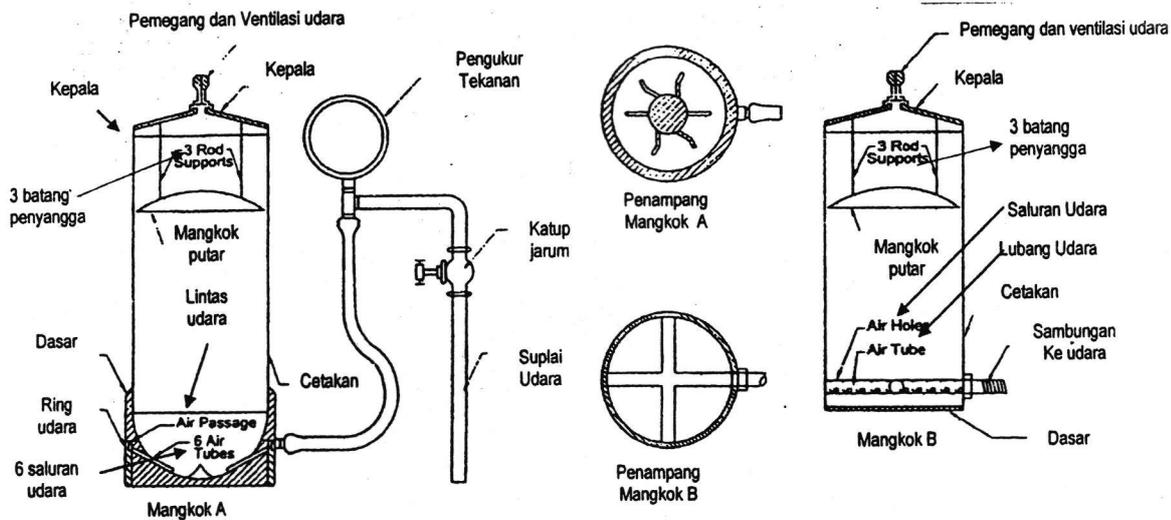
Gambar 2 Tongkat pengaduk



Satuan ekuivalen

in	1,3	2,6	3,75
mm	33	66	95,2

Gambar 3 Mangkok dispersi



Gambar 4 Mangkok dispersi wintermyer

CATATAN 1: Jumlah udara yang disyaratkan untuk dipancarkan kedalam mangkok dispersi adalah $0,06 \text{ m}^3/\text{min}$ (2 cfm); menggunakan kompresor dengan tekanan udara yang kecil tidak dapat mensuplai udara untuk menjalankan mangkok.

CATATAN 2: Tipe udara yang lain dari perlengkapan dispersi adalah sebuah tabung dispersi, dikembangkan oleh Chu dan Davidson di Iowa State Colege, sudah menunjukkan hasil yang terjamin ekuivalen dengan mangkok pancuran udara. Bila digunakan contoh rendaman dapat dikerjakan dalam silinder sedimentasi, dengan demikian perlu pembersihan untuk memudahkan bahan cair. Bila tabung dispersi udara yang digunakan hal tersebut menunjukkan indikasi yang sama.

CATATAN 3: Jalannya air harus singkat ketika digunakan. Air harus dibuang, dengan salah satu cara yakni dengan perangkat air atau dengan cara meniup air keluar dari alirannya sebelum menggunakan udara untuk dispersi.

- d) hidrometer ASTM, diberi tanda ukuran pembacaan dalam salah satu berat jenis suspensi atau gram per liter suspensi, dan sesuai dengan persyaratan Hidrometer 151 H atau 152 H dalam ASTM E 100. Ukuran kedua hidrometer adalah sama, yang berbeda hanya dalam skala pembacaan;
- e) silinder sedimentasi, sebuah gelas silinder dengan tinggi sekitar 460 mm (18 in) dan diameter 80 mm (2,5 inci) dan diberi tanda untuk 1000 mL.
Diameter dalam harus sedemikian sehingga 1000 mL, ditandai dengan tinggi $360 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$ (14 inci $\pm 1,0$ inci) dari dasar bagian dalam;
- f) termometer yang sudah dikalibrasi, dapat membaca sampai $0,5^\circ\text{C}$;
- g) suatu seri saringan dengan lubang bujur sangkar, sesuai persyaratan dari SNI 03-6866-2002, biasanya saringan disyaratkan sebagai berikut:

Tabel 1 Standar ukuran saringan

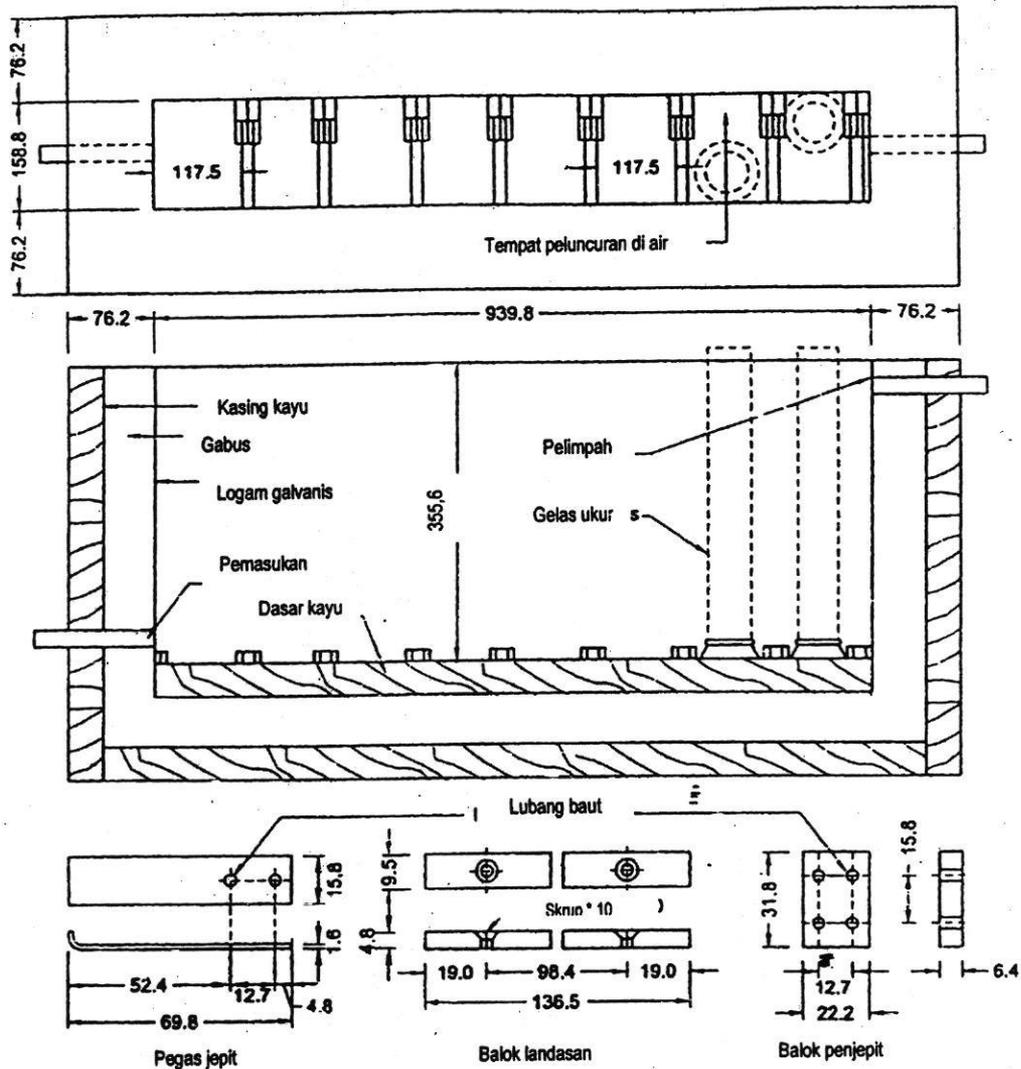
Standar Ukuran mm	Alternatif satuan
75	3 inci
50	2 inci
25	1 inci
9,25	3/8 inci
4,75	No. 4
2,00	No. 10
0,425	No.40
0,075	No. 200
Catatan: Saringan di atas memenuhi persyaratan SNI 03-6797-2002 dan SNI 03-6388-2000. Jika dikehendaki ukuran saringan antara dapat digunakan sebagai berikut:	
Standar Ukuran mm	Alternatif satuan
75	3 inci
37,5	1 ½ inci
19	¾ inci
9,5	3/8 inci
4,75	No. 4
2,36	No. 8
1,18	No. 16
0,60	No. 30
0,30	No. 50
0,15	No. 100
0,075	No. 200

h) bak air atau ruangan dengan temperatur tetap;

Bak air atau ruangan dengan temperatur tetap selama analisis hidrometer. Bak air yang cukup memadai adalah tangki pelindung yang menjaga suspensi dengan temperatur tetap mendekati 20°C yang sama dengan temperatur ruangan dan dilengkapi dengan kran air atau ruangan dengan temperatur tetap untuk menjaga temperatur konstan selama analisis.

Kelengkapan tersebut diilustrasikan pada Gambar 5.

Dalam keadaan dimana pekerjaan dilakukan pada ruangan pada temperatur tetap yang dapat dikontrol secara otomatis, bak air tidak diperlukan dan referensi berikutnya terhadap temperatur bak yang tetap akan diinterpretasi sebagai salah satu bak air atau ruangan bertemperatur tetap.



Semua Ukuran dalam mm

Gambar 5 Tangki untuk memelihara suspensi tanah pada temperatur konstan selama analisis hidrometer

- i) gelas kimia mempunyai kapasitas paling sedikit 250 mL dan tidak lebih besar dari 500 mL;
- j) alat pengukur waktu;
Arloji atau jam dengan ukuran detik.
- k) wadah/cawan;
Wadah tahan karat dan beratnya tidak berubah, tidak hancur karena panas dan dingin secara berulang. Wadah harus dapat ditutup dengan pas untuk menjaga kehilangan kadar air dari contoh sebelum berat asli ditentukan dan mencegah pengisapan kadar air dari udara selama pengeringan dan sebelum ditentukan berat final. Satu wadah diperlukan untuk tiap penentuan kadar air.
- l) batang kaca;
Batang kaca yang cocok untuk mengaduk campuran contoh mempunyai ukuran:

Tabel 2 Ukuran batang kaca

Ukuran ekuivalen

mm	inci	mm	inci
939,8	37	31,8	1 ¼
355,6	14	22,2	7/8
158,8	6 ¼	19,0	¾
136,5	5 3/8	15,8	5/8
117,5	4 5/8	12,7	½
98,4	3 7/8	9,5	3/8
76,2	3	6,4	¼
69,8	2 ¾	4,8	3/16
52,4	2 1/16	1,6	1/16
50,8	2		

6 Bahan dispersi

- Suatu larutan sodium heksametaphospat yang digunakan dalam air suling atau air demineralisasi, rata-rata 40 gram sodium heksametaphospat per liter larutan.
- Larutan garam, jika keasaman, secara perlahan dihidrolisa kembali ke bentuk orthophospat dengan penurunan dalam dispersi. Larutan harus dijaga jumlahnya (paling sedikit satu kali sebulan) atau biasanya pH 8 atau pH 9 dengan memakai sodium karbonat. Botol yang berisi larutan harus ditandai dengan tanggal pembuatan.

7 Persyaratan umum untuk berat

Berat dari bagian contoh dan ukuran fraksi dalam analisis hidrometer dan air higroskopis ditentukan mendekati 0,01 g. Berat dari bagian contoh untuk analisis mekanis dari fraksi tertahan pada saringan No.4 (75 mm), No.10 (2,00 mm) atau saringan No.40 (0,425 mm) untuk analisis tanah berbutir kasar, dan tiap ukuran fraksi butiran kasar dalam analisis saringan harus ditentukan terhadap 0,1 persen dari berat bagian contoh. Sebagai contoh, bagian dari contoh dengan berat 1000 g, ukuran fraksinya dalam analisis saringan untuk tanah berbutir kasar beratnya harus mendekati gram.

8 Benda uji

- Pengujian contoh untuk analisis ukuran butir harus dijaga sesuai dengan SNI 03-1975-1990, untuk penyiapan contoh tanah kering terganggu dan contoh tanah agregat untuk pengujian, atau AASHTO T 146 dalam penyiapan contoh tanah basah terganggu untuk pengujian. Bagian yang dapat mewakili pemilihan contoh kering udara untuk pengujian harus ditimbang. Berat contoh tanah harus cukup terhadap jumlah minimal yang harus disiapkan untuk analisis ukuran butir adalah sebagai berikut:
 - jumlah minimum persyaratan bahan yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm), No.10 (2,00 mm) atau No.40 (0,425 mm) tergantung pada maksimum besaran butir, tetapi tidak kurang dari jumlah yang ditunjukkan dalam tabel;

Tabel 3 Besaran butir

Standar ukuran normal butir paling besar		Perkiraan berat minimum dari porsi
mm	inci	kg
9,5	3/8	0,5
25	1	2
50	2	4
75	3	5

- 2) ukuran dari bagian yang lewat saringan No.10 (2,00 mm) harus : (a) untuk pengujian hidrometer, diperkirakan 100 gram untuk tanah kepasiran dan 50 gram untuk tanah kelanauan atau kelempungan, dan (b) untuk penentuan air higroskopis paling sedikit 10 gram.
- b) Pengujian contoh yang dipilih dari persyaratan umum untuk berat dapat dilaksanakan dengan satu dari metode-metode berikut ini:

- 1) Alternatif metode menggunakan saringan No.4 (4,75 mm) dan No.10 (2,00 mm).

Setelah contoh dipisahkan pada saringan No.4 (4,75 mm) seperti SNI 03-1975-1990, kedua fraksi harus ditimbang. Bagian yang mewakili fraksi yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) cukup untuk analisis mekanis harus dipilih dan dipisah kedalam 2 fraksi menggunakan saringan No.10 (2,00 mm). Tiap-tiap fraksi ditimbang, dan bagian contoh untuk analisis hidrometer dan penentuan air higroskopis harus diperoleh dari fraksi yang lewat saringan No.10 (2,00 mm) dengan menggunakan *riffle sampler* atau pembagi contoh (*sample splitter*), dan salah satu ditimbang segera atau di tempatkan dalam wadah yang kedap udara sampai dilakukannya pengujian.

- 2) Alternatif menggunakan saringan No.10 (2,00 mm).

Contoh dipisah pada saringan No.10 (2,00 mm) seperti dilakukan pada SNI 03-1975-1990. Bagian yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm) setelah penyaringan kedua harus diproses sesuai dengan bagian 9 analisis saringan dari fraksi yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm). Bagian yang lewat saringan No.10 (2,00 mm) dalam kedua pelaksanaan penyaringan harus ditimbang seperti ditentukan dalam SNI 03-1975-1990.

Bagian contoh untuk penentuan air higroskopis, analisis hidrometer dan analisis saringan harus segera ditimbang dan ditempatkan pada wadah kedap udara sampai dilakukannya pengujian.

- 3) Alternatif menggunakan saringan No.40 (0,425 mm).

Contoh diproses sesuai AASHTO T 146, bagian yang tertahan dan lewat saringan No.40 (0,425 mm) ditimbang dan bagian contoh untuk analisis hidrometer dan penentuan air higroskopis harus diperoleh dengan menggunakan *riffle sampler* atau pemisah contoh (*sample splitter*) dan salah satu segera ditimbang atau ditempatkan dalam wadah kedap udara sampai dilakukannya pengujian.

CATATAN 4: Banyak laboratorium mempersiapkan contoh sesuai dengan SNI 03-1975-1990 yang memberikan pembagian contoh asli pada saringan No.10 (2,00 mm). Selanjutnya digunakan metoda 3 saringan yakni No.4 (4,75 mm) atau No.10 (2,00 mm) atau No.40 (0,425 mm).

Bila fraksi yang tertahan atau lolos saringan No.10 (2,00 mm) digunakan, saringan No.4 (4,75 mm) secara tak langsung akan termasuk jika diproses sesuai dengan 8.b).1) (alternatif metode menggunakan saringan No.4 (4,75 mm) dan No.10 (2,00 mm)), dan saringan No.40 (0,425 mm) termasuk jika contoh diproses sesuai dengan 8.b).3).

9 Cara pengerjaan

9.1 Dispersi contoh tanah

Timbang sekitar 100 gram atau 50 gram contoh untuk analisis hidrometer, tempatkan dalam suatu tabung kapasitas 250 mL dan dapat menampung 125 mL bahan larutan dari pemilihan alat dispersi pada bagian 6. Putar sepenuhnya dengan batang gelas, dan rendam minimal 12 jam. Isi tabung dituangkan kedalam mangkok dispersi seperti Gambar 1, lakukan distilasi atau demineralisasi air dan tambahkan air suling sampai lebih dari separuh mangkok, dan masukkan ke dalam alat pemutar mekanis selama 60 detik.

9.2 Alternatif metode dispersi contoh tanah

- a) Timbang sekitar 100 gram atau 50 gram contoh untuk analisis hidrometer, tempatkan dalam tabung kapasitas 250 mL, dan dapat menampung 125 mL cadangan larutan dari pemilihan alat dispersi pada bagian 6, lalu putar sepenuhnya dengan batang gelas, rendam selama 12 jam.
- b) Alat pancaran udara dirancang seperti Gambar 4 tanpa penutup kepala pada tempatnya. Katup pengontrol tekanan harus dibuka bila pengukur tekanan menunjukkan 6,9 kPa (1 Psi) tekanan udara. Tekanan udara awal disyaratkan untuk melindungi tanah tercampur air yang masuk dari ruang pancaran udara ketika campuran dipindahkan ke mangkok dispersi.

Setelah alat diatur, campurkan tanah dan air dipindahkan dari tabung kedalam mangkok dispersi, gunakan botol yang bersih untuk membantu pelaksanaan pemindahan.

- c) Volume campuran air dan tanah dalam mangkok dispersi agar tidak melebihi 250 mL. Penutup yang berisikan *baffle Plate* harus diletakkan di atas mangkok dispersi dan katup harus dibuka setelah pengukur tekanan menunjukkan tekanan 138 kPa (20 Psi). Campuran air dan tanah harus dipisahkan dalam waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit, tergantung dari harga Plastisitas Indek (PI) tanah; $PI < 5$ perlu waktu pemisahan 5 menit; $6 \leq PI \leq 20$ perlu waktu pemisahan 10 menit; $PI > 20$ perlu waktu pemisahan 15 menit, sedangkan tanah yang mempunyai kandungan mika tinggi hanya diperlukan waktu pemisahan 60 detik.

9.3 Air higroskopis

Tentukan berat contoh untuk penentuan air higroskopis dengan contoh kering sesuai dengan AASHTO T 265, tentukan kadar air, dan catat hasilnya.

9.4 Analisis saringan fraksi yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm)

- a) Bagian contoh tertahan saringan No.10 (2,00 mm) harus dipisahkan kedalam serial ukuran saringan 75 mm, 50 mm, 25 mm, 9,5 mm dan 4,75 mm (3 inci, 2 inci, 1 inci, 3/8 inci, dan No. 4).

Penggunaan saringan lain mungkin saja diperlukan tergantung pada contoh dan spesifikasi bahan yang harus diuji. Ukuran saringan No.10 (2,00 mm) harus digunakan bila contoh harus dipersiapkan sesuai dengan AASHTO T 146.

- b) Pelaksanaan penyaringan harus dilakukan gerakan mendatar dan vertikal terhadap saringan, sehingga saringan bergoyang secara baik, dan dijaga agar contoh jangan sampai keluar dari saringan. Dalam hal ini tidak ada fragmen dalam contoh yang diputar atau dimanipulasi lewat saringan dengan tangan.

Penyaringan harus diteruskan sampai tidak lebih dari 1% berat tanah tanah yang tertinggal melewati saringan selama 60 detik.

Bila penyaringan dilakukan dengan mesin, ketidaktepatannya akan diuji dengan membandingkan metode penyaringan dengan tangan seperti dilukiskan dalam paragraf ini.

- c) Bagian contoh yang tertahan pada tiap-tiap saringan ditimbang dan dicatat, walaupun hal tersebut diijinkan mencatat akumulasi berat sebagai isi dari tiap-tiap saringan secara berturut-turut, ditambahkan ke fraksi tumpukan sebelumnya di dalam Pan.

9.5 Analisis hidrometer dan saringan fraksi yang lolos saringan No.10 (2,00 mm)

9.5.1 Penentuan koreksi gabungan untuk pembacaan hidrometer

- a) Rumus untuk persentase tanah yang tersisa dalam larutan diberikan dalam rumus (5) dalam bab persentase tanah dalam suspensi, berdasarkan penggunaan distilasi atau demineralisasi air. Penggunaan alat pengurai dalam air, bagaimanapun juga akan menambah cairan, mempengaruhi besaran berat jenis yang akan lebih besar dari distilasi atau demineralisasi air;
- 1) hidrometer dikalibrasi pada temperatur 20°C Variasi temperatur terhadap temperatur standar menghasilkan ketidaktepatan dalam pembacaan hidrometer dari yang sebenarnya.
Jumlah ketidaktepatan akan bertambah bila temperatur jauh menyimpang dari temperatur standar;
 - 2) dari keluaran pabriknya, hidrometer dibaca pada dasar dari meniskus cairan pada batang hidrometer, padahal pembacaan hanya dapat dilakukan pada bagian atas meniscus, sehingga perlu koreksi pembacaan akibat meniscus;
 - 3) jumlah bersih koreksi untuk ketiga hal di atas disebutkan satu persatu, ditunjukkan sebagai koreksi gabungan, dan dapat ditentukan dengan percobaan.
- b) Pengukuran koreksi gabungan boleh dibuat pada dua temperatur dengan lebar jarak dari perkiraan temperatur pengujian, dan koreksi untuk perhitungan pertengahan temperatur diasumsi sebagai garis lurus yang saling berhubungan antara dua harga yang ditinjau.
- c) Siapkan 1000 mL cairan terdiri dari distilasi atau demineralisasi air, dan alat pengurai dalam bagian proporsi yang sama, dan akan diperlakukan sama di dalam pengujian sedimentasi (hidrometer).

Tempatkan cairan sedimentasi dalam silinder, dan tempatkan silinder tersebut dalam bak dengan temperatur tetap, lalu atur satu dari dua temperatur yang digunakan.

Bila temperatur cairan sudah tetap, masukkan hidrometer sampai temperaturnya sama dengan temperatur cairan, baca hidrometer pada puncak meniscus yang terbentuk oleh cairan dengan batang hidrometer.

Untuk hidrometer 151 H koreksi gabungan adalah perbedaan antara pembacaan; Untuk hidrometer 152 H akan berbeda dalam pembacaan nol. Bawa cairan dan hidrometer ke lain temperatur yang digunakan, dan koreksi gabungan akan dijamin seperti harga sebelumnya (lihat Gambar 6).

9.6 Pengujian hidrometer

- a) Siapkan benda uji sekitar 100 gram atau 50 gram yang sudah dikeringkan dan ditumbuk, tempatkan dalam gelas kimia kapasitas 250 mL, yang nantinya dapat menampung 125 mL cadangan campuran benda uji dengan bahan pengurai yang dipilih.

- b) Siapkan bahan pengurai antara lain dengan bahan pengurai dan air suling dengan komposisi 20 mL *water glass*, ditambah 100 mL air suling, sedangkan bila menggunakan 100 mL natrium heksametafosfat ditambahkan 50 mL air suling.
- c) Campurkan benda uji langkah No.a) dengan bahan pengurai seperti yang disiapkan pada langkah No.b) rendamkan, kemudian aduk dengan pengaduk gelas sampai rata dan biarkan selama 12 jam.
- d) Pindahkan campuran langkah No.c) kedalam mangkok dispersi seperti Gambar 3 dan tambahkan air suling sampai mengisi setengah mangkok, kemudian aduk selama 5 menit, 10menit, atau 15 menit tergantung dari harga PI dari tanah. Tanah dengan $PI \leq 5$ membutuhkan waktu pengadukan selama 5 menit, tanah dengan $6 \leq PI \leq 20$ perlu waktu aduk 10 menit dan tanah dengan $PI > 20$ perlu waktu aduk 15 menit, sedangkan tanah yang mengandung banyak mika diperlukan waktu pengadukan hanya 1 menit.
- e) Setelah dispersi, pindahkan campuran langkah No. d) ke dalam tabung gelas ukur, lalu tambahkan air suling sampai volume campuran menjadi 1000 mL, lalu tempatkan dalam bak dengan temperatur tetap. Ukur temperature air di bak tersebut (T °C).
- f) Angkat tabung gelas ukur yang berisi campuran dari dalam bak tersebut setelah campuran mencapai temperatur tetap. Dengan menggunakan telapak muka tangan, tutup mulut tabung rapat-rapat (atau bisa juga mulut tabung ditutup dengan penutup karet) dan kocok secara bolak balik selama 60 detik sampai pergolakan campuran berhenti.

CATATAN 5: Jumlah kocokan diperkirakan 60 putaran, dihitung 1 putaran untuk 1 kocokan bolak balik. Tanah yang tersisa pada dasar tabung selama beberapa putaran pertama akan terlepas dengan menggoncangkan tabung pada posisi terbalik.

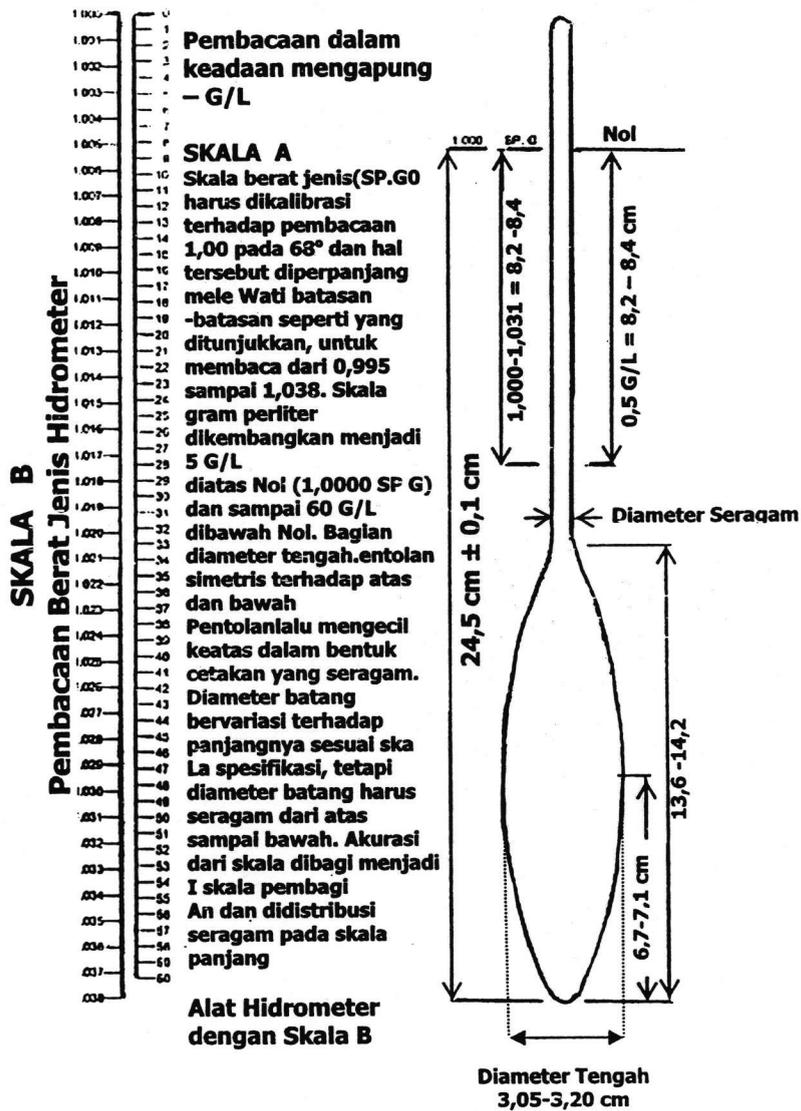
CATATAN 6: Pada periode bergejolaknya air dalam tabung, jika perlu material yang lengket pada dinding atas tabung harus dibilas dengan sedikit air.

- g) Catat waktu pada saat berhentinya gejolak campuran dalam tabung dan tempatkan tabung yang berisi campuran dalam bak. Masukkan alat hidrometer ke dalam tabung, dan biarkan hidrometer terapung bebas.
- h) Baca angka skala hidrometer untuk kelangsungan waktu sampai 120 detik yakni untuk setiap kelangsungan waktu 30 detik, 60 detik, dan 120 detik. Pembacaan hidrometer dilakukan pada batas atas cekungan permukaan dalam tabung (meniskus). Setelah pembacaan 120 detik, angkat alat hidrometer perlahan-lahan dan cuci dengan air suling.
- i) Masukkan kembali hidrometer ke dalam tabung. Jika hidrometer yang digunakan adalah skala A, pembacaan harus mendekati 0,5 g/L. Pada hidrometer skala B dibaca mendekati 0,0005 berat jenis. Berikut pembacaan hidrometer dilakukan pada selang (*interval*) waktu 5 menit, 15 menit, 30 menit, 60 menit, 250 menit dan 1440 menit setelah dimulainya pengendapan.
- j) Setiap setelah pembacaan hidrometer, hati-hati mengangkat hidrometer dari dalam tabung dan setelah diangkat tempatkan dengan gerakan memintal di dalam air yang bersih. Sekitar 25 atau 30 detik sebelum pembacaan, alat hidrometer diambil dari tempat air bersih tersebut dan secara perlahan-lahan celupkan kedalam campuran didalam tabung, hal ini dilakukan untuk menjamin ketepatan waktu dalam pembacaan.
- k) Ukur temperatur campuran pada 15 menit pertama dan kemudian pada setiap pembacaan berikutnya.
- l) Setelah pembacaan terakhir, tuangkan campuran ke saringan No.200, dan cuci sampai airnya jernih, kemudian keringkan dengan oven pada temperatur $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9.7 Analisis saringan

Pada 9.6 c) maka tanah kering yang tertahan pada saringan No.200 (0,075 mm) tersebut, ditentukan jumlah dan distribusi butirnya dengan menggunakan serial saringan No.40 (0,425 mm) sampai saringan No.200 (0,075 mm).

CATATAN 7: Pencucian contoh dan pembilasan bahan yang tertahan saringan No.200 (0,075 mm) disaring kembali, tidak ada air yang harus dituangkan dari saringan kecuali melewati saringan No.200 (0,075 mm), hal ini untuk menghindari hilangnya material. Air yang keluar pembilasan harus diupakan dari contoh didalam proses pengeringan.



Gambar 6 Hidrometer

10 Perhitungan

10.1 Persentase air higroskopis

- a) Air higroskopis harus dinyatakan sebagai presentase dari berat kering tanah dan ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Persentase air higroskopis} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

dengan penertian:

W adalah berat kering tanah kering udara;

W₁ adalah berat tanah kering oven.

Koreksi berat contoh kering udara untuk air higroskopis, adalah suatu angka pengali yakni:

$$\frac{100}{100 + \text{Persentase air higroskopis}} \dots\dots\dots (5)$$

- b) Hitung persentase air mendekati 0,001 seperti pada 10 a).

10.2 Persentase material kasar

- a) Persentase material kasar dihitung dari berat fraksi yang dicatat selama penyaringan dari material tertahan saringan No.10 (2,00 mm), sesuai dengan 9.4.c), dan berat total dicatat, sesuai 8 a). Perhitungan dilakukan sebagai berikut:

- 1) dari berat udara dan contoh kering, yang diperoleh pada 8 b) 3) dikurangi berat fraksi tertahan saringan No.10 (2,00 mm). Perbedaannya diasumsi sama dengan berat udara kering fraksi yang lolos saringan No.10 (2,00 mm) (lihat catatan 5);
- 2) koreksi berat fraksi yang lolos saringan No.10 (2,00 mm) untuk air higroskopis, ditentukan dalam 10 a);
- 3) koreksi berat yang diperoleh pada 11 a) 2) ditambah dengan fraksi tertahan ditambah dengan fraksi tertahan saringan No.10 (2,00 mm), diperoleh koreksi total contoh pengujian untuk air higroskopis;
- 4) fraksi yang tertahan pada saringan No.10 (2,00 mm) dan yang lebih kasar, dinyatakan sebagai persentase dari koreksi berat yang diperoleh pada 11 a) 3).

CATATAN 8: Sesuai dengan asumsi bahwa tidak ada air higroskopis diisi dalam partikel kering udara yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm) diperlakukan sebagai bahan yang sangat kecil terhadap persentase air yang berada dalam fraksi. Jumlah air ini dibandingkan dengan yang dipegang oleh pori-pori fraksi yang lolos saringan No.10 (2,00 mm) relatif kecil dan dapat diabaikan.

CATATAN 9: Agak berbeda perhitungan yang disyaratkan bila pengujian contoh dilaksanakan sesuai 8 b) 1) (Alternatif metode menggunakan saringan No.4 (4,75 mm) dan No.10 (2,00 mm)). Di dalam 11 a) dilakukan penukaran saringan No.4 (4,75 mm) ke saringan No.10 (2,00 mm). Persentase lolos saringan No.10 (2,00 mm) dihitung sebagai berikut:

- lakukan koreksi terhadap berat fraksi yang diuji yakni yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan No.10 (2,00 mm) untuk air higroskopis;
- bagi berat kering fraksi yang lewat saringan No.10 (2,00 mm) dengan berat kering dari bagian contoh lewat saringan No.4 (4,75 mm), dan kalikan dengan 100, akan mendapatkan persentase lewat saringan No.10 (2,00 mm) mm dalam pemilihan bagian dari contoh [lihat 8 b) 1)];

- kalikan persentase ini dengan persentase total lewat saringan No.4 (4,75 mm), akan mendapatkan persentase yang lewat saringan No.10 (2,00 mm) di dalam contoh total.

10.3 Persentase tanah dalam larutan (suspensi)

- a) Pembacaan hidrometer harus dikoreksi dengan menggunakan perkiraan gabungan koreksi seperti ditentukan pada 9.5.1 untuk menghitung alat dispersi yang digunakan, temperatur suspensi dan tinggi meniscus pada batang hidrometer.
- b) Persentase dari tanah yang terurai dalam suspensi tergambar oleh perbedaan koreksi pembacaan hidrometer yang tergantung dari jumlah keduanya dan berat jenis tanah yang telah terurai. Persentase sisa tanah yang telah terurai dihitung sebagai berikut:

Untuk hidrometer 152 H

$$P = \frac{R a}{w} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

Untuk hidrometer 151 H

$$P = \frac{1606 (R - 1)a}{w} \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

dengan pengertian:

- P adalah persentase sisa tanah yang telah terurai dalam suspensi;
- R adalah koreksi pembacaan hidrometer;
- w adalah berat tanah asli yang telah terurai (gram) dikurangi air higroskopis;
- a adalah konstanta yang tergantung dari kepadatan suspensi.

Untuk perkiraan harga berat Jenis tanah, G dan kepadatan air adalah 1,00 pada temperatur 20° C, harga a dapat diperoleh dengan rumus:

$$a = \frac{2,6500 - 1,00}{2,6500} \times \frac{G}{G - 1} \dots\dots\dots (8)$$

Harga dari a diberikan dalam 2 desimal yang ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Harga a, untuk berbagai harga G

Berat Jenis, G	Konstanta, a
2,95	0,94
2,85	0,96
2,75	0,98
2,65	1,00
2,55	1,02
2,45	1,05
2,35	1,08

- c) Hal ini cukup akurat untuk pengujian memilih konstanta dari berat jenis yang mendekati ketelitian dalam pengujian tanah.
- d) Untuk mengubah persentase tanah dalam suspensi kedalam persentase total contoh uji termasuk fraksi tertahan pada saringan No.10 (2,00 mm), persentase sisa tanah asli yang telah terurai dalam suspensi harus dikalikan dengan:

$$\frac{100 - \text{persentase tertahan saringan No.10 (2,00 mm)}}{100} \dots\dots\dots (9)$$

10.4 Diameter butiran tanah dalam suspensi

- a) Fraksi maksimum diameter, d dari butiran dalam suspensi, tergantung dari persentase yang ditunjukkan oleh pembacaan hidrometer, dihitung dengan hukum stroke seperti pada rumus 2 pada seksi 4.1 c).

$$d = \sqrt{\frac{30 \eta L}{980(G - G_1)T}} \dots\dots\dots (10)$$

dengan pengertian:

- d adalah maksimum diameter butir-butir tanah (mm);
- η adalah koefisien kekentalan dari medium suspensi (dalam hal ini air) dalam Pa.s; bervariasi dengan berubahnya temperatur medium suspensi;
- T adalah interval waktu dari mulainya pengendapan sampai waktu pembacaan, dalam menit;
- G adalah berat jenis butiran tanah;
- G_1 adalah berat jenis medium suspensi (1,0 untuk air);
- L adalah jarak dari permukaan suspensi ke tempat kepadatan suspensi yang diukur, mm (diberikan hidrometer dan pengendapan dalam silinder, hanganya bervariasi sesuai pembacaan hidrometer. Jarak L ini dinamakan kedalaman efektif, yang harganya diberikan pada (lihat Tabel 5) yang dihitung dari rumus 3 dalam 4.1 e).

CATATAN 10: Hukum Stroke digunakan untuk menentukan kecepatan turun (mengendap) dari butiran bulat yang jatuh kedalam cairan, ukuran butir dihitung sebagai diameter bulat yang jatuh pada kecepatan yang sama dengan butiran tanah.

$$L = L_1 + \frac{1}{2} [L_2 - (V_B/A)] \dots\dots\dots (11)$$

dengan pengertian:

- L adalah kedalaman efektif, mm;
- L_1 adalah jarak sepanjang batang hidrometer dari puncak dari butir terhadap tanda untuk pembacaan hidrometer;
- L_2 adalah panjang keseluruhan pentolan hidrometer, mm;
- V_B adalah volume pentolan hidrometer, mm³;
- A adalah luas penampang tabung sedimentasi, mm².

Tabel 5 Harga kedalaman efektif berdasarkan hidrometer dan larutan sedimentasi di dalam silinder berukuran khusus^a

Hidrometer 151 H		Hidrometer 152 H			
Pembacaan aktual hidrometer	Kedalaman efektif L (mm)	Pembacaan aktual hidrometer	Kedalaman efektif L (mm)	Pembacaan aktual hidrometer	Kedalaman efektif L (mm)
1,000	163	0	163	31	112
1,001	160	1	161	32	111
1,002	158	2	160	33	109
1,003	155	3	158	34	107
1,004	152	4	156	35	106
1,005	150	5	155		
1,006	147	6	153	36	104
1,007	144	7	152	37	102
1,008	142	8	150	38	101
1,009	139	9	148	39	99
1,010	137	10	147	40	97

Tabel 5 (lanjutan) Harga kedalaman efektif berdasarkan hidrometer dan larutan sedimentasi di dalam silinder berukuran khusus^a

Hidrometer 151 H		Hidrometer 152 H			
1,011	134	11	145	41	96
1,012	131	12	143	42	94
1,013	129	13	142	43	92
1,014	126	14	140	44	91
1,015	123	15	138	45	89
1,016	121	16	137	46	88
1,017	118	17	135	47	86
1,018	115	18	133	48	84
1,019	113	19	132	49	83
1,020	110	20	130	50	81
1,021	107	21	129	51	79
1,022	105	22	127	52	78
1,023	102	23	125	53	76
1,024	100	24	124	54	74
1,025	97	25	122	55	73
1,026	94	26	120	56	71
1,027	92	27	119	57	70
1,028	89	28	117	58	68
1,029	86	29	115	59	66
1,030	84	30	114	60	65
1,031	81				
1,032	78				
1,033	76				
1,034	73				
1,035	70				
1,036	68				
1,037	65				
1,038	62				

^a Harga kedalaman efektif dihitung berdasarkan rumus (3) seksi 4.1 e
 [(Sumber : Tabel 2 AASHTO T88-00 dan Tabel 2 ASTM D 22-63 (Reapproved 1990))]

Untuk kedua hidrometer, 151 H dan 152 H

- L₂ = 140 mm
- V_B = 67000 mm³
- A = 2780 mm²

Untuk hidrometer 151 H

- L₁ = 105 mm untuk pembacaan 1,000
- L₂ = 23 mm untuk pembacaan 1,031

Untuk hidrometer 152 H

- L₁ = 105 mm untuk pembacaan 0 g/l
- L₂ = 23 mm untuk pembacaan 50 g/l

b) Untuk memudahkan dalam perhitungan pada rumus di atas di tulis sebagai berikut:

$$d = K \sqrt{\frac{L}{T}} \dots\dots\dots (12)$$

dengan pengertian:

K adalah Konstanta tergantung temperatur suspensi dan berat jenis dari butiran tanah. Harga K untuk jarak temperatur dan berat jenis diberikan dalam tabel 3. Harga K tidak berubah untuk suatu seri pembacaan selama pengujian, walaupun harga L dan T bervariasi.

Tabel 6 Harga K untuk digunakan dalam rumus menghitung diameter butir tanah pada analisis hidrometer⁽¹⁾

Temperatur °C	Berat jenis butiran tanah								
	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85
16	0.01510	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374	0.01356
17	0.01511	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01338
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321
19	0.01474	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.1323	0.01305
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01215
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218	0.01201
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01255	0.01208	0.01191	0.01175
29	0.01312	0.01290	0.01269	0.01249	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01165	0.01149

⁽¹⁾ Sumber : ASTM D 422-63 (Reapproved 1990)

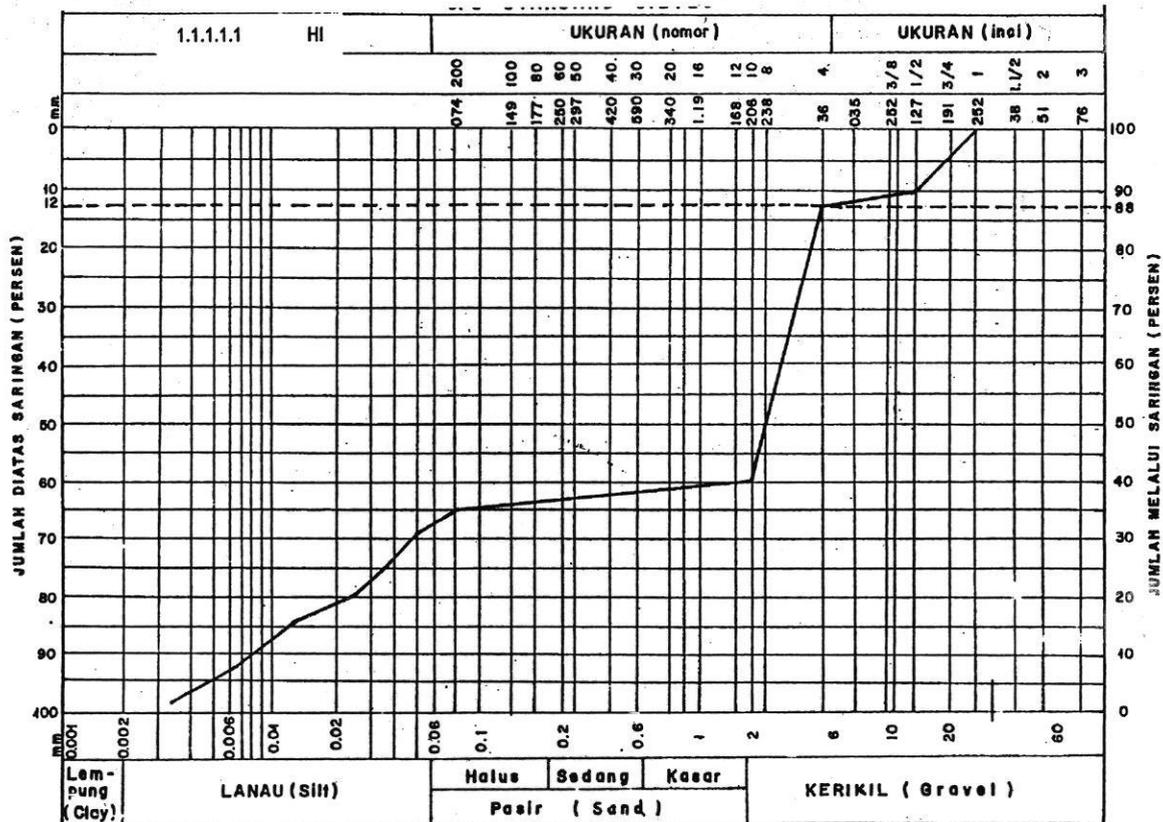
10.5 Analisis saringan butir halus

- Persentase contoh tanah yang telah terurai yang tertahan pada tiap-tiap saringan dalam analisis saringan dari bahan yang telah di cuci pada saringan No.200 (0,075 mm) diperoleh dengan membagi berat dari fraksi yang tertahan pada tiap saringan dengan berat kering oven dari tanah yang teruji dan dikalikan dengan 100.
- Persentase total contoh uji, termasuk fraksi tertahan saringan No.10 (2,00 mm) diperoleh dengan mengalikan dengan harga:

$$\frac{100 - \text{persentase tertahan saringan No.10 (2,00 mm)}}{100} \dots\dots\dots (13)$$

10.6 Penggambaran

Akumulasi persentase butir dengan diameter yang berbeda digambar pada kertas semi logaritmis untuk memperoleh kurva akumulasi ukuran butir, seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Kurva akumulasi ukuran butir tanah

11 Pelaporan

Penerapan untuk semua batasan-batasan yang dapat diterima dalam spesifikasi ini harus merujuk pada SNI 03-6408-2000.

- a) Hasil-hasil pembacaan dari kurva akumulasi, dilaporkan sebagai berikut:
 - persentase butiran yang lebih besar dari 2,00 mm;
 - persentase pasir kasar 2,0 mm sampai dengan 0,42 mm;
 - persentase pasir halus, 0,42 mm sampai dengan 0,074 mm;
 - persentase lanau 0,074 mm sampai dengan 0,002 mm;
 - persentase lempung lebih kecil dari 0,002 mm dan;
 - persentase koloida kecil dari 0,001 mm.
- b) Hasil lengkap analisis mekanis dilengkapi dengan gabungan analisis butir dan hidrometer yang dilaporkan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil analisis mekanis

Analisis saringan		
Ukuran saringan		Persen Lolos
Standar, mm	Alternatif ukuran	
75	3 inci	
50	2 inci	
25	1 inci	
4,75	No.4	
2,00	No.10	
0,425	No.40	
0,075	No.200	
Analisis hidrometer		
Lebih Kecil dari		Persen
0,02 mm		
0,002 mm		
0,001 mm		

Untuk pengujian bahan, khususnya macam pekerjaan atau tujuannya, hanya fraksi-fraksi yang harus dilaporkan termasuk spesifikasi atau persyaratan lain untuk maksud suatu pekerjaan.

- c) Laporkan analisis saringan mendekati 0,1% yang lolos.
- d) Laporkan analisis hidrometer mendekati 0,1% yang lebih kecil dari ukuran yang ditunjukkan.

12 Ketelitian

- a) Kriteria untuk menilai penerimaan dari analisis butir tanah adalah sebagai berikut:

CATATAN 11: Kollida (kecil dari 0,001 mm) umumnya tidak dipersyaratkan. Tetapi bila ingin mendapatkan ukuran ini, maka perlu pembacaan minimum sampai 2880 menit.

CATATAN 12: Tabel dalam kolom 2 adalah Standar deviasi yang sudah didapat dalam pemilihan pengujian pada kolom 1. Tabel pada kolom 3 adalah batasan yang tidak melampaui perbedaan antara hasil-hasil dari dua pengujian yang cocok.

Tabel 8 Ketelitian operator tunggal

Macam Pengujian	Standar Deviasi	Perbedaan hasil yang dapat diterima dari dua hasil pengujian
1) Air Higroskopis dalam % air		
No.4 (4,75 mm)	0,15	0,4
No.10 (2,00 mm)	0,21	0,6
2) Analisis Saringan dalam % lolos		
No.10 (2,00 mm)	0,66	1,9
No.40 (0,425 mm)	1,07	3,0
No.200 (0,075 mm)	1,19	3,4
3) Analisis Hidrometer dalam % kecil dari		
0,02 mm	1,98	5,6
0,002 mm	1,34	3,8
0,001 mm	1,45	4,1

Tabel 9 Ketelitian multilaboratorium

Macam Pengujian	Standar Deviasi	Perbedaan hasil yang dapat diterima dari dua hasil pengujian
1) Air higroskopis dalam % air		
No.4 (4,75 mm)	0,89	2,5
No.10 (2,00 mm)	0,88	2,4
2) Analisis saringan dalam % lolos		
No.10 (2,00 mm)	1,39	3,9
No.40 (0,425 mm)	1,98	5,6
No.200 (0,075 mm)	2,31	6,5
3) Analisis hidrometer dalam % kecil dari		
0,02 mm	4,32	12,2
0,002 mm	3,19	9,0
0,001 mm	3,16	8,9

Lampiran A
(normatif)

Contoh formulir pengujian

Tabel A.1 Formulir analisis saringan contoh 1

Proyek	:		Contoh No :	
Lokasi	:		Kedalaman :	
Jenis Tanah	:			
Berat Tanah Kering yang diuji, W			:	gram
Petugas	:		Tanggal	:
Diperiksa	:		Tanggal	:
Menyetujui	:		Tanggal	:

Nomor saringan	Diameter lubang saringan (mm)	Berat tanah yang tertahan saringan	% berat tanah tertahan saringan	% kumulatif dari tanah yang tertahan	% tanah yang lolos saringan
(1)	(2)	(3)	(4)=[(3)/W]x100 %	(5)	(6)=100-(5)
Berat Total W ₁					

Tanah yang hilang selama pengujian analisis saringan = $\frac{W - W_1}{W} \times 100 \%$

Lampiran B
(informatif)

Contoh perhitungan formulir pengujian

Tabel B.1 Analisis saringan contoh 1

Proyek	: Penelitian Pasir	Contoh No :	1	
Lokasi	: Jabar	Kedalaman :	0,60 m Muka Tanah	
Jenis Tanah	: Pasir halus			
Berat Tanah Kering yang diuji, W		: 500	gram	
Petugas	:	Tanggal	:	
Diperiksa	:	Tanggal	:	
Menyetujui	:	Tanggal	:	

Nomor saringan	Diameter lubang saringan (mm)	Berat tanah yang tertahan saringan	% berat tanah tertahan saringan	% kumulatif dari tanah yang tertahan	% tanah yang lolos saringan
(1)	(2)	(3)	(4)=[(3)/W]x100 %	(5)	(6)=100-(5)
4	4,75	0	0	0	100
10	2,0	40,20	8,04	8,04	91,96
20	0,850	84,60	16,92	24,96	75,04
40	0,425	90,20	18,04	43,00	57,00
60	0,250	106,40	21,28	64,28	35,72
140	0,106	108,80	21,76	86,04	13,96
200	0,075	59,40	11,88	97,92	2,08
PAN	-	8,70			
Berat Total W ₁		498,3			

$$\begin{aligned}
 \text{Tanah yang hilang selama pengujian analisis saringan} &= \frac{W - W_1}{W} \times 100 \% = \frac{500 - 498,3}{500} \\
 &= 0,34 \% < 2 \% \text{ (Memenuhi Syarat)}
 \end{aligned}$$

Tabel B.2 Analisis hidrometer contoh 2

Proyek	: Penelitian	Contoh No	: 2
Lokasi	: Jabar	Kedalaman	: 0,50 meter Muka Tanah
Jenis Tanah	: Lempung lanauan		
Berat Tanah Kering yang diuji, W	= 50 gram	G _s	= 2,75
Koreksi Meniskus, F _m	: 1		
Koreksi Bacaan Nol, F _z	: + 7,0		
Koreksi Temperatur, F _t	: +2,15		
Temperatur Campuran Tanah + Air, T (°C)	: 28		
$a = [(G_s (1,65)) / ((G_s - 1) \times 2,65)] = 0,98$			
Petugas		Tanggal	
Diperiksa		Tanggal	
Menyetujui		Tanggal	

Waktu (T) (Menit)	Pembacaan Hidrometer R	Koreksi Pembacaan n R _{cp} = (R+F _t -F _z)	% Butiran Halus $\frac{aR_{cp}}{W} \times 100$	Pembacaan Hidrometer Aktual R _{c1} = R+F _m	L (mm) Dari Tabel 5 ^(a)	K Dari Tabel 6 ^(b)	$d = K \sqrt{\frac{L}{T}}$ (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0,25	51	46,15	90,3	52	7,8	0,0121	0,068
0,50	48	43,15	84,4	49	8,3		0,049
1	47	42,15	82,4	48	8,4		0,035
2	46	41,15	80,5	47	8,6		0,025
4	45	40,15	78,5	46	8,8		0,018
8	44	39,15	76,6	45	8,95		0,013
15	43	38,15	74,6	44	9,10		0,009
30	42	37,15	72,7	43	9,25		0,007
60	40	35,15	68,8	41	9,60		0,005
120	38	33,15	64,8	39	9,9		0,0035
240	34	29,15	57,0	35	10,5		0,0025
480	32	27,15	53,1	33	10,9		0,0018
1440	29	24,15	47,23	30	11,35		0,0011
2880	27	22,15	43,3	28	11,65		0,0008

^(a) Sumber AASHTO T 88-00 dan ASTM D 422-63 (Reapproved 1990)
^(b) Sumber ASTM D 422-63 (Reapproved 1990)

Bibliografi

- SNI 03-3423-1994, Metode pengujian analisis ukuran butir tanah dengan alat hidrometer
AASHTO D. : T88-00, *Standard method of test for particle size analysis of soils*
BS, *Method of test for soil for civil engineering purposes, part 2. classification test*

BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN

e-mail: bsn@bsn.go.id

www.bsn.go.id