

QEN – 07 = SIFAT DAN KARAKTERISTIK BAHAN

PELATIHAN  
AHLI MUTU PEKERJAAN  
KONSTRUKSI  
(QUALITY ENGINEER)



**DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM**

**BADAN PEMBINAAN KONSTRUKSI DAN SUMBER DAYA MANUSIA  
PUSAT PEMBINAAN KOMPETENSI DAN PELATIHAN KONSTRUKSI**

## KATA PENGANTAR

Usaha dibidang Jasa konstruksi merupakan salah satu bidang usaha yang telah berkembang pesat di Indonesia, baik dalam bentuk usaha perorangan maupun sebagai badan usaha skala kecil, menengah dan besar. Untuk itu perlu diimbangi dengan kualitas pelayanannya. Pada kenyataannya saat ini bahwa mutu produk, ketepatan waktu penyelesaian, dan efisiensi pemanfaatan sumber daya relatif masih rendah dari yang diharapkan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain adalah ketersediaan tenaga ahli / trampil dan penguasaan manajemen yang efisien, kecukupan permodalan serta penguasaan teknologi.

Masyarakat sebagai pemakai produk jasa konstruksi semakin sadar akan kebutuhan terhadap produk dengan kualitas yang memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan. Untuk memenuhi kebutuhan terhadap produk sesuai kualitas standar tersebut, perlu dilakukan berbagai upaya, mulai dari peningkatan kualitas SDM, standar mutu, metode kerja dan lain-lain.

Salah satu upaya untuk memperoleh produk konstruksi dengan kualitas yang diinginkan adalah dengan cara meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang menggeluti standar baku mutu baik untuk bidang pekerjaan jalan dan jembatan, pekerjaan sumber daya air maupun untuk pekerjaan dibidang bangunan gedung.

Kegiatan inventarisasi dan analisa jabatan kerja dibidang sumber daya air, telah menghasilkan sekitar 130 (seratus Tiga Puluh) Jabatan Kerja, dimana Jabatan Kerja **Quality Engineer** merupakan salah satu jabatan kerja yang diprioritaskan untuk disusun materi pelatihannya mengingat kebutuhan yang sangat mendesak dalam pembinaan tenaga kerja yang berkiprah dalam pengendalian mutu konstruksi bidang sumber daya air.

Materi pelatihan pada Jabatan Kerja **Quality Engineer** ini terdiri dari 10 (Sepuluh) modul yang merupakan satu kesatuan yang utuh yang diperlukan dalam melatih tenaga kerja yang menggeluti **Quality Engineer**.

Namun penulis menyadari bahwa materi pelatihan ini masih banyak kekurangan khususnya untuk modul **Sifat dan Karakteristik Bahan** pekerjaan konstruksi Sumber Daya Air.

Untuk itu dengan segala kerendahan hati, kami mengharapkan kritik, saran dan masukan guna perbaikan dan penyempurnaan modul ini.

Jakarta,                    Desember 2005

**Tim Penyusun**

## LEMBAR TUJUAN

<b>JUDUL PELATIHAN</b>	<b>: PELATIHAN AHLI MUTU</b>
<b>JUDUL MODUL</b>	<b>: Sifat dan Karakteristik Bahan</b>
<b>Waktu</b>	<b>: 4 X 45 MENIT ( 4 JPL)</b>

### TUJUAN PELATIHAN

#### A. Tujuan Umum Pelatihan

Mampu merencanakan dan melaksanakan pengendalian mutu pekerjaan konstruksi Sumber Daya Air selama pelaksanaan dan sesudah pelaksanaan untuk memenuhi spesifikasi dalam dokumen kontrak.

#### B. Tujuan Khusus Pelatihan

Setelah mengikuti pelatihan, peserta mampu :

1. Menerapkan spesifikasi teknik yang tercantum dalam dokumen kontrak untuk pengendalian mutu
2. Menyusun rencana pengendalian mutu
3. Melakukan survey pendahuluan dan penyelidikan bahan dilapangan
4. Menyiapkan rencana pekerjaan uji mutu bahan konstruksi
5. Melakukan uji mutu bahan konstruksi
6. Melakukan pengendalian mutu pekerjaan selama pelaksanaan pekerjaan
7. Menyusun laporan hasil pengendalian mutu

Seri Modul : QEN – 07 / Sifat dan Karakteristik Bahan

### TUJUAN INSTRUKSIONAL UMUM (TIU)

Setelah selesai mempelajari modul ini, peserta mampu :

Mengendalikan pengujian sifat dan karakteristik bahan dalam penerapan spesifikasi teknik untuk pengendalian mutu

### TUJUAN INSTRUKSIONAL KHUSUS (TIK)

Setelah modul ini diajarkan, peserta mampu :

1. Menjelaskan tentang sifat fisik bahan/material dan cara pengujiannya
2. Menjelaskan tentang karakteristik fisik bahan/material dan cara pengujiannya
3. Menjelaskan penyimpanan dan pengamanan bahan/material

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
LEMBAR TUJUAN .....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
DESKRIPSI SINGKAT PENGEMBANGAN MODUL .....	v
DAFTAR MODUL .....	v
PANDUAN PEMBELAJARAN .....	vi
MATERI SERAHAN .....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1-1
BAB 2 SIFAT FISIK DARI TANAH .....	2-1
2.1 Warna .....	2-1
2.2 Soil Phases .....	2-1
2.3 Specific Gravity .....	2-2
2.4 Perbandingan Rongga .....	2-3
2.5 Porosity .....	2-3
2.6 Kadar Air Dalam Tanah .....	2-4
2.7 Derajat Kejenuhan Air .....	2-5
2.8 Kepadatan Tanah .....	2-5
2.9 Tekstur Tanah .....	2-7
2.10 Ukuran Butir dan Pembagian Ukuran Butir .....	2-8
2.11 Bentuk Partikel .....	2-12
2.12 Batas – batas Atterberd dan Indeks Konsistensi .....	2-12
2.13 Aktiviti .....	2-14
2.14 Mineral Lempung .....	2-14
2.15 Interaksi Antara Air Dengan Mineral Lempung .....	2-15
2.16 Struktur Tanah dan Susunan .....	2-16
2.17 Klasifikasi Tanah .....	2-17
BAB 3 PEMERIKSAAN KARAKTERISTIK MEKANIK .....	3-1
3.1 Kepadatan Standard .....	3-1
3.2 Kepadatan Berat (Modified) .....	3-6
3.3 Permeabilitas Tanah Yang Berbutir Halus .....	3-11
3.4 Permeabilitas Tanah Yang Berbutir Kasar .....	3-13
3.5 Kekuatan Geser Langsung .....	3-15

3.6 Kekuatan Tekan Bebas .....	3-18
3.7 Tekan Tiga Sumbu .....	3-20
3.8 CBR Laboratorium .....	3-25
3.9 Penetrasi Tanah di Laboratorium .....	3-29
3.10 Konsolidasi .....	3-30
<b>BAB 4 PEMERIKSAAN KARAKTERISTIK FISIK TANAH .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 Cara Mempersiapkan Contoh Tanah dan Tanah Mengandung Agregat Secara Kering PT.001-88 (ASTM D.421-72).....	4-1
4.2 Contoh Tanah Secara Basah PT. 002 – 88 (Aashto T. 146 – 49) .....	4-5
4.3 Kadar Air Tanah PT. 010 – 88 (ASTM D – 2216 – 71) .....	4-7
4.4 Berat Jenis Tanah TT. 020 – 88 (ASTM D – 854 – 58) .....	4-9
4.5 Batas Cair (Liquid Limit) PT. 030 – 88 (ASTM D. 423 – 66) .....	4-12
4.6 Batas Plastik (Plastic Limit) PT. 040 (ASTM D – 424 – 74) .....	4-14
4.7 Batas Sudut Tanah PT. 050 – 88 .....	4-16
4.8 Analisa Saringan Tanah Berbutir Kasar PT. 060 – 88 .....	4-17
4.9 Analisa Butir Tanah Dengan Hydrometer PT. 061 – 88 .....	4-19
<b>BAB 5 BAHAN UNTUK BETON .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Pemeriksaan Semen .....	5-1
5.2 Pemeriksaan Terhadap Analisa Saringan Agregat Halus .....	5-8
5.3 Pemeriksaan Terhadap Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus .....	5-9
5.4 Pemeriksaan Terhadap Bahan Lolos Saringan 0,088 .....	5-10
5.5 Pemeriksaan Terhadap Kadar Air Permukaan Agregat Halus .....	5-11
5.6 Pemeriksaan Terhadap Kotoran Organik Agregat Halus JIS .....	5-13
5.7 Pemeriksaan terhadap Kekekalan Agregat (Soundness Test) .....	5-14
5.8 Pemeriksaan Terhadap Analisa Saringan Agregat Kasar .....	5-18
5.9 Pemeriksaan Terhadap Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar .....	5-21
5.10 Pemeriksaan terhadap Keausan Agregat Kasar .....	5-22
5.11 Pemeriksaan Terhadap Berat Isi Agregat JIS .....	5-24
5.12 Perhitungan Perencanaan Campuran Beton .....	5-27
5.13 Pemeriksaan Terhadap Kekentalan Beton JIS .....	5-36
5.14 Pemeriksaan Terhadap Kandungan Udara Pada Beton JIS .....	5-38
5.15 Pemeriksaan Terhadap Kekuatan Tekan Beton JIS .....	5-40

RANGKUMAN DAN PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

## DESKRIPSI SINGKAT PENGEMBANGAN MODUL

### PELATIHAN AHLI MUTU

1. Kompetensi kerja yang disyaratkan untuk jabatan kerja Ahli Mutu (*Quality Engineer*) dibakukan dalam Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) yang didalamnya telah ditetapkan unit-unit kompetensi, elemen kompetensi, dan kriteria unjuk kerja, sehingga dalam Pelatihan Ahli Mutu, unit-unit kompetensi tersebut menjadi Tujuan Khusus Pelatihan.
2. Standar Latihan Kerja (SLK) disusun berdasarkan analisis dari masing-masing Unit Kompetensi, Elemen Kompetensi dan Kriteria Unjuk Kerja yang menghasilkan kebutuhan pengetahuan, keterampilan dan sikap perilaku dari setiap Elemen Kompetensi yang dituangkan dalam bentuk suatu susunan kurikulum dan silabus pelatihan yang diperlukan untuk memenuhi tuntutan kompetensi tersebut.
3. Untuk mendukung tercapainya tujuan khusus pelatihan tersebut, maka berdasarkan Kurikulum dan Silabus yang ditetapkan dalam SLK, disusun seperangkat modul pelatihan (seperti tercantum dalam Daftar Modul) yang harus menjadi bahan pengajaran dalam pelatihan Ahli Mutu.

### DAFTAR MODUL

NO.	KODE	JUDUL
1.	QEN-01	UUJK, Etika Profesi dan Etos Kerja, UUSDA
2.	QEN-02	K3 dan Sosial Budaya Lingkungan Kerja
3.	QEN-03	Manajemen Data
4.	QEN-04	Manajemen Mutu
5.	QEN-05	Dokumen Kontrak
6.	QEN-06	Standar Mutu Pekerjaan Konstruksi SDA
<b>7.</b>	<b>QEN-07</b>	<b>Sifat dan Karakteristik Bahan</b>
8.	QEN-08	Pengendalian Mutu Pekerjaan Konstruksi Sumber Daya Air
9.	QEN-09	Sistem Pelaporan
10.	QEN-10	Menggunakan, memelihara dan kalibrasi peralatan laboratorium

## **PANDUAN PEMBELAJARAN**

- Pelatihan** : QUALITY ENGINEER (AHLI MUTU)
- Judul** : Sifat dan Karakteristik Bahan
- Deskripsi** : Modul ini terutama membahas mengenai sifat dan karakteristik bahan yang merupakan salah satu faktor pengendalian mutu, modul ini merupakan bagian dari kompetensi jabatan kerja ahli mutu (Quality Engineer) yang mencakup standar pengujian dan cara pengujian bahan. Hal ini perlu diterapkan dalam setiap pekerjaan konstruksi khususnya dibidang sumber daya air.
- Tempat kegiatan** : Dalam ruang kelas dengan perlengkapan media pengajaran
- Waktu kegiatan** : 4 jam pelajaran (1 jam pelajaran = 45 menit)

No.	Kegiatan Instruktur	Kegiatan Peserta	Pendukung
1.	<p>Ceramah : Pembukaan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menjelaskan Tujuan Instruksional (TIU &amp; TIK)</li> <li>- Merangsang motivasi peserta dengan pertanyaan atau pengalamannya dalam melakukan kegiatan di lapangan</li> </ul> <p>Waktu : 10 menit Bahan : lembar tujuan</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengikuti penjelasan TIU &amp; TIK dengan tekun dan aktif</li> <li>- Mengajukan pertanyaan apabila kurang jelas</li> </ul>	OHT <sub>1</sub>
2.	<p>Ceramah : Pendahuluan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gambaran singkat gabungan antara pengendalian mutu dan pengujian bahan dilaboratorium / dilapangan</li> </ul> <p>Waktu : 25 menit Bahan : Materi Serahan Bab 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengikuti penjelasan instruktur dengan tekun dan aktif</li> <li>- Mencatat hal-hal yang perlu</li> <li>- Tanya Jawab</li> </ul>	OHT <sub>2</sub>
3.	<p>Ceramah : Sifat fisik tanah antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penampilan</li> <li>- Berat Jenis</li> <li>- Kadar Air</li> <li>- Kepadatan</li> <li>- Struktur dan Susunan</li> </ul> <p>Waktu : 37 menit Bahan : Materi Serahan Bab 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengikuti penjelasan instruktur dengan tekun dan aktif</li> <li>- Mencatat hal-hal yang perlu</li> <li>- Mengajukan pertanyaan apabila kurang jelas</li> </ul>	OHT <sub>3,4</sub>

4.	<p>Ceramah : Karakteristik mekanik tanah antara lain</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kepadatan tanah</li> <li>- Permeabilitas</li> <li>- Kekuatan geser</li> <li>- Triaksial</li> <li>- CBR Tanah dilaboratorium</li> <li>- Konsolidasi</li> </ul> <p>Waktu : 36 menit Bahan : Materi Serahan Bab 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mendengarkan penjelasan instruktur dengan tekun dan aktif</li> <li>- Mencatat hal-hal yang perlu</li> <li>- Tanya Jawab</li> </ul>	OHT <sub>5,6</sub>
5.	<p>Ceramah : Karakteristik fisik tanah antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanah Mengandung Agregat</li> <li>- Tanah secara basah</li> <li>- Tanah secara kering</li> <li>- Berat Jenis</li> <li>- Analisa Saringan</li> <li>- Hidrometer test</li> </ul> <p>Waktu : 36 menit Bahan : Materi Serahan Bab 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mendengarkan penjelasan instruktur dengan tekun dan aktif</li> <li>- Mencatat hal-hal yang perlu</li> <li>- Tanya Jawab</li> </ul>	OHT <sub>7,8</sub>
6.	<p>Ceramah : Bahan Untuk Beton antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemeriksaan semen</li> <li>- Pemeriksaan agregat halus dan kasar</li> <li>- Kadar Air Agregat</li> <li>- Keausan agregat</li> <li>- Berat Jenis</li> <li>- Analisa Saringan</li> <li>- Design Mix</li> </ul> <p>Waktu : 36 menit Bahan : Materi Serahan Bab 5</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mendengarkan penjelasan instruktur dengan tekun dan aktif</li> <li>- Mencatat hal-hal yang perlu</li> <li>- Tanya Jawab / diskusi kelas</li> </ul>	OHT <sub>9</sub>

# **M A T E R I   S E R A H A N**

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

Manusia membangun berbagai-bagai struktur seperti sarana perumahan gedung bertingkat, jaringan jalan raya, pelabuhan, saluran, bendungan, pekerjaan tanah (earthwork) dan sebagainya dengan maksud untuk dapat memenuhi kebutuhan hidupnya dan meningkatkan kesejahteraan hidup. Struktur sarana tersebut dibangun diatas tanah dan harus kokoh dan kuat sehingga memberi rasa aman bagi manusia yang menggunakan dan memanfaatkannya.

Untuk memperoleh struktur yang kokoh dan kuat perlu dipelajari dan didalami sifat-sifat dan perilaku tanah (soil engineering properties and behavior) yang mendukung struktur tersebut. Mekanika tanah atau juga disebut geoteknik adalah suatu disiplin ilmu pengetahuan yang mempelajari sifat-sifat dan perilaku tanah yang dipandang sebagai bahan konstruksi (construction material). Prinsip-prinsipnya meliputi aplikasi dari problema-problem yang bervariasi dalam geofisik dan proses bahan.

Beton dan baja sebagai bahan konstruksi diperoleh setelah diproses oleh manusia terlebih dahulu sehingga sifat-sifat dan perilakunya relative tetap. Lain halnya dengan tanah sebagai bahan konstruksi dan sebagai bahan pondasi adalah diperoleh langsung dalam alam tanpa diproses terlebih dahulu.

Sebagai bahan konstruksi alam tanah memiliki sifat-sifat fisik yang bervariasi dan yang kebanyakan tidak tetap.

Sifat fisik dari tanah selain tergantung dari tipe tanah, dapat juga karena efek yang kurang lebih merugikan yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adanya air didalam tanah yang diperolehnya dari atmosfer, genangan banjir secara alam maupun buatan sehingga permukaan air dalam tanah berubah-ubah.

Kesulitan lain yang dihadapi tanah sebagai bahan konstruksi adalah sifat-sifat tanah di lapangan dapat bervariasi meskipun dalam jarak yang pendek.

Pengaruh air dalam tanah terhadap kemampuan tanah yang berbeda dibawah pembebanan mempunyai peranan yang besar dalam hal perilaku tanah.

Karena itu dalam mekanika tanah, kadar air didalam tanah dipandang sebagai salah satu faktor yang menentukan sifat dan perilaku tanah.

Air mempunyai pengaruh pula terhadap daya dukung tanah (bearing capacity) karena dapat merubah keadaan plastis ke elastis.

Tanah yang dapat berkembang dan menyusut sudah tentu mempunyai pengaruh besar terhadap struktur diatasnya maupun tanah itu sendiri sebagai strukturnya.

Pengaruh air didalam tanah yang dinamakan seepage seperti aliran dibawah struktur bendungan, aliran pada bendungan atau tanggul, terciptanya quick condition, liquefaction dan lain-lain memerlukan penyelesaian (solution) yang tepat.

Sebaliknya air dipergunakan untuk mengontrol kepadatan anah dalam pekerjaan isian tanah (fill) seperti embankment, tanggul dan bendungan tanah dan memberi efek memperbesar kekuatan geser tanah.

Terjadinya keruntuhan pada lereng alam maupun timbunan tanah yang dibuat manusia, disebabkan karena tanah kehilangan kekuatan geser tanah disebabkan air didalam tanah menimbulkan tegangan air pori (pore water pressure) didalam tanah yang mengurangi besarnya tegangan efektif.

Perubahan kadar air dalam tanah perlu mendapatkan perhatian yang cukup besar dalam pembuatan desain selama pelaksanaan pekerjaan konstruksi dilakukan dan masa pemeliharaan sesudahnya.

Sebagaimana pada setiap pembuatan desain suatu struktur maka statistik dari struktur tergantung pada pengetahuan dari kekuatan bahan sehingga desain untuk pondasi maupun injineering pekerjaan tanah tergantung pada disiplin mekanika tanah.

Untuk mengatasi problema yang bersifat mendasar didalam injinering tanah yang meliputi injineering pekerjaan tanah dan pondasi diperlukan penyelesaian (solution) yang akan dan ekonomis dalam pembuatan desain strukturnya.

Inilah perlunya untuk mempelajari dan mendalami mekanika tanah serta aplikasinya, oleh karena itu sebagai seorang quality engineer perlu dan sangat penting untuk dipahami tentang sifat dan karakteristik bahan seperti yang disusun dalam modul ini terutama pada pengendali mutu di lapangan.

## BAB 2

### SIFAT FISIK DARI TANAH

Untuk suatu jangkauan tertentu sifat-sifat tanah (*soil properties*) yang mendasar, memberikan karakteristik kualitas dari tanah sebagai bahan structural atau derajat kestabilan tanah di bawah pondasi dari struktur-struktur dalam engineering.

Beberapa sifat-sifat fisik tanah yang mendasar adalah warna, komposisi mekanis, struktur, ukuran dan bentuk butir, tekstur, specific gravity, satuan berat, porosity, volumetric dan gravimetric yang saling berkaitan dari berbagai-bagai penampilan tanah (*soil phase*) dan konsistensi.

#### 2.1 Warna

Warna adalah salah satu yang dengan jelas merupakan sifat tanah yang pertama-tama diobservir. Warna tanah bervariasi dari warna putih dan melalui merah ke merah hitam atau dalam bentuk warna kombinasi.

Warna terutama tergantung dari tipe khusus dari unsure mineral tanah, kadar organik, jumlah warna oksida besi dan mangan serta derajat oksidasi.

Demikian pula kondisi dari kadar air dan temperature untuk terjadinya perubahan warna.

Perubahan kadar air merubah pula warna dari tanah. Untuk keperluan observasi terutama dalam hal identifikasi dan uraian, maka warna tanah adalah yang dalam keadaan lembab dan lebih dianjurkan tanah yang belum terganggu (*undisturbed soil*).

#### 2.2 Soil Phases

Phases disini dimaksud penampilan tanah artinya sebagaimana tanah dilihatnya.

Tanah adalah suatu media yang porus dan untuk suatu volume tertentu dalam suatu system tanah lazimnya dipandang sebagai suatu sistem yang terdiri dari tiga penampilan (*phases*) utama yaitu :

- a. Penampilan padat (*soil phase*) atau skeleton yang terdiri dari mineral, organik atau kedua-duanya.
- b. Tanah jenuh air : seluruh rongga terisi oleh air yang berarti tanah berada dalam 2 penampilan (*two phase soil*)
- c. Tanah didalam air : seluruh rongga terisi oleh air yang berarti pula tanah berada dalam 2 penampilan (*two phase soil*)

Satuan berat tanah tersebut diatas yang berada dalam 4 keadaan yang berbeda-beda meskipun terdiri dari tanah yang sama (satuan berat butir tanah yang sama) mempunyai satuan berat yang berbeda-beda.

Tanah kering : satuan berat butir tanah kering

Tanah lembab : satuan berat butir tanah kering ditambah berat air yang mengisi sebagian rongga

Tanah jenuh air : satuan berat butir tanah kering ditambah berat air yang mengisi seluruh rongga

Tanah didalam air : satuan berat butir tanah kering dikurangi tekanan air ke atas dari butir tanah.

### 2.3 Specific Gravity

Specific gravity berlaku untuk penampilan padat dari tanah (*soil phase*) artinya terhadap bahan partikel tanah (*soil solids*) saja. Specific gravity  $G$  dari butir padat kering dari tanah ditetapkan sebagai perbandingan antara kepadatan  $\gamma_w$  dengan volume yang sama.

Kepadatan dari partikel tanah adalah massanya setiap satuan volume dari partikel sedangkan kepadatan air pada  $+ 4^{\circ}\text{C}$  adalah 1000.

$$G = \frac{\text{berat partikel tanah dalam gram}}{(\text{volume dari partikel tanah}) (1000)} = \frac{W_s}{V_s x_w} = \frac{x_s}{x_w}$$

$G$  = tidak mempunyai dimensi

Penggunaan spesifik gravity :

Adalah untuk menghitung sifat-sifat tanah (*soil properties*) yang lain seperti, porositu dan perbandingan rongga (*void ratio*) dari tanah, satuan berat tanah, kecepatan jatuhnya partikel dalam cairan, penetapan ukuran partikel dengan penggunaan metode hydrometer.

Selain dari itu juga digunakan untuk mempelajari konsolidasi tanah lempung, menghitung derajat kejenuhan tanah, critical hydraulic gradient dalam tanah apabila quick dari pasir diperkirakan, perhitungan zero air void dalam teori pemadatan tanah (compaction) dan lain-lain.

Specific gravity dari tanah yang terdiri dari berbagai-bagai mineral bervariasi antara 2,50 sampai 2,70.

Tanah yang mengandung mineral kwarts mempunyai  $G = 2,65$ .

## 2.4 Perbandingan Rongga

Karena struktur tanah tergantung dari berbagai-bagai proses pembentukan, demikian pula bervariasi dengan waktu maka porosity tanah juga bervariasi. Perubahan volume dari rongga tanah yang dapat terjadi karena bekerjanya beban-beban, menjadikan perubahan volume total dari tanah.

Karenanya volume total dari tanah dipandang sebagai kuantitas yang berubah-ubah menjadikan sulitnya menghitung porosity.

Dengan alasan ini dalam mekanika tanah lazimnya untuk menyatakan porosity sebagai relative porosity atau void ratio.

Void ratio :

$$e = \frac{\text{volume rongga (voids) dalam tanah}}{\text{volume dari butir dalam tanah}}$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_t - V_s}{V_s} = \frac{V}{V_s} - 1$$

$$e = \frac{VGx_w}{W_s} - 1$$

$V_v$  = volume rongga (voids)

$V_t$  = volume total

$G$  = specific gravity

$x_w$  = satuan berat air

$W_s$  = berat butir

$e$  = void ratio merupakan bilangan pecahan

Sebagai acuan-ancuan besarnya  $e$  untuk pasir berkisar antara 0,4 dan 1,0 ;

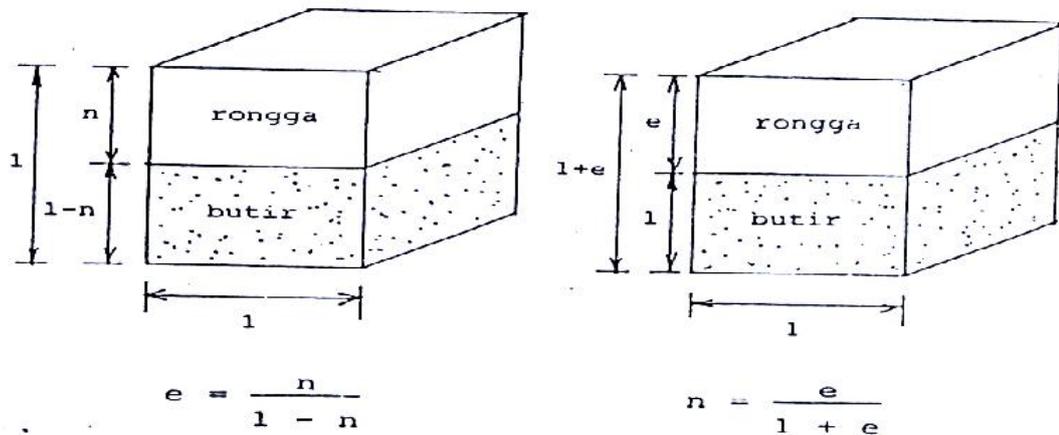
Lempung berkisar antara 0,3 dan 1,5 dan dapat lebih besar untuk beberapa tanah organik.

## 2.5 Porosity

Tergantung dari derajat kepadatan tanah atau susunan butir, partikel – partikel tanah dikelilingi oleh suatu jumlah ruangan kosong atau rongga (*voids*) yang sering kali disebut pori.

Jumlah volume dari tanah, baik terisi oleh sebagian maupun sepenuhnya disebut porositi dari tanah.

$$V_t = V_s + V_v$$



a. Kaitan volumetrik dengan volume total dari tanah

b. Kaitan volumetrik dengan volume total dari butir

Gambar 2.

Kaitan antara koefisien porositi dan void ratio  $e$

Porositi :

$$n = \frac{\text{Volume dari semua rongga dalam tanah}}{\text{Volume total dari tanah}} \times 100\%$$

$$n = \frac{V_v}{V_t} \times 100\% = \frac{V_v}{V_s + V_v} \times 100\%$$

$V_v = \text{Volume dari rongga (voids)}$

$V_t = \text{Volume total tanah}$

$V_s = \text{Volume dari butir (solids)}$

$$n = \frac{V_t - V_s}{V_t} = 1 - \frac{V_s}{V_t} = 1 - \frac{W_s}{G \times x_w \times V_t}$$

$W_s = \text{Berat butir (solids)}$

$x_w = \text{Satuan berat air}$

$$V_s = \frac{W_s}{G \times x_w}$$

Volume rongga dari pasir alam tergantung dari komposisi mekanis, derajat kecepatan susunan butir, proses alam sewaktu terjadi deposisi. Deposisi pasir yang cepat karena banjir kira-kira  $n=50\%$ . Deposisi pasir yang lambat kira-kira  $n=35\%$ .

Sehubungan antara void ratio dengan porosity :

$$n = \frac{e}{1+e} \quad e = \frac{n}{1-n}$$

## 2.6 Kadar Air Dalam Tanah

Kadar air dalam tanah adalah jumlah air yang berada dalam rongga-rongga didalam tanah.

Dibedakan antara :

- Jumlah air dalam rongga tanah secara alamiah dinamakan kadar air alam dalam tanah. Secara umum hal ini memberikan karekteristik dari sifat kekuatan dari tanah (*strength properties*) sebagaimana menunjukkan kemampuannya apabila bekerja beban dan temperatur.
- Kadar air dalam tanah yang diperlukan untuk pemadatan tanah (*soil compaction*) dalam penetapan batas-batas konsistensi tanah dan untuk menghitung stabilitas dari semua jenis pekerjaan tanah dan pondasi.

Penetapan kadar air dalam tanah dilakukan dengan mengeringkan contoh tanah dalam oven pada temperature  $105^{\circ}\text{C}$  sampai  $110^{\circ}\text{C}$  sampai diperoleh berat contoh tanah yang tetap.

Kadar air :

$$W = \frac{\text{berat air}}{\text{berat butir}} \times 100\%$$

$$W = \frac{W_w}{W_d} \times 100\%$$

$W_w$  = berat air yang berada dalam rongga (voids) tanah

$W_d$  = berat butir (berat tanah kering dari oven)

$$W_d = \frac{W_w + W_t}{1 + \frac{w}{100}} = \frac{W_t}{1 + \frac{w}{100}}$$

$W_t$  = berat total (air dan butir)

Kaitan antara berat air, berat kering dan kadar air dipergunakan untuk pemadatan tanah dari jalan-jalan, lapangan terbang, tanggul air dan bendungan tanah (earth dams).

Kadar air yang dinyatakan dalam prosen dapat berkisar antara 05 yaitu tanah kering sampai beberapa ratus prosen. Kadar air alam dalam tanah dari kebanyakan tanah berada dibawah 100%, sedangkan pada tanah organic dan morine dapat mencapai 500% atau lebih.

## 2.7 Derajat Kejenuhan Air

Keadaan dimana rongga-rongga sebagian terisi dengan air dinyatakan sebagai derajat kejenuhan air  $S$  atau kadar air relative. Derajat kejenuhan air :

$$S = \frac{\text{Volume rongga yang nyata diisi oleh air}}{\text{Volume total dari rongga}}$$

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

$$S = \frac{W_w}{V_v} \times 100\%$$

$W_w$  = berat air dalam rongga

$W_v$  = berat air yang dapat mengisi volume total dari rongga dalam tanah

besarnya  $S$  bervariasi dari 0 % sampai 100 %, apabila :

- $S < 100\%$ , berarti sebagian dari rongga – rongga terisi oleh air
- $S = 100\%$ , berarti semua rongga – rongga terisi oleh air
- $S = 0\%$ , berarti tidak ada air sama sekali dalam rongga – rongga atau tanah kering

## 2.8 Kepadatan Tanah

Dari fisika kepadatan adalah massa per satuan volume yang dinyatakan dalam kg/m<sup>3</sup> misalnya.

Kepadatan dapat dinyatakan sebagai :

$$\text{Kepada tan total} : \dots = \frac{M_t}{V_t} = \frac{M_s + M_w}{V_t}$$

$$\text{Kepada tan butir} : \dots_s = \frac{M_s}{V_s}$$

$$\text{Kepada tan air} : \dots_w = \frac{M_w}{V_w}$$

Besarnya kepadatan total ... dari tanah yang dijumpai dalam alam tergantung dari seberapa banyak air berada didalam rongga dan kepadatan dari butir-butir mineral itu sendiri.

Kepadatannya berkisar antara 1000 kg/m<sup>3</sup> sampai 2400 kg/m<sup>3</sup>. Besarnya ...<sub>s</sub> dari kebanyakan tanah berkisar dari 2500 kg/m<sup>3</sup> sampai 2800 kg/m<sup>3</sup>.

Kebanyakan pasir ...<sub>s</sub> = 2600 kg/m<sup>3</sup> -2700 kg/m<sup>2</sup>.

Sebagai contoh pasir yang mengandung kwarts ...<sub>s</sub> = 2,65 kg / m<sup>3</sup>

Sedangkan tanah lempung ...<sub>s</sub> = 2,65 – 2,80 t / m<sup>3</sup>

Tanah organik ...<sub>s</sub> = 2,50 t / m<sup>3</sup>

Kepadatan air pada 4<sup>0</sup> C adalah :

$$\dots_w = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Kepadatan kering

$$\dots_d = \frac{M_s}{V_t}$$

Kepadatan jenuh (saturated)

$$\dots_{sat} = \frac{M_s + M_w}{V_t}$$

$$V_a = 0$$

$$S = 100 \%$$

Kepadatan di dalam air (submerged) :

$$\dots' = \dots_{sat} - \dots_w$$

$$M_t = \text{massa total}$$

$$M_s = \text{massa butir}$$

$$M_w = \text{massa air}$$

$$V_a = \text{Volume udara}$$

Tabel No.1

<b>Some Typical Values for Different Densities of Some Common Soil Materials*</b>			
Soil Type	Density (Mg/m <sup>3</sup> )		
	$\rho_{sat}$	$\rho_d$	$\rho'$
Sands and gravels	1.9–2.4	1.5–2.3	1.0–1.3
Silts and clays	1.4–2.1	0.6–1.8	0.4–1.1
Glacial tills	2.1–2.4	1.7–2.3	1.1–1.4
Crushed rock	1.9–2.2	1.5–2.0	0.9–1.2
Peats	1.0–1.1	0.1–0.3	0.0–0.1
Organic silts and clays	1.3–1.8	0.5–1.5	0.3–0.8

\*Modified after Hansbo (1975).

## 2.9 Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah penampilannya sebagaimana dilihatnya dan tergantung dari bentuk dan ukuran relative dari partikel-partikel demikian pula pembaguan dari ukuran tersebut.

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*) memperlihatkan dengan jelas tekstur yang kasar seperti pasir dan kerikil / koral (gravel).
- b. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*) tersusun predominan dari butir-butir mineral yang sangat kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata biasa, seperti tanah lanau (silts) dan lempung.

Tekstur tanah, khususnya tanah berbutir kasar mempunyai beberapa kaitan dengan perilaku dalam pengertian engineering.

Dalam kenyataannya, tekstur tanah digunakan sebagai dasar untuk klasifikasi tanah tertentu. Seperti halnya gravel, lanau dan lempung dalam klasifikasi tekstur umumnya digunakan praktis dalam engineering geoteknik.

Dengan hadirnya air dalam tanah berbutir halus lebih besar memberikan efek responsenya terhadap adanya interaksi antar butir-butir mineral dari pada ukuran butir dan teksturnya saja. Interaksi tersebut memberi efek terhadap plastisitas dan kohesi.

Dipandang dari segi tekstur, tanah dibagi antara tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Dalam garis besar pembedaan dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. Tanah berbutir kasar
  - Ukuran butir lebih besar dari 0,50 mm, tidak plastis dan tidak berkohesi.
- b. Tanah berbutir halus :
  - Ukuran butir lebih kecil dari 0,50 mm, plastis dan berkohesi khususnya dalam hal lanau dan lempung yang kedua-duanya termasuk tanah berbutir halus masih perlu

dibedakan antara lanau adalah tidak plastis dan tidak berkohesi sedangkan lempung adalah plastis dan berkohesi.

Tabel No. 2

2-2 Textural and Other Characteristics of Soils			
Soil name:	Gravels, Sands	Silts	Clays
Grain size:	Coarse grained Can see individual grains by eye	Fine grained Cannot see individual grains	Fine grained Cannot see individual grains
Characteristics:	Cohesionless Nonplastic Granular	Cohesionless Nonplastic Granular	Cohesive Plastic
Effect of water on engineering behavior:	Relatively unimportant (exception: loose saturated granular materials and dynamic loadings)	Important	Very important
Effect of grain size distribution on engineering behavior:	Important	Relatively unimportant	Relatively unimportant

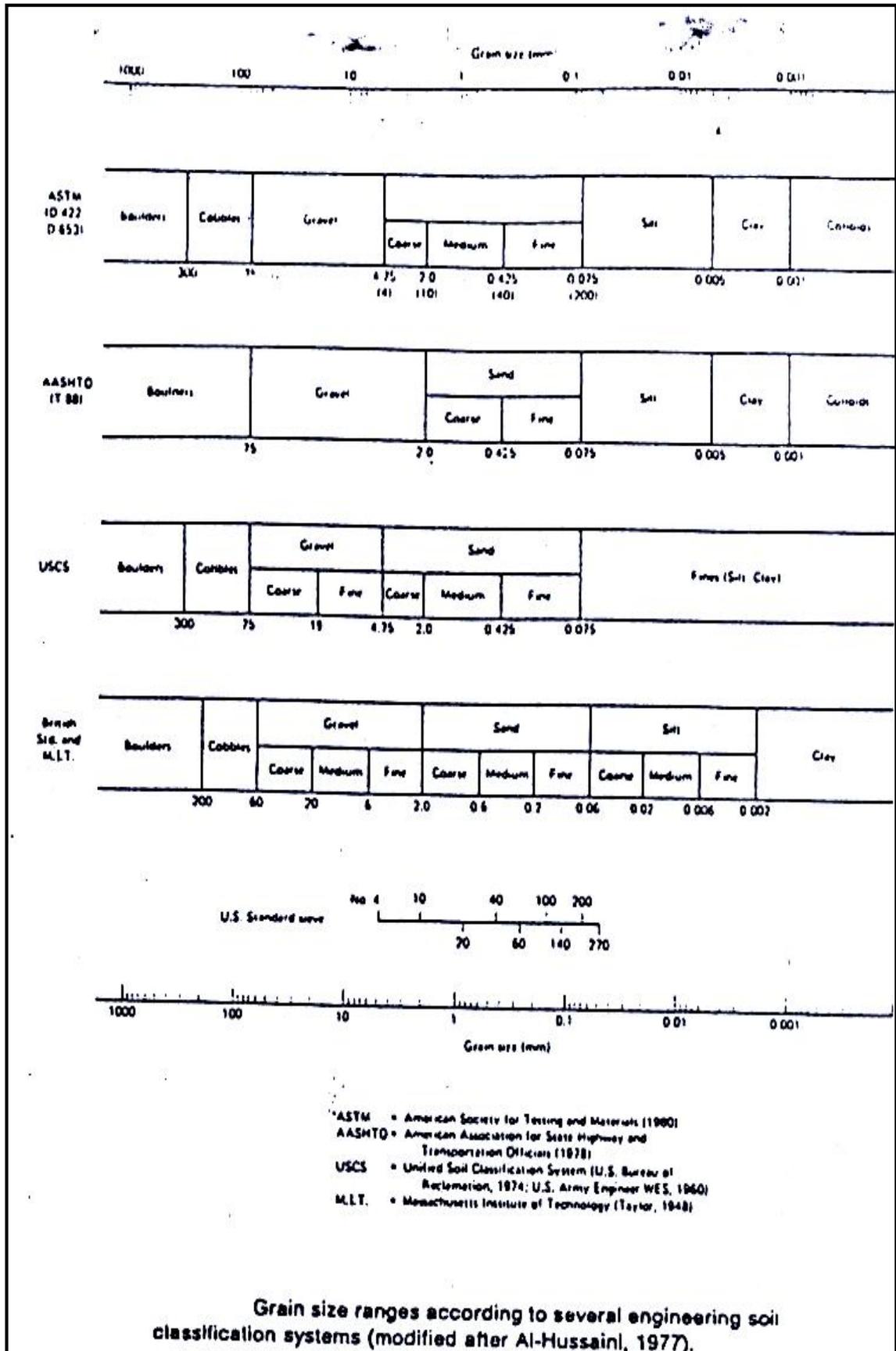
Istilah lempung disini dimaksud mineral lempung dan tanah yang mengandung mineral lempung.

Adanya mineral lempung dalam beberapa tanah memberi efek yang kuat terhadap perilaku tanah tersebut. Dalam engineering geoteknik tanah semacam itu lazimnya dinamakan lempung (clays), yang sebenarnya dimaksud dengan tanah yang dengan adanya mineral-mineral lempung tertentu memberi efek pada perilaku.

## 2.10 Ukuran Butir dan Pembagian Ukuran Butir

Seperti telah diuraikan diatas bahwa ukuran butir khususnya dalam hal tanah granular mempunyai beberapa efek pada perilaku tanah maka ukuran butir dan pembagian (distribution) butir dipakai sebagai dasar untuk klasifikasi.

Gambar No. 3



Analisa butir atau yang disebut analisa mekanis atau juga uji coba gradasi adalah suatu analisa ayakan artinya butir-butir tanah disaring dengan ayakan yang mempunyai beberapa ukuran lubang saringan.

Ukuran lubang saringan yang terbesar adalah sieve no. 4 (4.75 mm) dan yang terkecil adalah sieve no. 200 (0,075 mm) menurut US Standard.

b. Tanah berbutir halus

Untuk ukuran butir yang kurang dari 0,075 mm yang tidak dapat disaring dengan ayakan, analisisnya dengan analisa metode pengendapan (sedimentation) dari partikel-partikel tanah karena gravity atau lazimnya dinamakan analisa hydrometer.

Tabel no. 3

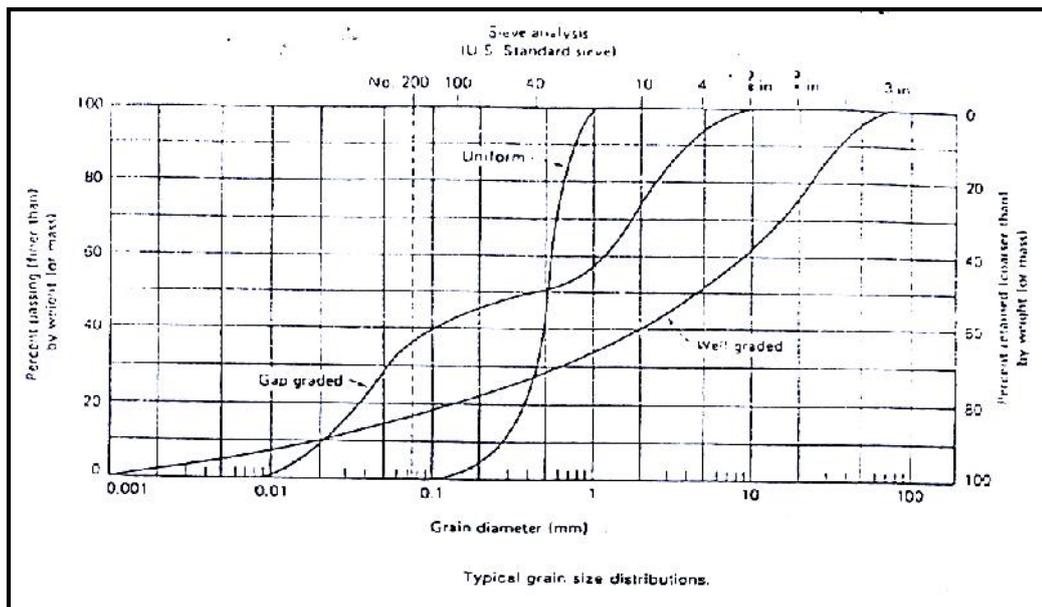
U.S. Standard Sieve Sizes and Their Corresponding Open Dimension	
U.S. Standard Sieve No.	Sieve Opening (mm)
4	4.75
10	2.00
20	0.85
40	0.425
60	0.25
100	0.15
140	0.106
200	0.075

Beberapa tipe pembagian ukuran butir dibedakan menurut gradasinya yaitu :

- Tanah yang bergradasi baik (well graded soil) adalah tanah yang mempunyai berbagai-bagai ukuran butir sehingga terbentuk suatu kurva gradasi yang bagus yaitu melebar meliputi berbagai-bagai ukuran butir dan melekuk di bagian atas.
- Tanah yang bergradasi jelek (poorly graded soil) adalah tanah yang berlebih-lebihan atau tidak dijumpainya suatu ukuran butir tertentu sehingga mempunyai kebanyakan butir dari ukuran yang sama.

Contoh dari jenis tanah yang bergradasi jelek adalah tanah mempunyai gradasi yang sama (uniform gradation) yang bentuk kurvanya kurang lebih tegak.

Demikian pula tanah yang mempunyai kurva gradasi yang gap graded atau siku siku tanah yang bergradasi jelek.



Gambar no.4

Dengan demikian susunan diameter butir-butir tanah yang dijumpai dalam contoh tanah perlu diperhatikan.

Selain daripada itu dilakukan dengan menggunakan suatu diameter butir tertentu  $D$  yang ekuivalen dengan prosentasi butir-butir yang melewati saringan pada kurva pembagian ukuran butir. Misalnya  $D_{10}$  adalah diameter butir yang sesuai dengan butir-butir yang lolos saringan 10% terhadap berat atau dengan kata lain 10% dari partikel-partikel yang mempunyai diameter butir yang lebih kecil dari diameter butir  $D_{10}$ .

Ada dua parameter bentuk butir :

- Koefisien keseragaman (coefficient of uniformity)  $C_u$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$D_{60}$  = diameter butir (dalam mm) yang sesuai dengan 60% lolos terhadap berat

$D_{10}$  = diameter butir (dalam mm) yang sesuai dengan 10% lolos terhadap berat

Sebagai contoh :

- Tanah bergradasi jelek

$C_u = 1$  : adalah tanah yang hanya mempunyai satu diameter butir saja.

$C_u = 2-3$  : adalah umumnya pasir tepi pantai

- Tanah bergradasi baik :

$C_u > 15$  malahan bias sampai 1000

Sebagai contoh adalah bahan lempung inti (clay core material) dari Oroville dam di California dimana  $C_u$  berada diantara 400-500 dengan ukuran butir yang

meliputi mulai dari batu ukuran besar (boulders) sampai pada partikel lempung yang berbutir halus.

b. Koefisien kurva (coefficient of curvature)

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})}$$

• Tanah bergradasi jelek :

$$C_c < 1$$

• Tanah bergradasi baik :

$$C_c = 1-3 \text{ apabila}$$

$$C_u > 4 \text{ untuk gravels}$$

$$C_u > 6 \text{ untuk pasir}$$

Criteria untuk dapat mengklasifisir tanah yang bergradasi baik atau jelek, tidak dapat hanya dilakukan dengan analisa  $C_u$  atau  $C_c$  saja akan tetapi harus kedua-duanya bersamaan.

Contoh :

a. Tanah yang bergradasi baik :

$$C_u = 450 \text{ dan } C_c = 2$$

Selama  $C_u > 15$  dan  $C_c$  berapa antara 1 and 3 menunjukkan tanah bergradasi baik.

b. Tanah bergradasi jelek :

1. Gap-graded jelek

$$C_u = 55 \text{ dan } C_c = 0,1$$

Meskipun  $C_u > 15$  termasuk tanah yang bergradasi baik akan tetapi karena harga  $C_c$  sangat kecil, menjadikan tanah tersebut gap graded dan tergolong tanah bergradasi jelek.

2. Tanah seragam (inuniform soil)

$$C_u = 1,8 \text{ dan } C_c = 1,12$$

Harga  $C_u$  yang kecil menunjukkan sebagai tanah bergradasi jelek meskipun harga  $C_c$  yang agak lebih besar  $C_c = 1$  (tanah seragam), tanah tersebut tetap tergolong tanah yang bergradasi jelek.

### 2.11 Bentuk Partikel

Bentuk dari masing-masing individu partikel tidak hanya penting artinya bagi pembagian ukuran butir saja akan tetapi juga memberi efek pula kepada engineering response terhadap tanah granular. Bentuk butir dipergunakan untuk penetapan sebagian dari klasifikasi tanah secara visual. Lazimnya tanah berbutir kasar diklasifikasikan menurut bentuk butir tanah seperti :

- a. Bulat (rounded)
- b. Agak bulat (subrounded)
- c. Tajam (angular)
- d. Agak tajam (subangular)

Untuk membedakan partikel-partikel dapat pula dilakukan :

- a. Partikel bulk (*bulky*) misalnya pasir
- b. Partikel yang berlapis (*flaky*) misalnya lapisan mika

Partikel bulk dapat dikatakan hamper tidak dapat menahan beban kompresi meskipun beban tersebut kecil, sedangkan partikel yang berlapis dapat menerima beban kompresi sehingga volume menjadi berkurang dari semula.

Hal yang demikian ditunjukkan pada cylinder dari masing-masing partikel tersebut diatas yang mendapatkan beban kompresi sehingga memberi perilaku yang berbeda sangat drastic.

Dalam hal kekuatan geser (*shear strength*) dari pasir bentuk butirnya sangat menentukan karekteristik gesekan (*friction*) dari tanah granular.

### 2.12 Batas-batas atterberd dan Indeks Konsistensi

Adanya air dalam rongga (voids) dari tanah dapat memberi efek khususnya pada perilaku (engineering behavior) dari tanah berbutir halus. Yang penting disini adalah dapat membandingkan jumlah air dalam rongga terhadap beberapa standard perilaku dalam engineering. Ini yang dimaksud dengan bata-batas dari attenberg yang penting dalam memberi batasan tersebut.

Dengan diketahuinya kadar air dari suatu contoh tanah dan dibandingkan relative terhadap batas-batas atterberg, maka dengan demikian sudah dapat diketahui sebagian besar dari engineering respons dari contoh tanah tersebut.

Batas-batas atterberg adalah kadar air pada tahap batas atau tahap kritis dari perilaku tanah. Dengan demikian kadar air alam dalam tanah merupakan hal yang sangat penting dalam hal menguraikan tanah berbutir halus. Karenanya, batas atterberg digunakan untuk membuat klasifikasi tanah berbutir halus, sehingga sangat bermanfaat

dalam mencari korelasi dengan sifat engineering dan perilaku engineering dari tanah yang berbutir halus.

A. Atterbeg (1911) dalam meneliti plastisiti tanah lempung sampai pada suatu kesimpulan bahwa paling sedikit diperlukan 2 parameter untuk dapat menetapkan plastisiti lempung yaitu:

- \* batas atas (upper limits) dari plastisiti dan
- \* batas bawah (lower limits) dari plastisiti

Selanjutnya ia menetapkan batas-batas konsistensi atau batas-batas perilaku sebagai berikut :

1. Upper limit dari viscous flow
2. Liquid limit adalah lower limit dari viscous flow
3. Sticky limit adalah lempung kehilangan adesi terhadap lembaran metal
4. Cohesion limit adalah butir-butir berhenti untuk melekat satu terhadap yang lain
5. Plastic limit adalah batas bawah dari keadaan plastis
6. Shrinkage limit adalah batas bawah dari perubahan volume

Atterberg menetapkan pula yang disebut indeks plastis (plasticity index) yang menunjukkan batasan kadar air dimana tanahnya adalah plastis dan menganjurkan untuk dapat digunakan dalam klasifikasi tanah.

K. Terzaghi (1920) dan A. Cassagrande (1932) yang bekerja untuk US Bureau of public Roads membuat standard untuk batas-batas atterberg sehingga siap pakai untuk tujuan klasifikasi tanah.

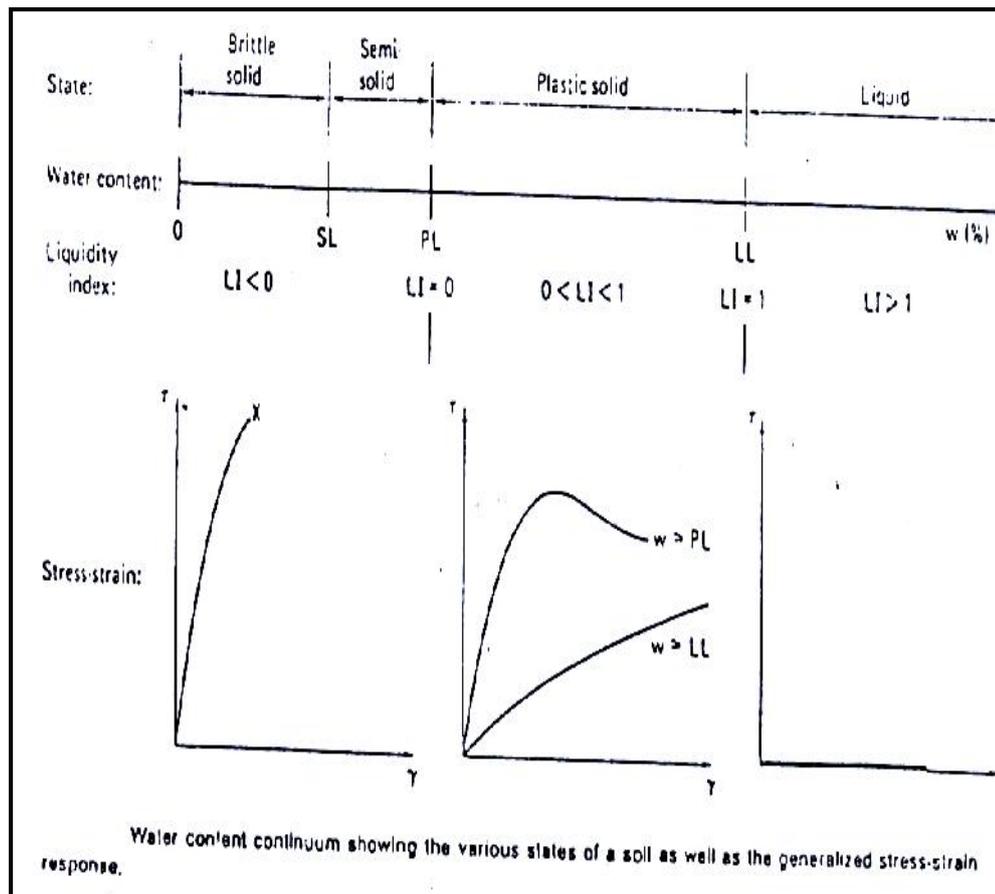
Dalam engineering geoteknik lazimnya digunakan istilah sebagai berikut :

Liquid limit : LL atau  $W_L$  Batas cair

Plastic limit : PL atau  $W_p$  batas plastis

Shrinkage limit : SL atau  $W_s$  batas susut

Batas-batas atterberg adalah kadar air maka dengan perubahan kadar air berarti pula perubahan dalam perilaku tanah (gambar nomor 5).



Gambar no.5

Indeks plastis (*plasticity index*)

$$PI = LL - PL$$

PI sangat bermanfaat dalam klasifikasi engineering dari tanah berbutir halus dan banyak engineering ditemukan korelasi empirisnya terhadap PI.

Indeks cair (*liquidity index*)

Adalah indeks untuk membandingkan kadar air alam dalam contoh tanah :

$$LI = \frac{W_n - PL}{PI}$$

$W_n$  = Kadar air alam di dalam contoh tanah

Beberapa ketentuan :

Apabila  $LI < 0$  , maka tanahnya akan retak rapuh (brittle fracture) apabila terkena geser

Apabila LI diantara 0 dan 1, maka tanahnya akan seperti plastis

Apabila  $LI = 1$  , maka tanahnya akan menjadi cairan kental (viscous liquid) apabila terkena geser

Tanah semacam ini sangat peka untuk merusak struktur tanah.

Selama tanah ini tidak terganggu (*not disturbed*) merupakan tanah yang relatif kuat, akan tetapi apabila karena sesuatu hal maka tanah tersebut akan benar-benar mengalir seperti cairan. Tanah semacam ini merupakan endapan (*deposits*) dari lempung yang amat peka yang dinamakan ultra sensitive (*quick*) clays yang terdapat di sebelah timur Canada dan Scandinavia.

### 2.13 Aktiviti

Skempton (1953) menetapkan aktiviti A dari lempung sebagai berikut :

$$A = \frac{P_1}{\text{fraksi lempung}}$$

Fraksi lempung biasanya diambil sebagai prosential berat dari tanah yang kurang dari 2 um.

Aktiviti lempung berkisar pada :

$A = 1 < 0,75 < A < 1,25$  diklasifikasikan sebagai normal

$A < 0,75$  diklasifikasikan sebagai tidak aktif (*in active clays*)

$A > 1,25$  diklasifikasikan sebagai aktif (*active clays*)

Klasifikasikan yang didasarkan aktiviti sangat berguna bagi tanah lempung yang aktif dan tidak aktif dalam korelasi dengan sifat-sifat enjineeringnya.

### 2.14 Mineral Lempung

Dalam injineering sipil yang maksud lempung adalah tanah lempung artinya tanah yang mengandung beberapa mineral lempung yang mempunyai plastisiti dan kohesi. Seperti telah diuraikan tanah lempung tergolong tanah berbutir halus. Untuk tanah lempung pembagian ukuran butir relative mempunyai pengaruh yang kecil terhadap perilaku injineering akan tetapi air memberi efek yang menyolok terhadap injineeringnya.

Mineral-mineral lempung adalah partikel-partikel yang sangat halus dan sangat aktif elektro kimia. Dengan hanya ada sejumlah sedikit mineral lempung saja didalam masa tanah dapat memberi efek yang besar terhadap perilaku injineering dari tabah tersebut. Dengan bertambah besar jumlah lempung didalam tanah maka perilaku tanah dikuasai oleh sifat-sifat dari lempung.

Mineral-mineral lempung yang penting yang mempunyai pengaruh besar dalam hal aktif dan tidak aktifnya bekerja lempung adalah mineral montmorillonite, illite, chlorite dan kaolinite.

## 2.15 Interaksi antara air dengan mineral lempung

Sebagaimana seperti telah diketahui air dalam tanah granular tidak memberi efek terhadap perilakunya. Misalkan kekuatan geser dari pasir kurang lebih sama apakah pasir tersebut dalam keadaan kering maupun jenuh air.

Pengecualian berlaku pada air dalam endapan pasir yang lepas (*loose deposits*) yang terkena beban dinamik seperti gempa bumi atau ledakan.

Sebaliknya tanah berbutir halus, khususnya tanah lempung sangat dipengaruhi oleh adanya air didalam tanah tersebut.

Mineral lempung adalah relative partikel-partikel kecil akan tetapi mempunyai permukaan spesifik yang besar dan untuk keseimbangannya mineral tersebut mempunyai permukaan yang sangat aktif.

Mineral	tipikal diameter (nm)	permukaan spesifik (km <sup>2</sup> /kg)
Montmorillonite	100-1000	0,8
illite	10000	0,08
chlorite	10000	0,08
kaolinite	300-4000	0,015

Kaolinite merupakan mineral lempung yang terbesar sedangkan montmorillonite adalah yang terkecil.

Karena aktiviti permukaan ada kaitannya dengan ukuran partikel maka montmorillonite menjadi lebih aktif dari pada kaolinite. Seperti telah didefinisikan aktiviti dari lempung sebagai

$$A = \frac{PI}{\text{fraksi lempung}}$$

Maka A menjadi besar karena fraksi lempung yang diambil sebagai prosentase berat dari tanah yang kurang dari 12 um adalah kecil.

Tabel no.4

Activities of Various Minerals*	
Mineral	Activity
Na-montmorillonite	4-7
Ca-montmorillonite	1.5
Illite	0.5-1.3
Kaolinite	0.3-0.5
Halloysite (dehydrated)	0.5
Halloysite (hydrated)	0.1
Attapulgite	0.5-1.2
Allophane	0.5-1.2
Mica (muscovite)	0.2
Calcite	0.2
Quartz	0

\* After Skempton (1953) and Mitchell (1976).

Untuk diketahui bahwa aktiviti bahwa permukaan untuk butir-butir pasir dan lanau adalah praktis nol.

Definisi dari permukaan spesifik adalah :

$$\text{permukaan spesifik} = \frac{\text{luas permukaan}}{\text{volume}}$$

## 2.16 Struktur Tanah dan Susunan

Dalam injineering geoteknik praktis, struktur tanah diartikan sebagai :

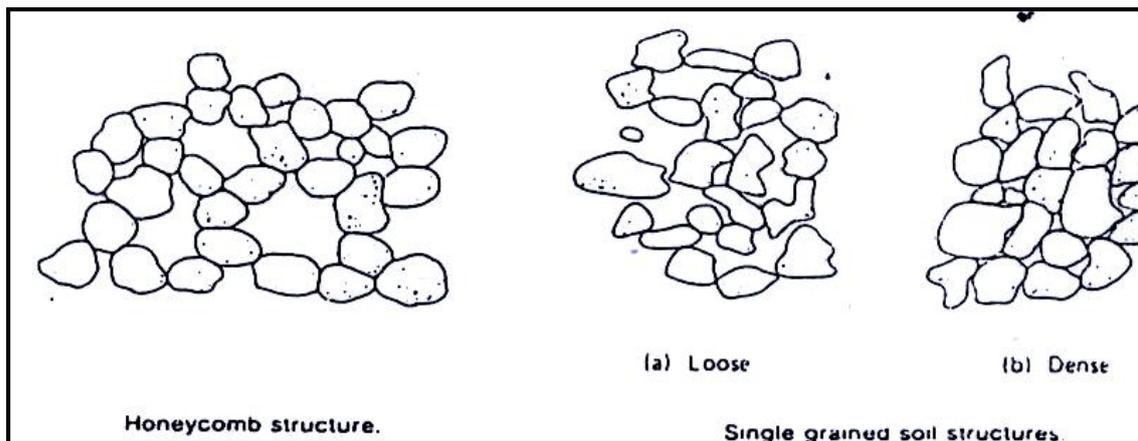
- Susunan geometric dari partikel-partikel atau butir-butir mineral dan
- Gaya-gaya antar partikel yang bekerja

Soil fabric hanya mengenai susunan geometric dari partikel-partikel.

Dalam tanah granular atau tanah yang tidak berkohesi, gaya-gaya antar partikel-partikel sangat kecil sehingga fabric dan struktur dari gravels, pasir dan lanau (suatu batas tertentu) adalah sama.

Sebaiknya dalam tanah berbutir halus gaya-gaya antar partikel-partikel relative sangat besar sehingga gaya-gaya dan fabric dari tanah tersebut dipandang sebagai struktur dari tanah.

Struktur tanah memberi efek yang besar sehingga menguasai perilaku injineering dari suatu tanah tertentu.



Gambar No. 6

Honeycomb structures mempunyai rongga yang besar diantara partikel-partikel tanah dan terpegang satu dengan lainnya pada titik-titik kontak. Apabila ada beban yang bekerja pada tanah tersebut, maka kontak-kontak tersebut dapat patah dan sebagian dari struktur tersebut rusak, sehingga dengan demikian dapat terjadi 2 kemungkinan sebagai berikut :

- a. Rongga-rongga mendapat kompresi sehingga strukturnya menjadi lebih stabil dan dapat menahan beban.
- b. Ada beberapa jenis tanah yang sedemikian tidak stabil struktur sehingga oleh gangguan kecil saja mengakibatkan runtuhnya struktur. Apabila rongga terisi dengan air maka air dan tanah ini akan kehilangan sama sekali stabilitasnya dan mengalir sebagai cairan kental.

Contoh tentang hal ini adalah :

Sensitive clay atau quick di Scandinavia

Kadang-kadang terjadi pula pada endapan lepas (loose deposits) dari pasir halus atau lanau (quick sand).

## 2.17 Klasifikasi Tanah

Dari teksture tanah dan pembagian ukuran butir, setidaknya-tidaknya akan diperoleh suatu idée tentang klasifikasi tanah yang dihubungkan dengan karekteristik injineering yang meliputi perilaku dari tanah untuk suatu tujuan injineering tertentu.

Dalam efeknya suatu system klasifikasi tanah menunjukkan suatu bahas komunikasi diantara engineers.

Dengan mengatahuinya klasifikasi tanah, maka para engineer mendapatkan suatu idée umum secara baik tentang situasi injineering apa yang akan terjadi selama

pelaksanaan pekerjaan konstruksi (construction) dilakukan dan apabila seluruh beban strukturnya bekerja dan sebagainya.

Pada dewasa ini banyak digunakan klasifikasi tanah dari Negara Amerika seperti halnya :

- United Soil Classification System (USCS)
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) System

Dalam injineering practis, USCS umumnya digunakan dalam water resources engineering sedangkan AASHTO untuk highway dan air strip engineering.

#### a. Unified Soil Classification System (USCS)

system ini mula-mula dibuat oleh prof. A. Casagrande (1948) untuk dapam pembangunan lapangan terbang selama perang dunia ke II. Kemudian diadakan modifikasi dalam tahun 1952 oleh Casagrande, US Bureau of Reclamation dan US Army Coprs of Engineers agar system tersebut dapat digunakan dalam pembangunan bendunhan, pondasi dan lain-lainnya.

Dasar dari USCS adalah bahwa tanah berbutir kasar diklasifikasikakn menurut pembagian ukuran butir sedangkan perilaku injineering dari tanah berbutir halus terutama dikaitkan terhadap plastisitinya.

Dengan demikian system klasifikasi didasarkan pada analisa saringan dan batas – batas dari atterberg.

USCS dibagi dalam empat bagian utama yang dapat dilihat pada table no. 5.

USCS Definitions of Particle Size, Size Ranges, and Symbols			
	Soil Fraction or Component	Symbol	Size Range
(1)	Boulders	None	Greater than 300 mm
	Cobbles	None	75 mm to 300 mm
	Coarse-grained soils:	G	75 mm to No. 4 sieve (4.75 mm)
	Gravel		
	Coarse	S	75 mm to 19 mm
	Fine		19 mm to No. 4 sieve (4.75 mm)
	Sand		No. 4 (4.75 mm) to No. 200 (0.075 mm)
(2)	Coarse	M	No. 4 (4.75 mm) to No. 10 (2.0 mm)
	Medium		No. 10 (2.0 mm) to No. 40 (0.425 mm)
	Fine		No. 40 (0.425 mm) to No. 200 (0.075 mm)
	Fine-grained soils: Fines		Less than No. 200 sieve (0.075 mm)
	Silt	C	(No specific grain size—use Atterberg limits)
	Clay		(No specific grain size—use Atterberg limits)
(3)	Organic Soils:	O	(No specific grain size)
(4)	Peat:	Pt	(No specific grain size)
<i>Gradation Symbols</i>		<i>Liquid Limit Symbols</i>	
Well-graded, W		High LL, H	
Poorly-graded, P		Low LL, L	

Keempat bagian utama adalah :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*)
2. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*)
3. Tanah organik (*organic soil*)
4. Tanah peat (*peat*)

Tanah berbutir kasar dibagi dalam :

- Gravel dan gravel mengandung tanah (G)
- Pasir dan pasir mengandung tanah (s)

Dan dibagi lagi dalam empat kelompok sekunder :

GW = well graded gravels

SW = well graded sands

GP = poorly graded gravels

SP = poorly graded sand

GM = silty gravels

SM = silty sand

CG = clayey gravels

SC = clayey sand

Pembagian tersebut didasarkan pada pembagian ukuran butir dan butir-butir halus didalam tanah.

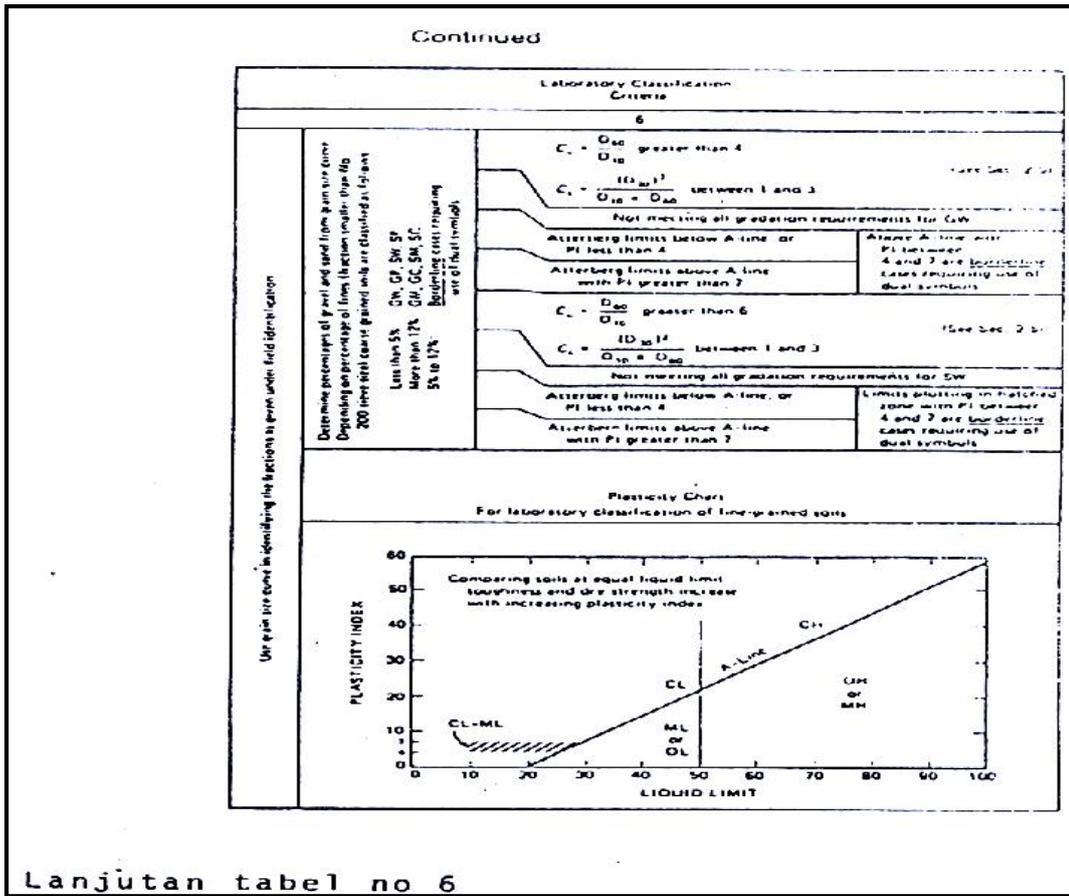
Tabel no.6

United Soil Classification System*								
1	Major Divisions		Group Symbols III	Typical Names	Examination Procedures (excluding particles larger than 75 µm and testing procedures on specimens subjected to stress)			
Coarse-grained Soils More than 75 µm material larger than No. 200 (75 µm) sieve size.	Gravels More than 60% of gravel (particles larger than 4.75 mm) (4.75 mm)	Clean Gravels (little or no fines)	GW	Well-graded gravels, gravel sand mixtures, little or no fines	Wide range in grain sizes and substantial amounts of all intermediate particle sizes			
			GP	Poorly-graded gravels, gravel sand mixtures, little or no fines	Primarily one size or a range of sizes with some intermediate sizes missing			
			GM	Silty gravels, gravel sand mixtures	Nonplastic fines or fines with low plasticity (for identification procedures see ML below)			
		Gravels with Fines Impalpable amount of fines	GW	Clayey gravels, gravel sand clay mixtures	Plastic fines (for identification procedures see CL below)			
			SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines	Wide range in grain sizes and substantial amounts of all intermediate particle sizes			
			SP	Poorly-graded sands, gravelly sands, little or no fines	Primarily one size or a range of sizes with some intermediate sizes missing			
	Sands More than 60% of coarse fraction larger than No. 60 (250 µm) (4.75 mm)	Clean Sands (little or no fines)	SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines	Wide range in grain sizes and substantial amounts of all intermediate particle sizes			
			SP	Poorly-graded sands, gravelly sands, little or no fines	Primarily one size or a range of sizes with some intermediate sizes missing			
		Sands with Fines Impalpable amount of fines	SM	Silty sands, sand-silt mixtures	Nonplastic fines or fines with low plasticity (for identification procedures see ML below)			
			SC	Clayey sands, sand-clay mixtures	Plastic fines (for identification procedures see CL below)			
Fine-grained Soils More than 75 µm material smaller than No. 200 (75 µm) sieve size.	Silt and Clay Liquid limit less than 50	ML			Identification Procedures on fraction smaller than No. 40 Sieve Size City Strength Retention Characteristics			
			ML	Inorganic silts and silty fine sands, rock flour, silt, or clayey fine sands or clayey silts with slight plasticity	None to high	Quick to slow	None	
			CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays	Medium to high	None to very slow	Medium	
		OH	OH	Organic silts and organic silty clays of low plasticity	Slight to medium	Slow	Slight	
			MH	MH	Inorganic silts, micaceous or discontinuous fine sandy or silty sands, inorganic silts	Slight to medium	Slow to none	Slight to medium
				CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays	High to very high	None	High
	Silt and Clay (Liquid limit greater than 50)	OH	OH	Organic clays of medium to high plasticity, organic silts	Medium to high	None to very slow	Slight to medium	
			PT	Peat and other highly organic soils				
		Highly Organic Soils	PT	PT	Peat and other highly organic soils			Readily identified by color, odor, shrinkage, and frequently by fibrous texture

Tanah berbutir halus adalah butir-butir yang lolos saringan No. 200 lebih dari 50% dibagi dalam :

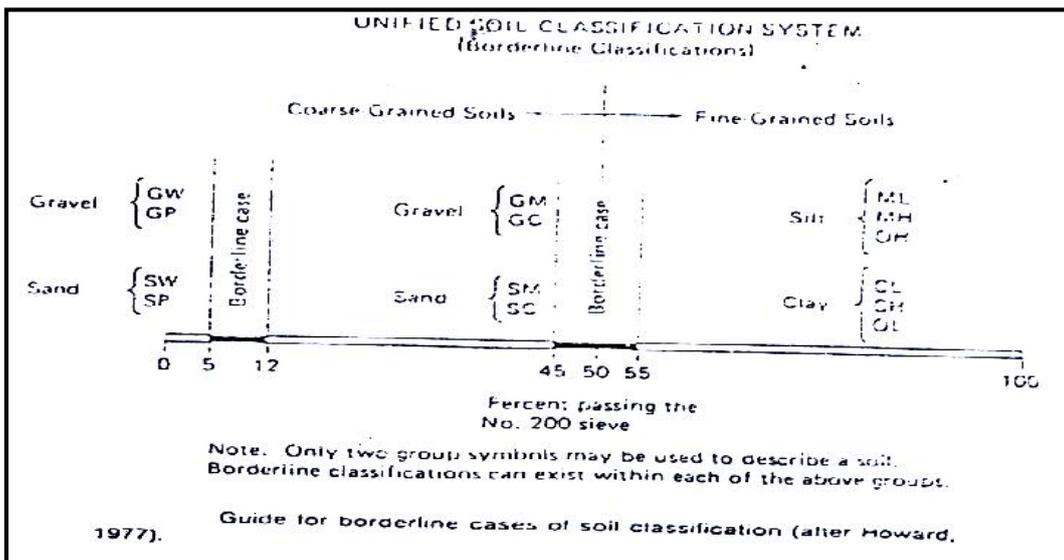
- lanau (M)
- lempung (C) yang didasarkan pada batas cair dan indeks plastics.

Dari plastisiti chart dari Carragrande (1948) nampak daerah lanau berada di bawah garis A dan daerah lempung di atas garis A sesuai dengan batas cair dan indeks plastis masing-masing.



Gambar no. 7

Disamping itu USCS memberi pedoman tentang batas-batas daerah tanah berbutir kasar dan halus dalam hal klasifikasi tanah.



Gambar no. 8

Meskipun USCS sudah baik akan tetapi belum dapat menguraikan secara lengkap vonthoh tanah yang diambil dari endapan tanah (soil deposit) untuk semua tanah (berbutir kasar dan halus) perlu diadakan observasi tentang karekteristik warna dan homogennya deposit untuk melengkapi uraian dari contoh tanah yang dimaksud.

Untuk tanah berbutir kasar diuraikan tentang :

Bentuk kerikil, kadar mineral, derajat pelapukan, kepadatan setempat (in situ density), derajat kepadatan (compaction) dan adanya atau tidak adanya butir-butir halus. Penjelasan tentang rounded, angular dan sub angular untuk menguraikan bentuk partikel.

Kepadatan setempat dan derajat kepadatan diperoleh secara tidak langsung yaitu dengan diketahui sulit dan tidaknya untuk menggali tanahnya atau memasukan alat penetrometer. Istilah yang digunakan adalah seperti very loose, medium, dense dan very dense untuk menggambarkan kepadatannya.

Untuk tanah berbutir halus diuraikan tentang :

Kadar air alam, konsistensi, konsistensi yang remolded. Untuk mengevaluir sukar mudahnya mengadakan penetrasi dalam tanah digunakan istilah very soft, soft, medium, stiff, very stiff dan hard untuk menggambarkan konsistensi tanah.

Sebagai tambahan uraian adalah tentang dilatancy, toughness dan dry strength.

b. American Association of State highway and Transportation Officials

menjelang akhir tahun 1920 US. Berau of Public Roads (federal highway administration) mengadakan penelitian dalam hal penggunaan tanah untuk pembangunan jalan local dan sekunder. Penelitian tersebut oleh hogentogler dan terzaghi (1929) dikembangkan menjadi public roads classification system.

Mula-mula sistemnya didasarkan pada karekteristik stabilitas dari tanah yang digunakan sebagai permukaan jalan atau dengan menggunakan lapisab aspal tipis. Sejak tahun 1929 telah diadakan revisi berkali-kali dan yang terakhir dalam 1945 adalah system yang esensial yang sekarang adalah AASHTO (1978).

Sistem ini digunakan untuk penetapan kualitas relative dari tanah untuk embankments, subgrades, sub bases dan bases.

Tabel no. 7

<b>AASHTO Definitions of Gravel, Sand, and Silt-Clay</b>	
<b>Soil Fraction</b>	<b>Size Range</b>
<b>Boulders</b>	<b>Above 75 mm</b>
<b>Gravel</b>	<b>75 mm to No. 10 sieve (2.0 mm)</b>
<b>Coarse sand</b>	<b>No. 10 (2.0 mm) to No. 40 (0.425 mm)</b>
<b>Fine sand</b>	<b>No. 40 (0.425 mm) to No. 200 (0.075 mm)</b>
<b>Silt-clay (combined silt and clay)</b>	<b>Material passing the 0.075 mm (No. 200) sieve</b>

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah dalam delapan kelompok, A-1 sampai A-8 dan meliputi beberapa sub kelompok.

Tabel no. 8

Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures*											
General Classification	Granular Materials (35% or less passing 0.075 mm)							Silt-Clay Materials (35% or more passing 0.075 mm)			
	A-1		A-2					A-4		A-6	
Group classification	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7
Sieve analysis, percent passing:											
75 mm (No. 10)	30 max	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.425 mm (No. 40)	30 max	50 max	31 min	—	—	—	—	—	—	—	—
0.075 mm (No. 200)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	16 min	16 min	15 min	36 min
Characteristics of fraction passing 0.425 mm (No. 40):											
Liquid limit	—	—	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
Plasticity index	6 max	—	NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments, gravel, and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils	
General rating as subgrade	Excellent to good						Fair to Poor				

\*©American Association of State Highway and Transportation Officials, 1978. Used by permission.  
 \*Plasticity index of A-7-5 subgroup is equal to or less than LL minus 30. Plasticity index of A-7-6 subgroup is greater than LL minus 30 (see Fig. 3-5)

Tanah granular berada dalam klas A - 1 sampai A - 3.

Tanah berbutir halus berada dalam klas A - 4 sampai A - 7 dan didasarkan pada batas-batas atterberg.

Untuk tanah organic berkadar tinggi yaitu peats dan mucks dimasukkan dalam kelas A - 8.

## BAB 3

### PEMERIKSAAN KARAKTERISTIK MEKANIK

#### 3.1 Kepadatan Standard

##### 3.1.1 Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan memadatkan didalam cetakan silinder berukuran tertentu dengan menggunakan alat penumbuk 2,5 kg (5,5 lbs) dan tinggi jatuh 30 cm (12").

Pemeriksaan : kepadatan dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

Cara A : cetakan diameter 102 mm (4"), bahan lewat saringan 4,75 mm (no. 4)

Cara B : cetakan diameter 152 mm (6"), bahan lewat saringan 19 mm (3/4")

##### 3.1.2 Peralatan :

a. Cetakan diameter 102 mm (4"), kapasitas  $0,00943 \pm 0,000008$  m<sup>3</sup> ( $0,0333 \pm 0,0003$  cu.ft) dengan diameter dalam  $101,6 \pm 0,406$  mm ( $4,000" \pm 0,016"$ ), tinggi  $116,43 \pm 0,1270$  mm ( $4,584" \pm 0,005"$ ).

b. Cetakan 152 mm (6"), kapasitas  $0,002124 \pm 0,000021$  m<sup>3</sup> ( $0,07500 \pm 0,00075$  cu.ft) dengan diameter dalam  $152,4 \pm 0,660$  mm ( $6,000" \pm 0,024"$ ), tinggi  $116,43 \pm 0,1270$  mm ( $4,584" \pm 0,005"$ ).

Cetakan-cetakan harus dari logam yang mempunyai dinding teguh dan dibuat sesuai dengan ukuran diatas. Cetakan harus dilengkapi dengan leher sambung, dibuat dari bahan yang sama dengan tinggi lebih kurang 60 mm – ( $2 \frac{3}{8}"$ ) yang dipasang kuat-kuat dan dapat dilepaskan.

Cetakan-cetakan yang telah dipergunakan beberapa lama sehingga tidak memenuhi syarat toleransi diatas, masih dapat dipergunakan bila toleransi tersebut tidak dilampaui lebih dari 50%.

c. i. Alat tumbuk tangan dari logam yang mempunyai permukaan tumbuk rata, diameter  $50,8 \pm 0,127$  mm ( $2,000" \pm 0,005"$ ) berat  $2,495 \pm 0,009$  kg ( $5,50 \pm 0,02$  lb) dilengkapi dengan selubung yang bias mengatur tinggi jatuh secara bebas setinggi  $304,8 \pm 1,524$  mm ( $12,00" \pm 0,06"$ ). Selubung harus sedikitnya 2 x 4 buah lubang udara yang berdiameter tidak lebih kecil dari 9,5 mm ( $\frac{3}{8}"$ ) dengan poros tegak lurus satu sama lain berjarak 19 mm dari kedua ujung.

Selubung harus cukup longgar sehingga batang penumbuk dapat jatuh bebas tidak terganggu.

- ii. Dapat juga dipergunakan alat penumbuk mekanis, dari logam dilengkapi alat pengontrol tinggi jatuh bebas  $304,8 + 1,524$  mm, ( $12,00'' + 0,06''$ ) dan dapat membagi-bagi tumbukan secara merata diatas permukaan. Alat penumbuk harus mempunyai permukaan tumbuk yang rata berdiameter  $50,8 + 0,127$  mm ( $2,000'' \pm 0,05''$ mm) dan berat  $2,495 \pm 0,009$  kg ( $5,50 \pm 0,02$  lb).
- d. Alat pengeluar contoh
- e. Timbangan kapasitas 11,5 kg dengan ketelitian 5 gram
- f. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 + 5)^{\circ}\text{C}$
- g. Alat perata dari besi (straight edge) panjang 25 cm, salah satu sisi memanjang harus tajam dan sisi lain datar (0,01% dari panjang).
- h. Saringan 50 mm (2''), 19 mm (3/4'') dan 4,75 mm (no. 4)
- i. Talam alat pengaduk dan sendok

### 3.1.3 Benda uji

- a. Bila contoh tanah yang diterima dari lapangan masih dalam keadaan lembab (damp), keringkan contoh tersebut sehingga menjadi gembur. Pengeringan dapat dilakukan diudara atau dengan alat pengering lain dengan suhu tidak lebih dari  $60^{\circ}\text{C}$ . Kemudian gumpalan-gumpalan tanah tersebut ditumbuk tetapi butir aslinya tidak pecah.
- b. Tanah yang gembur disaring dengan saringan 4,75 mm (no.4) untuk cara A dan dengan saringan 19 mm (3/4'') untuk cara B.
- c. Jumlah contoh yang sesuai untuk masing-masing cara pemeriksaan adalah sebagai berikut :
  - i. Cara A sebanyak 15 kg
  - ii. Cara B sebanyak 65 kg
- d. Benda uji dibagi menjadi 6 bagian dan tiap-tiap bagian dicampur air yang ditentukan dan diaduk sampai merata.

Penambahan air diatur sehingga didapat benda uji sebagai berikut :

  - 3 contoh dengan kadar air kira-kira dibawah optimum
  - 3 contoh dengan kadar air kira-kira diatas optimum
- e. Masing-masing benda uji dimasukkan kedalam kantong plastis dan disimpan selama 12 jam atau sampai kadar airnya merata.

### 3.1.4 Cara melakukan :

#### a. Cara A :

- i. Timbang cetakan diameter 102 mm (4") dan keeping alas dengan ketelitian 5 gram, (B1 gram)
- ii. Cetakan leher dan keeping alas dipasang jadi satu dan ditempatkan pada landasan yang kokoh
- iii. Ambil salah satu dari keenam contoh diaduk dan dipadatkan didalam cetakan dengan cara sebagai berikut :  
Jumlah seluruh tanah yang dipergunakan harus tepat sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas tidak lebih dari 0,5 cm. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk standar 2,5 kg (5,5 pound) dengan tinggi jatuh 30,5 cm (12")>  
Tanah dipadatkan dalam 3 lapisan dan tiap-tiap lapisan dipadatkan dengan 25 tumbukan.
- iv. Potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher dengan pisau dan lepaskan leher sambung.
- v. Pergunakan alat perata untuk meratakan kelebihan tanah sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.
- vi. Timbang cetakan berisi benda uji beserta keeping alas dengan ketelitian 5 gram (b2 gram)
- vii. Keluarkan benda uji tersebut dari cetakan dengan mempergunakan alat pengeluar benda uji (extruder) dan potong sebagian kecil dari benda uji pada keseluruhan tingginya untuk pemeriksaan kadar air.

#### b. Cara B :

- i. Timbang cetakan diameter 152 mm (6") dan keeping alas dengan ketelitian 5 gram (B1 gram)
- ii. Cetakan leher dan keeping alas dipasang jadi satu dan tempatkan pada landasan yang kokoh.
- iii. Ambil salah satu dari keenam contoh, diaduk dan dipadatkan didalam cetakan dengan cara sebagai berikut :  
Jumlah seluruh tanah yang dipergunakan harus tepat sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas tidak boleh tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas tidak lebih dari 0,5 cm. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk standar 2,5 kg (5,5 pound) dengan tinggi jatuh 30,5 cm (12").
- iv. Potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher degan pisau dan lepaskan leher sambung.

- v. Pergunakan alat perata untuk meratakan kelebihan tanah sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan
- vi. Timbang cetakan berisi benda uji beserta keeping alas dengan ketelitian 5 gram (B2 gram)
- vii. Keluarkan benda uji tersebut dari cetakan dengan mempergunakan alat pengeluar benda uji (extruder) dan potong sebagian kecil dari contoh pada keseluruhan tingginya untuk pemeriksaan kadar air. Tentukan kadar air ( $w$ ) dari benda uji.

### 3.1.5 Perhitungan

- a. Hitung berat isi basah dengan mempergunakan rumus berikut :

$$x = \frac{B_2 - B_1}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$x$  = Berat isi basah (gr / cm<sup>3</sup>)

$B_1$  = Berat cetakan dan keping alas (gram)

$B_2$  = Berat cetakan, keping alas dan benda uji (gram)

$V$  = Isi Cetakan (cm<sup>3</sup>)

- b. Hitung berat isi kering dengan rumus berikut :

$$x_d = \frac{x \times 100}{(100 + W)} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$x_d$  = Berat isi kering (gr / cm<sup>3</sup>)

$W$  = Kadar air (%)

### 3.1.6 Pelaporan

Gambarkan grafik berat isi tanah kering terhadap kadar air dari hasil percobaan. Kemudian gambarkan sebuah kurva yang halus yang paling mendekati dengan titik-titik yang digambarkan dan tentukan berat isi kering maksimum dari kurva tersebut dengan ketelitian 0,01 gram / cm<sup>3</sup>.

Kadar air yang sesuai dengan berat isi kering maksimum ini adalah kadar air optimum dan harus dicatat dengan ketelitian 0,01%.

Setelah diketahui  $W_{opt}$  dan  $\gamma_d$  maksimum gambarlah zero air voids line dengan rumus :

$$x_d = \frac{G_s \cdot x_w}{1 + G_s \cdot W}$$

$x_d = \text{Berat isi kering (gr/cm}^3\text{)}$

$G_s = \text{Berat jenis tanah}$

$x_w = \text{Berat isi air (gr/cm}^3\text{)}$

$W = \text{Kadar air (\%)}$

Grafik pemadatan tidak boleh memotong zero air voids line dan pada harga kadar air yang tinggi menjadi sejajar dengan garis tersebut.

Laporan harus mencantumkan hal-hal dibawah ini :

- a. Cara yang dipergunakan (cara A atau B)
- b. Bila cara B yang dipergunakan di laporkan apakah bahan tertahan saringan 19 mm (3/4") dibuang atau diganti.
- c. Jenis dari permukaan alat tumbuk.

#### 3.1.7. Catatan :

- a. Tanah yang telah dipadatkan dapat dipergunakan lagi untuk percobaan bila butir tanah tidak pecah akibat penumbukan.
- b. Untuk cara B bila diinginkan supaya prosentase bahan kasar lewat saringan 50 mm (2") dan tertahan 4,75 mm (no.4) dipertahankan sama seperti aslinya dilapangan maka bahan yang tertahan saringan 19 mm (3/4") harus diganti sebagai berikut :
  - a. Bahan yang lewat saringan 50 mm (2") dan tertahan saringan 19 mm (3/4") diganti dengan bahan yang lewat saringan 19 mm (3/4") tertahan saringan 4,75 mm (no.4) dengan jumlah yang sama.  
Bahan pengganti diambil dari sisa.
  - b. Untuk tanah berbutir halus (lanau dan lempung) petunjuk yang baik guna mendapatkan kadar air optimum adalah batas plastis.
  - c. Alat tumbuk mekanis harus dikalibrasi
  - d. Kerataan alat perata harus diperhatikan
  - e. i. Alas untuk meletakkan cetakan waktu dilakukan pemadatan dapat dibuat dari beton dengan berat tidak kurang dari 91 kg, dan diletakan pada dasar yang relative stabil.

- ii. Bila dilapangan, dapat dipergunakan lantai beton atau permukaan gorong-gorong persegi atau lantai jembatan.
- f. Volume cetakan dikalibrasi menurut cara pemeriksaan berat isi agregat (AASHTO T. 19 -74)

### 3.2. Kepadatan Berat (Modified)

#### 3.2.1. Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan memadatkan didalam cetakan silinder berukuran tertentu dengan menggunakan alat penumbuk 4,54 kg (10 lbs) dan tinggi jatuh 45,7 cm (18").

Pemeriksaan kepadatan dibagi dalam 2 cara sebagai berikut :

Cara A : Cetakan diameter 102 mm (4") bahan lewat saringan 4,75 mm (no.4)

Cara B : Cetakan diameter 152 mm (6") bahan lewat 19 mm (3/4")

#### 3.2.2 Peralatan

- a. Cetakan diameter 102 mm (4") kapasitas  $0,000943 \pm 0,000008$  m<sup>3</sup> ( $0,0333 \pm 0,0003$  cu.ft) dengan diameter dalam  $101,6 \pm 0,406$  mm ( $4,000" \pm 0,016"$ ) tinggi  $116,43 \pm 0,1270$  mm ( $4,584" \pm 0,005"$ ).
- b. Cetakan 152 mm (6") kapasitas  $0,002124 \pm 0,000021$  m<sup>3</sup> ( $0,07500 \pm 0,00075$  cu.ft) dengan diameter dalam  $101,6 \pm 0,406$  mm ( $4,000" \pm 0,016"$ ) tinggi  $116,43 \pm 0,1270$  mm ( $4,584" \pm 0,005"$ ).

Cetakan – cetakan harus dari logam yang mempunyai dinding teguh dan dibuat sesuai dengan ukuran diatas. Cetakan harus dilengkapi dengan leher sambung, dibuat dari bahan yang sama dengan tinggi lebih kurang 60 mm ( $2\frac{3}{8}"$ ) yang dapat dipasang kuat – kuat dan dapat dilepaskan.

Cetakan – cetakan yang telah dipergunakan beberapa lama sehingga tidak memenuhi syarat toleransi diatas, masih dapat dipergunakan bila toleransi-toleransi tersebut tidak dilampaui lebih dari 50 %.

- i. Alat penumbuk tangan dari logam mempunyai permukaan tumbuk rata, diameter  $50,8 \pm 0,127$  mm ( $2,000" \pm 0,005"$ ), toleransi 0,013 mm – ( $0,005"$ ) dan berat  $4,5359 \pm 0,0081$  kg. Alat penumbuk dilengkapi dengan selubung yang bisa mengatur tinggi jatuh secara bebas setinggi  $457,2 \pm 1,524$  mm.

Selubung harus sedikitnya mempunyai 2 x 4 buah lubang udara yang berdiameter tidak lebih kecil dari 9,5 mm ( $3/8"$ ) dengan poros tegak lurus satu sama lain berjarak 19 mm dari kedua ujung. Selubung harus cukup longgar sehingga batang penumbuk dapat jatuh bebas tidak terganggu.

- ii. Dapat juga dipergunakan alat penumbuk mekanis, dari logam yang dilengkapi alat pengontrol tinggi, tinggi jatuh bebas  $457,2 \pm 1,524$  mm diatas permukaan dan dapat membagi – bagi tumbukan secara merata diatas permukaan dan dapat membagi-bagi tumbukan secara merata diatas permukaan. Alat penumbuk harus mempunyai permukaan tumbuk yang rata berdiameter  $50,8 \pm 0,127$  mm ( $2,000'' \pm 0,05''$ ) dan berat  $4,5359 \pm 0,0081$  kg
- c. Alat pengeluar contoh
- d. Timbangan kapasitas kira – kira 11,5 kg dengan ketelitian sampai 5 gr. Neraca kapasitas minimal 1 kg dengan ketelitian 0,1 gr.
- e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- f. Alat perata dari besi (straight edge) panjang 25 cm, salah satu sisi memanjang harus tajam dan sisi lain 0,01 % dari panjang).
- g. Saringan 50 mm (2"), 19 mm (3/4") dan 4,75 mm (no. 4)
- h. Talam alat pengaduk dan sendok.

### 3.2.3 Benda Uji :

- a. Bila contoh tanah yang diterima dari lapangan masih dalam keadaan basah, kekeringan contoh tersebut sehingga menjadi gembur.  
Pengertian dapat dilakukan diudara atau dengan alat pengering lain dengan suhu tidak melampaui  $60^{\circ}$ . Kemudian gumpalan tanah tersebut ditumbuk tetapi butir aslinya tidak pecah.
- b. Tanah yang sudah dihancurkan disaring dalam saringan sebagai berikut :  
Untuk cara A dengan mempergunakan saringan 4,75 mm (No. 4)  
Untuk cara B dengan mempergunakan saringan 19 mm (3/4)  
Jumlah contoh yang sesuai untuk masing-masing cara pemeriksaan adalah sebagai berikut :  
Cara A sebanyak 20 kg  
Cara B sebanyak 70 kg
- c. Benda uji dibagi menjadi 6 bagian, tiap-tiap bagian dicampur dengan air yang ditentukan dan diaduk sampai rata.  
Penambahan air diatur sehingga didapat benda-benda uji sebagai berikut:  
3 contoh dengan kadar air kira – kira dibawah kadar air optimum  
3 contoh dengan kadar air kira-kira diatas kadar air optimum  
Penambahan kadar air dari benda uji masing-masing antara 1 -3 %
- d. Masing –masing benda uji dimasukkan kantongng plastic dan disimpan selama 12 jam atau sampai airnya merata.

### 3.2.4 Cara melakukan :

#### a. Cara A :

- i. Timbangan cetakan diameter 102 mm (4") dan keeping alas dengan ketelitian 5 gr (B1 gr)
- ii. Cetakan leher dan keeping alas dijadikan satu, dan ditempatkan pada landasan yang kokoh.
- iii. Ambil salah satu dari keenam contoh, diaduk dan dipadatkan didalam cetakan dengan cara seperti berikut :  
Jumlah seluruh tanah harus tepat sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas tidak lebih dari 0,5 cm. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk modified 4,54 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh 45,7 mm (18"). Tanah dipadatkan dalam 5 lapisan dan tiap-tiap lapisan dipadatkan 25 tumbukan.
- iv. Potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher, dengan pisau dan lepaskan leher sambung
- v. Pergunakan alat perata untuk meratakan kelebihan tanah sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.
- vi. Timbang cetakan berisi benda uji beserta keeping alas dengan ketelitian 5 gr (B2 gr).
- vii. Keluarkan benda uji tersebut dari cetakan dengan memepergunakan alat pengeluaran benda uji (extruder) dan potong sevigian kecil daari benda uji pada keseluruhan tingginya untuk pemeriksaan kadar air.  
Tentukan kadar air (w) dari benda uji.

#### Cara B :

- i. Timbangan cetakan diameter 152 mm (6") dan keeping alas dengan ketelitian 5 gr (B1 gr)
- ii. Cetakan, leher dan keeping alas dipasang menjadi satu, dan tempatkan pada landasan yang kokoh.
- iii. Ambil salah satu dari keenam contoh, diaduk dan dipadatkan didalam cetakan dengan cara sebagai berikut ;  
Jumlah seluruh tanah yang dipergunakan harus tepat sehingga tinggi kelebihan tanah yang diratakan setelah leher dilepas tidak lebih dari 0,5 cm. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk modified 4,54 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh 45,7 mm (18")  
Tanah dipadatkan dalam 5 bagian dan tiap-tiap bagian/lapisan dipadatkan 56 tumbukan.'

- iv. Potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher, dengan pisau dan lepaskan leher sambung.
- v. Pergunakan alat perata untuk meratakan kelebihan tanah sehingga betul-betul rata dengan permukaan cetakan.
- vi. Timbangan berisi benda uji beserta keeping alas dengan ketelitian 5 gr (B2 gr)
- vii. Keluarkan benda uji tersebut dari cetakan dengan memepergunakan alat pengeluar benda uji (Extruder) dan potong sebagian kecil dari contoh pada keseluruhan tingginya untuk pemeriksaan kadar air.  
Tentukan kadar air (w) benda uji.

### 3.2.5 Perhitungan :

- a. Hitung berat isi basah dengan mempergunakan rumus - rumus berikut :

$$x = \frac{B2 - B1}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$$x = \text{Berat isi basah (gr / cm}^3\text{)}$$

$$B1 = \text{Berat cetakan + keping alas dan benda uji (gr)}$$

$$B2 = \text{Berat cetakan + keping alas dan benda uji (gr)}$$

$$V = \text{Isi cetakan (cm}^3\text{)}$$

- b. Hitung berat isi kering dengan mempergunakan rumus berikut :

$$xd = \frac{x}{1 + W} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

$$xd = \text{Berat isi kering (gr / cm}^3\text{)}$$

$$W = \text{Kadar air (\%)}$$

### 3.2.6 Pelaporan

Gambarkan grafik isi tanah kering terhadap kadar air dari hasil percobaan. Kemudian gambarkan sebuah kurva yang halus, yang paling mendekati dengan titik-titik yang digambarkan dan tentukan berat isi kering maksimum dari kurva tersebut dengan ketelitian 0,01 gr/cm<sup>3</sup>

Kadar air yang sesuai dengan berat isi kering maksimum ini adalah kadar air optimum dan harus dicatat dengan ketelitian 0,5 %.

Setelah diketahui  $w_{opt}$  dan  $xd$  maksimum gambarkanlah zero air line dengan rumus :

$$x_d = \frac{G \cdot x_w}{1 + G \cdot W}$$

$x_d$  = Berat isi kering ( $gr/cm^3$ )

$G$  = Berat jenis tanah

$x_w$  = Berat isi air ( $gr/cm^3$ )

$W$  = Kadar air (%)

Grafik pemadatan tidak boleh memotong zero air voids line dan pada harga kadar air yang tinggi menjadi sejajar dengan garis tersebut .

Laporan harus mencantumkan hal-hal dibawah ini.

- a. Bila cara B yang dipergunakan apakah bahan tertahan saringan 19 mm (3/4") dibuang atau diganti.
- b. Jenis dari permukaan alat tumbuk

### 3.2.7 Catatan :

- a. Tanah yang telah dipadatkan dapat dipergunakan lagi untuk percobaan bila butir tanah tidak pecah akibat penumbukan
- b. Untuk cara B bila diinginkan supaya prosentase bahan kasar lewat saringan 50 mm (2") dan tertahan 19 mm (3/4") dipertahankan sama seperti keadaan aslinya dilapangan, maka material yang tertahan saringan 19 mm (3/4") harus diganti sebagai berikut :
- c. Bahan yang lewat sa ringan 50 mm (2") dan tertahan saringan 19 mm (3/4") diganti dengan bahan yang lewat saringan 19 mm (3/4") tertahan saringan 4,75 mm (no.4) dengan jumlah yang sama. Bahan pengganti diambil dari sisa.
- d. Untuk tanah yang berbutir halus (lanau dan lempung) petunjuk yang baik guna mendapatkan kadar air optimum adalah batas plastic  
Kadar air optimum untuk pemadatan modified kira-kira 2 sampai 4 % dibawah batas plastic.
- e. Alat tumbuk mekanis harus dikalibrasi
- f. Kerataan alat perata harus diperhatikan
  - i. Alas untuk meletakkan cetakan waktu dilakukan pemadatan dapat dibuat dari beton dengan berat tidak kurang dari 91 kg, dan diletakan pada dasar yang relative stabil.
  - ii. Bila dilapangan, dapat dipergunakan lantai beton atau permukaan gorong-gorong persegi atau lantai jembatan.
- g. Volume cetakan dikalibrasi menurut cara pemeriksaan berat isi agregat.

### 3.3. Permeabilitas Tanah Yang Berbutir Halus

#### 3.3.1 Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan koefisien permeabilitas dari tanah yang berbutir halus dengan menggunakan system tegangan menurun.

#### 3.3.2 Peralatan :

- a. Cetakan Silinder diameter 10 cm & tinggi 12,7 cm
- b. Saringan diameter luar 9,8 cm & diameter lubang 75  $\mu$
- c. Permeameter 3 set dilengkapi dengan bak pelimpah air.
- d. Stopwatch dan thermometer 0 - 50°C.

#### 3.3.3 Benda Uji

- a. Bila contoh tanah yang diterima dari lapangan dalam keadaan lembab, kerangkan contoh tersebut sehingga menjadi gembur. Pengeringan dapat dilakukan diudara atau dengan alat pengering lain dengan suhu tidak lebih dari 60°C.

Kemudian gumpalan-gumpalan tanah tersebut ditumbuk tetapi butirannya tidak boleh pecah.

- b. Tanah yang sudah gembur disaring pada saringan 4,76 mm (No. 4) dan dipersiapkan seperti pada pemeriksaan pemadatan.
- c. Dilakukan pemadatan yang disesuaikan dengan kebutuhan atau menurut pemadatan standard.

#### 3.3.4 Cara melakukan :

- a. Contoh tanah yang telah dipadatkan, diambil 3 buah yang dianggap dapat mewakili variasi kadar air atau kepadatannya atau dengan cara selang-seling yaitu : contoh No.1, 3 & 5 atau contoh no. 2,4 & 6.
- b. Contoh dalam silinder dipotong sedalam  $\pm 5$  mm untuk empat kedudukan plat plastic berpori.
- c. Plat dasar dipasang saringan kecil diameter lubang 75 kemudian contoh diset pada alat permeater dan kokoh semua skrup-skrup.
- d. Proses penjumlahan dengan jalan mengisi air pada pipa plastic yang berdiameter 2 cm dan memebuka semua kran pada permeater. Pengisian air secara kontinyu sampai contoh betul-betul jenuh.
- e. Lakukan pembacaan awal dengan mengukur tinggi air pada pipa plastic (h1) dan stopwatch (t1) setelah selang waktu tertentu lakukan pembacaan kedua dengan mengukur tinggi air pada pipa plastic (h2) dan stopwatch (t2), setiap contoh dilakukan pembacaan minimal 3 kali.

### 3.3.5 Perhitungan :

$$\text{Koefisien permeabilitas } Kt = \frac{2,3 al}{A \cdot \Delta t} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \text{ (cm/dt)}$$

$$k_{20} = kt \cdot \frac{y_t}{y_{20}}$$

dimana :

$a$  = Luas penampang pipa plastik ( $\text{cm}^2$ )

$A$  = Luas penampang contoh atau tabung silinder ( $\text{cm}^2$ )

$L$  = Panjang contoh tanah ( $\text{cm}$ )

$t_1$  = pembacaan waktu awal

$t_2$  = Pembacaan waktu akhir

$\Delta t$  = selisih waktu pembacaan :  $d^2 - d^1$  ( $d^t$ )

$kt$  = Koefisien permeabilitas pada temperatur  $t^\circ \text{C}$

$k_{20}$  = Koefisien permeabilitas pada temperatur  $20^\circ \text{C}$

$y_t$  = Kekentalan air pada temperatur  $t^\circ \text{C}$

$y_{20}$  = Kekentalan air pada temperatur  $20^\circ \text{C}$

### 3.3.6 Pelaporan

- Hitungan koefisien permeabilitas setiap contoh tanah dengan mengambil hasil rata-rata dari beberapa pembacaan dalam pengukuran, dilaporkan dalam bentuk decimal kali kelipatan sepuluh.
- Gambarlah grafik hubungan antara koefisien permeabilitas dengan kadar airnya.

### 3.3.7 Catatan

- Dalam proses penjenjuran untuk contoh tanah yang kedap air dilakukan selama 24 jam.
- Untuk mempercepat keluarnya udara yang terperangkap didalam sell maka bisa dilakukan dengan cara memiringkan kekanan atau kekiri atau dengan jalan memencet-mencet slang air gelembung udara betul-betul keluar.
- Bak perendam diisi air sampai dengan melimpah agar mempercepat proses penjenjuran.

### 3.4 Permeabilitas Tanah Yang Berbutir Kasar

#### 3.4.1 Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan koefisien permeabilitas dari tanah yang berbutir kasar dengan menggunakan system tegangan tetap.

#### 3.4.2 Peralatan

- a. Cetakan silinder dari baja diameter 10 cm, tinggi 12,7 cm di lengkapi dengan tutup yang mempunyai pelimpah tinggi 15 cm
- b. Plat dasar diameter luar 9,8 cm & diameter lubang 420
- c. Kawat saringan diameter luar 9,8 cm & diameter lubang 420
- d. Bak air ukuran : 20 x 20 x 16 cm'
- e. Gelas ukur kapasitas 1000 ml
- f. Stopwatch & thermometer 0 - 50°C.

#### 3.4.3 Benda Uji

Cara untuk pengisian contoh tanah adalah sebagai berikut :

- a. dipadatkan dengan alat pemadat, digunakan untuk tanah dengan kepadatan kering pada kepadatan relative sedang sampai tinggi, biasanya dilakukan pada kadar air kondisi optimum.
- b. Menuangkan contoh tanah dalam keadaan kering udara. Contoh dituangkan secara perlahan-lahan, digunakan untuk tanah dengan kepadatan relatifnya rendah.
- c. Dituangkan secara basah, cara ini digunakan untuk tanah kepadatan relative rendah terutama untuk pasir berlanau untuk menghindari terperangkapnya gelembung udara dalam contoh tanah.

#### 3.4.4 Cara melakukan

- a. Siapkan sell permeater dan bak diisi air secukupnya.
- b. Ukur diameter sell (D), tinggi permukaan air yang melimpah dengan air yang merembes (h)
- c. Letakan saringan 0,42 mm di plat dasar.
- d. Contoh tanah dipadatkan dengan alat pemadat tangan sebanyak 3 lapis dan tiap lapis ditumbuk 25 kali.
- e. Ukur panjang contoh (L) dan timbang contoh berikut sell permeameternya.
- f. Periksa kadar air contoh (w)
- g. Letakan kerikil diatas permukaan contoh setebal  $\pm 2$  cm
- h. Contoh tanah dan sellnya diset dibawah kran bak air
- i. Pasang gelas ukur tepat dibawah slang pelimpah kemudian putar kran air pada bak, tunggu sampai air melimpah dan tinggi (h) konstan

- j. Setelah tinggi air konstan, buanglah air di gelas ukur dan lakukan pengukuran waktu awal dengan memencet stopwatch
- k. Pengukuran akhir selesai apabila air di gelas ukur dianggap sudah cukup kemudian hentikan stopwatch dan bersamaan ambil gelas ukur dan hitung volumenya.
- l. Ukur temperature air pada sell.

#### 3.4.5 Perhitungan

Koefisien permeabilitas :  $kt = \frac{QL}{tAh} \text{ (cm/d}^2\text{)}$

$$k_{20} = kt \frac{y_t}{y_{20}}$$

dimana,

- Q = Volume air pada gelas ukur (cm<sup>3</sup>)
- L = Panjang contoh tanah (cm)
- h = tinggi tetap antara permukaan air yang melimpah terhadap permukaan air yang keluar dari sell dasar (lubang yang mengalirkan air ke gelas ukur)
- A = Luas contoh tanah (luas cetakan silinder) cm<sup>2</sup>
- t = Jumlah waktu (detik)
- kt = Koefisien permeabilitas pada temperatur t °C
- k<sub>20</sub> = Koefisien permeabilitas pada temperatur 20 °C
- y<sub>t</sub> = Kekentalan air pada temperatur t °C
- y<sub>20</sub> = Kekentalan air pada temperatur 20 °C

#### 3.4.6 Pelaporan

- a. Hitung koefisien permeabilitas setiap contoh tanah dengan mengambil hasil rata-rata dari beberapa pengukurannya dan dilaporkan dalam decimal kali kelipatan sepuluh.
- b. Gambarlah grafik hubungan antara koefisien permeabilitas dengan kadar air atau relative kepadatannya.

#### 3.4.7 Catatan :

- a. Contoh tanah yang mengandung butiran >5 mm disisihkan dan siapkan contoh tanah minimal 2 buah dengan kepadatan yang berbeda.
- b. Menuangkan contoh ke dalam sell secara kering, gunakan corong yang cukup panjang sehingga dapat mencapai dasar sell.

Penuangan dilakukan dengan kecepatan yang tetap dan dilakukan secara melingkar dari luar menuju ke tengah, dan ujung corong berada 15 mm diatas permukaan yang dituang.

c. Penuangan secara basah

Tutup katup dasar, dan letakan sell dalam baki besar dan isi dengan air suling.

Letakan corong besar dengan ujung salurannya terendam dibawah permukaan air. Tuangkan tanah yang telah ducampur air ke dalam corong dan buka katup dasarnya. Saat pasir masuk ke dalam sell, air yang dipindahkan akan melimpah melalui katup dasar.

### 3.5 Kekuatan geser langsung

#### 3.5.1 Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kohesi (c) dan sudut geser tanah ( $\phi$ ).

#### 3.5.2 Peralatan

a. Alat geser langsung terdiri dari :

- i. Setang penekan dan pemberi beban
- ii. Alat penggeser lengkap dengan cincin penguji (proving ring) dan 2 buah arloji geser (extensiometer)
- d. Cincin pemeriksaan yang terbagi dua dengan penguncinya terletak dalam kotak.
- e. Beban – beban
- f. Dua buah batu pori

b. Alat pengeluar contoh dan pisau pemotong

c. Cincin cetak benda uji

d. Neraca dengan ketelitian 0,01 gr

e. Stopwatch

f. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .

#### 3.5.3 Benda Uji

a. Benda uji tanah asli dari tabung contoh

Contoh tanah asli dari dalam tabung ujungnya diratakan dan cincin cetak benda uji ditekan pada ujung tanah tersebut, tanah dikeluarkan secukupnya untuk tiga benda uji. Pakailah bagian yang rata sebagai alas dan ratakan bagian atasnya.

b. Benda uji asli lainnya.

Contoh yang digunakan harus besar untuk membuat 3 buah benda uji. Persiapkan benda uji sehingga tidak terjadi kehilangan kadar air. Bentuk benda uji dengan cincin cetak. Dalam mempersiapkan benda uji terutama untuk tanah yang pakah harus hati-hati guna menghindarkan terganggunya struktur asli dari tanah tersebut.

c. Benda uji buatan (dipadatkan).

Contoh tanah harus dipadatkan pada kadar air dan berat isi yang dikehendaki. Pemadatan dapat langsung dilakukan pada cincin pemeriksaan atau pada tabung pemadatan.

d. Tebal minimum benda uji kira-kira 1,3 cm tapi tidak kurang dari 6 kali diameter butir maksimum

e. Perbandingan diameter terhadap tebal benda uji harus minimal 2 : 1.

Untuk benda uji yang berbentuk empat persegi panjang atau bujur sangkar perbandingan lebar dan tebal minimal 2 : 1.

#### 3.5.4 Cara Melakukan

a. Timbang benda uji

b. Masukkan benda uji kedalam cincin pemeriksaan yang telah terkunci menjadi satu dan pasanglah batu pori pada bagian atas dan bawah benda uji.

c. Setang penekan dipasang vertical untuk memberi beban normal pada benda uji dan diatur sehingga beban yang diterima oleh benda uji sama dengan beban yang diberikan pada setang tersebut.

d. Penggeser benda uji dipasang pada arah mendatar untuk memberi beban mendatar pada bagian atas cincin pemeriksaan. Atur pembacaan arloji geser sehingga menunjukkan angka nol. Kemudian buka kunci cincin pemeriksaan.

e. Berikan beban normal pertama sesuai dengan beban yang diperlukan.

Segera setelah pembebanan pertama diberikan isilah kotak cincin pemeriksaan dengan air sampai penuh diatas permukaan permukaan benda uji, jagalah permukaan ini supaya tetap selama pemeriksaan.

f. Diamkan benda uji sehingga konsolidasi selesai. Catat proses konsolidasi tersebut pada waktu-waktu tertentu sesuai cara pemeriksaan konsolidasi.

g. Sesudah konsolidasi selesai hitung  $t_{50}$  untuk menentukan kecepatan penggeseran. Konsolidasi dibuat dalam tiga beban yang diperlukan. Kecepatan penggeseran dapat ditentukan dengan membagi deformasi geser maksimum dengan  $50.t_{50}$ . Deformasi geser maksimum kira-kira 10% diameter asli benda uji.

- h. Lakukan pemeriksaan sehingga tekanan geser konstan dan bacalah arloji geser setiap 15 detik.
- i. Berikan beban normal pada benda uji kedua sebesar dua kali beban normal yang pertama dan lakukan langkah-langkah (f), (g) dan (h).
- j. Berikan beban normal pada benda uji ketiga sebesar 3 kali beban normal pertama dan lakukan langkah-langkah (f), (g) dan (h).

#### 3.5.5 Perhitungan :

- a. Hitung gaya geser (P) dengan jalan mengalikan pembacaan arloji geser dengan angka kalibrasi cincin penguji, dan hitunglah tegangan geser maksimum t yaitu gaya geser maksimum dibagi luas bidang geser.  
t yaitu gaya geser maksimum dibagi luas bidang geser

$$t = \frac{P_{\max}}{A}$$

t = tegangan geser maksimum (kg/cm<sup>2</sup>)

P<sub>max</sub> = gaya geser maksimum (kg)

A = luas bidang geser benda uji (cm<sup>2</sup>)

- b. Buatlah grafik hubungan antara tekanan normal dengan tegangan geser maksimum ( ). Hubungkan ketiga titik yang diperoleh sehingga membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertical pada harga kohesi (c) dan memotong sumbu horizontal ( ) dengan sudut-sudut geser tanah (Ø) sesuai dengan persamaan.

#### 3.5.6 Pelaporan :

- a. Uraian dari jenis alat yang dipakai
- b. Ciri dan uraian dari pada contoh, apakah contoh tersebut termasuk, Asli, buatan, dipadatkan atau apakah tanah tersebut berstrata.
- c. Kadar air, berat isi basah, berat isi kering dan tebal.
- d. Semua data-data hasil pemeriksaan termasuk tekanan normal, jarak geser dan harga tahanan geser dan perubahan tebal dari benda uji.
- e. Grafik tegangan geser maksimum terhadap tegangan normal.

#### 3.5.7 Catatan :

Untuk tanah lembek pembebanan harus diusahakan agar tidak merusak benda uji.

### 3.6 Kekuatan Tekan Bebas

#### 3.6.1 Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan besarnya kekuatan tekan bebas contoh tanah dan batuan yang bersifat kohesip dalam keadaan asli maupun buatan (*remoulded*).

Yang dimaksud dengan kekuatan tekan bebas ialah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksialnya mencapai 20%.

#### 3.6.2 Peralatan

- a. Mesin tekan bebas (*unconfined compressive machine*)
- b. Alat untuk mengeluarkan contoh (*extruder*)
- c. Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 2 kali diameter
- d. Pisau tipis dan tajam
- e. Neraca dengan ketelitian 0,1 gr
- f. Pisau kawat
- g. Stop watch

#### 3.6.3 Benda Uji

Benda uji yang dipergunakan berbentuk silinder.

Benda uji mempunyai diameter minimal 3,3 cm dan tingginya diambil 2x diameter. Biasanya dipergunakan benda uji dengan diameter 6,8 cm dan tingginya 13,6 cm

- i. Untuk benda uji berdiameter 3,3,cm besar butir maksimum yang terkandung dalam benda uji harus  $< 0,1$  diameter benda uji.
- ii. Untuk benda uji berdiameter 6,8 cm besar butir maksimum yang terkandung dalam benda uji harus  $< 1/6$  diameter benda uji.
- iii. Jika setelah pemeriksaan ternyata dijumpai butir yang  $>$  dari pada ketentuan tersebut diatas, hal tersebut ini dicantumkan dalam laporan.
- iv. Menyiapkan benda uji

#### 3.6.4 Menyiapkan benda uji asli dari tabung contoh

- Contoh dikeluarkan dari tabung 1 – 2 cm dengan alat pengeluar contoh, kemudian dipotong dengan pisau kawat dan diratakan dengan pisau.
- Pasang alat cetak benda uji didepan tabung contoh, keluarkan contoh dengan alat pengeluar contoh (*extruder*) sepanjang alat cetak kemudian dipotong dengan pisau kawat.
- Alat cetak yang berisi benda uji didirikan dengan ujung yang sudah dibentuk diatas alas yang rata. Kemudian ujung sebelah atas diratakan dengan pisau.

- Keluarkan benda uji dari alat cetak.

### 3.6.5 Menyiapkan Benda Uji Buatan

- Benda uji buatan bisa dipersiapkan dari benda uji bekas atau dari contoh lain yang tidak asli.
- Dalam hal menggunakan benda uji bekas menyiapkan benda uji asli dari tabung contoh, benda uji tersebut dimasukkan dalam kantong plastic kemudian diremas dengan jari sampai merata.

Pekerjaan tersebut harus dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah udara masuk, memperoleh kepadatan yang merata dan penguapan air. Padatkan benda uji tersebut pada cetakan c.ii.

- Apabila menggunakan benda uji contoh tidak asli lain, benda uji dapat disiapkan dengan kadar air dan kepadatan yang ditentukan lebih dahulu. Jika dikehendaki benda uji tersebut dapat dijernihkan lebih dahulu sebelum diperiksa (harus dicatat dalam laporan).

### 3.6.6 Pelaporan

- a. Hasil dilaporkan dalam bilangan decimal 1 angka dibelakang koma.
- b. Keterangan mengenai benda uji harus dicantumkan sebagai berikut :
  - i. Contoh asli atau contoh buatan
  - ii. Perbandingan tinggi dan diameter
  - iii. Deskripsi Visual tanah
  - iv. Kepadatan, Kadar air dan drajat kejenuhan
- c. Catat setiap kondisi-kondisi atau data lain yang dianggap perlu untuk menilai hasil pemeriksaan.
- d. Gambarkan grafik hubungan antara regangan dan tegangan ; tegangan sebagai ordinat dan regangan sebagai absis.

Tentukan harga maksimum tegangan atau harga tegangan pada regangan 20%.

### 3.6.7 Catatan :

- i. Untuk tanah yang getas kecepatan regangan diambil < 1% per menit.
- ii. Besar sensitivitas suatu jenis tanah dapat dihitung dari :

$$s_t = \frac{q_u}{q_{u'}}$$

$s_t$  = sensitivitas

$q_u$  = kuat tekan bebas benda uji asli

$q_{u'}$  = kuat tekan bebas benda uji buatan

dengan berat isi yang sama dengan benda uji asli

### 3.7 Tekan Tiga Sumbu

#### 3.7.1 Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan sudut geser tanah ( $\phi$ ) dan kohesi tanah ( $c$ ) dengan cara memberi tegangan tiga arah.

#### 3.7.2 Peralatan

- a. Tiga set triaxial chamber di lengkapi dengan kran-kran pemberi tekanan
- b. Satu unit alat pembebanan yang dilengkapi dengan proving ring
- c. Satu unit tekanan lateral yang terdiri dari :
  - i. Satu set tekanan lateral
  - ii. Satu set pompa vacuum
  - iii. Satu set tekanan balik (*back pressure*)
  - iv. Satu set pengukur drainasi air
  - v. Satu set pengukur tekanan air pori
- d. Peralatan pelengkap :
  - i. Alat mengeluarkan contoh (*extruder*)
  - ii. Alat penusuk tabung (*split sampler*)
  - iii. Alat perata (*trimmer*)
  - iv. Pisau perata
  - v. Karet pembungkus
  - vi. Alat pencetak contoh
- e. Alat Bantu tambahan (bila diperlukan pengukuran yang serba otomatis)
  - i. Satu set Automatic Recording System (ARS)
  - ii. Satu unit Mini Computer (mengolah Data)

#### 3.7.3 Benda Uji :

- a. Contoh tidak terganggu (*Undisturbed*) dari tabung :
  - Keluarkan lapisan pelindung (lilin) dari tabung
  - Tempatkan tabung pada alat pengeluaran (*extruder*), kencangkan baut-baut dan skrup
  - Tempatkan tabung penusuk (*split sampler*) pada bagian tabung yang ada mata pisaunya, kalau diperlukan alat penusuk
  - Keluarkan contoh tanah dari tabung dengan cara memutar handle sample-extruder
  - Cetak contoh tanah sesuai dengan ukuran yang dikehendaki, kemudian diukur diameter, tinggi dan beratnya serta diperiksa kadar airnya

- b. Contoh tanah dari blok sample :
  - Lepaskan kayu –kayu dan lilin pelindung dengan hati – hati
  - Potong contoh tanah empat persegi panjang dengan ukuran lebih besar sedikit dari ukuran yang dikehendaki
  - Letakan contoh pada alat perata (trimmer) dan ratakan sedikit demi sedikit hingga sesuai dengan ukuran yang dikehendaki.
  - Contoh tanah diukur diameter, tinggi dan beratnya dan diperiksa kadar airnya.
- c. Contoh Terganggu (*Disturbed*) :
  - Contoh tanah dipersiapkan dengan dilakukan pemadatan sesuai dengan kebutuhannya
  - Letakan contoh pada alat dan divetak sesuai dengan ukuran yang dikehendaki
  - Contoh tanah diukur diameter, tinggi dan beratnya serta diperiksa kadar airnya.

#### 3.7.4 Cara melakukan :

- a . Pemeriksaan untuk UU test :
  - Ukur diameter dan panjang setiap contoh
  - Timbang sisa-sisa contoh tanah (diambil yang cukup mewakili) untuk mendapatkan kadar air awal.
  - Timbang setiap contoh untuk memperoleh berat isinya
  - Tempatkan contoh pada pedestal, sebelumnya pastikan bahwa pada pedestal ini udara sudah terusir keluar.
  - Demikian juga dengan sambung katup dan selang – selang pada unit lainnya
  - Tempatkan karet pembungkus (rubber membrane) pada alat penghisap karet
  - Dengan menghisap karet pembungkus ini, dengan pela-pelan karet tersebut dapat dimasukan ke contoh. Dengan hati-hati lepaskan alat penghisap dari karet dan specimen dan urut karet tersebut untuk mengeluarkan udara yang terperangkap.
  - Dengan menggunakan alat penghisap diatas pasang karet “O” ring untuk mengikat bagian bawah contoh, demikian pula untuk bagian atas contoh.
  - Lipat bagian atas karet sedemikian rupa sehingga penutup atas specimen dengan mudah dapat ditempatkan pada ram (piston) dengan cara menaikan pedestal (putar mesin triaxial dengan tangan).

- Sebelumnya pasang dulu cell triaxial dan tempatkan penutup atas tepat pada piston.
- Isi cell dengan cairan dari reservoir (jangan lupa membuka katup pengeluaran udara) kalau cell hampir penuh, miringkan cell untuk mempermudah keluarnya udara. Jika udara sudah keluar seluruhnya tutup katup udara.
- Berikan tekanan cell ( ) sesuai dengan yang dikehendaki
- Pilih kecepatan mesin dengan cara memilih kombinasi giri-giri putaran pada kecepatan yang sesuai
- Strain rate untuk UU test adalah 0,5 – 2% per menit dan minimal waktu longsor adalah 15 menit tergantung dari jenis tanahnya.
- Putar mesin dengan tangan dulu untuk memastikan bahwa ram/piston telah menyentuh contoh, hal ini dapat dilihat jika dial proving ring telah bergerak. Atur dial-dial pada nol pembacaan.
- Putar mesin pada putaran halus secara otomatis dan geseran dimulai
- Catat dial proving ring pada selang 0,2 mm atau 0,5 mm strain.
- Kelongsoran terjadi jika pembacaan proving ring turun atau hasil pembacaan menunjukkan harga yang sama selama 3 kali berturut-turu.
- Hentikan geseran setelah Strain mencapai 20 %
- Matikan mesin dan turunkan pedestal dengan memutar mesin memakai tangan.
- Lepaskan tekanan cell dan kembalikan cairan di dalam cell kedalam reservoir dengan membuka katup udara.
- Ambil contoh dan gambar tipe kelongsoran yang terjadi, timbang contoh tadi untuk memperoleh berat isi dan kadar airnya setelah pengujian.
- Ulangi pekerjaan diatas untuk 2 specimen lainnya dengan tekanan cell yang berlainan.

b . Pemeriksaan untuk CU test dengan penjenjuran :

- Untuk persiapan contoh sama seperti pada prosedur UU test, setelah selesai persiapan contoh buka katup tekanan pori untuk mengetahui tekanan pori awal
- Penjenjuran dengan back pressure  
Contoh dianggap jenuh bila  $B = 1$ , B adalah angka perbandingan perubahan tekanan air pori dan tekanan cell (  $\dagger 3$  ).

$$B = \frac{\Delta \sim}{\Delta \dagger_3}$$

- Prosedur penjenruhan adalah sebagai berikut :
  - Naikan tekanan cell (katup cell tertutup) menjadi 1 kg/cm<sup>2</sup> diamkan selama 5 -10 menit sampai perubahan berhenti.
  - Buka katup cell (katup back pressure masih tertutup).
  - Amati perubahan volume dan tekanan air porinya, tunggu 5 -10 menit atau sampai tekanan air pori mencapai nilai maksimum dan catat
  - Hitung  $B = \frac{\Delta v}{\Delta \sigma}$  , dimana  $\Delta \sigma = \sigma - \sigma_0$  bila tekanan cell dari awal nol
  - Biarkan katup tetap terbuka
  - Naikkan tekanan back pressure menjadi 0,9 kg/cm<sup>2</sup> yaitu 0,1 kg/cm<sup>2</sup> dibawah tekanan cell, tunggu sampai pembacaan perubahan volume tetap.
  - Buka katup back pressure, amati kenaikan tekanan air pori sampai setara dengan back pressure.
  - Tutup katup back pressure dan cell pressure
  - Ulangi tahap awal dengan menaikkan tekanan sebesar 0,5 kg/cm<sup>2</sup>
  - Dan ulangi tahap berikutnya dengan menaikkan back pressure sampai 0,1 dibawah tekanan cell.
  - Bila nilai B mendekati 1 berarti penjenruhan telah tercapai, dalam praktek penjenruhan  $B = 0,96$
  - Proses konsolidasi :  
Setelah penjenruhan tercapai, tagangan efektif yang dikenakan diberikan dengan menaikkan cell pressure sehingga selisih antara cell pressure dan back pressure adalah merupakan tegangan efektifnya. Katub back pressure dibuka pada saat yang bersamaan stop watch dijalankan. Pembacaan perubahan volume dilakukan pada selang waktu tertentu dan digambarkan dalam perubahan volume vs waktu. Konsolidasi dihentikan bila telah mencapai 95 % tekanan air pori terdissipasi.

### 3.7.5 Perhitungan :

#### a. Pemeriksaan UU test :

$$\text{Strain } v = \frac{\Delta H}{H_0} (\%)$$

Dimana :  $\Delta H = \text{perosokan (mm)}$   
 $H_0 = \text{Tinggi contoh tanah semula (mm)}$

Luas penampang rata-rata setelah terjadi perubahan bentuk :

$$A = \frac{A_0}{1 - v} \text{ (cm}^2\text{)}$$

Dimana :

$A_0$  = Luas contoh tanah semula

Deviator load (P) = Pembacaan proving ring x kalibrasi proving ring

$$\text{Deviator stress : } (\sigma_1' - \sigma_3') = (\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{P}{A}$$

Bila  $v$  diukur :

$$\sigma_3' = \sigma_3 -$$

$$\sigma_1' = \sigma_1 -$$

b. Pemeriksaan CU test :

Strain rate (SRt) = 15 %

Dimana :

$t_f$  = time failure (dari tabel)

15 % = Perkiraan specimen merosok

3.7.6 Pelaporan :

- a. Laporkan besaran sudut geser ( $\phi$ ) dan kohesi ( $c$ ) atau  $\phi'$  dan  $C'$  bila menggunakan tegangan efektif.
- b. Laporan dilengkapi dengan gambar – gambar :
  - Grafik hubungan antara perubahan volume terhadap waktu
  - Grafik hubungan tegangan deviator ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) atau tekanan air pori ( $u$ ) terhadap perubahan bentuk ( $v$ )
  - Lingkaran Mohr

3.7.7 Catatan :

- a. Unconsolidated Undrained (UU test) : air dari Specimen tidak diperkenankan mengalir selama pemberian tekanan  $\sigma_3$  dan  $\sigma_1$ .
- b. Consolidated Undrained (Cu test) : air dari Specimen diperkenankan mengalir selama pembebanan  $\sigma_3$  (Konsolidasi).
- c. Consolidated Drained (CD test) : selama pembebanan air diperkenankan mengalir.

Pengujian diatas dapat dilakukan dengan penjenuhan terlebih dahulu (sebelum konsolidasi) atau tanpa penjenuhan.

Penjenuhan perlu dilakukan pada semua pengujian yang memerlukan pengukuran air pori atau lempung teguh (*Stiff clay*)

### 3.8 CBR Laboratorium

#### 3.8.1 Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan CBR (*California Bearing Ratio*) tanah dan campuran tanah agregat yang dipadatkan di Laboratorium pada air tertentu. CBR ialah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

#### 3.8.2 Peralatan

- a . Mesin penetrasi (*loading machine*) berkapasitas sekurang-kurangnya 4,45 ton (10.000 lb) dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm (0,05") per menit.
- b . Cetakan logam berbentuk silinder dengan diameter dalam  $152,4 \pm 0,6609$  mm ( $6'' \pm 0,0026$ ) dengan tinggi  $177,8 \pm 0,13$  mm ( $7'' \pm 0,005''$ ) cetakan harus dilengkapi dengan leher sambung dengan tinggi 50,8 (2,0") dan keeping alas logam yang berlubang-lubang dengan tebal 9,53 mm ( $3/8''$ ) dan diameter lubang tidak lebih dari 1,59 mm ( $1/16''$ ).
- c . Piringan pemisah dari logam (*spacer disk*) dengan diameter 150,8 mm ( $5^{15}/16'$ ) dan tebal 61,4 mm ( $2,416''$ )
- d . Alat penumbuk sesuai dengan cara pemeriksaan pemadatan MT. 010 – 88 atau MT. 011 - 88
- e . Alat pengukur pengembangan (*swael*) yang terdiri dari keeping pengembang yang berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripod logam, dan arloji penunjuk.
- f . Keping beban dengan berat 2,27 kg (5 pound), diameter 194,2 mm ( $4^{7}/8''$ ) dengan lubang tengah diameter 54,0 mm ( $2^{1}/8''$ ).
- g . Torak penetrasi dari logam berdiameter 49,5 mm (1,95), luas  $1935 \text{ mm}^2$  ( $3 \text{ in}^2$ ) dan panjang tidak kurang dari 101,6 cm (4")
- h . Satu buah arloji beban dan satu buah arloji pengukur penetrasi peralatan lain seperti talam, alat perata, tempat untuk merendam.
- i . Alat timbang sesuai MT.010 – 88 / MT. 011 – 88.

#### 3.8.3 Benda Uji

Benda uji harus dipersiapkan menurut cara pemeriksaan pemadatan MT.010 – 88. atau MT.011 – 88.

- a. Ambil contoh kira – kira seberat 5 kg atau lebih untuk tanah dan 5,5 kg untuk campuran tanah agregat.

- b. Kemudian campur bahan tersebut dengan air sampai kadar air optimum atau kadar air lain yang dikehendaki.
- c. Pasang cetakan pada keeping alas dan timbang. Masukkan piringan pemisah (specer disk) diatas keeping alas dan pasang kertas saring diatasnya.
- d. Padatkan bahan tersebut didalam cetakan sesuai dengan cara B pemeriksaan pemadatan MT. 010 – 88/MT. 011-88. Bila benda uji tersebut tidak direndam, pemeriksaan kadar air dilakukan setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan.
- e. Buka leher sambung dan ratakan dengan alat perata. Tambal lubang-lubang yang mungkin terjadi pada permukaan karena lepasnya butir-butir kasar dengan bahan yang lebih halus. Keluarkan piringan pemisah, balikkan dan pasang kembali cetakan berisi benda uji pada keeping alas dan timbang.
- f. Untuk pemeriksaan CBR yang direndam (soaked CBR) harus dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :
  - i. Pasang keeping pengembangan diatas permukaan benda uji dan kemudian pasang keeping pemberat yang dikehendaki (seberat 41/2 kg 10 lbs) atau sesuai dengan keadaan perkerasan  
Rendam cetakan beserta beban didalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun dari bawah.  
Pasang tripod beserta arloji pengukur pengembangan. Catat pembacaan pertama dan biarkan benda uji selama 96 jam.  
Permukaan air selama perendaman harus tetap (kira – kira 2,5 cm diatas permukaan benda uji).  
Tanah berbutir halus atau berbutir kasar yang dapat melakukan air lebih cepat dapat direndam dalam waktu yang lebih singkat sampai pembacaan arloji tetap. Pada Akhir perendaman catat pembacaan arloji pengembangan.
  - ii. Keluarkan cetakan dari bak air dan miringkan selama 15 menit sehingga air bebas mengalir habis. Jagalah agar selama pengeluaran air permukaan benda uji tidak terganggu.
  - iii. Ambil beban dari keeping alas, kemudian cetakan beserta isinya ditimbang. Benda uji CBR yang direndam telah siap untuk diperiksa.

#### 3.8.4 Cara melakukan

- a. Letakkan keeping pemberat diatas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg (10 pound) atau sesuai dengan beban perkerasan.
- b. Untuk benda uji yang direndam beban harus sama dengan beban yang dipergunakan waktu perendaman.  
Letakkan pertama-tama keeping pemberat 2,27 kg (5 pound) untuk mencegah mengembangnya permukaan benda uji pada bagian lubang keeping pemberat. Pemberat selanjutnya dipasang setelah torak disentuh pada permukaan benda uji.
- c. Kemudian atur torak penetrasi pada permukaan benda uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permulaan sebesar 4,5 kg (10 pound). Pembebanan permulaan ini diperlukan untuk menjamin bidang sentuh yang sempurna antara torak dengan permukaan benda uji. Kemudian arloji penunjuk beban dan arloji pengukur penetrasi di nol kan.
- d. Berikan pembebanan dengan teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit (0,05"/menit).  
Catat pembacaan pembebanan pada penetrasi 0,312 mm (0,0125"), 0,62 mm (0,025"), 1,25 mm (0,05"), 0,187 mm (0,075"), 2,5 mm (0,10"), 3,75 mm (0,15"), 5 mm (0,20"), 7,5 mm (0,30"), 10 mm (0,40") dan 12,5 mm (0,50").
- e. Catat beban maksimum dan penetrasinya bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 12,50 mm (0,5").
- f. Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air dari lapisan atas benda uji setebal 25,4 mm.
- g. Pengambilan benda uji untuk kadar air dapat diambil dari seluruh kedalaman bila diperlukan kadar air rata-rata. Benda uji untuk pemeriksaan kadar air sekurang-kurangnya 100 gram untuk tanah berbutir halus atau sekurang-kurangnya 500 gram untuk tanah berbutir kasar.

#### 3.8.5 Perhitungan

- a. Pengembangan (*swell*) ialah perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula dinyatakan dalam prosen.
- b. Hitung pembebanan dalam kg (lb) dan gambarkan grafik beban terhadap penetrasi. Pada beberapa keadaan permulaan dari kurva beban cekung akibat dari ketidak teraturan permukaan atau sebab-sebab lain. Dalam keadaan ini titik nolnya harus dikoreksi.
- c. Dengan menggunakan harga-harga beban yang sudah dikoreksi pada penetrasi 2,54 mm (0,1") dan 5,08 (0,2") hitung harga CBR dengan cara

membagi beban standar masing-masing 70,31 kg/cm<sup>2</sup> (1000 psi) dan 105,47 kg/cm<sup>2</sup> (1500 psi) dan kalikan dengan 100 harga CBR diambil harga pada penetrasi 2,54 mm (0,1"). Umumnya harga CBR diambil pada penetrasi 2,54 mm (0,1"). Bila harga yang didapat pada penetrasi 5,08 mm (0,2"), ternyata lebih besar percobaan tersebut diulangi.

Apabila percobaan ulangan ini masih tetap menghasilkan nilai CBR pada penetrasi 5,05 mm lebih besar dari nilai CBR pada penetrasi 2,54 mm (0,1") maka harga CBR diambil harga pada penetrasi 5,08 mm (0,2").

Bila beban maksimum dicapai pada penetrasi sebelum 5,08mm (0,2") maka harga CBR diambil dari beban maksimum dengan beban standar yang sesuai.

### 3.8.6 Pelaporan

Laporan harus mencantumkan hal-hal seperti berikut :

- a. Cara yang dipakai untuk mempersiapkan dan memadatkan benda uji  
Cara B menurut pemadatan MT 010 – 88 / MT. 011 – 88
- b. Keadaan benda uji (direndam atau tidak direndam)
- c. Berat isi kering benda uji sebelum direndam
- d. Berat isi kering benda uji setelah direndam
- e. Kadar air benda uji (%) sebelum dan sesudah pemadatan
- f. Kadar air setelah perendaman yang diambil dari lapisan atas benda uji setebal 25,4 mm (1") atau rata-rata
- g. Pengembangan (swell) dalam persen
- h. Harga CBR (direndam atau tidak direndam) dalam persen.

### 3.8.7 Catatan

- a. Bila dikehendaki harga CBR dapat diperiksa pada kadar air atau berat isi kering yang berlainan
- b. Untuk menentukan CBR rencana ada beberapa cara diantaranya.
  - i. Cara menurut buku penetapan tebal perkerasan Bina Marga O/PD/BW
  - ii. Cara AASHTO

## 3.9 Penetrasi Tanah Di Laboratorium

### 3.9.1 Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan indek kerucut (perlawabab tanah) yang telah dipadatkan dilaboratorium.

### 3.9.2 Peralatan

- a. Satu set peralatan penetrasi yang dilengkapi dengan alat pemutar untuk menekan kerucut

- b . Kerucut diameter 20,3 mm, luas 3,23 cm<sup>2</sup> dan sudut 30<sup>0</sup>.
- c . Batang penetrasi diameter 16 mm, panjang 500 mm
- d . Proving ring kapasitas 100 kg
- e . Dial gauge maksimum 30 mm dengan ketelitian 0,01 m

#### 3.9.3 Benda uji

- a . Contoh tanah yang telah dipadatkan sesuai pemadatan standard atau modified
- b . Timbang berat dan periksa kadar airnya

#### 3.9.4 Cara melakukan

- a . Persiapan peralatan penetrasi, sebelumnya beri pelumas dan gemuk gigi-gigi dan alat pemutarnya
- b . Tanah yang telah dipadatkan bersama moldnya dipasang didasar alat penetrasi usahakan agar kedudukannya stabil dan tepat ditengah.
- c . Pasang proving ring pada sekrup batang penyambung, kemudian sentuhkan pada batang baja yang ujung bawahnya sudah dipasang kerucut
- d . Pasang dial gauge pada tangki baja dan tangki penetrasi kemudian ujung kerucut sentuhkan pada permukaan tanah hingga jarum proving ring sedikit bergerak.
- e . Pengukuran penetrasi dengan kecepatan 1 cm/det dan pembacaan dilakukan setiap penetrasi 25 mm dan 50 mm dan diukur melalui dial gauge.
- f . Diperoleh dua pengukuran untuk setiap contoh dengan menyeleksi dari tiga titik pengukuran
- g . Rata-rata pembacaan proving ring pada penetrasi 25 mm dan 50 mm adalah merupakan hasil pembacaan pembebanan.

#### 3.9.5 Perhitungan

$$\text{Indeks kerucut (cone indeks) } q_0 = \frac{R}{A} \text{ (kg / cm}^2\text{)}$$

Dimana :

R = Pembebanan rata-rata (kg)

A = Luas Kerucut (cone) (cm<sup>2</sup>)

#### 3.9.6 Pelaporan

- Hasil pengukuran indek kerucut (q<sub>0</sub>) dilaporkan dengan ketelitian 0,01 kg/cm<sup>2</sup>
- Buat grafik hubungan antara indek kerucut dengan kadar air dan berat isi tanah kering

### 3.9.7 Catatan

- a . Setiap contoh dilakukan penusukan tiga titik dan hasilnya diambil 2 titik yang paling sesuai
- b . Indeks kerucut setiap contoh adalah hasil rata-rata dari dua titik dengan kedalaman penetrasi 25 mm dan 50 mm, sehingga ada empat harga hasil pembacaan yang dirata-rata.

## 3.10 Konsolidasi

### 3.10.1 Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan sifat-sifat pemanfaatan suatu jenis tanah yaitu sifat perubahan isi dan proses keluarnya air dari dalam pori tanah yang diakibatkan adanya perubahan tekanan vertical yang bekerja pada tanah tersebut.

### 3.10.2 Peralatan

- a. Satu set konsolidasi yang terdiri dari alat pembebanan dan sel konsolidasi
- b. Arloji pengukur (ketelitian 0,01 mm dan panjang gerak tangkai minimal 1,0 cm)
- c. Beban-beban
- d. Alat pengeluar contoh dari dalam tabung (*extruder*)
- e. Pemotong yang terdiri dari pisau tipis dan tajam serta pisau kawat
- f. Pemegang cincin contoh
- g. Neraca dengan ketelitian 0,1 gram
- h. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- i. Stop watch

### 3.10.3 Benda uji

Cincin (bagian dari sel konsolidasi) dibersihkan dan dikeringkan, kemudian ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram

- a. Sebelum contoh dikeluarkan dari tabung, ujungnya diratakan dulu dengan jalan mengeluarkan contoh tersebut 1 -2 cm, kemudian dipotong dengan pisau. Permukaan ujung contoh ini harus rata dan tegak lurus sumbu contoh.
- b. Cincin dipasang pada pemegangnya, kemudian diatur sehingga bagian yang tajam berada 0,5 cm dari ujung tabung contoh.
- c. Contoh dikeluarkan dari tabung dan langsung masukan kedalam cincin sepanjang kira-kira 2 cm, kemudian dipotong. Agar diperoleh ujung yang

rata pemotongan harus dilebihkan 0,5 cm, kemudian diratakan dengan alat penentu tebal. Pemotongan harus dilakukan sehingga pisau pemotong tidak sampai menekan benda uji tersebut.

#### 3.10.4 Cara Melakukan

- a. Benda uji dan cincin kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram
- b. Tempatkan batu pori dibagian atas dan bawah dari cincin sehingga benda uji yang sudah dilapisi kertas saring terapi oleh kedua batu pori, masukan kedalam sel konsolidasi
- c. Pasanglah pelat penumpu diatas batu pori
- d. Letakan sel konsolidasi yang sudah berisi benda uji pada alat konsolidasi sehingga bagian yang runcing dari pelat penumpu menyentuh tempat pada alat pembeban.
- e. Aturilah kedudukan arloji, kemudian dibaca dan dicatat
- f. Pasanglah beban pertama sehingga tekanan pada benda uji sebesar 0,25 kg/cm<sup>2</sup>, kemudian arloji dibaca dan dicatat pada 9,6 detik, 15 detik, 21,6 detik, 29,4 detik, 28,4 detik, 1 menit dan seterusnya (sesuai dengan formulir MT.0.60-88).
- g. Setelah pembacaan menunjukkan angka yang tetap atau setelah 24 jam, catatlah pembacaan arloji yang terakhir. Kemudian pasang beban yang kedua seberat beban pertama dikalikan dua.  
Kemudian baca dan catatlah arloji sesuai dengan cara (f) diatas.
- h. Lakukan cara (d) dan (g) untuk beban-beban selanjutnya  
Beban-beban tersebut akan menimbulkan tekanan normal terhadap benda uji masing-masing sebesar : 0,25 kg/cm<sup>2</sup>; 0,50 kg/cm<sup>2</sup>; 1,0 kg/cm<sup>2</sup>; 2,0 kg/cm<sup>2</sup>; 4 kg/cm<sup>2</sup>; 8,0 kg/cm<sup>2</sup> dan seterusnya.
- i. Besar beban maksimum ini sebetulnya tergantung kepada kebutuhanm, yaitu sesuai dengan beban yang akan bekerja terhadap lapisan tanah tersebut.
- j. Setelah pembebanan maksimum dan sesudah menunjukkan pembacaan yang tetap, kurangilah beban dalam dua langkah sampai mencapai beban pertama misalnya, jika dipakai harga-harga tekanan dari 0,25 sampai 8,0 kg/cm<sup>2</sup>, maka sebaiknya beban dikurangi dari 8,0 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 2,0 kg/cm<sup>2</sup> dan sesudah itu dari 2,0 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,25 kg/cm<sup>2</sup>.  
Pada waktu beban dikurangi, setiap pembebanan harus dibiarkan bekerja sekurang-kurangnya selama 5 jam. Arloji penunjuk hanya perlu dibaca sesudah 5 jam, yaitu saat sebelum beban dikurangi lagi.

- k. Segera setelah pembacaan terakhir dicatat, keluarkanlah cincin dan benda uji dari sel konsolidasi, ambilah batu pori dari permukaan atas dan bawah. Keringkan permukaan atas dan bawah benda uji.
- l. Keluarkan benda uji dari cincin kemudian timbang dan tentukan berat keringnya.

### 3.10.5 Perhitungan

- a. Hitunglah berat tanah basah, berat isi dan kadar air benda uji, sebelum dan sesudah percobaan serta hitung pula berat tanah kering ( $B_k$ )
- b. Ada dua cara untuk menggambarkan hasil percobaan konsolidasi. Cara pertama adalah membuat grafik penurunan terhadap tekanan, cara kedua adalah membuat grafik angka pori terhadap tekanan. Pada kedua cara ini untuk harga-harga tekanan dipergunakan skala logaritma. Bila dipakai cara pertama, maka pembacaan penurunan terakhir pada setiap pembebanan digambarkan pada grafik terhadap tekanan. Bila dipakai cara kedua, maka dilakukan perhitungan seperti berikut :
  - i. Menghitung tekanan efektif benda uji

$$\text{Hitung : } H_t = \frac{B_k}{A.G}$$

Dimana :

$H_t$  = tinggi efektif benda uji setinggi butiran-butiran tanah (jika dianggap menjadi satu)

$A$  = luas benda uji

$G$  = berat jenis tanah

$B_k$  = berat tanah kering

- ii. Hitung besar penurunan total ( $H$ ) yang terjadi pada setiap pembebanan.
 

(  $H$  ) = pembacaan arloji pada permulaan percobaan dikurangi pembacaan arloji sesudah pembebanan yang bersangkutan
- iii. Hitung angka pori semula (angka pori asli =  $e_o$ )

Dengan rumus :

$$e_o = \frac{H_0 - H_t}{H_t}$$

dimana  $H_0$  = tinggi contoh semula

- iv. Hitung percobaan angka pori ( $e$ ) pada setiap pembebanan dengan rumus :

$$\Delta e = \frac{H}{H_t}$$

- v. Hitung angka pori ( $e$ ) pada setiap pembebanan dengan rumus :

$$e = e_0 - \Delta e$$

- vi. Gambarkanlah harga-harga angka pori ini pada grafik angka pori terhadap tekanan dengan mempergunakan skala logaritma untuk tekanan

- c. Hitunglah derajat kejenuhan sebelum dan sesudah percobaan dengan rumus :

$$Sr = \frac{w \cdot G}{e}$$

dimana Sr = derajat kejenuhan  
 w = kadar air  
 G = Berat jenis tanah  
 e = Angka pori

- d. Harga koefisien konsolidasi  $C_v$

Hitunglah tinggi benda uji rata – rata ( $H_m$ ) pada setiap pembebanan

Buatlah grafik pembacaan penurunan terhadap akar pangkat dua dari waktu setiap pembebanan (lihat grafik MT.060 - 88). Sebagian dari grafik ini merupakan garis lurus dan titik potong garis isi dengan ordinat (0) dianggap sebagai titik nol yang benar.

Dari titik 0 ditarik garis Oa dengan membuat jarak  $b = 1.15a$ . Titik perpotongan garis O A ini dengan lengkung penurunan adalah harga  $t_{90}$ , yaitu waktu untuk mencapai konsolidasi 90%. Hitunglah harga koefisien konsolidasi pada setiap pembebanan dengan rumus :

$$C_v = \frac{0,212 H_m^2}{t_{90}}$$

$C_v$  = Koefisien Konsolidasi ( $\text{cm}^2 / \text{detik}$ )

$H_m$  = Tinggi benda uji rata-rata pada pembebanan yang bersangkutan (cm)

$t_{90}$  = waktu untuk mencapai konsolidasi 90 % (detik)

Gambar grafik hubungan antara  $C_v$  dan beban (skala – logaritmis)

### 3.10.6 Pelaporan

Pelaporan harus mencantumkan keterangan-keterangan sebagai berikut :

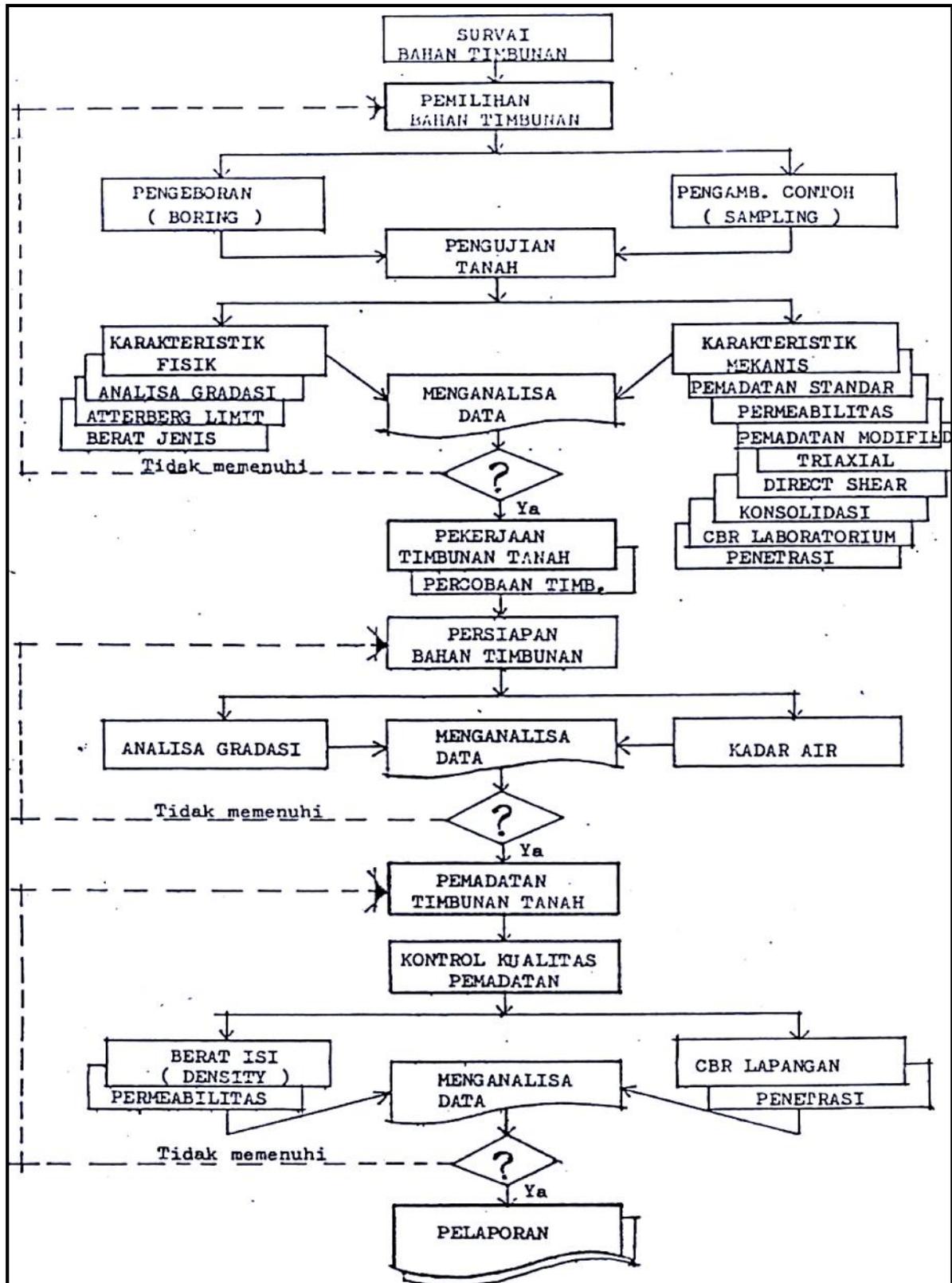
- a. Identifikasi (pengenalan) dan deskripsi (uraian) dari benda uji termasuk apakah asli, buatan atau dipadatkan.
- b. Kadar air
- c. Berat isi bawah
- d. Derajat kejenuhan
- e. Berat jenis
- f. Keadaan waktu pemeriksaan (kadar air asli) atau direndam
- g. Grafik hubungan antara angka pori dan logaritma tekanan atau penurunan dan logaritma tekanan.
- h. Grafik koefisien konsolidasi terhadap logaritma tekanan
- i. Bila cara melakukan berbeda termasuk beban khusus

### 3.10.7 Catatan

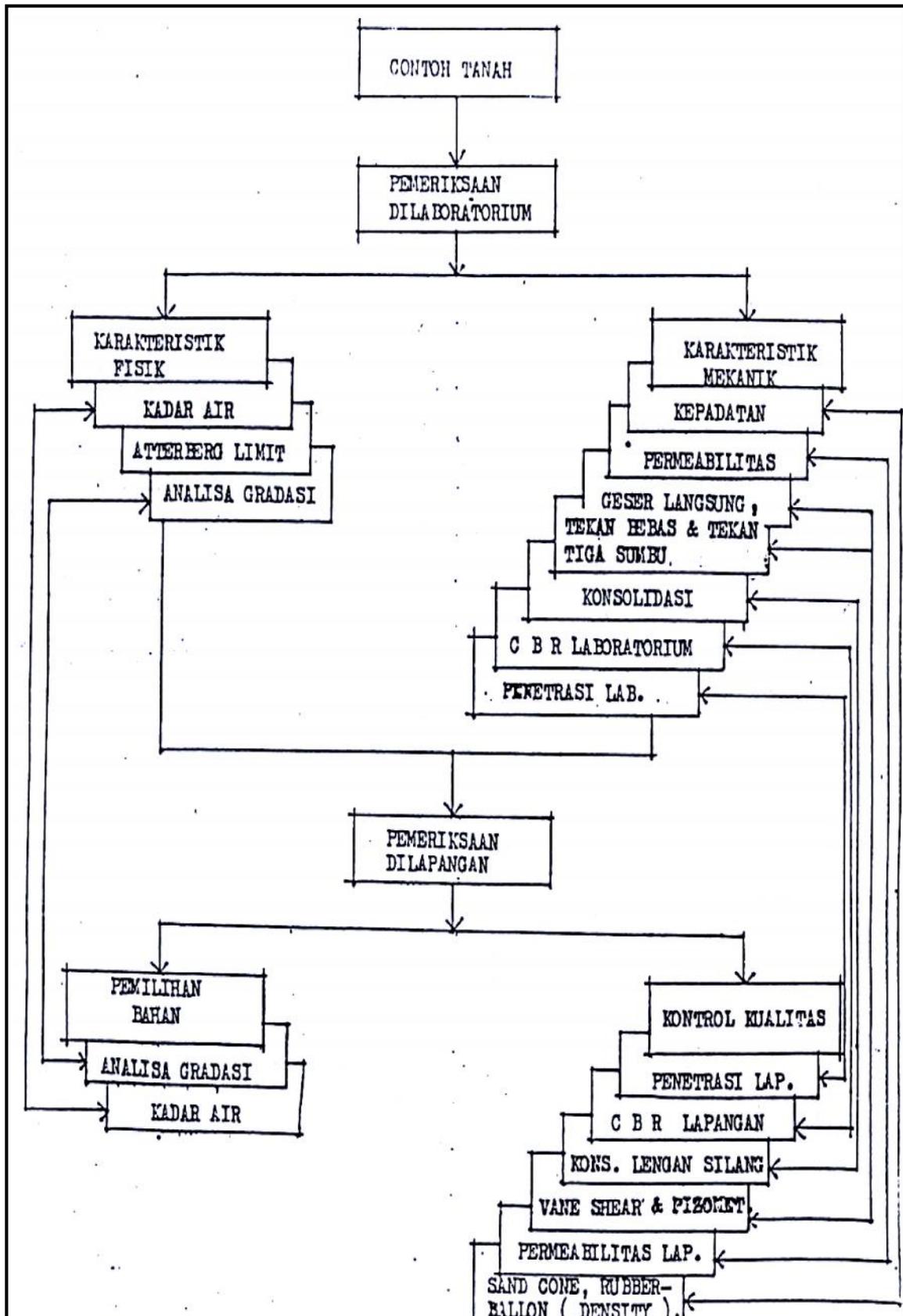
- a. Setiap alat perlu diperhitungkan besar untuk mendapatkan tekanan sesuai dengan 4h.
- b. Untuk memperhitungkan faktor pengaruh alat harus diadakan koreksi terhadap pengaruh alat dan dapat ditentukan dengan mempergunakan benda uji besi yang mempunyai ukuran sama dengan ukuran benda uji. Pembebanan dilakukan seperti biasa. Penurunan yang dibaca pada setiap pembebanan adalah harga koreksi yang diperlukan
- c. Untuk menjaga supaya tidak terjadi perubahan pada kadar air semula, benda uji harus segera diperiksa. Benda uji tidak boleh dipasang dan dibiarkan dalam alat beberapa lama sebelum beban pertama diberikan.
- d. Pada permulaan percobaan, batu berpori harus benar-benar rapat pada permukaan benda uji dan plat penumpu serta alat pembeban harus rapat satu sama lainnya. Jika ini tidak diperhatikan, maka pada pembebanan yang pertama mungkin diperoleh pembacaan penurunan yang jauh lebih besar daripada harga sesungguhnya.
- e. Selama percobaan sel konsolidasi harus tetap penuh dengan air
- f. Pada beberapa macam tanah tertentu, ada kemungkinan bahwa pada pembebanan yang pertama akan terjadi pengembangan (swelling) setelah sel konsolidasi diisi air.

Bilamana hal ini terjadi, pasanglah segera beban yang kedua dan bacalah arloji penurunan seperti diatas. Jika pada pembebanan yang kedua ini masih terjadi pengembangan, pasanglah beban ketiga dan seterusnya sampai tidak terjadi pengembangan lagi.

### BAGAN METODE UMUM PENGUJIAN KUALITAS PEMADATAN TANAH



### HUBUNGAN PEMERIKSAAN KARAKTERISTIK FISIK & MEKANIK DENGAN PEMERIKSAAN DI LAPANGAN (KONTROL KUALITAS)



## **BAB 4**

### **PEMERIKSAAN KARAKTERISTIK FISIK TANAH**

#### **4.1 Cara Mempersiapkan Contoh Tanah dan Tanah Mengandung Agregat Secara Kering PT. 001 – 88 (ASTM D. 421 – 72 )**

##### 4.1.1 Maksud :

Cara ini dimaksudkan untuk mempersiapkan contoh tanah dan tanah mengandung agregat secara kering, untuk Analisa butir, Analisa fisik, pemeriksaan pepadatan dan pemeriksaan lain yang mungkin, diperlukan.

##### 4.1.2 Peralatan :

- a. Neraca dengan ketelitian 0,1 gr untuk berat contoh maksimum 110 gr, untuk contoh yang lebih banyak dipergunakan neraca dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
- b. Alat pengering yang dapat mengeringkan contoh pada suatu suhu tidak lebih dari 60 °C (140 °C F).
- c. Saringan dengan ukuran 19 mm (3/4" ), 4,75 mm (no. 4), 2,00 mm (no. 10), 0,25 mm (No. 40 ) dan saringan lain yang diperlukan untuk mempersiapkan contoh guna pemeriksaan lainnya.
- d. Mangkok porselin beserta alat penumbuk yang terbungkus karet atau alat pemecah mekanis yang dapat dipergunakan untuk memecah contoh tanpa merusak butir – butirnya.
- e. Alat pemisah contoh yang sesuai sehingga butir – butir halus tidak hilang atau terpal bila dilakukan cara perempat.

##### 4.1.3 Benda Uji :

Jumlah contoh yang diperlukan untuk masing – masing pemeriksaan adalah sebagai berikut:

- a. Pemeriksaan Analisa butiran PT. 060 – 88

Untuk analisa butiran bahan yang lewat saringan 2,00 mm (no. 10 ) diperlukan bahan sejumlah 110 gr, untuk tanah kepasiran dan 60 gr untuk tanah kelanauan atau tanah kelempungan.

Untuk mendapatkan contoh yang mewakili bahan yang tertahan saringan 2,00 mm (No. 10 ) atau 4,75 mm (NO. 4) diperlukan jumlah sebanyak tertera dalam daftar NO. 1 yang tergantung dari besar butirnya.

## Daftar No. 1 :

Diameter yang paling besar	Jumlah minimal kira - kira
9,5 mm ( 3/8 " )	0,5 kg
25 mm ( 1 " )	2 kg
50 mm ( 2 " )	4 kg
75 mm ( 3 " )	5 kg

b. Untuk pemeriksaan berat jenis yang berkait dengan pemeriksaan Hydrometer PT. 061 - 88 diperlukan sejumlah bahan yang melalui saringan 2 mm - (no. 10 ) paling sedikit 10 gr bila digunakan botol ukur dan 25 gr bila dipakai piknometer.

c. Pemeriksaan fisik :

Diperlukan bahan yang lewat saringan 0,425 mm (no. 40 ) sejumlah minimal 300 gr terbagi sebagai berikut daftar No. 2

## Daftar No. 2

Pemeriksaan	Jumlah bahan ( gr )
- Batas cair	100
- Batas plastis	20
- Batas susut	30
- Kadar air ekuwalen lapangan	50
- Cadangan untuk pemeriksaan ulangan	100

d. Pemeriksaan pemadatan (MT. 010 – 88 dan MT. 011 – 88 ) :

Diperlukan jumlah masing – masing sebagai daftar No. 3

Daftar No. 3 :

Cara	Luwat saringan		Jumlah contoh yang diperlukan ( kg )
	mm	nomor	
A.	4,75	4	20
B.	4,75	4	45
C.	19	3/4 "	35
D.	19	3/4 "	70

e. Pemeriksaan lain :

Jumlah yang diperlukan untuk pemeriksaan lain lihat syarat – syarat yang disebutkan pemeriksaan yang bersangkutan.

#### 4.1.4 Cara Melakukan :

a. Contoh yang diterima dari lapangan di keringkan di udara atau dengan tanah tersebut dipecahkan dengan alat pemecah tanpa mengakibatkan pecahnya masing - masing butiran.

Jumlah suatu contoh yang diperlukan untuk pemeriksaan didapat dengan alat pemisah contoh atau dengan cara perempat.

b. Bagian dari contoh kering udara yang akan dipakai untuk analisa butiran dan pemeriksaan fisik (termasuk berat jenis ) harus ditimbang dan dicatat. Hasil timbangan ini merupakan berat tptal yang kadar air Hygroskopisnya belum terkoreksi.

Bagian tanah tersebut harus dibagi menurut fraksi – fraksi dengan salah satu cara dibawah ini.

i. Cara dengan menggunakan saringan 2,00 mm (No. 10 ) :

Pisahkan contoh tanah kering menjadi 2 bagian dengan memakai saringan 2,00 mm (no. 10 ).

Bagian yang tertahan pada saringan ditumbuk dengan alat penumbuk sampai gumpalan – gumpalan tanah terpecah menjadi butir – butir yang lepas

ii. Cara lain dengan menggunakan saringan 4,75 mm dan 2,00 mm (n0. 4 dan No. 10 ) :

Pertama – tama pisahkan contoh tanah menjadi 2 bagian dengan memakai saringan 4,25 mm (no. 4). Bagian yang

tertahan pada saringan tersebut harus ditumbuk dengan alat penumbuk sampai gumpalan – gumpalan tanah menjadi butir yang lepas kemudian disaring, demikian seterusnya dilakukan berulang 0 ulang. Bagian yang lewat saringan 4,75 mm (no. 4) diaduk merata, pisahkan dengan alat pemisah atau dengan cara perempat untuk mendapatkan contoh yang cukup mewakili, kemudian ditimbang. Bagian yang sudah dipisahkan ini dibagi dua ialah bagian yang tertahan dan lewat saringan 2mm (no. 10) dan selanjutnya lakukan seperti cara 4b. i. Bahan yang tertahan saringan No. 10 ditimbang, untuk perhitungan analisa butiran kasar.

iii. Contoh untuk analisa butiran dan Berat jenis :

Bagian yang tertahan saringan 2,00 mm (no. 10) dari 4b. i atau yang tertahan saringan No. 4 dari 4b. ii, sesudah pengayakan kedua disisihkan untuk pemeriksaan analisa butiran dari bahan kasar. Bagian yang lewat saringan 2,00 mm (no. 10) dari kedua cara tersebut diatas diaduk merata dengan menggunakan alat pemisah contoh atau cara perempat didapat contoh yang mewakili.

- Untuk analisa hydrometer dan analisa butir dari bagian yang lewat saringan No. 10, 110 gr untuk contoh kepasiran dan 60 gr untuk tanah kelanauan dan kelembungan.
- Untuk berat jenis 25 gr bila dipakai piknometer dan 10 gr bila dipakai botol ukur.

iv. Contoh untuk pemeriksaan fisik :

Sisa bagian dari bahan yang lewat saringan 2,00 mm (no. 10) pisahkan menjadi 2 bagian dengan mempergunakan saringan 0,425 mm (No. 40). Bagian yang tertahan saringan ditumbuk dengan alat penumbuk sampai gumpalan – gumpalan tanah terpecah menjadi butiran – butiran yang lepas dengan tidak mengakibatkan hancurnya butiran tanah. Bila contoh mengandung butiran – butiran yang rapuh seperti misalnya serpih mica, kerang laut dan sebagainya penumbukan harus dilakukan hati – hati dan dengan memakai tenaga secukupnya sehingga butir – butir halus yang melekat pada butir kasar lepas. Tanah yang sudah ditumbuk kemudian disaring dengan saringan 0,425 mm (No. 40). Bahan yang tertahan dibuang.

Bagian yang lewat saringan 0,425 mm (No. 40) aduk sampai merata kemudian pisahkan untuk dipergunakan pemeriksaan fisik.

- v. Contoh untuk pemeriksaan pemadatan :
- Contoh tanah kering yang diambil untuk pemeriksaan pemadatan harus dipisahkan dengan saringan seperti tercantum pada 3d. Jika perlu dipakai alat penumbuk untuk memecahkan gumpalan – gumpalan tanah yang tertahan pada saringan dan selanjutnya saring dengan saringan yang diperlukan.
  - Bagian yang tertahan pada saringan sesudah pengayakan kedua harus disimpan kalau diperlukan. Bagian yang lewat saringan yang diperlukan diaduk sampai merata untuk dipakai pemeriksaan pemadatan.

#### 4.1.5 Catatan :

Bila contoh mengandung butir – butir diatas  $\frac{3}{4}$  " (19 mm), yang diperlukan pada pemeriksaan CBR dan pemadatan diperlukan saringan 50 mm (2").

## 4.2 Contoh Tanah Secara Basah PT. 002 – 88 (Aashto T. 146 – 49)

### 4.2.1 Maksud :

Cara ini dimaksudkan untuk mempersiapkan contoh tanah dengan pencucian.

### 4.2.2 Peralatan :

- a. peralatan seperti tercantum pada PT. 001 – 88
- b. Talam (Pan)

### 4.2.3 Benda Uji :

Berat contoh yang diperlukan sesuai PT. 001 - 88

### 4.2.4 Cara Melakukan :

- a. Contoh tanah yang diterima dari lapangan di keringkan udara atau alat pemanas lain dengan suhu tidak lebih dari 60 ° C (140 ° F). Gumpalan – gumpalan tanah dipecahkan dengan alat penumbuk yang terbungkus karet sehingga butir-butirnya lepas. Contoh yang mewakili dapat diambil dengan cara perempat alat pemisah contoh.
- b. Contoh kering yang dipisahkan untuk pemeriksaan analisa butiran dan analisa fisik ditimbang dan dicatat. Hasil timbangan ini merupakan berat total yang kadar air Hygroskopisnya belum dikoreksi. Pisahkan contoh

tersebut menjadi 2 bagian dengan mempergunakan saringan 0,425 mm (no.40). Bagian yang lewat saringan tersebut disisihkan untuk nantinya dicampurkan dengan bahan – bahan yang di dapat pada 4c sampai 4 g.

- c. Bahan yang tertahan saringan No. 40 ditumpahkan pada talam, direndam dan dibiarkan selama 2 sampai 24 jam sehingga masing - masing butirnya basah dan terpisah.

- d. Sesudah perendaman, cuci bahan tersebut pada saringan No. 40 dengan cara sebagai berikut :

Letakkan saringan No. 40 diatas talam, tumpahkan coloidal rendaman kedalam saringan. Tambahkan air secukupnya sehingga tinggi air dalam talam  $\pm 12,7$  mm ( $1/2$  ") diatas kawat saringan. Ambil bahan yang direndam sebanyak tidak lebih 0,45 kg (1 pound ) letakkan diatas saringan kemudian aduk dengan tangan sambil saringan diguncang. Bila bahan yang tertahan diatas saringan ini mengandung gumpalan yang tidak hancur, tapi masih bisa dipecahkan dengan jari tangan, hancurkan gumpalan ini sehingga bisa lewat saringan tersebut. Setelah semua gumpalan hancur, saringan harus diangkat dan dipasang diatas cairan dalam talam, selanjutnya sisa bahan yang tertahan dicuci dengan air dan pindahkan ke talam yang bersih.

- e. Pekerjaan tersebut diulangi sampai contoh yang direndam tercuci seluruhnya.

- f. Bahan yang tertahan tersebut dikeringkan dan di saring lagi dengan saringan tersebut diatas dan bahan yang lewat disisihkan.

- g. Sesudah semuaa bahan rendaman tercuci, talam yang terisi bahan cucian didiamkan beberapa jam sampai semua butir tanah mengendap atau sampai air, diatasnya jernih. Air yang jernih tersebut buang dengan cara mengalirkan. Butiran – butiran tanah yang tertinggal dikeringkan dengan suhu tidak melampui  $60^{\circ}$  C ( $140^{\circ}$  F). Bahan kering tersebut ditumbuk dengan alat penumbuk karet atau alat lain yang sesuai kemudian satukan dengan bahan yang disisihkan pada 4f.

- h. Contoh untuk analisa butiran dan analisa fisik :

Bahan yang lewat saringan (No. 40 ) yang didapat dengan cara 4 b, 4 f dan 4 g diaduk sampai merata. Timbang sebanyak 60gr untuk tanah kalanauan dan kelempuungan guna pemeriksaan analisa butiran dan sisanya digunakan untuk penentuan sifat – sifat tanah.

#### 4.2.5 Catatan :

Bila pengendapan butiran memakan waktu yang terlalu lama, dapat di percepat dengan penguapan.

### 4.3 Kadar Air Tanah PT. 010 – 88 (ASTM D – 2216 – 71)

#### 4.3.1 Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air tanah. Kadar air tanah ialah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut dinyatakan dalam persen.

#### 4.3.2 Peralatan :

- a. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$ .
- b. Cawan kedap air dan tidak berkarat
- c. Neraca dengan ketelitian 0,01 gr.  
Neraca dengan ketelitian 0,1 gr  
Neraca dengan ketelitian 1 gr

#### 4.3.3 Benda Uji :

Jumlah benda uji yang dibutuhkan untuk pemeriksaan kadar air terkandung pada ukuran butir maksimum dari contoh yang di periksa, dengan ketelitian seperti berikut :

No.	Ukuran butir maksimum	Jumlah benda uji maksimum	Ketelitian
1.	3/4 "	1000 gr	1. gr
2.	Lawat saringan No.10	100 gr	0,1 gr
3.	Lawat saringan No.40	10 gr	0,01 gr

#### 4.3.4 Cara Melakukan :

- a. Benda uji yang mewakili tanah yang diperiksa ditempatkan dalam cawan yang bersih, kering dan diketahui beratnya.
- b. Cawan dan isinya kemudian ditimbang dan beratnya di catat.
- c. Cawan yang berisi tanah basah diletakkan di oven dan stel temperaturnya  $(110 \pm 5) ^\circ \text{C}$ , selama  $\pm 24$  jam atau sampai beratnya konstant.
- d. Cawan yagn berisi tanah kering di dinginkan dalam desicator sampai temperaturnya sesuai udara ruangan.
- e. Setelah dingin di timbang dan catat beratnya.

## 4.3.5 Perhitungan :

Kadar air dapat dihitung seperti berikut :

Berat cawan + tanah basah =  $W_a$  gr

Berat cawan + tanah kering =  $W_b$  gr

Berat cawan kosong =  $W_c$  gr

Berat air =  $W_w$  gr

Berat tanah kering =  $W_s$  gr

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{W_a - W_b}{W_b - W_c} \times 100 \% - \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$$

## 4.3.6 Pelaporan :

Kadar air di laporkan dalam persen

## 4.3.7 Catatan :

- a. Jika tidak terdapat oven pengering, maka pelaksanaan pengeringan dapat dilakukan dengan cara :
  - i. Jika benda uji yang akan di periksa kadar airnya tidak mengandung bahan organik atau bahan yang mudah terbakar, maka pengeringan dapat dilakukan diatas kompor, atau di bakar langsung setelah disiram.
  - ii. Dengan spirtus penimbangan dan pengeringan dilakukan berulang – ulang sehingga setelah 3 kali penimbangan terakhir telah tercatat berat yang konstant.
  - iii. Jika benda uji yang akan diperiksa mengandung bahan organik, maka tidak boleh pengeringan dengan cara di bakar dengan spirtus, tapi harus dikeringkan dengan kompor dengan temperatur tidak boleh lebih dari 60 °C
- b. Untuk masing – masing contoh tanah harus dipakai cawan – xawan yang diberi tanda dan tidak boleh sampai tertukar.
- c. Untuk setiap benda uji harus di pakai 2 cawan, kadar air dapat di ambil rata – rata.
- d. Agar pengeringan dapat berjalan sempurna, maka susunan benda uji didalam oven harus diatur sehingga pengeringan tidak terganggu, serta saluran udara harus dibuka.

#### 4.4 Berat Jenis Tanah TT. 020 – 88 ( ASTM D – 854 – 58)

##### 4.4.1 Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan No. 4 dengan menggunakan piknometer. Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

##### 4.4.2 Peralatan :

- a. Piknometer dengan kapasitas minimum 50 ml atau botol ukur dengan kapasitas minimum 50 ml
- b. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi samapai  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{c}$
- c. Neraca dengan ketelitian 0,01 gr
- d. Termometer  $0^{\circ} - 50^{\circ} \text{c}$  dengan ketelitian pembacaan  $1^{\circ} \text{c}$
- e. Saringan No. 4, No. 10 dan No. 40 dan penadahnya (pan)
- f. Botol berisi air suling
- g. Bak perendam
- h. Kompor listrik

##### 4.4.3 Benda Uji :

Benda uji harus dipersiapkan sebagai berikut :

- a. Saringlah bahan yang akan diperiksa dengan saringan No. 4 jika ternyata bahan tersebut terdiri dari butir yang tertahan No. 4, maka pemeriksaan berat jenis harus dilakukan sesuai dengan agregat kasar. Jika bahan yang akan diperiksa mengandung campuran butir yang tertahan dan yang lewat saringan No. 4 tersebut maka dilakukan pemeriksaan dengan 2 cara untuk bahan yang lolos saringan no. 4 di lakukan pemeriksaan menurut ( PT. 020 – 80).Berat jenis bahan adalah harga rata – rata (sebanding dengan presentase berat kering masing – masing ukuran ).Untuk pemeriksaan berat jenis yang akan dipakai sebagai pembantu pemeriksaan hydrometer, maka contoh harus dipilih yang melalui saringan No. 10 atau No. 40, kemudian pemeriksaan dilakukan dengan prosedur (PT. 020 – 88).
- b. Peroleh contoh dengan pemisah contoh atau cara perempat dari bahan yang lewat saringan No. 4 atau No. 10. Benda uji dalam keadaan kering oven tidak boleh kurang dari 10 gr untuk botol ukur, dan 50 gr untuk piknometer.
- c. Keringkan benda uji pada temperatur  $105 - 110^{\circ} \text{c}$  dan dinginkan dalam desicator atau benda uji dalam keadaan tidak dikeringkan (lihat catatan).

#### 4.4.4 Cara Melakukan :

- a. Cuci piknometer dengan air suling dan keringkan, timbang piknometer dan tutupnya dengan ketelitian 0,01 gr (W1)
- b. Masukkan benda uji kedalam piknometer dan timbang bersama tutupnya dengan ketelitian 0,01 gr (W2)
- c. Tambahkan air suling sehingga piknometer terisi dua pertiga, untuk bahan yang mengandung lempung biarkan benda uji terendam beberapa saat.
- d. Didihkan isi piknometer dengan hati – hati selama minimal 10 menit, dan miringkan botol sekali – kali untuk membantu mempercepat pengeluaran udara yang terkatup/tersekap.
- e. Didalam hal mempergunakan pompa vacum tekanan udara didalam piknometer atau botol ukur tidak boleh dibawah 100 mm hg. Kemudian isilah piknometer dengan air suling dan biarkan piknometer beserta isinya untuk mencapai suhu konstant tambahkan air suling seperlunya sampai tanda batas atau sampai penuh. Tutuplah piknometer, keringkan bagian luarnya dan timbang dengan ketelitian 0.01 gr (W3). Ukur suhu dari isi piknometer dengan ketelitian 1° c.
- f. Bila isi piknometer belum diketahui maka tentukan isinya sebagai berikut. Kosongkan piknometer dan bersihkan. Isi piknometer dengan air suling yang suhunya sama dengan suhu pada ( c ) dengan ketelitian 1° c dan pasang tutupnya. Keringkan bagian luarnya dan timbang dengan ketelitian 0,01 gr, dan koreksi terhadap suhu, lihat catatan (W4).
- g. Pemeriksaan dilakukan ganda (duple).

#### 4.4.5 Perhitungan :

- a. Hitung berat jenis contoh dengan rumus dibawah ini :

$$GS = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

$W_1$  = Berat Piknometer (gr)

$W_2$  = Berat piknometer dan bahan kering (gr)

$W_3$  = Berat Piknometer, bahan dan air (gr)

$W_4$  = Berat Piknometer dan air (gr)

Apabila hasil kedua pemeriksaan berbeda lebih dari 0,03 maka pemeriksaan harus diulang.

- b. Ambil harga rata – rata dari hasil kedua percobaan tersebut.

## 4.4.6 Pelaporan :

Berat jenis dilaporkan dalam dua angka dibelakang koma, sesuai dengan forum (PT. 020 – 88)

## 4.4.7 Kalibrasi Piknometer :

- i. Piknometer dibersihkan, dikeringkan ditimbang dan beratnya dicatat ( $W_1$ ). Piknometer diisi air suling dan dimasukkan kedalam bejana air pada suhu  $25^\circ\text{C}$ , sesudah isi botol (piknometer) mencapai suhu  $25^\circ\text{C}$  tutupnya dipasang. Bagian luar piknometer dikeringkan dan piknometer beserta isinya ditimbang ( $W_{25}$ ).
- ii. Dari nilai  $W_{25}$  yang ditentukan pada  $25^\circ\text{C}$ , susunlah tabel harga  $W_4$  – untuk suatu urutan suhu kira – kira antara  $18^\circ\text{C}$  sampai dengan  $31^\circ\text{C}$ .

Harga – harga  $W_4$  dihitung sebagai berikut :

$$W_4 = W_{25} \times k$$

$W_4$  = Berat piknometer dan air yang telah dikoreksi

$W_{25}$  = Berat piknometer dan air pada suhu  $25^\circ\text{C}$ .

$K$  = Faktor koreksi (daftar No. 1 )

- iii. Faktor koreksi =  $k$

Suhu =  $T$

Daftar No. 1

T	18	19	20	21	22	23	24
k	1,0016	1,0014	1,0012	1,0010	1,0007	1,0005	1,0003
T	25	26	27	28	29	30	31
k	1,00000	1,9997	0,9995	0,9992	0,9989	0,9986	0,9983

## 4.4.8 i. Untuk Benda Uji Kering :

Benda uji kering oven sesudah ditumbuk dan diayak harus dimasukkan kedalam oven kembali sampai beratnya konstant.

- ii. Untuk benda uji tanpa pengeringan oven harus diketahui berat keringnya dengan perhitungan kadar air dan berat ini sebagai ( $W_2 - W_1$ )

#### 4.5 Batas Cair (Liquid Limit) PT. 030 – 88 (ASTM D. 423 – 66)

##### 4.5.1 Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair. Batas cair ialah kadar air batas suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis.

##### 4.5.2 Peralatan :

- a. alat batas cair standard
- b. Alat pembuat alur (*Grooving tool*)
- c. Sendok dempul (*Spatula*)
- d. Plat kaca 45 x 45 x 0,9 cm
- e. Neraca dengan keterlitan 0,01 gr
- f. Cawan kadar air minimal 4 buah
- g. Spatula dengan panjang 12,5 cm
- h. Botol tempat air suling
- i. Air Suling
- j. Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

##### 4.5.3 Benda Uji disiapkan sesuai dengan cara sebagai berikut :

- a. jenis – jenis tanah yang tidak mengandung batu dan hampir semua butirannya lebih halus dari saringan 0,42 mm (no. 40). Dalam hal ini benda uji tidak perlu dikeringkan dan tidak perlu disaring dengan saringan 0,42 mm (no. 40).
- b. Jenis – jenis tanah yang mengandung batu, atau mengandung banyak butiran yang lebih besar dari saringan 0,42 mm (No. 40). Keringkan contoh di udara sampai bisa disaring, ambil benda uji yang lewat saringan 0,42 mm (No. 40).

##### 4.5.4 Cara Melakukan :

- a. Letakkan 100 gr benda uji yang sudah dipersiapkan didalam plat kaca pengaduk.
- b. Dengan menggunakan spatula, aduklah benda uji tersebut dengan menambahkan air suling sedikit demi sedikit, sampai homogen.
- c. Setelah contoh menjadi campuran yang merata, ambil sebagian benda uji ini dan letakkan diatas mangkok alat batas cair, ratakan permukaannya sehingga sejajar dengan dasar alat, bagian yang paling tebal harus  $\pm 1$  cm.
- d. Buatlah alur dengan jalan membagi dua benda uji dalam mangkok itu, dengan menggunakan alat pembuat alur (*grooving tool*) melalui garis

tengah pemegang mangkok dan simetris. Pada waktu membuat alur posisi alat pembuat alur (grooving tool) harus tegak lurus permukaan mangkok.

- e. Putarlah alat sedemikian, sehingga mangkok naik/jatuh dengan kecepatan 2 putaran per detik. Pemutaran ini dilakukan terus sampai dasar alur benda uji bersinggungan sepanjang kira – kira 1,25 cm dan catat jumlah pukulannya pada waktu bersinggungan.
- f. Ulangi pekerjaan (c) sampai (e) beberapa kali sampai di peroleh pengadukan contoh sudah betul – betul merata kadar airnya. Jika ternyata pada 3 kali percobaan telah memperoleh jumlah pukulan  $\pm$  sama, maka ambilah benda uji langsung dari mangkok pada alur, kemudian masukkan kedalam cawan yang telah disiapkan dan periksalah kadar airnya.
- g. Kembalikan benda uji keatas kaca pengaduk, dan mangkok alat batas cair bersihkan, Benda uji di aduk kembali dengan merubah kadar airnya, kemudian ulangi langkah (b) sampai (f) minimal 3 kali berturut – turut dengan variasi kadar air yang berbeda, sehingga akan diperoleh perbedaan jumlah pukulan sebesar 8 – 10.

#### 4.5.5 Perhitungan :

Hasil – hasil yang diperoleh berupa jumlah pukulan dan kadar air yang bersangkutan kemudian di gambarkan dalam bentuk grafik. Jumlah pukulan sebagai sumbu mendatar dengan skala logaritma, sedang besarnya kadar air sebagai sumbu tegak dengan skala biasa. Buatlah garis lurus melalui titik berat titik – titik tersebut.

Tentukan besarnya kadar air pada jumlah pukulan 25 dan kadar air inilah yang merupakan batas cair (*liquid limit*) dari benda uji.

#### 4.5.6 Catatlah pada formulir laboratorium, benda uji yang diperiksa dalam keadaan asli atau telah kering udara, disaring atau tidak. Hasil dilampirkan sebagai bilangan bulat.

#### 4.5.7 Catatan :

- a. Alat – alat yang akan dipakai harus diperiksa dulu sebelum dipakai dan harus dalam keadaan bersih dan kering.
- b. Beberapa jenis lempung akan mengalami kesulitan untuk diaduk dan kadang – kadang jika terlalu banyak atau lama pengadukannya akan berubah sifat. Agar pengadukan dapat dilakukan dengan lebih mudah dan lebih cepat, maka adukan disimpan dulu dan ditutup dengan kain basah atau contoh yang telah disiapkan direndam dulu selama 24 jam.
- c. Beberapa jenis tanah lempung menunjukkan bahwa pada waktu pemukulan ternyata bersinggungan alur disebabkan kedua bagian muka tanah diatas

mangkok bergeser terhadap permukaan mangkok, sehingga jumlah pukulan yang didapat lebih kecil. Jumlah pukulan yang betul adalah jika proses berimpinya dasar alur disebabkan muka tanah seakan – akan mengalir dan bukan karena bergeser, Kalau ternyata pergeseran, maka percobaan harus diulang beberapa kali dengan kadar air yang berbeda, dan kalau masih terjadi pergeseran ini maka harga batas cair ini tidak dapat diperoleh.

- d. Selama berlangsungnya percobaan pada kadar air tertentu, benda uji tidak boleh dibiarkan mengering atau terjadi perubahan kadar air.
- e. Untuk memperoleh hasil yang teliti, maka jumlah pukulan diambil antara 40 – 30, 30 – 20, 20 – 10, sehingga akan diperoleh tiga titik.
- f. Alat pembuat alur Casgrande di pergunakan untuk tanah kohensive, alat pembuat alur ASTM untuk tanah yang kepasiran.

#### **4.6 Batas Plastis (Plastic Limit) PT. 040 (ASTM D – 424 – 74)**

##### 4.6.1 Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis. Batas plastis ialah kadar air minimum dimana suatu tanah masih dalam keadaan plastis.

##### 4.6.2 Peralatan :

- a. Plat kaca 45 x 45x 0,9 cm
- b. Sendok dempul panjang 12,5 cm
- c. Batang pembanding dengan diameter 3 mm, panjang 10 cm
- d. Neraca dengan keterlitan 0,01 gr
- e. Cawan untuk menentukan kadar air
- f. Botol tempat air suling
- g. Air Suling
- h. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ .

##### 4.6.3 Benda Uji :

Benda uji disiapkan sesuai dengan cara mempersiapkan contoh untuk pemeriksaan batas cair

##### 4.6.4 Cara Melakukan :

- a. Letakkan benda uji diatas plat kaca, kemudian di aduk sehingga kadar airnya merata.
- b. Setelah kadar air cukup merata, buatlah bola – bola tanah dari benda uji itu seberat  $\pm 8$  gr, kemudian bola tanah itu digeleng diatas plat kaca.

Penggelengan dilakukan dengan telapak tangan, dengan kecepatan gelengan 80 – 90 gelengan per menit atau satu setengah kali per menit.

- c. Penggelengan dilakukan terus sampai benda uji membentuk batang dengan diameter 3 mm. Kalau pada waktu penggelengan itu ternyata sebelum benda uji mencapai diameter 3 mm sudah retak, maka benda uji distaukan kembali ditambah air sedikit dan di aduk sampai merata. Jika ternyata penggelengan bola – bola itu bisa mencapai diameter lebih kecil dari 3 mm tanpa menunjukkan retakan – retakan, maka contoh perlu dibiarkan beberapa saat diudara, agar kadar airnya berkurang sedikit.
- d. Pengadukan dan penggelengan diulangi terus sampai retakan – retakan itu terjadi tepat pada saat gelengan mempunyai diameter 3 mm.
- e. Periksa kadar air batang tanah pada (d) dilakukan ganda.

#### 4.6.5 Perhitungan :

Tentukan kadar air rata – rata pada (4e) sebagai harga batas plastis.

#### 4.6.6 Pelaporan :

- a. Hasil dilaporkan sebagai bilangan bulat dalam persen
- b. Catatlah pada formulir
- c. Benda uji yang diperiksa dalam keadaan asli atau sudah kering udara, disaring atau tidak.

#### 4.6.7 Catatan :

- a. Alat - alat yang akan dipakai harus diperiksa dulu sebelum dipakai dan harus dalam keadaan bersih dan kering.
- b. Agar pemeriksaan dapat dilakukan lebih cepat, maka sebaiknya pengadukkan benda uji untuk batas cair dan batas plastis dilakukan sekaligus : setelah pengadukkan rata pisahkan 20 gr benda uji untuk pemeriksaan batas plastis.
- c. Indeks plastisitas adalah selisih batas cair dan batas plastis ( $PT. = LL - PL$ )
- d. Contoh tanah dinyatakan tidak plastis (Non plastis = NP) bila :
  - i. Batas cair atau plastis tidak dapat ditentukan.
  - ii. Batas plastis > batas cair.

#### 4.7 Batas Sudut Tanah PT. 050 – 88

##### 4.7.1 Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan batas susut tanah yang lolos saringan No. 40 (0,425 mm).

##### 4.7.2 Peralatan :

- a. Mangkok porselin diameter  $\pm 139,7$  mm
- b. Spatula atau pisau
- c. Mangkok gelas diameter  $\pm 44,4$  mm tinggi 12,7 mm
- d. Plat baja panjang 150 mm
- e. Mangkok kaca diameter  $\pm 57,2$  mm tinggi 31,8 mm
- f. Plat kaca (40 x 40 x 2 ) dilengkapi dengan 3 kaki
- g. Gelas ukur kapasitas 25 ml dan ketelitian 0,2 ml
- h. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
- i. Air raksa

##### 4.7.3 Benda Uji :

- a. Lakukan persiapan contoh tanah seperti pemeriksaan batas cair dengan mengambil contoh tanah yang lolos saringan No. 40 sebanyak 30 gr kering udara.
- b. Letakkan contoh dimangkok dan campur dengan air suling kemudian aduk sampai merata, usahakan kadar airnya  $\pm 10\%$  diatas batas cair.

##### 4.7.4 Cara Melakukan :

- a. Lakukan pengukuran volume mangkok gelas dengan cara memasukan air raksa kedalam mangkok – mangkok sampai penuh dan rata dengan plat kaca, kemudian tuangkan air raksa dimangkok kedalam gelas ukur dan baca volumenya.
- b. Masukkan adonan contoh tanah kedalam mangkok gelas sampai betul – betul penuh, permukaannya rata dengan plat baja dan bersihkan sisa tanah – yang masih tertinggal/menempel pada mangkok dengan kertas tisu kemudian timbang beratnya.
- c. Angin – anginkan contoh tanah sampai warnanya berubah dari gelap ke terang (kering udara ), kemudian oven dengan temperatur  $\pm 105^{\circ}$  C dan setelah kering timbang beratnya.
- d. Menentukan tanah kering dengan jalan memindahkan kemangkok kaca yang sebelumnya telah diisi air raksa penuh, kemudian tutup dengan plat kaca berkaki tiga dan tekan sampai betul – betul air raksa tidak tumpah lagi masukan air raksa yang tumpah kedalam gelas ukur, kemudian catat volumenya.

## 4.7.5 Perhitungan :

$$a. \text{ Kadar air } (w) = [(W - W_0) / W_0] \times 100$$

Dimana :

W = Berat contoh tanah basah

W<sub>0</sub> = Berat contoh tanah kering

$$c. \text{ Shrinkage Limit (SL)} = w - \left( \frac{V - V_0}{W_s} \times w \times 100 \right) \%$$

Dimana :

W = Kadar Air

V = Volume contoh tanah basah

V<sub>0</sub> = Volume contoh tanah keringW<sub>s</sub> = Berat contoh tanah keringx<sub>w</sub> = Berat isi air

$$d. \text{ Shrinkage Ratio (R)} = W_0 / V_0$$

c. Bila diketahui Berat Jenis contoh maka :

$$SL = [(1/R) - (1/GS)] \times 100$$

Dimana ;

GS = Berat jenis contoh tanah

## 4.7.6 Pelaporan :

- Shrinkage limit dilaporkan dalam persen.

## 4.7.7 Catatan :

- Prosedur pemeriksaan batas susut diatas lebih sesuai untuk jenis tanah yang kohesif (batas plastisnya tinggi).
- Untuk jenis tanah yang batas plastisnya rendah lebih sesuai dengan metode BS (linier shrinkage).

**4.8 Analisa Saringan Tanah Berbutir Kasar PT. 060 – 88**

## 4.8.1 Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) dengan menggunakan saringan.

## 4.8.2 Peralatan :

- Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,01 gr

- b. Satu set saringan ukuran : 50, 8 mm – 38,1 mm – 25,4 mm – 19,1 mm – 9,52 mm – 4,76 mm – 2,00 mm – 0,84mm – 0,42 mm – 0,25 mm – 0,105 mm – 0,074 mm
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ .
- d. Mesin pengguncang
- e. Talam – talam
- f. Kuas, sikat kuningan sendok & palu karet.

#### 4.8.3 Benda Uji :

Benda uji disiapkan sesuai dengan cara mempersiapkan contoh PT. 001 – 88 atau PT. 002 – 88 atau secara langsung sebagai berikut :

- a. Jenis – jenis tanah yang tidak mengandung batu dan hampir semua butirannya lebih halus dari saringan 2,00 mm (No. 10). Dalam hal ini benda uji tidak perlu dikeringkan dan tidak perlu disaring dengan 2,00 mm (no. 10). Analisa saringan dilakukan setelah hydrometer selesai.
- b. Jenis tanah yang mengandung batu atau mengandung banyak butiran yang lebih kasar dari saringan 2,00 mm (No. 10). Keringkan contoh di udara sampai bisa disaring dan tentukan kadar airnya untuk menentukan berat benda uji.

#### 4.8.4 Cara Melakukan :

- a. Untuk jenis tanah yang hampir semua butirannya lolos saringan 2,00 mm (No. 10 ) maka pemeriksaan saringan dilakukan setelah pemeriksaan hydrometer selesai dengan cara :
  - contoh tanah yang berupa suspensi dicuci diatas saringan 0,074 mm (No. 200 ) dikeringkan pada oven dengan temperatur  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$  selama  $\pm 24$  jam atau sampai berat tetap.
  - Saring contoh tanah lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar diatas. Saringan diguncang selam 15 menit.
  - Lakukan penimbangan dari masing – masing contoh tanah yang tertahan pada saringan.
- b. Jenis – jenis tanah yang mengandung batu, atau mengandung banyak butiran yang lebih kasar dari saringan 2,00 mm (no. 10). Keringkan contoh di udara sampai bisa disaring dengan ayakan 2,00 mm (No. 10) periksalah kadar airnya.
  - Contoh yang tertahan ayakan 2,00 mm (No. 10) dicuci sampai air yang mengalir bersih kemudian dikeringkan didalam oven dengan temperatur  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ .

- Lakukan penyaringan sesuai dengan susunan saringan yaitu antara ukuran 50,8 mm sampai dengan ukuran 2,00 mm
- Contoh yang lolos ayakan 2,00 mm (No. 10 ) diambil sesuai dengan cara mempersiapkan contoh PT. 001 – 88 untuk pemeriksaan ukuran butiran tanah dengan hydrometer (PT. 061 – 88)
- Sisa hasil pemeriksaan hydrometer dicuci pada saringan 0,074 mm (NO. 200) kemudian dikeringkan dalam oven dengan temperatur  $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ . Selama  $\pm 24$  jam atau sampai berat tetap.
- Lakukan penyaringan dengan ukuran saringan antara 0,84 mm s/d 0,074 mm.

#### 4.8.5 Perhitungan :

- a. Persiapkan contoh tanah kering udara seberat (M) gr
- b. Periksa kadar air contoh tanah (w) %
- c. Berat contoh kering oven tertahan ayakan 2,00 mm ( $m_1$ )
- d. Berat contoh kering udara lolos ayakan 2,00 mm =  $m - m_1$
- e. Berat contoh kering lolos ayakan 2,00 mm =  $\frac{(m - m_1)}{1 + w}$
- f. Berat total contoh kering  $m_0 = m_1 + m_2$
- g.  $\frac{\text{Berat contoh kering lolos ayakan 2,00 mm}}{\text{Berat total contoh kering}} = \frac{m_2}{m_0}$

#### 4.8.6 Pelaporan :

- a. Jumlah presentasi melalui masing – masing saringan
- b. Grafik akumulatif

### 4.9 Analisa Butir Tanah Dengan Hydrometer PT. 061 – 88 (ASTM D. 422 – 72)

#### 4.9.1 Maksud :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian ukuran butir (gradasi ) dari tanah yang lewat saringan No. 10

#### 4.9.2 Peralatan :

- a. Hidrometer dengan skala – skala kosentrasi (5 – 60 gr per liter) atau untuk pembacaan berat jenis campuran (0,995 – 1,0385 )
- b. Tabung – tabung glas ukuran kapasitas 1000 ml, dengan diameter  $\pm 6,5$  cm
- c. Termometer 0- 50<sup>o</sup> c ketelitian 0,1 <sup>o</sup> c.
- d. Pengaduk mekanis dan mangkok dispresi (Mechanical stirer)
- e. Saringan – saringan No. 10, 20, 40, 80, 100, dan 200
- f. Neraca dengan ketelitian 0,01 gr

- g. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi ( $110 \pm 5$ )<sup>o</sup> C
- h. Tabung gelas ukuran 50 ml dan 100 ml
- i. Batang pengaduk dari gelas
- j. Stop watch

#### 4.9.3 Benda Uji :

Benda uji disiapkan sesuai dengan cara mempersiapkan contoh PT. 001 – 88 atau PT. 002 – 88 atau secara langsung seperti berikut :

- a. Jenis – jenis tanah yang tidak mengandung batu dan hampir semua butirannya tidak perlu dikeringkan dan tidak perlu disaring dengan saringan 2,00 mm (NO. 10 )
- b. Jenis – jenis tanah yang mengandung batu, atau mengandung banyak butiran yang lebih kasar dari saringan 2,00 mmm (NO. 10) Keringkan xontoh di udara sampai bisa disaring, ambil benda uji yang lewat saringan 2,00 mm (NO. 10)
- c. Tentukan kadar airnya untuk menentukan berat benda uji sesuai PT. 001 – 88.

#### 4.9.4 Cara Melakukan :

- a. Rendamlah benda uji tersebut dengan 100ml air suling dan bahan dispresi (water glass) sebanyak 20 ml, atau 50 ml air suling dan bahan dispresi (sodium hexametaphospat) sebanyak 100 ml (lihat catatan 7d), aduk lah sampai merata dengan pengaduk gelas dan biarkan terendam selama 24 jam
- b. Sesudah perendaman, pisahkan campuran semuanya kedalam mangkok pengaduk, dan tambahkan air suling/ air bebas mineral kira – kira setengah penuh. Aduklah campuran selam 15 menit.
- c. Pindahkan campuran semuanya kedalam tabung gelas ukur dan tambahkan air suling/ air bebas mineral sampai campuran menjadi 1000ml. Tutuplah mulut tabung rapat – rapat dengan telapak tangan, dan kocoklah dalam arah mendatar selama satu menit.
- d. Segera setelah dikocok letakan tabung dan dengan hati – hati masukan Hydrometer, Biarkan Hydrometer terapung bebas, dan tekanlah stop watch. Bacalah angka skalanya pada  $\frac{1}{2}$  , 1 dan 2 menit dan catat pada form – bacalah pada puncak meniscusnya dan catatlah pembacaan – pembacaan itu sampai 0,5 gr per liter yang terdekat atau 0,0001 Berat jenis (Rh). Sesudah pembacaan pada menit ke 2 angkatlah hydrometer dengan hati – hati cuci dengan air suling dan masukan kedalam tabugn yang berisi air suling yang bersuhu sama seperti suhu tabung pembacaan dan ulangi sekali lagi cara d.

- e. Masukkan kembali hydrometer dengan hati – hati kedalam tabung dan lakukan pembacaan hydrometer pada saat – saat 5, 15 dan 30 menit. 1,4, dan 24 jam. Sesudah setiap pembacaan cuci dan kembalikan hydrometer kedalam tabung air suling. Lakukan proses memasukan dan mengangkat hydrometer masing – masing selama 10 detik.
- f. Ukur suhu campuran sekali dalam 15 menit yang pertama dan kemudian pada setiap pembacaan berikutnya
- g. Sesudah pembacaan yang terakhir, pindahkan campuran kedalam saringan No. 200 dan cucilah sampai air pencucinya jernih dan biarkan air ini mengalir terbuang. Fraksi yang tertinggal di atas saringan No. 200 harus dikeringkan dan lakukan pemeriksaan dengan cara pemeriksaan analisa saringan.

#### 4.9.5 Perhitungan :

- a. Perhitungan analisa saringan dapat dilakukan seperti dalam cara pemeriksaan PT. 060 – 88
- b. Perhitungan persen lebih halus & diameter efektif
  - Persen lebih halus (N) dapat dihitung sebagai berikut :

$$N = \frac{GS \cdot V}{(GS - 1)WS} x_w X R X 100\%$$

Dimana :

GS = Berat jenis tanah

V = Volume suspensi (1000 ml)

Ws = Berat tanah kering

$x_w$  = Berat isi air pada temperatur pemeriksaan (tabel 1)

R = Pembacaan hydrometer terkoreksi seluruhnya pada suspensi

- Diameter efektif (D) dapat dihitung sebagai berikut :

$$D = \sqrt{\frac{18 \sim}{x_s - x_w}} \cdot \sqrt{\frac{Hr}{t}}$$

Dimana :

$\sim$  = Viskositas air pada temperatur pengujian (tabel 2)

$x_s = GS$  = Berat jenis tanah

$x_w$  = Berat isi air pada temperatur pemeriksaan (tabel 1)

Hr = Jarak dari permukaan suspensi sampai ke titik berat hydrometer

t = Jumlah selang waktu

- Koreksi persen lebih halus dari ayakan no. 200

$$N' = N \frac{W_1}{W_s} = N \% \text{ lebih halus dari ayakan no.200}$$

Dimana :

N = Persen lebih halus

$W_1$  = Berat tanah kering yang lolos ayakan No. 200

$W_s$  = Berat contoh tanah kering seluruhnya yang dipergunakan dalam analisa saringan

#### 4.9.6 Pelaporan :

Dilaporkan dalam bentuk grafik dan prosentasi diameter butiran :

- Korral > 4,76 mm ..... %
- Pasir kasar 2,00 – 4,76 mm ..... %
- Pasir sedang 0,42 – 2,00 mm ..... %
- Pasir halus 0,047 – 0,42 mm..... %
- Lanau 0,005 – 0,074 mm .....%
- Lumpur 0,001 – 0,005 mm ..... %

#### 4.9.7 Catatan :

##### a. Kalibrasi hydrometer

Hydrometer harus dikalibrasi terhadap silinder ukur yang dipergunakan :

- Penentuan luas penampang silinder ukur A, ditentukan dengan mengukur jarak L antara dua garis pembagi skala misalnya 100 – 900 ml.

Volume antara dua garis pembagi = 900 - 100 = 800 ml

$$\text{Luas penampang } A = \frac{800}{L} \text{ cm}^2$$

Volume kepala hydrometer  $V_h$  didapat dengan enimbang hydrometer dengan ketelitian 0,01 gr atau dengan mengukur volume air yang dipindahkan dalam silinder ukur = volume kepala hydrometer (ml).

- Ukur Jarak N (lihat pada gbr. 2.1 ) dri leher kepala sampai tanda kalibrasi terdekat, ukur pula jarak 11, 12 dst dari tanda kalibrasi yang terendah pada tungkai hydrometer ke tiap – tiap kalibrasi utama lainnya.
- Jarak H untuk masing – masing pembacaan kalibrasi  $R_h$  adalah (N = li), (N = l12), dst
- Bila kepala hydrometer dinyatakan simetris, jarak pusat kepala dinyatakan dengan  $h_0 = \frac{1}{2} h$  (gbr 2.1) . Jadi kedalaman efektif  $H_r = H_1 = h_0 - \frac{V_h}{2A}$

$$2A$$

Dengan kepala hydrometer yang simetris persamaan diatas menjadi :

$$Hr = H1 + 1/2 (h - \frac{Vh}{A})$$

Hubungan nilai Hr dengan Rh digambarkan dalam skala biasa seperti terlihat pada gbr. 2.2 kurva tersebut biasanya merupakan suatu garis lurus.

b. Koreksi miniskus

Koreksi miniskus  $C_m$  harus ditambahkan pada Rh untuk mendapatkan pembacaan Rh yang sebenarnya. Koreksi miniskus  $C_m$  konstant untuk setiap hydrometer, dan ditentukan sebagai berikut :

Masukan hydrometr kedalam gelas ukur yang berisi air  $\pm \frac{3}{4}$  penuh. Permukaan air terlihat berbentuk elips tepat dibawah permukaannya . Perbedaan pembacaan antara permukaan atas dengan yang mendatar dikalikan 1000 adalah koreksi miniskusnya.

Misal :

- Pembacaan mendatar A = 0,9985
- Pembacaan permukaan atas B = 0,9990
- Jadi (B - A) = 0,0005

$$C_m = + 0,5$$

Jadi pembacaan Rh = Rh' +  $C_m$

c. Koreksi temperatur

Kalibrasi hydrometer biasanya dilakukan pada temperatur 20 ° c. Bila pengujian dilakukan pada temperatur yang berbeda, kerapatan air dan kepadatan hydrometer akan berbeda. Gbr 2.3 menunjukkan faktor koreksi yang diperkenankan, diambil dar Fig. 15 Bs 1377 : 1975. Nilai M yang diberikan pada suatu temperatur ditambahkan pada pembacaan hydrometer.

*Gambar 2.3 Grafik Koreksi Temperatur*

Tabel 1  
BERAT JENIS AIR

$t^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,9999	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9999	0,9999	0,9998
10	0,9997	0,9996	0,9995	0,9994	0,9993	0,9991	0,9990	0,9988	0,9986	0,9984
20	0,9982	0,9980	0,9978	0,9976	0,9973	0,9971	0,9968	0,9965	0,9963	0,9960
30	0,9957	0,9951	0,9951	0,9947	0,9944	0,9941	0,9937	0,9934	0,9930	0,9926
40	0,9922	0,9919	0,9915	0,9911	0,9907	0,9902	0,9898	0,9894	0,9890	0,9885
50	0,9881	0,9876	0,9872	0,9867	0,9862	0,9857	0,9852	0,9818	0,9812	0,9838
60	0,9832	0,9827	0,9822	0,9817	0,9811	0,9806	0,9800	0,9795	0,9789	0,9784
70	0,9778	0,9772	0,9767	0,9761	0,9755	0,9749	0,9743	0,9737	0,9731	0,9724
80	0,9718	0,9712	0,9706	0,9699	0,9693	0,9686	0,9680	0,9673	0,9667	0,9660
90	0,9653	0,9647	0,9640	0,9633	0,9626	0,9619	0,9612	0,9605	0,9598	0,9591

Tabel 2  
VISKOSITAS AIR  
(NILAI DALAM MILLIPOISE )

$t^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17,94	17,32	16,74	16,19	15,19	15,19	14,73	14,29	13,87	13,48
10	13,10	12,74	12,39	12,06	11,75	11,45	14,16	10,88	10,60	10,34
20	10,09	9,81	9,61	9,38	9,16	8,95	8,75	8,55	8,36	8,18
30	8,00	7,83	7,67	7,51	7,36	7,31	7,06	6,92	6,79	6,66
40	6,54	6,42	6,30	6,18	6,08	5,97	5,87	5,77	5,68	5,58
50	5,49	5,40	5,32	5,24	5,15	5,07	4,99	4,92	4,84	4,77
60	4,70	4,63	4,56	4,50	4,43	4,37	4,31	4,24	4,19	4,13
70	4,07	4,02	3,96	3,91	3,86	3,81	3,76	3,71	3,66	3,62
80	3,57	3,53	3,48	3,44	3,40	3,36	3,32	3,28	3,24	3,20
90	3,17	3,13	3,10	3,06	3,03	2,99	2,96	2,93	2,90	2,87
100	2,84	2,82	2,79	2,76	2,73	2,70	2,67	2,64	2,62	2,59

1 dyne /  $\text{cm}^2$  = 1 poise  
1 gr /  $\text{cm}^2 \text{ det}$  = 980,7 poise  
1 psf = 178,69 poise  
1 poise = 1000 millipoise

Jadi pembacaan hydrometer terkoreksi seluruhnya menjadi

$$R = R_h' + C_m + M_t$$

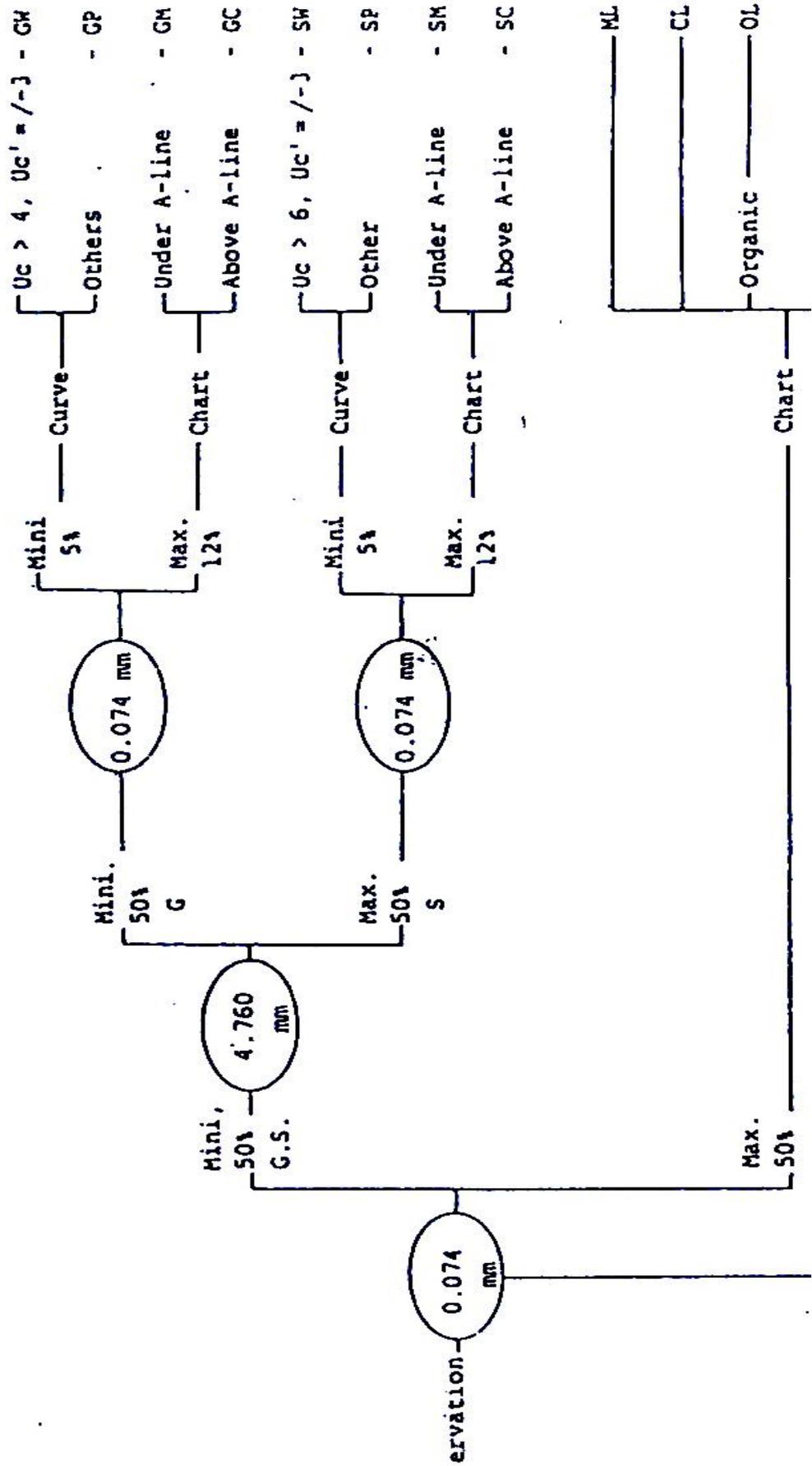
- d. Bahan – bahan dispersi yang bisa dipakai :
- Sodium Poly phosphate
  - Sodium Hexametaphosphate
  - Sodium Carbonate
  - Sodium Hydroxide
  - Sodium Osealate

Persediaan larutan dispersing agent tidak diperkenankan disimpan terlalu lama, disarankan paling lama 1 bulan karena sifatnya yang tidak stabil. Larutan tersebut dibuat dengan konsentrasi 35 gr Sodium Hexametaphosphat dalam 1 lt air suling atau 7 gr Sodium Carbonate dalam 1 lt air suling. Yang umum digunakan adalah larutan Sodium Hexametaphosphate.

PT. 061 - 00	PEMERIKSAAN TERHADAP ANALISA GRADASI BUIIRAN TANAH										
LOKASI : .....	TANGGAL : .....										
CON/KEDALAMAN : No. .... ( m - m )	TEST OLSEI : .....										
Berat container+tanah kering udara = ..... g	Berat jenis $G_s =$ .....										
Berat container (No.Cont. ....) = ..... g	Plastis index $I_p =$ .....										
Berat tanah kering udara $m_s =$ ..... g	Bahan campuran $\frac{m_1}{m_2} =$ .....										
<b>I. Pengecekan terhadap kadar air tanah kering udara</b>											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:25%;">No. .... <math>m_1</math> ..... <math>m_2</math> ..... <math>w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%</math></td> <td style="width:25%;">No. .... <math>m_1</math> ..... <math>m_2</math> ..... <math>w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%</math></td> <td style="width:25%;">No. .... <math>m_1</math> ..... <math>m_2</math> ..... <math>w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%</math></td> <td style="width:25%;">Kadar air rata-rata <math>w =</math> .....</td> </tr> </table>	No. .... $m_1$ ..... $m_2$ ..... $w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$	No. .... $m_1$ ..... $m_2$ ..... $w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$	No. .... $m_1$ ..... $m_2$ ..... $w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$	Kadar air rata-rata $w =$ .....							
No. .... $m_1$ ..... $m_2$ ..... $w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$	No. .... $m_1$ ..... $m_2$ ..... $w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$	No. .... $m_1$ ..... $m_2$ ..... $w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$	Kadar air rata-rata $w =$ .....								
Berat tanah kering oven $m_s = \frac{100m_1}{100+w} =$ ..... g											
II. Analisa hydrometer Glass cylinder No. .... Hydrometer No. .... Container No. ....											
Pemb. Jam	Waktu / min	Pemb. Hydrom. Dibelk Koma	Tempo ratur C	L mm	L/60l mm/s	√L/60l	√(0.0125 / (L - 100))	D mm	F	r' + F	Prosentase %
											$\frac{P}{100 \times M}$ $P \times \frac{m_1}{m_2}$
1											
2											
5											
15											
30											
60											
240											
1440											
$\frac{1}{m \cdot V} = \dots \text{ m}^2/\text{s} \quad \frac{G_s}{(G_s - 1)} \cdot \gamma_s = \dots \text{ g/cm}^3 \quad M = \frac{100}{m_s \cdot V} \cdot \frac{G_s}{(G_s - 1)} \cdot \gamma_s = \dots$											
$m_s \cdot V$ : Berat contoh kering oven per- Koreksi meniscus C ..... ml pada suspensi tanah											
<b>TABEL : VISCOSITY AIR DAN FAKTOR KOREKSI (F)</b>											
T °C	η	FAKTOR K (F)	T °C	η	FAKTOR K (F)						
10	0,1333	-0,0005	21	0,0997	+0,0010						
11	0,1293	-0,0004	22	0,0975	+0,0012						
12	0,1259	-0,0003	23	0,0951	+0,0014						
13	0,1226	-0,0002	24	0,0930	+0,0016						
14	0,1193	-0,0001	25	0,0908	+0,0018						
15	0,1161	0,0000	26	0,0887	+0,0020						
16	0,1130	+0,0001	27	0,0867	+0,0023						
17	0,1101	+0,0003	28	0,0847	+0,0025						
18	0,1074	+0,0004	29	0,0829	+0,0028						
19	0,1046	+0,0006	30	0,0813	+0,0031						
20	0,1022	+0,0008									

Lampiran – lampiran :

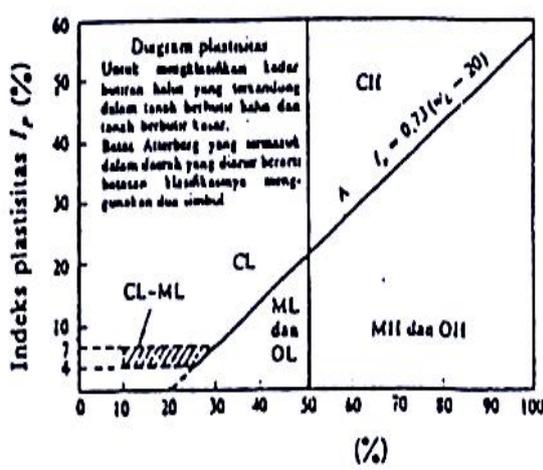
Gambar 1. Prosedure dari unified soil classification :



Tabel 1. Sistem klasifikasi tanah (ASTM D 2487-66T)

Klasifikasi umum		Symbol klasifikasi	Nama jenis	Kriteria klasifikasi		
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50% tertahan pada ayakan 75 $\mu$	50% atau lebih bagian kasar dari butiran kasar tertahan pada ayakan 4,76 mm	Kerikil bersih	GW	Kerikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, campuran kerikil dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus	$U_c = D_{60}/D_{10}$ $U_c = \frac{(D_{10})^4}{D_{60} \times D_{30}}$ lebih besar dari 4 bernilai antara 1-1	
			GP	Kerikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, campuran kerikil dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus		Tidak sesuai dengan kriteria GW.
		Kerikil berikat butiran halus	GM	Kerikil berikat, campuran kerikil, pasir dan lanau	Batas Atterberg terikat di bawah garis A atau indeks Plastisitas < dari 4	Bila batas Atterberg berada pada daerah yang di-arur dari diagram di bawah ini, dipakai 2 simbol sehubungan dengan batasan penggolongan
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil, pasir dan lempung	Batas Atterberg terikat di atas garis A atau indeks Plastisitas > dari 7	
	50% atau lebih pasir kasar dari butiran kasar lolos melalui ayakan 4,76 mm	Pasir bersih	SW	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, pasir dan pecahan kerikil, tanpa atau sedikit butiran halus	$U_c = D_{60}/D_{10}$ $U_c = \frac{(D_{10})^4}{D_{60} \times D_{30}}$ lebih besar dari 6 bernilai antara 1-1	
			SP	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, pasir dari pecahan kerikil, tanpa atau sedikit butiran halus		Tidak sesuai dengan kriteria SW
		Pasir berikat butiran halus	SM	Pasir berikat, campuran pasir dan lanau	Batas Atterberg terikat di bawah garis A atau indeks Plastisitas < dari 4	Bila batas Atterberg berada pada daerah yang di-arur dari diagram di bawah ini, dipakai 2 simbol sehubungan dengan batasan klasifikasi
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir dan lempung	Batas Atterberg terikat di atas garis A atau indeks Plastisitas > dari 7	
		Tanah berbutir halus lebih dari 50% lolos ayakan 75 $\mu$	Lanau dan lempung LL $\leq$ 50	ML	Lanau inorganik, pasir sangat halus, debu padat, pasir halus berikat atau berlempung	<p>Diagram plastisitas Urut mengklasifikasi kadar butiran halus yang tertandung dalam tanah berbutir kasar dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di-arur bererti batasan klasifikasi menggunakan dua simbol</p>
				CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah atau sedang, lempung dari kerikil Lempung berpasir, lempung berikat, lempung dengan viskositas rendah	
Lanau dan lempung LL > 50	OL		Lanau organik dengan plastisitas rendah dan lempung berikat organik			
	MH		Lanau organik, pasir halus atau lanau dari muka atau ganggang (diatomasi), lanau elastis			
	CH		Lempung organik dengan plastisitas tinggi, lempung dengan viskositas tinggi			
	OH		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut, lumpur hitam dan tanah bertadar Organik tinggi lainnya	Dapat dibedakan dengan mata dan tangan ASTM kelas D 2487-66T.			

Klasifikasi berdasarkan pada persentase butiran halus  
 50% atau lebih : GW, GP, SW, SP  
 40% atau lebih : GM, GC, SM, SC  
 30% atau lebih : MH, CH  
 5% atau lebih :



## BAB 5

### BAHAN UNTUK BETON

#### 5.1 Pemeriksaan Semen

##### 5.1.1 Pemeriksaan Terhadap Berat Jenis Semen JIS R 5201 -1997

###### 5.1.1.1 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat jenis semen. Berat jenis semen adalah perbandingan antara berat isi kering pada suhu konstan dengan berat isi air suling pada temperatur 4<sup>o</sup> C yang isinya sama dengan isi semen tersebut.

###### 5.1.1.2 Peralatan yang akan digunakan

- Botol le Chatelier
- Kerosin bebas air (campuran dari 600 gram kerosin/minyak tanah dengan 20 gram calcium clourida)
- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram

###### 5.1.1.3 Benda Uji/Contoh

Benda uji/contoh diambil sebanyak 100 gram semen yang masih baru (semen yang belum kena hawa lembab/membeku ).

###### 5.1.1.4 Cara Melakukan

- a) Isi botol le chatelier dengan kerosin bebas air sampai pada angka skala antara 0 sampai dengan 1, kemudian bersihkan bagian dalam botol yang diatas permukaan cairan tersebut.
- b) Masukkan botol le chatelier kedalam water tank yang dengan suhu konstan dalam waktu yang cukup lama untuk menghindarkan variasi suhu didalam botol yang tidak boleh lebih dari 0,2<sup>o</sup> C.
- c) Setelah suhu air sama dengan suhu cairan kerosin yang ada didalam botol le chatelier, maka baca angka skala pada botol le chatelier dengan permukaan cairan kerosin yang ada didalamnya dan catat pembacaan tersebut ( V1)
- d) Masukkan benda uji/contoh semen kedalam botol le chatelier sedikit demi sedikit.
- e) Setelah semua benda uji/xontoh semen sudah masuk, keluarkan gelembung udara yang ada didalamnya dengancara memutar – mutar botol le chatelier tersebut sambil dimiringkan.

- f) Ulangi pekerjaan pada bagian b) dan pada bagian c). Maka akan didapat ( $V_2$ )

$$\text{Perhitungan berat jenis semen adalah : } G_s = \frac{\text{Berat contoh}}{(V_1 - V_2)}$$

- Catatan : 1. Pemeriksaan dilakukan minimum dua kali  
2. Dari hasil kedua pemeriksaan perbedaannya tidak boleh lebih besar dari 0,01  
3. Hasil yang akan diambil adalah nilai rata – rata dari kedua hasil pemeriksaan

#### 5.1.2 Pemeriksaan Terhadap Waktu Pengikatan Semen JIS R 5201 – 1977

##### 5.1.2.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan waktu permulaan mengikatnya semen. Waktu permulaan mengikatnya semen adalah dari mulainya mencampur air dengan semen sampai pasta tersebut kehilangan sifat plastis (menjadi beku)

##### 5.1.2.2 Peralatan yang akan digunakan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh
- Gelas ukur dengan kapasitas 250 – 500 ml
- Satu set standard alat vicat
- Stop watch
- Satu set standard alat pengaduk
- Air suling

##### 5.1.2.3 Benda Uji / contoh

Benda uji/contoh diambil sebanyak 400 gram semen yang masih baru (semen yang belum kena hawa lembab/membeku)

##### 5.1.2.4 Cara Melakukannya

- a) Ambil air pencampur sebanyak 25 – 28 % dari berat contoh semen dan masukkan kedalam alat pengaduk
- b) Masukkan pula benda uji/contoh semen kedalam alat pengaduk dan diamkan selama 30 detik
- c) Jalankan/hidupkan mesin pengaduk dengan kecepatan  $140 \pm 5$  putaran per menit selama 30 detik,
- d) Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik dan bersihkan pasta yang menempel pada dinding alat pengaduk.
- e) Jalankan/hidupkan lagi mesin pengaduk dengan kecepatan  $285 \pm 5$  putaran per menit selama 1 menit

- f) Ambil pasta semen dari alat pengaduk dan masukan kedalam cincin konik yang sudah diolesi dengan pelumas dan didasari dengan plat kaca, kemudian keluarkan udara yang terdapat di dalam pasta semen tersebut.
- g) Ratakan pasta semen dengan permukaan cincin konik dengansendok perata.
- h) Letakkan cincin konik dan plat kaca yang sudah diisi dengan pasta smen dibawah alat bicat yang sudah dipasang dengan jarum konsistensi.
- i) Jatuhkan jarum konsistensi pada pasta semen yang ada dibawahnya dan catat penurunan yang terjadi pada pasta semen tersebut.

Catatan :

1. Konsistensi normal adalah apabila jarum konsistensi dijatuhkan pada pasta semen dna kemudian jarum tersebut akan berhenti pada jarak antara ujung jarum konsistensi dengan dasar plat kaca tepat mencapai 6 mm.
  2. Apabila konsistensi normal belum tercapai maka pemeriksaan harus diulang berkali – kali dengan contoh yang baru sampai mencapi konsistensi.
- j) Setelah konsistensi normal tercapai, maka buat lagi pasta semen yang baru dengan bahan – bahan yang sama dan masukan kembali kedalam cincin konik yang sudah dibersihkan dan ratakan kembali pasta semen dengan permukaan cincin konik, letakkan pasta semen tersebut dibawah alat vicat
  - k) Ganti jarum konsistensi dengan jarum pengikatan awal dan tambahkan beban diatas rod kemudian jatuhkan jarum pengikatan awal kedalam pasta semen setelah atau setiap 15 menit sekali dan jarak dari setiap tusukan jarum minimum 1 cm
  - l) Pengikatan awal tercapai apabila penurunan jarum tersebut sudah berubah penurunannya minimum 1 mm dari dasar plat kaca
  - m) Kemudian ganti lagi jarum pengikatan awal dengan jarum pengikatan akhir dan lakukan pekerjaan pada bagian K) dan pengikatan akhir akan tercapai apabila jarum dijatuhkan pada

pasta semen dan pasta semen tidak membekas pada lingkaran bagian luarnya.

#### 5.1.2.5 Pelaporan Hasil Pemeriksaan

- Laporkan hasil waktu pengikatan awal dihitung mulai dari mencampurnya air dengan semen sampai dengan waktu penurunan jarum pengikatan
- Laporkan hasil pengikatan akhir dihitung mulai dari mencampurnya air dengan semen sampai dengan waktu penurunan jarum pengikatan akhir tidak membekas pada lingkaran bagian luarnya
- Gambarkan grafik dari hasil pengikatan awal dan akhir dari pasta semen tersebut.
- Pengikatan awal paling cepat 1 jam dan pengikatan akhir paling lambat 10 jam.

### 5.1.3 Pemeriksaan Terhadap Kekekalan Semen (Soundness Test) JIS R 5201 – 1977

#### 5.1.3.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui baik dan buruknya jenis semen terhadap stabilitas pengikatan semen

#### 5.1.3.2 Peralatan yang akan digunakan

- Satu set alat pengaduk manual, sendok perata dan plat kaca
- Timbangan dengan kapasitas 1 kg dan dengan ketelitian 1 gram
- Alat untuk penyimpanan contoh (curing box yang dilengkapi dengan pengatur suhu )
- Alat untuk merebus contoh (kompor minyak) yang dilengkapi dengan alat perebusnya

#### 5.1.3.3 Cara Melakukannya

Cara untuk melakukan pemeriksaan ini ada dua cara yaitu : cara menggunakan dengan alat curing box dan cara menggunakan dengan alat kompor.

Cara menggunakan dengan alat curing box :

- a. Ambil contoh semen sebanyak 200 gram untuk dibuat dua sample dan campur dengan air suling kira – kira 25 – 27 cc untuk satu sample, kemudian aduk sampai rata hingga menjadi pasta semen.

- b. Ambil pasta semen tersebut dan letakan diatas plat kaca kemudian buatlah pasta semen tersebut seperti tembereng dengan diameter 100 mm dan tinggi 15 mm dengan alat sendok perata.
- c. Diamkan contoh tersebut diatas plat kaca selama 24 jam didalam ruangan dengan kelembaban 80%
- d. Setelah 24 jam, ambil contoh dari plat kaca dan masukan kedalam curing box selam 27 hari dengan temperatur  $20 \pm 3^{\circ} \text{C}$ .
- e. Setelah 27 hari ambil contoh tersebut dan periksa dengan seksama, kemungkinan contoh tersebut berubah bentuk, retak – retak dan mungkin juga tidak berubah sama sekali (utuh)

#### Cara menggunakan dengan alat kompor minyak

- a. Lakukan pekerjaan seperti pada bagian a) sampai dengan bagian c. Diatas kemudian setelah 24 jam ambil contoh tersebut dari plat kaca dan masukan kedalam alat perebus.
- b. Kemudian rebuslah contoh tersebut selam 90 menit selama air mendidih
- c. Setelah selesai direbus kemudian dinginkan contoh pasta semen dan setelah dingin periksa dengan seksama apakah contoh tersebut berubah bentuk, retak – retak dan mungkin juga tidak berubah sama sekali (utuh).

Catatan : Untuk mengetahui bahan semen tersebut masih bagus, maka dalam pemeriksaan tersebut diatas contoh pasta semen tidak akan mengalami perubahan atau retak –retak.

#### 5.1.4 Pemeriksaan Terhadap Kekuatan tekan maksimum JIS R 5201 – 1977

##### 5.1.4.1 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui kekuatan tekan semen. Kekuatan tekan semen ini adalah beban maximum yang diterima terhadap satuan luas permukaan.

##### 5.1.4.2 Peralatan yang akan digunakan

- Timbangan dengan kapasitas 2 kg dengan ketelitian 1 gram
- Gelas ukur 250 – 500 ml
- Stop watch, sendok perata
- Satu set alat pengaduk
- Satu set meja leleh

- Cetakan beserta alat penumbuknya
- Satu set mesin tekan mortar

#### 5.1.4.3 Benda Uji/contoh

Benda uji/contoh terdiri dari dari campuran satu bagian semen, dua bagian pasir standard dan air dengan perbandingan air – semen 0,65. semen = 520 gram, pasir standard = 1040 gram dan air = 338 gram.

#### 5.1.4.4 Cara melakukannya

- a) Masukkan air dan semen kedalam alat pengaduk, kemudian aduk dengan kecepatan  $145 \pm 5$  putaran per menit selama 30 detik
- b) Hentikan pengadukan untuk sementara dan masukan pasir standard dan aduk kembali dengan kecepatan yang sama selama 30 detik.
- c) Hentikan pengadukan dan bersihkan xontoh yang menempel pada dinding lalu aduk kembali dengan kecepatan  $285 \pm 5$  putaran per menit selama 1 menit
- d) Hentikan pengadukan selama 1 menit dan bersihkan kembali contoh yang menempel pada dinding alat pengaduk
- e) Aduk kembali dengan kecepatan yang sama selama 1 menit
- f) Ambil contoh dari alat pengaduk dan lakukan percobaan leleh dengan mengisikan cincin konik diatas meja leleh dua lapis dan setiap lapis dipadatkan dengan alat pemadat sebanyak 15 kali tumbukan.
- g) Angkat cincin konik dan getarkan meja leleh sebanyak 15 kali getaran dalam waktu 15 detik
- h) Ukur diameter leleh pada contoh tersebut sekurang – kurangnya 4 bagian dan ambil harga rata – ratanya
- i) Ambil contoh tersebut dari meja leleh dan cetak dengan ketentuan sebagai berikut :
  - Diameter leleh kurang dari 169 mm banyaknya tumbukan 20 kali
  - Diameter leleh 170 – 199 mm banyaknya tumbukan 15 kali
  - Diameter leleh 200 – 209 mm banyaknya tumbukan 10 kali

- Diameter leleh lebih dari 210 mm banyaknya tumbukan 5 kali.
- j) Kemudian ratakan contoh tersebut dan simpan didalam curing box yang sudah ditentukan temperaturnya selama 24 jam
- k) Buka cetakan dan rendam dalam air yang suhunya sama dengan suhu curing box. Kemudian test dengan mesin tekan sesuai dengan umur contoh yang dikehendaki terhadap kekuatan lentur maupun kekuatan tekannya.

#### 5.1.4.5 Perhitungan

- a) Perhitungan terhadap kekuatan tekan adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{W}{L}$$

dimana : C = Kekuatan tekan (Mpa)

W = Beban maximum (t)

L = Luas permukaan contoh  $\text{cm}^2$

- b) Perhitungan terhadap kekuatan lentur adalah sebagai berikut :

$$B = W \times 0,234$$

dimana ; B = Kekuatan lentur (Mpa)

W = Besarnya beban maximum (t)

Keterangan : 1 Mpa = 10 kg /  $\text{cm}^2$

## 5.2 Pemeriksaan Terhadap Analisa Saringan Agregat Halus

### 5.2.1 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan pembagian butiran/gradasi agregat halus/pasir. Dimana butiran /gradasi tersebut akan ditentukan oleh saringan yang sudah ditentukan.

### 5.2.2 Peralatan yang akan digunakan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh
- Satu set saringan untuk agregat halus yaitu : pan, 0,15 mm, 0,3 mm, 0,6 mm, 1,2 mm, 2,5 mm, 5mm, dan 10 mm (saringan standard laboratorium)
- Oven yang dilengkapi dengan alat pengatur suhu
- Alat pemisah contoh (pan Aluminium)

- Satu set mesin pengguncang saringan
- Kuas dan sikat kawat halus

### 5.2.3 Benda Uji/contoh

Benda uji/contoh dioven terlebih dahulu agar butiran yang satu dengan butiran yang lain mudah terlepas dan ambil contoh sebanyak 100 gram untuk pasir yang lebih besar dari 95% lolos saringan 1,2 mm dan 500 gram untuk pasir yang lebih kecil dari 95 % lolos saringan 1,2 mm dengan alat sample splitter

### 5.2.4 Cara melakukannya

- a) Masukkan contoh kedalam saringan yang sudah disusun berurutan dan pasang saringan tersebut pada alat pengguncang kemudian hidupkan alat pengguncang tersebut .
- b) Hentikan alat pengguncang apabila contoh yang lolos dari masing – masing saringan kurang dari 1% selama 1 menit.
- c) Ambil saringan dari alat pengguncang dan timbang contoh yang ada dimasing – masing saringan tersebut

### 5.2.5 Perhitungan

Modulus kehalusan adalah : Total persen dari jumlah berat sisa dibagi 100,  
Catatan : Jumlah berat sisa = kumulatif.

<u>STANDARD UKURAN DISTRIBUSI UNTUK PASIR</u>		
Saringan 10	mm jumlah yang lolos	100%
Saringan 5	mm jumlah yang lolos	90 - 100%
Saringan 2,5	mm jumlah yang lolos	80 - 100%
Saringan 1,2	mm jumlah yang lolos	50 - 90%
Saringan 0,6	mm jumlah yang lolos	25 - 65%
Saringan 0,3	mm jumlah yang lolos	10 - 35%
Saringan 0,15	mm jumlah yang lolos	2 - 10%
Modulus kehalusan untuk agregat halus/pasir berkisar antara : 2,3 - 3,		

### 5.3 Pemeriksaan Terhadap Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

#### 5.3.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat jenis dan penyerapan agregat halus/pasir dalam kondisi SSD.

#### 5.3.2 Peralatan yang akan digunakan

- Timbangan dengan kapasitas 1 kg dan dengan ketelitian 0,1 gram
- Picnometer dengan kapasitas 500 ml dan dengan ketelitian 0,15 ml
- Satu set kerucut terpancung (cone) untuk menentukan contoh SSD
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu

#### 5.3.3 Benda uji/contoh

Benda uji/contoh diambil sebanyak 1000 gram dan direndam didalam air selama 24 jam. Selanjutnya contoh tersebut dikeringkan udara pada ruangan tertutup dan setiap saat dicek dengan kerucut terpancung (cone) untuk mencapai SSD.

#### Keterangan :

Cara mengecek untuk mencapai SSD adalah :

Isikan kerucut terpancung (cone) dengan contoh sedikit demi sedikit sampai penuh sambil dipadatkan sebanyak 25 kali tumbukan kemudian diangkat kerucut terpancung (cone) tersebut. Contoh akan mencapai SSD apabila kerucut terpancung (cone) tingkat keadaan contoh masih terbentuk dan sedikit runtuh.

#### 5.3.4 Cara melakukannya

- a. Ambil contoh yang sudah SSD sebanyak 500 gram dan masukan kedalam picnometer tambahkan air sampai contoh terendam dan keluarkan udara yang terdapat didalamnya.
- b. Masukan picnometer kedalam water tank tambahkan air sampai batas 500 ml dan diamkan selama 1 jam dengan temperatur constant 20<sup>0</sup> c.
- c. Ambil picnometer dari water tank dan timbang beratnya.
- d. Keluarkan contoh dari picnometer jangan sampai ada yang hilang dan masukkan kedalam oven dengan temperatur 105<sup>0</sup> c – 110<sup>0</sup> c selama 24 jam, lalu dinginkan didalam desicator dan setelah dingin timbang beratnya.

### 5.3.5 Perhitungan

- Berat Jenis SSD =  $\frac{500}{500 - (\text{berat air didalam picnometer})}$
- Penyerapan =  $\frac{500 - (\text{berat contoh setelah di-oven})}{\text{Berat contoh setelah di-oven}} \times 100\%$

Catatan :

- Pemeriksaan dilakukan minimum dua kali dan selisih dari hasil kedua pemeriksaan tersebut tidak boleh lebih dari 0,02 untuk berat jenis, dan 0,05 untuk penyerapan.
- Untuk berat jenis pasir yang bagus berkisar antara 2,50 – 2,70
- Untuk penyerapan tidak boleh lebih dari 3%.

## 5.4 Pemeriksaan Terhadap Bahan Lolos Saringan 0,088

### 5.4.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan jumlah bahan yang lolos saringan 0,088 mm pada bahan dengan cara pencucian.

### 5.4.2 Peralatan yang akan dipergunakan

- Saringan 1,2 mm dan saringan 0,088 mm
- Pan alumunium untuk pencuci contoh
- Oven yang dilengkapi dengan alat pengatur suhu
- Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh

### 5.4.3 Benda uji/contoh

Benda uji/contoh diambil sebanyak :

500 gram untuk agregat halus/pasir, (lolos saringan 5 mm)

2500 gram untuk agregat kasar/koral, (lolos saringan 20 mm)

5000 gram untuk agregat kasar/koral, (lolos saringan 40 mm)

### 5.4.4 Cara melakukannya

- a. Keringkan contoh didalam oven dengan temperature 105<sup>0</sup>c – 110<sup>0</sup>c selama 24 jam kemudian setelah dingin timbang beratnya.

- b. Cuci contoh tersebut dengan pan alumunium lalu tuangkan diatas saringan 1,2 mm dan 0,088 mm dan ulangi pekerjaan ini sampai air pencuci contoh jernih.
- c. Setelah air pencuci contoh jernih, keringkan contoh didalam oven dengan temperatur 105<sup>0</sup>c – 110<sup>0</sup>c selama 24 jam kemudian setelah dingin timbang beratnya.

#### 5.4.5 Perhitungan

Persentasi bahan yang lolos saringan 0,088 mm adalah :

$$\frac{\text{Berat contoh kering} - \text{Berat contoh kering}}{\text{Berat contoh kering sebelum dicuci}} \times 100$$

Catatan :

Pemeriksaan dilakukan minimum 2 kali dan perbedaan dari hasil kedua pemeriksaan tersebut tidak boleh lebih dari 1% untuk agregat halus/pasir dan 0,5% untuk agregat kasar/koral.

## 5.5 Pemeriksaan Terhadap Kadar Air Permukaan Agregat Halus

### 5.5.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui kadar air permukaan pada agregat halus (pasir) dalam keadaan kondisi SSD.

### 5.5.2 Peralatan yang akan dipergunakan

- Timbangan dengan kapasitas 2 kg dan dengan ketelitian 0,5 gram
- Chapman flask dan volumetric flask 500 ml dengan ketelitian 0,5 ml
- Pipet

### 5.5.3 Benda uji/contoh

Benda uji/contoh diambil sebanyak 200 gram, dan contoh ini boleh contoh yang kering, contoh yang SSD maupun contoh yang basah atau yang baru diambil dari lapangan.

### 5.5.4 Cara melakukannya

Cara melakukan pemeriksaan ini ada dua cara yaitu : cara dengan ditimbang dengan menggunakan chapman flask cara dengan mengukur volume dengan menggunakan volumetric flask.

Cara dengan ditimbang

- Isikan air kedalam chapman flask sampai mencapai tanda batas dan timbang beratnya. ①
- Buang air sebagian dan sisakan kira-kira cukup untuk merendam contoh kemudian masukkan contoh kedalam chapman flask yang sudah diketahui beratnya dan jangan sampai ada yang hilang. Berat contoh = ②
- Keluarkan udara yang ada didalamnya lalu isikan lagi air kedalam chapman flask sampai mencapai tanda batas dan kemudian timbang beratnya. Berat air + contoh + chapman flask = ③
- Hitung berat air yang dipindahkan oleh contoh tersebut dengan rumus sebagai berikut : ④ = ① + ② - ③

Cara dengan mengukur volume

- Masukkan air kedalam volumetric flask kira-kira cukup untuk merendam contoh dan catat volumenya. ⑨
- Masukkan contoh kedalam volumetric flask yang berisi air tadi dan keluarkan udara yang terdapat didalamnya kemudian catat volumenya. ⑩
- Hitung volume air yang dipindahkan oleh contoh tersebut dengan rumus sebagai berikut ⑪ = ⑩ - ⑨

## 5.5.5 Perhitungan

Untuk mendapatkan hasil dari pemeriksaan tersebut adalah sebagai berikut :

- Untuk pemeriksaan cara dengan timbangan

$$\text{Kadar air permukaan } ⑥ = \frac{④ - ⑤}{② - ④} \times 100\%$$

- Untuk pemeriksaan cara dengan mengukur volume

$$\text{Kadar air permukaan } ⑫ = \frac{⑩ - ⑨}{② - ⑪} \times 100\%$$

$$\text{Dimana : } ⑤ = \frac{②}{\text{Berat Jenis}}$$

Catatan :

Pemeriksaan ini dilakukan minimum 2 kali dan perbedaan dari hasil kedua pemeriksaan tersebut tidak boleh lebih dari 0,5%.

## 5.6 Pemeriksaan Terhadap Kotoran Organik Agregat Halus JIS a 1105 – 1953

### 5.6.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui kotoran organik yang terkandung pada agregat halus / pasir. Kotoran organik yang terkandung pada agregat halus / pasir bisa menimbulkan efek merugikan terhadap mutu beton.

### 5.6.2 Peralatan yang akan digunakan

- Timbangan dengan kapasitas 1 kg
- Stopper graduated cylinder dengan kapasitas 200 ml
- Graduated cylinder dengan kapasitas 200 ml

### 5.6.3 Benda uji / contoh

Benda uji / contoh diambil sebanyak 500 gram dengan cara perempat atau dengan sample splitter

### 5.6.4 Larutan standar warna

Siapkan larutan standard warna dengan campuran 2,5 cc larutan yang terdiri dari 2 % tannic acid di larutkan ke dalam 10% alkohol kemudian dicampur dengan 3 % larutan sodium hidroksida sebanyak 97,5 cc. Kemudian larutan ini masukan ke dalam stopper graduated cylinder lalu kocok dengan pelan sampai betul-betul campur dan diamkan selama 24 jam.

### 5.6.5 Cara melakukannya

- a). Masukan contoh ke dalam stopper graduated cylinder sebanyak 125 cc dan tambahkan 3 % sodium hidroksida sampai pada batas 200 cc
- b). Kocok stopper graduated cylinder tersebut sampai betul-betul campur merata lalu diamkan selama 24 jam.
- c). Bandingkan warna cairan contoh dengan warna cairan pembanding setelah 24 jam

### 5.6.6 Pelaporan

Laporkan warna yang terjadi setelah dibandingkan dengan cairan pembanding atau standar warna.

#### Keterangan :

- a. Cairan standard warna / pembanding adalah terdiri dari 2,5 cc dari larutan 2% teknik acid dan 10% alkohol, kemudian dicampur dengan 97,5 cc dari larutan 3% Na OH (sodium hidroksida), kemudian dikocok dan didiamkan selama 24 jam.
- b. Untuk mengetahui hasil dari pemeriksaan ini adalah bila warna cairan dari contoh lebih tua dibandingkan dengan warna cairan standard / pembanding, maka contoh tersebut adalah banyak mengandung bahan organik dan sebaliknya.

## 5.7 Pemeriksaan Terhadap Kekekalan Agregat (Soundness Test)

### 5.7.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui kekekalan atau daya tahan suatu agregat terhadap cuaca atau sinar matahari.

### 5.7.2 Peralatan yang akan digunakan

- Satu set ayakan yaitu :  
Untuk agregat halus, 0,15 – 0,3 – 0,6 – 1,2 – 2,5 – 5 dan 10 mm.  
Untuk agregat kasar, 5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 80 mm
- Keranjang kawat yang lubangnya lebih kecil dari masing-masing contoh.
- Container untuk merendam contoh yang sesuai dengan ukuran agregat masing-masing
- Timbangan dengan kapasitas 500 gram dengan ketelitian 0,1 gram untuk agregat halus dan 5 kg dengan ketelitian 1 gram untuk agregat kasar.
- Oven yang dilengkapi dengan alat pengatur suhu

### 5.7.3 Benda uji / contoh

Benda uji / contoh dapat diambil dengan ketentuan sebagai berikut dengan menurut jenisnya.

#### a. Untuk agregat halus / pasir

Contoh yang akan diambil adalah contoh setelah pemeriksaan terhadap analisa saringan. Dari hasil pemeriksaan terhadap analisa saringan untuk contoh yang tertahan dimasing-masing saringan kurang dari 5% dari berat total semula, maka contoh tersebut tidak diikutsertakan untuk pemeriksaan terhadap kekekalan (soundness), adapun jenis contoh yang akan diambil adalah :

Tertahan saringan 0,3 mm lolos saringan 0,6 mm

Tertahan saringan 0,6 mm lolos saringan 1,2 mm

Tertahan saringan 1,2 mm lolos saringan 2,5 mm

Tertahan saringan 2,5 mm lolos saringan 5 mm

Tertahan saringan 5 mm lolos saringan 10 mm

Dari masing-masing contoh yang sudah diambil dari ketentuan tersebut diatas kemudian cuci dari masing-masing contoh tersebut lalu oven dengan temperatur 105°C – 110°C selama 24 jam, setelah contoh kering dan dingin kemudian ambil dari masing-masing contoh sebanyak 110 gram lalu masukan kedalam saringan yang sudah disusun dan ayak kembali sesuai dengan pemeriksaan terhadap analisa saringan, setelah pengayakan selesai ambil dari masing-masing contoh sebanyak 110 gram untuk pemeriksaan terhadap kekekalan (*soundness test*).

b. Untuk agregat kasar / koral

Contoh yang akan diambil adalah contoh setelah pemeriksaan terhadap analisa saringan. Dari hasil pemeriksaan terhadap analisa saringan diambil sesuai dengan ketentuan sebagai berikut :

**Pengambilan untuk jenis contoh pertama**

Tertahan saringan 5 mm lolos saringan 10 mm sebanyak 300 gram

Tertahan saringan 10 mm lolos saringan 20 mm sebanyak 1000 gram

10 – 15 mm = 33%

15 – 20 mm = 67%

tertahan saringan 20 mm lolos saringan 40 mm sebanyak 1500 gram

20 – 30 mm = 33%

30 – 40 mm = 67%

tertahan saringan 40 mm lolos saringan 60 mm sebanyak 3000 gram

40 – 50 mm = 50%

50 – 60 mm = 50%

tertahan saringan 60 mm lolos saringan 80 mm sebanyak 3000 gram

**Pengambilan untuk jenis contoh kedua**

Tertahan saringan 5 mm lolos saringan 15 mm sebanyak 300 gram

Tertahan saringan 15 mm lolos saringan 25 mm sebanyak 1500 gram

15 – 20 mm = 33%

20 – 25 mm = 67%

tertahan saringan 25 mm lolos saringan 50 mm sebanyak 3000 gram

25 – 40 mm = 50%

40 – 50 mm = 50%

tertahan saringan 50 mm lolos saringan 80 mm sebanyak 3000 gram

**Pengambilan untuk jenis contoh ketiga**

Tertahan saringan 5 mm lolos saringan 10 mm sebanyak 300 gram

Tertahan saringan 10 mm lolos saringan 15 mm sebanyak 500 gram

Tertahan saringan 15 mm lolos saringan 20 mm sebanyak 750 gram

Tertahan saringan 20 mm lolos saringan 25 mm sebanyak 1000 gram

Tertahan saringan 25 mm lolos saringan 40 mm sebanyak 1500 gram

Tertahan saringan 40 mm lolos saringan 50 mm sebanyak 200 gram

Tertahan saringan 50 mm lolos saringan 80 mm sebanyak 3000 gram

c. Untuk batuan dasar

Untuk jenis batuan dasar contoh akan dihancurkan terlebih dahulu dengan bentuk dan ukuran yang sedang dengan alat pemecah batuan kemudian cuci contoh dari hasil pemecahan tersebut dan keringkan didalam oven dengan temperatur  $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam dan setelah kering dan dingin ambil sebanyak 5000 gram.

5.7.4 Larutan untuk pemeriksaan

Jenis larutan yang akan digunakan untuk pemeriksaan terhadap kekekalan agregat ada dua macam yaitu :

- a. Larutan sodium sulfat yang terdiri dari 350 gram sodium sulfat bebas air ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) atau 750 gram sodium sulfat kristal ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) dicampur dengan 1 liter air bersih pada temperatur  $25 - 30^{\circ}\text{C}$ , kemudian larutkan dengan diaduk sampai rata dan dinginkan pada temperatur  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Larutan akan digunakan untuk merendam contoh pada temperatur  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam.
- b. Larutan magnesium sulfat yang terdiri dari 1400 gram magnesium sulfat kristal ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) dicampur dengan 1 liter air bersih pada temperatur  $25 - 30^{\circ}\text{C}$ , kemudian larutkan dengan diaduk sampai rata dan dinginkan pada temperatur  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam.

5.7.5 Cara melakukannya

- a. Masukkan contoh kedalam keranjang kawat dan rendam kedalam larutan yang telah disiapkan selama  $16 - 18$  jam pada temperatur  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Contoh direndam minimum 15 mm dari permukaan cairan.
- b. Ambil contoh tersebut dari perendaman dan keringkan didalam oven dengan temperatur  $105 - 110^{\circ}\text{C}$ .
- c. Dinginkan contoh sampai dingin pada temperatur ruangan sambil perhatikan butiran agregat tersebut.
- d. Lakukan pekerjaan pada bagian a). sampai dengan c). sampai lima kali.
- e. Setelah selesai sampai lima kali cuci contoh dengan air bersih. Pencucian dilakukan sampai air pencuci tidak berwarna putih apabila dengan sedikit ditambahkan barum khlorida ( $\text{BaCl}_2$ ). Setelah selesai pencucian maka contoh dikeringkan didalam oven dengan temperature  $105 - 110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- f. Ambil contoh dari dalam oven dan setelah dingin timbang beratnya dari masing-masing contoh tersebut.
- g. Untuk contoh agregat yang lebih besar dari 20 mm, maka contoh tersebut akan diperiksa satu persatu dengan teliti.

### 5.7.6 Perhitungan

Catat beratnya dari masing-masing contoh setelah dites dan dihitung kehilangan berat dari masing-masing contoh dan prosentasenya dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Prosentase kehilangan berat contoh dari masing-masing ayakan} = \left( \text{Satu} - \frac{\text{Berat contoh dari masing-masing ayakan sesudah di tes}}{\text{Berat contoh dari masing-masing ayakan sebelum di tes}} \right) \times 100 \%$$

$$\text{Prosentase kehilangan berat pada agregat} = \frac{\text{Prosentase dari berat masing-masing ayakan} \times \text{Prosentase kehilangan berat contoh dari masing-masing ayakan}}{100 \%$$

Catatan : hasil pemeriksaan terhadap pemeriksaan ini maximum 12% untuk agregat kasar dan 10% untuk agregat halus (pasir).

## 5.8 Pemeriksaan Terhadap Analisa Saringan Agregat Kasar

### 5.8.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan atau mengetahui pembagian butiran (gradasi) agregat kasar.

### 5.8.2 Peralatan yang akan digunakan

- Timbangan dengan kapasitas 50 kg
- Satu set ayakan agregat kasar yaitu : 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm dan 100 mm.
- Satu set mesin pengguncang
- Satu set oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- Alat pemisah contoh

### 5.8.3 Benda uji / contoh

Benda uji atau contoh diambil dengan cara perempat atau dengan sample aplitter sebanyak sesuai dengan maksimum agregatnya.

Ketentuan pengambilan contoh menurut maksimum agregatnya

Maksimum agregat 10 mm minimum pengambilan contoh 1000 gram  
Maksimum agregat 15 mm minimum pengambilan contoh 2500 gram  
Maksimum agregat 20 mm minimum pengambilan contoh 5000 gram  
Maksimum agregat 40 mm minimum pengambilan contoh 15000 gram  
Maksimum agregat 50 mm minimum pengambilan contoh 20000 gram  
Maksimum agregat 60 mm minimum pengambilan contoh 25000 gram  
Maksimum agregat 80 mm minimum pengambilan contoh 30000 gram  
Maksimum agregat 100 mm minimum pengambilan contoh 35000 gram

#### 5.8.4 Cara melakukannya

Cara melakukan pemeriksaan terhadap analisa saringan agregat kasar adalah sama dengan pemeriksaan terhadap analisa saringan agregat halus, hanya kalau agregat kasar pengayakannya dilakukan dengan ayakan besar (wooden sieve).

#### 5.8.5 Perhitungan

Modulus kadaluarsa atau FM adalah :

$$\frac{\text{total persen dari jumlah berat sisa} + 50}{100}$$

dimana : 500 adalah bahan yang dianggap 100% tertahan pada ayakan 2,5 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.

catatan : jumlah berat sisa adalah kumulatif.

Table :

STANDARD UKURAN DISTRIBUSI AGREGAT KASAR UNTUK BETON BIASA

ax. agregat	100 mm	80 mm	60 mm	50 mm	40 mm	30 mm	25 mm	20 mm	15 mm	10 mm	5 mm	2,5 mm
50 mm - 5 mm	-	-	100%	95 - 100%	-	-	35 - 70%	-	10 - 35%	-	0 - 5%	-
40 mm - 5 mm	-	-	-	100%	95 - 100%	-	-	35 - 70%	-	10 - 30%	0 - 5%	-
30 mm - 5 mm	-	-	-	-	100%	95 - 100%	-	40 - 75%	-	10 - 35%	0 - 10%	0 - 5%
25 mm - 5 mm	-	-	-	-	-	100%	95 - 100%	-	30 - 70%	-	0 - 10%	0 - 5%
20 mm - 5 mm	-	-	-	-	-	-	100%	90 - 100%	-	20 - 55%	0 - 10%	0 - 5%
15 mm - 5 mm	-	-	-	-	-	-	-	100%	90 - 100%	40 - 70%	0 - 15%	0 - 5%
10 mm - 5 mm	-	-	-	-	-	-	-	-	100%	85 - 100%	0 - 40%	0 - 10%
80 mm - 40 mm	100%	90 - 100%	45 - 70%	-	0 - 15%	-	-	0 - 5%	-	-	-	-
60 mm - 40 mm	-	100%	90 - 100%	35 - 70%	0 - 15%	-	-	0 - 5%	-	-	-	-
50 mm - 25 mm	-	-	100%	90 - 100%	35 - 70%	-	0 - 15%	-	0 - 5%	-	-	-
40 mm - 20 mm	-	-	-	100%	90 - 100%	-	20 - 55%	0 - 15%	-	0 - 5%	-	-
30 mm - 15 mm	-	-	-	-	100%	90 - 100%	-	20 - 55%	0 - 15%	0 - 10%	-	-

5

STANDARD UKURAN DISTRIBUSI AGREGAT KASAR UNTUK BETON BERTULANG												
Max. agregat	60 mm	50 mm	40 mm	30 mm	25 mm	20 mm	15 mm	10 mm	5 mm	2,5 mm		
50 mm - 5 mm	100%	95 - 100%	-	-	35 - 70%	-	10 - 35%	-	0 - 5%	-		
40 mm - 5 mm	-	100%	95 - 100%	-	-	35 - 70%	-	10 - 30%	0 - 5%	-		
30 mm - 5 mm	-	-	100%	95 - 100%	-	40 - 75%	-	10 - 35%	0 - 10%	0 - 5%		
25 mm - 5 mm	-	-	-	100%	95 - 100%	-	30 - 70%	-	0 - 10%	0 - 5%		
20 mm - 5 mm	-	-	-	-	100%	90 - 100%	-	20 - 55%	0 - 10%	0 - 5%		
15 mm - 5 mm	-	-	-	-	-	100%	90 - 100%	40 - 70%	0 - 15%	0 - 5%		
10 mm - 5 mm	-	-	-	-	-	-	100%	85 - 100%	0 - 40%	0 - 10%		
50 mm - 25 mm	100%	90 - 100%	35 - 70%	-	0 - 15%	-	0 - 5%	-	-	-		
40 mm - 20 mm	-	100%	90 - 100%	-	20 - 55%	0 - 15%	-	0 - 5%	-	-		
30 mm - 15 mm	-	-	100%	100%	-	20 - 55%	0 - 15%	0 - 10%	-	-		

Benda uji atau contoh yang akan diambil yang tertahan diatas ayakan 10 mm kemudian ambil sebanyak 2 kg yang lolos ayakan 25 mm dan 5kg yang tertahan pada ayakan 25 mm.

#### 5.9.4 Cara melakukannya

- a. Masukkan contoh kedalam keranjang kawat dan cuci sampai bersih kemudian rendam didalam water tank selama 24 jam dengan temperature 15 – 25°C.
- b. Ambil contoh dari perendaman dan keringkan pada udara yang sejuk atau ambil contoh tersebut satu persatu kemudian lap dengan kaini lap sehingga kondisi contoh menjadi jenuh tetapi permukaannya kering. Setelah selesai semua dilap kemudian timbang beratnya.
- c. Selesai ditimbang masukan kembali contoh kedalam water tank dan timbang beratnya didalam air
- d. Ambil contoh dari dalam water tank lalu masukan kedalam oven selama 24 jam dengan temperature 105 – 110°C dan kemudian ambil dari dalam oven setelah dingin timbang beratnya.

#### 5.9.5 Perhitungan

Hasil pemeriksaan terhadap berat jenis dan penyerapan agregat kasar (koral) akan didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{berat jenis} = \frac{\text{berat contoh setelah dilap}}{\text{berat contoh setelah dilap} - \text{berat contoh didalam air}}$$

$$\text{penyerapan} = \frac{\text{berat contoh setelah dilap} - \text{berat contoh setelah dioven}}{\text{berat contoh setelah dioven}}$$

catatan :

- Berat jenis yang diperoleh adalah berat jenis SSD
- Pemeriksaan terhadap berat jenis dan penyerapan agregat kasar ini dilakukan minimum dua kali dan selisih hasil dari kedua pemeriksaan ini tidak boleh dari 0,02 untuk berat jenis dan 0,05 untuk penyerapan.
- Untuk berat jenis koral yang bagus berkisar antara 2,50 – 2,70
- Untuk penyerapan tidak boleh lebih dari 3 %

### 5.10 Pemeriksaan Terhadap Keausan Agregat Kasar JIS A 1121 – 1954

#### 5.10.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap gesekan atau keausan.

## 5.10.2 Peralatan yang akan digunakan

- Mesin los angeles satu set
- Bola besi dengan diameter 4,75 cm dan berat 390 – 445 gram per biji

Banyaknya penggunaan bola besi ini menurut ketentuan sebagai berikut :

Jenis dari gradasi	banyaknya bola besi (biji)	Jumlah berat (gram)
A	12	5000 ± 25
B	11	4580 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15
E	12	5000 ± 25
F	12	5000 ± 25
G	12	5000 ± 25

- Ayakan 1,7 – 2,5 – 5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 40 – 50 – 60 dan 80 mm

## 5.10.3 Benda Uji / contoh

Benda uji / contoh sebelum dilakukan pemeriksaan terhadap keausan terlebih dahulu diayak dengan ayakan yang sudah ditentukan, setelah selesai pengayakan kemudian masing-masing contoh tersebut dicuci sampai bersih dan setelah selesai pencucian kemudian kedalam oven selama 24 jam dengan temperatur 105 – 110°C dan setelah dingin baru ambil contoh sesuai dengan ketentuan :

Jenis gradasi	Lolos ayakan dan tertahan ayakan	Berat contoh yang akan diambil (g)	Jumlah berat (g)
A	10-15 mm	1250 ± 10	5000 ± 10
	15-20 mm	1250 ± 10	
	20-25 mm	1250 ± 25	
	25-40 mm	1250 ± 25	
B	15-20 mm	2500 ± 10	5000 ± 10
	20-25 mm	2500 ± 10	
C	5-10 mm	2500 ± 10	5000 ± 10
	10-15 mm	2500 ± 10	
D	2,5-5 mm	500 ± 50	5000 ± 10

E	40-50mm	500 ± 50	1000 ± 100
	50-60 mm	2500 ± 50	
	60-80 mm	2500 ± 50	
F	25-40 mm	5000 ± 25	10000 ± 75
	40-50 mm	5000 ± 50	
G	20-25 mm	5000 ± 25	10000 ± 50
	25-40 mm	5000 ± 25	

#### 5.10.4 Cara melakukannya

- Masukan contoh kedalam mesin los angeles sesuai dengan jenis gradasi yang akan dites dan masukan juga bola besi sebanyak sesuai dari jenis gradasinya yang sudah ditentukan dan tutup mesin los angeles tersebut.
- Jalankan / hidupkan mesin los angeles sebanyak 500 putaran untuk jenis gradasi A, B, C dan D dan 1000 putaran untuk jenis gradasi E, F dan G.
- Ambil contoh dari dalam mesin los angeles dan ayak dengan ayakan 1,7 mm dan cuci contoh yang tertahan pada ayakan tersebut kemudian oven dengan temperatur 105 – 110°C selama 24 jam.
- Ambil contoh dari dalam oven dan setelah dingin timbang beratnya.

#### 5.10.5 Perhitungan

Hasil dari pemeriksaan terhadap keausan agregat kasar (koral) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{keausan} = \frac{\text{berat contoh sebelum dites} - \text{berat contoh sesudah dites}}{\text{berat contoh sebelum dites}} \times 100\%$$

Catatan : keausan agregat kasar untuk konstruksi jalan raya tidak boleh lebih dari 40% dan untuk konstruksi beton tidak boleh lebih dari 45%.

### 5.11 Pemeriksaan Terhadap Berat Isi Agregat JIS A 1104 – 1964

#### 5.11.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar maupun campuran.

#### 5.11.2 Peralatan yang akan digunakan

- Timbangan dengan kapasitas 50 kg dengan ketelitian 0,2% dari berat contoh.
- Container yang bentuknya seperti literan dengan kapasitas 2 liter 10 liter dan 30 liter
- Tamping rod dengan diameter 16 mm dan panjang 50 cm.

### 5.11.3 Benda uji / contoh

Benda uji atau contoh akan diambil dengan cara perempat atau dengan cara sample splitter dan contoh yang akan diambil paling tidak sudah kering udara.

### 5.11.4 Cara melakukannya

Cara melakukan pemeriksaan ini ada cara yaitu dengan cara tamping rod dan dengan cara jigging.

Cara melakukan dengan tamping rod.

- a. Ambil contoh yang sudah disiapkan dan ayak dengan ayakan 40 mm kemudian pisahkan antara contoh yang tertahan pada ayakan 40 mm dan contoh yang lolos pada ayakan 40 mm.
- b. Ambil contoh yang lolos pada ayakan 40 mm dan isikan kedalaman container kira-kira 1/3 bagian kemudian padatkan dengan tamping rod sebanyak 25 kali tumbukan lalu ratakan dengan tangan.
- c. Isikan lagi contoh kedalam container kira-kira 2/3 bagian kemudian padatkan lagi dengan tamping rod sebanyak 25 kali tumbukan lalu ratakan dengan tangan.
- d. Isikan lagi contoh kedalam container hingga penuh dan padatkan lagi dengan tamping rod sebanyak 25 kali tumbukan lalu ratakan contoh sama dengan permukaan container dan timbang beratnya.

Cara melakukan dengan jigging

- a. Ambil contoh yang tertahan pada ayakan 40 mm dan lolos pada ayakan 100 mm kemudian masukan kedalam container yang diletakan diatas lantai beton kira-kira 1/3 bagian dan padatkan dengan cara angkat container pada sebelah kanan kira-kira setinggi 5 cm dan jatuhkan container ke lantai beton, kemudian angkat lagi container pada sebelah kirikira-kira setinggi 5 cm dan jatuhkan lagi container ke lantai beton begitu seterusnya sampai sebanyak 25 kali.
- b. Isikan lagi contoh kedalam container kira-kira 2/3 bagian dan padatkan seperti pada bagian a). sebanyak 25 kali.
- c. Isikan lagi contoh kedalam container sampai penuh dan padatkan lagi seperti pada bagian a). sebanyak 25 kali dan ratakan contoh sama dengan permukaan container lalu timbang beratnya.

Catatan :

Apabila contoh diperkirakan masih mengandung air lebih dari 1% maka cek terhadap kadar airnya dengan ketentuan sebagai berikut :

Ambil contoh sebanyak 500 gram untuk agregat halus

Ambil contoh sebanyak 1000 gram untuk maksimum agregat 25 mm

Ambil contoh sebanyak 2500 gram untuk maksimum agregat lebih dari 25 mm.

#### 5.11.5 Perhitungan

Hasil dari pemeriksaan terhadap berat isi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{berat isi agregat} = \frac{\text{berat contoh didalam container}}{\text{volume container}}$$

apabila dicari kadar airnya maka harus dikalikan dengan :

$$\frac{\text{berat contoh untuk kadar air setelah dioven}}{\text{berat contoh untuk kadar air sebelum dioven}}$$

Catatan :

pemeriksaan ini dilakukan minimum 3 kali percobaan dan selisih hasil dari masing-masing percobaan tidak boleh lebih dari 0,01.

### 5.12 Perhitungan Perencanaan Campuran Beton (Design Mix)

#### I. Pendahuluan

##### 1. Spesifikasi yang diperlukan

- |   |   |
|---|---|
| a). Kekuatan tekan yang direncanakan    | : 25 Mpa  |
| b). Target yang harus dicapai           | : $1,15 \times 25 \text{ Mpa} = 28,7 \text{ Mpa}$ |
| c). Penggunaan W/C                      | : 0,51  |
| d). Kekentalan yang dikehendaki (slump) | : 12 cm   |
| e). Maximum agregat                     | : 40 mm   |

**Tabel standard untuk pedoman dalam perencanaan campuran beton  
( J I S )**

W/C = 0,55      Slump = 8 cm      Modulus kehalusan = 2,8										
Max Agg mm	Volume Agg. Kasar per m <sup>3</sup> %	Beton biasa			Beton A E A			Beton W R A		
		Udara %	S/A %	Air kg	Udara %	S/A %	Air kg	Udara %	S/A %	Air kg
15	53	2,5	49	190	7,0	46	170	7,0	47	160
20	61	2,0	45	185	6,0	42	165	6,0	43	155
25	66	1,5	41	175	5,0	37	155	5,0	38	145
40	72	1,2	36	165	4,5	33	145	4,5	34	135
50	75	1,0	33	155	4,0	30	135	4,0	31	125
80	81	0,5	31	140	3,5	28	120	3,5	29	110
100	87	0,2	26	128	3,0	24	110	3,0	24	92

**Tabel standar untuk pedoman dalam menentukan W/C  
( J I S )**

† 28 Mpa	W/C
15,5	0,70
18,0	0,65
21,8	0,60
25,3	0,55
29,5	0,50
34,4	0,45
40,0	0,40

Keterangan :  
1 Mpa = 10 kg/cm<sup>2</sup>

2. Pembuatan contoh beton

- a). Contoh dibuat dalam bentuk : Silinder  
       Diameter contoh : 10 cm  
       Tinggi contoh : 15 cm
- b). Contoh juga dibuat dalam : Kubus  
       bentuk ukuran kubus : 15 cm x 15 cm x 15 cm

3. Cara pemeriksaan

Pemeriksaan dilakukan dengan cara : Metode J I S standard

## II. Data-data dari bahan

### 1. Portland cement

- a. Merek dari semen : Kujang
- b. Buatan pabrik : Indo Cement
- c. Type dari semen : Type I
- d. Berat jenis semen : 3,14
- e. Data lain-lain

### 2. Air

- a. Air diambil dari : Air pompa setempat
- b. Warna air : Jernih
- c. Data lain-lain : -

### 3. Bahan Pembantu

- a. Nama bahan pembantu : -
- b. Maksud menggunakan bahan pembantu : -
- c. Data lain-lain : -

### 4. Agregat halus / pasir

- a. Pasir diambil dari : Letusan Gunung galunggung
- b. Jenis pasir : Asli / alam
- c. Berat jenis pasir : 2,63
- d. Modulus kehalusan pasir : 3,2
- e. Penyerapan : 3,77 %
- f. Bahan yang lewat saringan 0,088 mm : 0,5 %
- g. Kotoran organik : -

### 5. Agregat kasar / koral

- a. Koral diambil dari : Kali cibarusa
- b. Jenis koral : Asli / alam
- c. Berat jenis koral : 2,65
- d. Modulus kehalusan (FM) : -
- e. Penyerapan : 1,7 %
- f. Bahan yang lewat saringan 0,088 mm : -
- g. Kotoran organik : -
- h. Keausan agregat : 21 %

### III. Dasar perhitungan campuran

Penggunaan perbandingan air dengan semen (W/C) ratio diambil 55 %. Sebagai pedoman perhitungan diambil perbandingan campuran dari JIS standard untuk maximum 40 mm (pada tabel), jenis agregat kasar asli / alam adalah sebagai berikut :

- Penggunaan perbandingan air dengan semen (W/C) ratio : 55 %
- Kekentalan beton (slump) : 8 cm
- Modulus kehalusan (FM) : 2,8
- Maximum agregat : 40 mm
- Kandungan udara pada beton : 1,2 %
- S / A : 36 %
- Jumlah penggunaan air pencampur : 165 kg

#### Standar penyesuaian terhadap kondisi berbeda

Jenis Perubahan	Penyesuaian terhadap	
	S/A (%)	Air (kg)
FM berubah $\pm 0,1$	$\pm 0,5$	-
Kekentalan (slump) berubah $\pm 1$ cm	-	$\pm 1,20$ %
W / C ratio berubah $\pm 0,05$	$\pm 1$	-
S / A berubah $\pm 1$ %	-	$\pm 1,5$
Udara berubah $\pm 1$ %	$\pm 0,5 - 1$	$\pm 30$
Koral batu pecah / split	+ 3 - 5	+ 9 - 15
Pasir batu pecah / buatan	+ 2 - 3	+ 6 - 9

**Perhitungan penyesuaian kondisi rencana terhadap standar untuk pedoman**

Jenis penyesuaian	Standar pedoman	Kondisi Rencana	S / A = 36 %	Air = 165 kg
			Penyesuaian S / A	Penyesuaian Air
Modulus Kekeluhan (FM)	2,80	3,1	$\frac{3,1-2,8}{0,1} \times 0,5 \% = 1,5 \%$	-
Kekentalan beton (slump)			-	$\frac{12-8}{1} \times 1,2 \% = 4,8 \%$
Udara	1,2 %	1,2 %	-	-
W / C Ratio	55 %	51 %	$\frac{0,51-0,55}{0,05} \times 1 \% = -0,8 \%$	-
Pasir	Alami	Alami	-	-
Koral	Alami	Alami	-	-
S / A	36 %	36,7 %	-	$\frac{3,1-2,8}{0,1} \times 0,5 \% = 1,5 \%$
Jumlah penggunaan dari hasil perhitungan penyesuaian			S / A = 36 + 0,7 = 36,7 %	Air = (165 x 1,048) + 1,05 kg = 173, 97 kg

**Perhitungan campuran beton (Design mix)**

No.	Jenis bahan campuran	Berat bahan (kg / m <sup>3</sup> )	Perubahan berat ke volume	Volume (m <sup>3</sup> )
1.	Air	173, 97	$\frac{173,97}{1 \times 1000} =$	0,17397
2.	Semen dengan W/C 51 % 173, 97 : 0,51 = .....	341, 12	$\frac{341,12}{3,14 \times 1000} =$	0,10864
3.	Udara 1,2 %	-	-	0,01200
4.	Total agregat = 1 m <sup>3</sup> - 0,17397 - 0,10864 - 0,012 = 0,70539 m <sup>3</sup> Pasir dengan S / A 36,7 % 0,70539 x 0,367 = ..... 0,25888 x 2,63 x 1000 = .....	680, 85	-	0,25888
5.	Koral = 0,70539 - 0,25888 = 0,44651 x 2,65 x 1000 = .....	1183, 25	-	0,44651
6.	Jumlah berat beton = .....	2379, 19	-	1,00000

#### IV. Hasil Perhitungan

Sesuai dengan pemeriksaan dan perhitungan diatas, maka dapat di rekomendasikan bahwa bahwa hasil dari perhitungan campuran beton adalah sebagai berikut :

	W / C (%)	S / A (%)	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Koral (kg)
Untuk 1 m <sup>3</sup>	51	36,7	173,97	341,12	680,85	1183,25
Untuk 50 lt	51	36,7	8,70	17,05	34,04	59,16

#### BAHAN PEMBANTU SECARA KIMIA UNTUK CAMPURAN BETON (ASTM)

Untuk konstruksi – konstruksi bangunan yang besar biasanya campuran beton diperlukan bahan pembantu secara kimia yang sesuai dengan jenis konstruksinya, kegunaan dari bahan tambahan / bahan pembantu secara kimia ini antara lain :

1. Untuk memperbaiki mutu beton
2. Untuk mempermudah sifat-sifat pekerjaan
3. Untuk waktu pengikatan dan pengerasan beton
4. Ataupun untuk maksud – maksud yang lain

Jenis dan jumlah bahan pembantu yang akan dipakai harus disetujui terlebih dahulu oleh pengawas ahli. Manfaat dari bahan tambahan / bahan pembantu secara kimia harus dapat dibuktikan dengan hasil-hasil percobaan. Selama bahan tambahan / bahan pembantu ini dipakai harus diadakan pengawasan secara kontinyu dan cermat terhadap pemakainya. Adapun type dan jenis dari bahan tambahan / bahan pembantu secara kimia ini antara lain adalah :

Type dari bahan tambahan / bahan pembantu secara kimia untuk campuran beton :

1. Type A : adalah bahan pencampur untuk mengurangi jumlah penggunaan air, dan menambah banyaknya udara di dalam beton
2. Type B : adalah bahan pencampur untuk memperlambat pengikatan awal beton
3. Type C : adalah bahan pencampur untuk mempercepat pengikatan awal beton
4. Type D : adalah bahan pencampur untuk mengurangi jumlah penggunaan air, dan mempercepat pengikatan awal beton
5. Type E : adalah bahan pencampur untuk mengurangi jumlah penggunaan air, dan mempercepat pengikatan awal beton
6. Type F : adalah bahan pencampur untuk mengurangi jumlah penggunaan air, dan memperbaiki segala mutu beton
7. Type G : adalah bahan pencampur untuk mengurangi jumlah penggunaan air, dan memperbaiki segala mutu beton, memperlambat pengikatan awal beton.

Jenis dari bahan tambahan / bahan pembantu secara kimia untuk campuran beton.

1. Untuk menguraikan semen dan mengurangi jumlah penggunaan air
  - A. Untuk menguraikan semen dan mengurangi jumlah penggunaan air
    - a). Untuk pengikatan awal normal
      - Pozzolith 70
      - Pozzolith 5 L
      - Pozzolith 8 K
      - Pozzolith 84 K
      - Pozzolith 100 N
      - Pozzolith 200 N
      - Pozzolith 300 N
      - Pozzolith 768 ME
    - b). Untuk memperlambat pengikatan awal
      - Pozzolith 8
      - Pozzolith 100 R
      - Pozzolith 100 XR
      - Pozzolith 300 R
      - Pozzolith 748 ME
    - c). Untuk mempercepat pengikatan awal
      - Pozzolith 10 L
  - B. Untuk Pemakaian spesial / khusus
    - a). Untuk membuat sangat plastis atau untuk beton encer
      - NP 10
      - NP 20
    - b). Untuk menambah kekuatan, mengurangi jumlah air dan beton tahan api
      - NL 4000
    - c). Untuk menambah kekuatan, mengurangi jumlah air dan tahan terhadap cuaca yang berubah-ubah
      - NL 1440
    - d). Untuk menambah kekuatan, mengurangi jumlah air dan beton temperatur normal
      - NL 1450
    - e). Untuk menjaga supaya besi tulangan di dalam beton tidak berkarat
      - NL 1900
    - f). Untuk prepacked beton dan spesi
      - GF 600
      - GF 610

- GF 630
  - g). Untuk menambah kekuatan prepacked beton
    - GF 800
  - h). Untuk menghilangkan buih pada beton dan mortar
    - No. 505
  - i). Untuk mempercepat pengerasan yang belum pada waktunya pada beton blocks
    - Lubrilith 100
    - Lubrilith 200
  - j). Untuk mempercepat pengikatan awal pada shotcreting
    - QP 500
    - QP 500 S
    - QP 500 L
  - k). Untuk mortar
    - Omicron 50
    - Omicron 50x
    - Omicron 51
    - Omicron 51x
  - l). Untuk memperlambat produksi semen
    - Retarl
  - m). Untuk mengurangi penggunaan semen
    - Expan
2. Untuk menjaga supaya tidak terjadi penyusutan pada spesi dan mortar
- A. Untuk metallic non shrnk grouts
    - Embaco 880 grout
    - Embaco 636 grout
    - Embaco 153 grout
  - B. Untuk non metallic non shrnk grouts
    - Master flow 870 grout
    - Master flow 713 grout
  - C. Untuk metallic non shrink mortar
    - 167 mortar
3. Untuk pekerjaan beton pada lantai yang kekuatannya tinggi
- A. Great wear resistant floor products
    - Masterplate 100
    - Masterplate 200
    - Masterplate SMT

- Light reflective masterplate
- DPS Masterplate floor hardeners
- B. Impact, High-point loads and abrasion resistant floor products
  - Anvil-Top 100
  - Anvil-Top S
  - Anvil-Top 110
  - Anvil-Top RHE floor toppings
- C. Beautifying floor products
  - Colorcron
  - Polydeck 100
  - Polybeauty 700 F
  - Polydeck 300 NS
  - Mastercron S
  - Polydeck 17 GF
  - Polydeck 100 NS
  - Saniseal 100
- D. Corrosion – Resistant floor products
  - Polydeck 100
  - Epoxyn 300
  - Polyxyn 500 HL
  - Epoxyn 100
  - Polyxyn 500
- E. Curing agents
  - Kurowax
  - Konductowax
  - Konductocure

### **5.13 Pemeriksaan Terhadap Kekentalan Beton JIS A 1101 – 1950**

#### **5.13.1 Maksud dan tujuan**

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengukur konsistensi atau kekentalan beton muda dan untuk menentukan workability

Keterangan : - Konsistensi adalah untuk menentukan encer atau kentalnya beton muda (campuran beton). Jadi kalau campuran beton terlalu banyak air maka kekuatan beton akan berkurang dan kalau campuran beton airnya kurang maka beton akan susah di cetak atau di bentuk

- Workability adalah pengecoran beton yang ditentukan oleh konsistensi atau kekentalannya dan juga derajat ketahanan terhadap pemisahan (*Seegregation*)

#### 5.13.2 Peralatan yang akan digunakan

- Kerucut terpancung
- Tamping rod untuk pematat
- Plat Baja
- Hand Scoop

#### 5.13.3 Benda Uji / contoh

Benda uji atau contoh diambil langsung dari alat pengaduk (concrete mixer) yang akan dilakukan untuk pengecoran

#### 5.13.4 Cara melakukannya

- a). Masukkan contoh beton ke dalam kerucut terpancung yang sudah disiapkan kira-kira  $\frac{1}{3}$  bagian dan padatkan dengan tamping rod sebanyak 25 kali tumbukan
- b). Isikan lagi contoh beton ke dalam kerucut terpancung kira-kira  $\frac{2}{3}$  bagian dan padatkan lagi dengan tamping rod sebanyak 25 kali tumbukan
- c). Isikan lagi contoh beton ke dalam kerucut terpancung sampai penuh dan padatkan lagi dengan tamping rod sebanyak 25 kali tumbukan kemudian ratakan permukaan beton sama dengan permukaan kerucut terpancung
- d). Angkat kerucut terpancung tegak lurus dengan kecepatan kira-kira 2 – 3 detik dan ukur penurunan terhadap beton tersebut.

#### 5.13.5 Perhitungan

Kekentalan beton (*slump*) adalah tinggi beton sebelum kerucut terpancung diangkat dikurang tinggi beton setelah kerucut terpancung diangkat (penurunan terhadap beton)

Keterangan : Untuk campuran beton yang maximum agregat nya lebih dari 40 mm maka contoh ini akan disaring terlebih dahulu dengan saringan 40 mm.

Pemeriksaan ini dilakukan minimum 3 kali dan diambil harga rata-ratanya.

### 5.14 Pemeriksaan Terhadap Kandungan Udara Pada Beton JIS A 1128 – 1960

#### 5.14.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan atau mengetahui kandungan udara pada beton muda (campuran beton)

#### 5.14.2 Peralatan yang akan digunakan

- Washington type air meter satu set
- Tamping rod
- Mistar perata atau alat perata
- Gelas Ukur
- Pipet

#### 5.14.3 Benda uji / contoh

Benda uji / contoh diambil langsung dari alat pengaduk (concrete mixer) yang akan dilakukan untuk pengecoran

#### 5.14.4 Cara Melakukan

Cara melakukan pemeriksaan ini ada dua cara yaitu : dengan cara penambahan air diatas permukaan beton dan dengan cara tanpa penambahan air diatas permukaan beton

Cara melakukan dengan tanpa penambahan air :

- a). Isikan contoh ke dalam washington type air meter kira-kira 1/3 bagian dan padatkan dengan tamping rod sebanyak 25 kali tumbukan.
- b). Isikan lagi contoh ke dalam washington type air meter kira-kira 2/3 bagian dan padatkan dengan tamping rod sebanyak 25 kali tumbukan
- c). Isikan lagi contoh kedalam washington type air meter sampai penuh dan padatkan lagi dengan tamping rod sebanyak 25 kali tumbukan kemudian ratakan permukaan contoh beton sama dengan permukaan washington type air meter dan sambil di ketok – ketok badan luar washington type air meter dengan palu kayu atau palu karet
- d). Tutup washington type air meter dan kunci dengan kuat dan juga tutup pada saluran lubang udara lalu pompa alat tersebut sampai jarum pada dial gauge menunjukkan pada angka kalibrasi 0 (nol).
- e). Kemudian buka katup saluran udara ke dalam beton dan baca jarum dial gauge

Cara melakukan dengan penambahan air :

Cara ini adalah hampir sama dengan cara diatas hanya berbeda setelah washington type air meter diisi contoh penuh dan ditutup rapat kemudian ruang udara yang terdapat diatas permukaan contoh diisi air melalui saluran tersendiri.

#### 5.14.5 Pelaporan

Laporkan hasil pemeriksaan terhadap kandungan udara pada beton setelah dilakukan minimum 3 kali pemeriksaan dan ambil harga rata-ratanya.

### 5.15 Pemeriksaan Terhadap Kekuatan Tekan beton JIS A 1109 – 1963

#### 5.15.1 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan atau mengetahui kekuatan tekan beton setelah dilakukan perawatan

#### 5.15.2 Peralatan yang akan digunakan

- Satu set alat tekan beton yang dilengkapi dengan pengatur kecepatan dan pressure gauge
- Timbangan dengan kapasitas 20 kg
- Satu set alat keping (penghalus permukaan contoh beton)

#### 5.15.3 Benda uji / contoh

Benda uji atau contoh yang akan di tes adalah setelah dilakukan perawatan selama 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari dan juga harus diketahui tentang data-datanya.

#### 5.15.4 Cara melakukannya

- a). Ambil contoh yang sudah disiapkan catat tentang data-datanya dan timbang beratnya
- b). Periksa permukaan dari contoh beton tersebut, apabila permukaan contoh beton belum rata maka ratakan dengan cara di capping, apabila permukaan contoh beton sudah rata maka pasang contoh beton tersebut pada mesin tekan
- c). Set mesin tekan dan setelah siap lakukan penekanan terhadap contoh beton dengan kecepatan 2 -3 kg/ cm<sup>2</sup> per detik dan catat kekuatan tekan maximum pada contoh beton tersebut

#### 5.15.5 Perhitungan

Kekuatan tekan beton di tentukan dengan kg cm<sup>2</sup> dan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kekuatan tekan beton} = \frac{P}{A}$$

Dimana : P = Kekuatan tekan maximum pada contoh beton

A = Luas Penampang (permukaan) pada contoh beton

**Standar Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Sebagai Benda Uji**

<b>Bentuk Benda Uji</b>	<b>Perbandingan † 28</b>
Kubus 15 x 15 x 15 cm	100 %
Kubus 20 x 20 x 20 cm	95 %
Silinder 15 x 30 cm	83 %

**Standar Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Umur**

<b>Umur Beton (hari)</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>90</b>	<b>365</b>
Semen Biasa	40 %	65 %	88 %	95 %	100 %	120 %	135 %
Semen Kekuatan awal tinggi	55 %	75 %	90 %	95 %	100 %	115 %	120 %

## **RANGKUMAN DAN PENUTUP**

### **Bab 1** Pendahuluan

Menjelaskan masalah apa yang harus dipelajari untuk mendapatkan / memperoleh struktur yang kokoh dan dialami oleh sifat-sifat dan perilaku tanah (soil engineering properties behavior) yang mendukung struktur tersebut

**Bab 2** Menjelaskan masalah apa saja yang menjadi sifat-sifat fisik tanah antara lain apa yang dimaksud dengan sifat fisik tanah antara lain mulai dari warna, penampilan, berat jenis dan seterusnya kurang lebih 17 sifat fisik yang akan dijelaskan satu per satu.

### **Bab 3** Pemeriksaan karakteristik mekanik

Menjelaskan masalah kepadatan standar, kepadatan modified, permeabilitas, kekuatan geser, kuat tekan bebas, triaxial, Uneon fixed, CRR, Konsolidasi, mulai dari maksud, peralatannya, benda uji, cara uji, analisa sampai dengan pelaporannya

### **Bab 4** Pemeriksaan karakteristik fisik tanah

Menjelaskan masalah cara mempersiapkan contoh tanah secara kering, secara basah pengujian tanah batas cair. Batas plastis, analisa hydrometer dan karakteristik fisik lainnya. Dimulai dari maksud, peralatan, benda uji, cara uji dan sistem pelaporannya.

### **Bab 5** Bahan untuk beton

Menjelaskan masalah pemeriksaan bahan untuk campuran, bahan tambah / kimia beton, pemeriksaan terhadap beton segar sampai beton yang sudah mengeras dan sistem pelaporannya.

---

## DAFTAR PUSTAKA

1. *"Metode Umum Pengujian Kualitas Pemadatan Tanah"* oleh Ir. Suyono Sosrodarsono, Tensuka Tahoda 1977.
  2. *"Mekanika Tanah & Teknik Pondasi"* oleh Ir. Suyono Sosro darsono, Kazutso Nakazawa, 1997
  3. *"Pelaksana pekerjaan aspal untuk bangunan air"*, DR Osamun Kondo, CGSC testing metode for aspal structure, '97
  4. *"Prinsip – prinsip mekanika batuan"*, proyek pendidikan dan latihan untuk pembinaan dan monitoring pelaksanaan '85
  5. *Pedoman Pelaksanaan pekerjaan beton* JCMS, ASTM, JACS, SNI
  6. *"Pengujian bahan untuk jalan"*, 2004
-