



**SURAT KETERANGAN**  
**MELAKUKAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
**No. 113/C.02.01/LP2M/II/2020**

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dr. Tarsisius Kristyadi, S.T., M.T.  
Jabatan : Kepala  
Unit Kerja : LP2M-Itenas  
JL. P.K.H. Mustafa No.23 Bandung

Menerangkan bahwa,

Nama	NPP	Jabatan
Dr. Yuki Achmad Yakin, S.T., M.T.	20140601	Instruktur

Telah melakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai berikut:

Nama Kegiatan : Pelatihan Teknisi Laboratorium Mekanika Tanah dan Material Perkerasan Jalan Bagi Para CPNS di Kantor Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kabupaten Purwakarta  
Tempat : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kabupaten Purwakarta  
Waktu : 12 - 14 November 2019  
Sumber Dana : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kabupaten Purwakarta

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 13 Februari 2020

Lembaga Penelitian dan Pengabdian  
kepada Masyarakat (LP2M) Itenas  
Kepala,

**Dr. Tarsisius Kristyadi, S.T., M.T.**  
NPP 960604

**LAPORAN KEGIATAN  
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

**PELATIHAN TENAGA PENGAWAS  
GEOTEKNIK DAN PERKERASAN JALAN**

**di**

**KANTOR DINAS BINA MARGA DAN  
TATA RUANG KABUPATEN PURWAKARTA**

**TIM PENYUSUN:**

**Ketua: Dr. Yuki Achmad Yakin, S.T., M.T.**

**Anggota : Ranna Kurnia, S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL BANDUNG**

**Desember 2019**

## HALAMAN PENGESAHAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

- Judul Pengabdian Masyarakat: Pelatihan Tenaga Pengawas Geoteknik dan Perkerasan Jalan
- Lokasi: Kantor Dinas Bina Marga dan Tata Ruang Kabupaten Purwakarta
1. Ketua Tim Pelaksana:
- a. Nama Lengkap: Dr. Yuki Achmad Yakin, S.T., M.T.
  - b. NIDN: 0431017401
  - c. Jabatan Fungsional: Lektor
  - d. Perguruan Tinggi: Institut Teknologi Nasional Bandung
  - e. Program Studi: Teknik Sipil
  - f. Alamat e-mail: [yakinachmadyuki@gmail.com](mailto:yakinachmadyuki@gmail.com)
2. Anggota Tim Pelaksana:
- a. Nama Anggota: Ranna Kurnia, S.T., M.T.
  - b. NIDK: 8827920016
  - c. Jabatan Fungsional: Asisten Ahli
  - d. Perguruan Tinggi: Institut Teknologi Nasional Bandung
  - e. Program Studi: Teknik Sipil
  - f. Alamat e-mail:
3. Lembaga/Institusi Mitra:
- a. Nama Lembaga/Mitra: Kantor Dinas Bina Marga dan Tata Ruang Kabupaten Purwakarta
  - b. Penanggung Jawab: Ir. Budhi Supriyadi, M.T.  
(Kepala Kantor Dinas)
  - c. Alamat: Jl. Purnawarman Barat No. 6A  
Purwakarta
  - d. Jarak PT ke lokasi mitra: 50 km
4. Jangka Waktu Pelaksanaan: 3 hari (12-14 November 2019)
5. Sumber Dana: Dinas BM dan TR Purwakarta

Mengetahui,	Bandung, 31 Desember 2019 Ketua,
Dr. Tarsisius Kristyadi, S.T., M.T. NIP/NIK: 119960604	Dr. Yuki Achmad Yakin, S.T., M.T. NIP/NIK: 120140601

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	2
BAB 2 CAPAIAN KEGIATAN.....	3
BAB 3 METODE PELAKSANAAN.....	4
3.1. Persiapan dan Pembekalan.....	4
3.2. Pelaksanaan.....	5
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	6
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	7
LAMPIRAN 1 – SURAT PERMOHONAN	
LAMPIRAN 2 – DAFTAR HADIR	
LAMPIRAN 3 – MATERI PELATIHAN	
LAMPIRAN 4 – FOTO KEGIATAN	



## **Bab 1**

### **Pendahuluan**

#### **1.1. Latar Belakang**

Kebutuhan instansi pemerintah untuk melakukan supervisi pada pelaksanaan proyek jalan di wilayah administrasinya sangatlah penting. Kegiatan pengawasan tersebut harus berdasarkan ketentuan-ketentuan yang baku untuk pekerjaan pemadatan tanah dasar maupun untuk bahan-bahan agregat sebagai subbase. Oleh karena itu, kedua bidang tersebut seyogyanya memerlukan pengetahuan di bidang geoteknik khususnya tentang kompaksi dan di bidang transportasi khususnya perkerasan jalan.

Sehingga, tidak hanya perencana dan pelaksana, tetapi pengawas lapangan pun harus mempunyai kemampuan yang sama bahkan lebih dalam mengontrol kualitas pekerjaan di lapangan. Pada akhirnya, umur jalan dan tingkat layanan jalan dapat dioptimalkan sesuai dengan desain yang ada, sehingga kerusakan yang timbul dapat diminimalisasi.

Tim dosen dari Teknik Sipil Itenas melakukan pengabdian kepada masyarakat berupa pelatihan kepada para supervisor untuk pelaksanaan pembuatan jalan di lingkungan Kantor Dinas Bina Marga dan Tata Ruang, Kabupaten Purwakarta. Pelatihan ini bersifat komprehensif yang bertujuan memberikan pemahaman dan pengetahuan tentang teori dan praktek pada pengawasan atau kontrol kualitas dari pekerjaan jalan

#### **1.2. Permasalahan**

Adapun permasalahan yang dihadapi oleh calon pengawas lapangan dari instansi ini adalah metode yang tepat untuk mengontrol kualitas pekerjaan lapangan, baik dengan uji laboratorium maupun uji lapangan yang berkaitan dengan masalah kompaksi atau pemadatan baik tanah maupun agregat. Sehingga, nilai kepadatan yang diperoleh dari pengujian laboratorium dan pengujian lapangan harus memenuhi kriteria desain yang telah ditentukan.

## **Bab 2**

### **Capaian Kegiatan**

Pada pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini, indikator capaian yang ingin diperoleh, adalah:

1. Mengetahui dan memahami hal-hal yang berkaitan dengan cara pemadatan tanah dan agregat yang baik dan benar
2. Memiliki kemampuan dalam menyelesaikan persoalan yang terkait dengan kontrol kualitas pemadatan tanah dan agregat.
3. Menerapkan ketentuan-ketentuan yang berlaku tentang pemadatan tanah dan agregat di laboratorium dan di lapangan.

### **Bab 3**

#### **Metode Pelaksanaan**

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan selama 3 hari, yaitu pada tanggal 12, 13 dan 14 November 2019 di Ruang Rapat Kantor Dinas Bina Marga dan Tata Ruang Kabupaten Purwakarta, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

#### **1. Persiapan dan Pembekalan**

Mekanisme persiapan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini meliputi:

- a. Koordinasi dengan pejabat terkait pada Kantor Dinas Bina Marga dan Tata Ruang Kabupaten Purwakarta
- b. Penyiapan sarana dan prasarana

#### **2. Pelaksanaan**

Metode ceramah, tanya jawab dan diskusi dilakukan pada pelatihan ini dengan susunan acara, sebagai berikut:

Nomor	Pukul	Acara	Narasumber
Selasa 12 November 2019			
1	08.00 – 12.00	Pemadatan Tanah Lab/Lap	Dr. Yuki A.Y.
	12.00 – 13.00	Istirahat	
2	13.00 – 15.00	Kontrol Kualitas Kompaksi	Dr. Yuki A.Y.
Rabu 13 November 2019			
3	08.00 – 12.00	Pemadatan Agregat + Aspal	Ranna, S.T., M.T.
	12.00 – 13.00	Istirahat	
4	13.00 – 15.00	Kontrol Kualitas di Lapangan	Ranna, S.T., M.T.
Kamis 20 November 2019			
5	08.00 – 12.00	Sandcone, DCP, CBR lap	Dudi
	12.00 – 13.00	Istirahat	
6	13.00 – 17.00	CBR lap untuk agregat	Dudi

## **Bab 4**

### **Hasil dan Pembahasan**

#### **4.1. Pelatihan Pemadatan Tanah dan Agregat**

Pelatihan ini sasarannya adalah karyawan-karyawan Kantor Dinas Bina Marga dan Tata Ruang Kabupaten Purwakarta, yang diproyeksikan menjadi supervisor-supervisor pada pelaksanaan konstruksi jalan pada jalan kabupaten. Jumlah peserta yang mengikuti pelatihan adalah sebanyak lebih kurang 20 orang yang berprofesi sebagai karyawan tetap di lingkungan dinas tersebut. Kegiatan ini diharapkan menjadikan lebih luas wawasan yang berkaitan dengan profesi mereka.

Materi yang diberikan yaitu pemahaman tentang cara pengujian kontrol kepadatan tanah dan agregat pada proyek konstruksi jalan. Materi ini diberikan supaya tenaga pengawas dari instansi pemerintah ini mampu memahami dengan tepat bagaimana menguji tanah dan agregat yang telah dipadatkan, sehingga hasilnya dapat memenuhi yang disyaratkan.

#### **4.2. Evaluasi**

Pada setiap akhir kegiatan yang dilaksanakan, evaluasi dilakukan berupa diskusi dan tanya jawab antara pemateri dan para peserta pelatihan. Berdasarkan evaluasi ini, kemampuan peserta dalam menyerap materi yang diberikan cukup baik, contohnya peserta mampu memberikan penjelasan kembali bagaimana penerapan teori yang diberikan dengan pengalaman kerja yang pernah dilakukan. Peserta mengerti dan sadar bahwa dalam kegiatan proyek konstruksi jalan, pengawasan harus dilakukan secara melekat, sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan standard yang ada.

## **Bab 5**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dengan program pelatihan ini, tenaga supervisi dari Kantor Dinas Bina Marga dan Tata Ruang Kabupaten Purwakarta telah memahami tentang penerapan kontrol kualitas pekerjaan pemadatan tanah dan agregat pada konstruksi jalan.

#### **5.2. Saran**

Kegiatan pelatihan ini perlu ditindaklanjuti dengan evaluasi untuk melihat timbal balik antara materi pelatihan dengan kegiatan-kegiatan pengawasan yang akan dilakukan di lapangan.



**PEMERINTAH KABUPATEN PURWAKARTA**  
**DINAS PEKERJAAN UMUM BINA MARGA DAN PENGAIRAN**  
Jalan Purnawarman Barat No. 6A Telp. (0264) 201 681  
**PURWAKARTA**

Nomor : 019 /WASDAL/XI/2019  
Hal : Permohonan Peminjaman Tenaga Instruktur  
Lampiran : -

Purwakarta, 4 November 2019  
Kepada Yth,  
Dr. techn. Indra Noer Hamdhan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil Itenas  
Di  
Bandung

Dengan hormat,

Sehubungan akan dimulainya Kegiatan Pelatihan Teknisi Laboratorium Mekanika Tanah dan Material Perkerasan Jalan bagi para CPNS di kantor Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kabupaten Purwakarta, pada tanggal 12 - 14 November 2019, maka kami mengajukan permohonan ijin peminjaman tenaga instruktur yang merupakan dosen di jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung.

Adapun tenaga-tenaga instruktur tersebut adalah sebagai berikut :

1. Nama : Dr. Yuki Achmad Yakin, ST, MT.  
Jabatan Akademik : Lektor  
NIDN : 0431017401
2. Nama : Ranna Kurnia, ST, MT.  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
NIDN : 8827920016

Demikian disampaikan, surat permohonan ini, atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terima kasih.

KEPALA DINAS PEKERJAAN UMUM  
BINA MARGA DAN PENGAIRAN  
KABUPATEN PURWAKARTA



ic. Budhi Sutirivadi, MT  
NIP. 19640208 199003 1 009




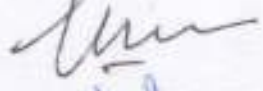
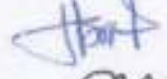
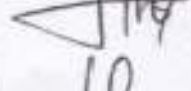



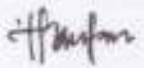
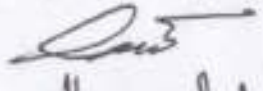
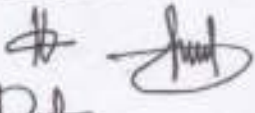

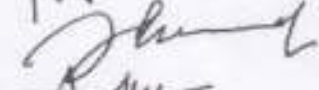
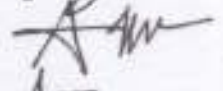
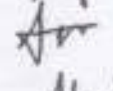
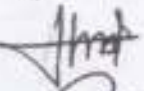
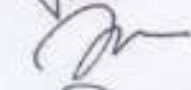

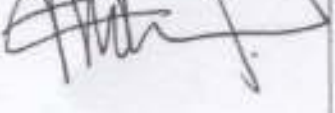

# DAFTAR HADIR BIMBINGAN TEKNIK PENGAWASAN

HARI : SELASA  
TANGGAL : 12 NOVEMBER 2019

NO	NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
1.	YUKI ACHMAO TAKIN		
2.	KANNA KURNIA		
3.	IRFAN PAJAK N.		
4.	RICKSAN RACHDIAMAN		
5.	ASTIKA SEPTIANI		
6.	IMELDA SIMANBUNSONG		
7.	RACHMANSTAH I. D		
8.	AGUNG AHMAD W.		
9.	JULI NIRWANTO		
10.	JUWITA LAELY N.		
11.	Sapul Rouban		
12.	Hendiyana		
13.	Didi Supri		
14.	INDAR H		
15.	Empep Gunawan		
16.	IRMAN BUDIWARA.		
17.	GUSTI		
18.	Fery Herduansyah		
19.	Cecep Mutapin		
20.	Ronny		
21.	Edi Sukandar		
22.	Enton Suryatin		


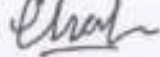
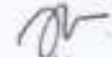













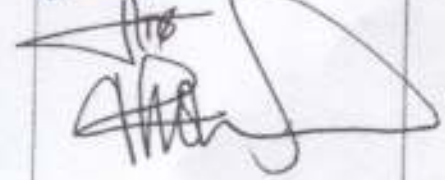





# DAFTAR HADIR BIMBINGAN TEKNIK PENGAWASAN

HARI : RABU  
TANGGAL : 13 NOVEMBER 2019

NO	NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
1.	YUKI ACHMAD YAKIN		
2.	RANNA KURNIA		
3.	Juli Htirwanto		
4.	JUWITA LAELY M.		
5.	Fery Herdiansyah		
6.	Hendiyana		
7.	RAMAH BURIAWA		
8.	Emcep G		
9.	Irfan Fajar M.		
10.	RICKSAN RAEDRAMAN		
11.	Astika Sreptani		
12.	Imelda Samangunsong		
13.	Rachmansyah I.D		
14.	Agung AHMAW.		
15.	DST Supriati		
16.	Inbar H		
17.	Fery Herdiansyah		
18.	Gusti		
19.	RONNY		
20.	Edi Sukandar		
21.	Cecep Mutagim		
22.	Entin Suryatin		

# DAFTAR HADIR BIMBINGAN TEKNIK PENGAWASAN

HARI : KAMIS  
TANGGAL : 14 NOVEMBER 2019

NO	NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
1.	YUKI ACHMAD TAKIM		
2.	RANNA KURNIA		
3.	JUWITA LAELY N.		
4.	ASTIKA SEPTIANI		
5.	JULI NIKWANTO		
6.	IMELDA SIMANGUNSONG		
7.	AGUNG AHMAD W.		
8.	RACHMANSYAH I.O		
9.	HICKSAN RACHDIAMAN		
10.	IKFAN FAJAR N.		
11.	Saripul Fauzan		
12.	Hendi		
13.	DIDI SUPRIADI		
14.	INBAR H		
15.	Empep Evrenan		
16.	LAMAR BUDIANDA		
17.	GUSTI		
18.	Fery Hurdiansyah		
19.	KONNY		
20.	ESTI SUKANDAR		
21.	ENTIN SURYATIN		
22.	Cecep Mutaqin		



## PELATIHAN TEKNISI LAB. MEKTAN DINAS BINA MARGA KAB. PURWAKARTA

**INSTRUKTUR:**

**DR. YUKI ACHMAD YAKIN, S.T., M.T.**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
BANDUNG 2019**

## Penyelidikan Tanah

**Penyelidikan Tanah** merupakan suatu upaya memperoleh informasi bawah tanah untuk perencanaan fondasi bangunan sipil.

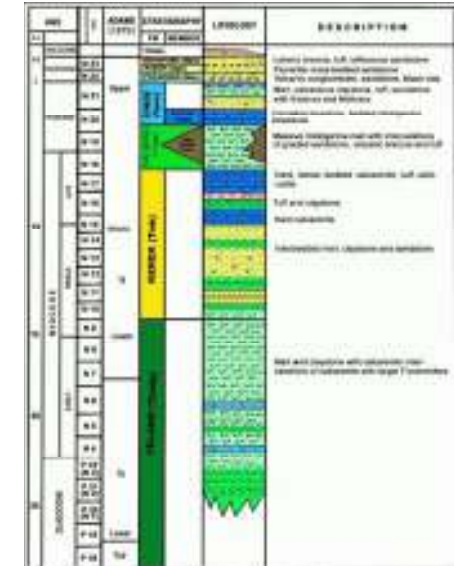
Penyelidikan tanah mencakup antara lain pengeboran tanah, pengambilan sampel tanah, pengujian lapangan, pengujian laboratorium dan observasi air tanah.



## Sasaran Penyelidikan Tanah

Sasaran dari penyelidikan tanah meliputi:

- 1) Stratifikasi lapisan tanah.
- 2) Sifat indeks pada setiap lapisan tanah.
- 3) Sifat mekanis pada setiap lapisan tanah antara lain kekuatan geser dan kompresibilitas.
- 4) Kondisi air tanah.
- 5) Komposisi kimia air tanah yang dapat memberi dampak korosi pada konstruksi bawah tanah.
- 6) Jenis fondasi bangunan yang sudah ada di sekitarnya.



## Tahapan Penyelidikan Tanah

- 1) Inspeksi lapangan, meliputi pengumpulan informasi seperti informasi geologi sekitar lokasi pekerjaan, data penyelidikan tanah terdahulu dll.
- 2) Penyelidikan awal, meliputi pengeboran atau sondir dengan jumlah minimum untuk mengetahui stratifikasi tanah di lokasi pekerjaan.
- 3) Penyelidikan detail, meliputi pengeboran berdasarkan letak dan informasi lengkap bangunan sipil yang akan dibangun diikuti pengambilan contoh tanah dan uji laboratorium yang lengkap.
- 4) Penyelidikan tambahan, dilakukan untuk klarifikasi keragu-raguan hasil penyelidikan tanah terdahulu atau adanya penyimpangan pelaksanaan lapangan dengan hasil penyelidikan.

## Kedalaman Penyelidikan Tanah

Kedalaman penyelidikan tanah tergantung pada jenis struktur, jenis tanah & prakiraan awal jenis fondasi yang akan digunakan:

- 1) Fondasi telapak dan lajur: 3x lebar pondasi atau minimum 9m di bawah dasar fondasi.
- 2) Fondasi rakit: 2x lebar pondasi di bawah dasar fondasi.
- 3) Fondasi tiang grup tunggal: 2x lebar grup di bawah ujung tiang.
- 4) Fondasi tiang-rakit: 2x lebar bangunan di bawah 2/3 panjang tiang.
- 5) Dinding penahan tanah: terbesar dari 0.7x lebar galian atau 1x tinggi galian.
- 6) Timbunan tanah: 2x lebar timbunan.
- 7) Apabila ditemui tanah keras atau batuan sebelum memenuhi kriteria kedalaman di atas, penyelidikan tanah harus menembus tanah keras/batuan minimal 5m.

Sipil Itenas 2012 – Page 5

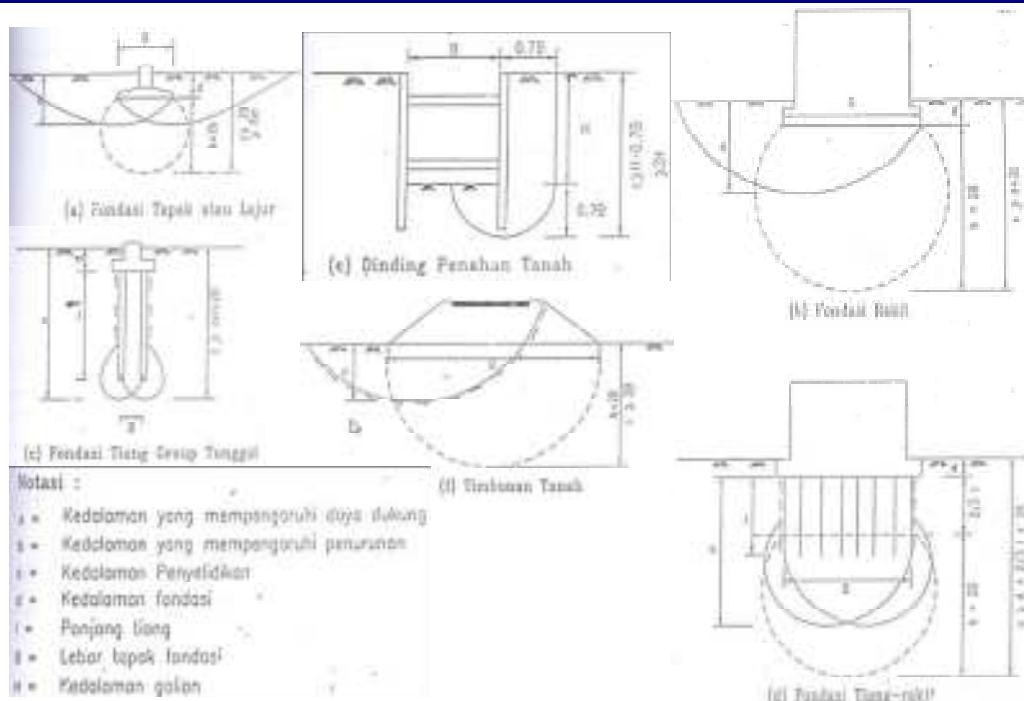
## Konfigurasi Penyelidikan Tanah

Konfigurasi penyelidikan tanah tergantung pada kompleks tidaknya kondisi tanah, jenis pekerjaan serta pengalaman setempat:

- 1) Penyelidikan awal: jarak titik 100 sd 200m untuk tanah normal dan 50 sd 100m untuk tanah lunak.
- 2) Penyelidikan detil: jarak titik 15 sd 25m untuk bangunan persegi (gedung, jembatan dll) dan 25 sd 50m untuk konstruksi memanjang (jalan, terowongan, dll)
- 3) Minimum titik penyelidikan pada tahap detil: 3 sd 5 lokasi diatur pada pola teratur.
- 4) Selalu tempatkan titik penyelidikan pada posisi bangunan yang berat dan penting dan pada lokasi dimana diduga terdapat perubahan stratifikasi yang menyolok.

Sipil Itenas 2012 – Page 7

## Kedalaman Penyelidikan Tanah



## Jenis Penyelidikan Tanah

### 1) Galian Tanah (Test Pit)

Prosedur: tanah digali secara manual, misal dengan cangkul atau sekop.

Penggunaan/keuntungan:

- Sederhana sehingga sesuai untuk daerah yang susah dicapai.
- Identifikasi tanah dapat dilakukan langsung pada dinding galian.
- Contoh tanah yang diambil berukuran besar.

Keterbatasan:

- Terbatas pada kedalaman dangkal.
- Terbatas pada muka air tanah.



Sipil Itenas 2012 – Page 8

## Sumuran Uji (Test Pit)

Kegunaan:

- 1) Penelitian visual tentang keadaan tanah setempat.
- 2) Pengujian detil tentang perbedaan tanah, struktur, dan profil akibat perubahan cuaca.
- 3) Observasi aliran air dan pengukurannya.
- 4) Pengujian rendaman.
- 5) Pencarian benda-benda geologi dan arkeologi atau detail fondasi yang ada.
- 6) Penetapan model kelongsoran dari lereng galian, fondasi atau timbunan dengan melokasikan daerah longsor.

## Sumuran Uji (Test Pit)

**CLIENT:** Chai and Alford

**PROJECT:** Preliminary Geo-Contamination Assessment

**LOCATION:** Mirvix

## TEST PIT LOG

**SURFACE LEVEL:** -

**EASTING:**

**NORTHING:**

**DIPAZIMUTH:** 071-

**LOG SHEET:** 0001 and 0002

**PROJECT:** Preliminary Geo-Contamination Assessment

**DATE:** 05/04/2017

**TEST PIT LOGS:**

**DATE:** 05/04/2017

**TIME:** 14:30:00

**TEST:** 1/2

**PP No. 1-4**


**PROJ. 2017 No. 120017**

**DATE:** 14 May 17

**TEST:** 1/2

Depth (m)	Description of Strata	Soil Type	Sampling & In Situ Testing			Results & Comments
			Soil	Water	Pressure	
0.0	FILLER - One layer clayey silty sand with some fractionation (gravel, gravel and numerous nodules) with plastic, glass, steel metal and fibre, most all 50mm	SPC	0.1			+ type
0.1	SLT - clayey silty with trace fractionation gravel, glass, the gravel sand and clay, buried	SPC	0.1			+ type
0.2	SMOOTH - Coarsely fine-grained extremely sandstone/light gravel nodules (layers) and the gravel (20mm)	SPC	0.1			+ type
0.3	SMOOTH - Coarsely fine-grained extremely sandstone/light gravel nodules (layers) and the gravel (20mm)	SPC	0.1			+ type
0.4	SPC - Coarsely fine-grained extremely sandstone/light gravel nodules (layers) and the gravel (20mm)	SPC	0.1			+ type
0.5	SPC - Coarsely fine-grained extremely sandstone/light gravel nodules (layers) and the gravel (20mm)	SPC	0.1			+ type
0.6	SPC - Coarsely fine-grained extremely sandstone/light gravel nodules (layers) and the gravel (20mm)	SPC	0.1			+ type
0.7	SPC - Coarsely fine-grained extremely sandstone/light gravel nodules (layers) and the gravel (20mm)	SPC	0.1			+ type
0.8	SPC - Coarsely fine-grained extremely sandstone/light gravel nodules (layers) and the gravel (20mm)	SPC	0.1			+ type
0.9	SPC - Coarsely fine-grained extremely sandstone/light gravel nodules (layers) and the gravel (20mm)	SPC	0.1			+ type
1.0	Pit discontinued at 1.0m refusal					

## Sumuran Uji (Test Pit)

- 7) Mencari kelongsoran geologis dengan membuat/memperluas sumur uji menjadi paritan untuk mendapatkan kedalaman lapisan tanah/batuan.
  - 8) Mendapatkan cara yang mudah untuk penggalian ditinjau dari segi biaya dan untuk menetapkan kedalaman lapisan batuan
  - 9) Mengadakan percobaan di tempat dalam skala besar termasuk percobaan daya dukung pelat dan percobaan pembebanan horisontal.
  - 10) Melokasikan titik bor.
  - 11) Mendapatkan contoh-contoh tanah.
  - 12) Menetapkan kestabilan galian.
- 



## ***Jenis Penyelidikan Tanah***

## 2) Auger Boring

Prosedur: pengeboran secara manual dengan memutar dan menekan sebuah auger kedalam tanah dan mengeluarkan tanah yang terjaring dalam auger.

Penggunaan/keuntungan:

- Digunakan pada daerah yang susah dicapai.
- Sederhana, tidak membutuhkan alat canggih dan keterampilan khusus.
- Tidak terlalu mengganggu struktur tanah.

Keterbatasan:

- Terbatas untuk pengeboran dangkal





## Pemboran Tangan (Hand Boring)

Pemboran tangan biasanya digunakan untuk pengambilan contoh tanah dalam lapisan dangkal (< 10,00m). Kegunaan untuk mendapatkan keterangan mengenai tanah, jenisnya, sifat-sifat fisis dan keadaan tanah itu sendiri.

Peralatan:

Bor jenis Iwan diameter 10cm dengan mata bor helical, stang bor, pemutar stang bor, tabung sampel ukuran diameter 6,8cm dan panjang 40cm, kepala pengambil sampel diameter 6,8cm.



Sipil Itenas 2012 – Page 13

## Jenis Penyelidikan Tanah

### 4) Pengeboran Inti (Core Drilling)

Prosedur: pengeboran dilakukan dengan mesin bor rotari. Tanah diambil dengan memutar dan menekan tabung dengan mata bor pada ujung bawah. Tabung tunggal digunakan untuk tanah tanpa sirkulasi air. Tabung ganda atau triple digunakan untuk batuan bersamaan dengan sirkulasi air jernih.

Penggunaan/keuntungan:

- Digunakan pada berbagai jenis tanah tingkat kekerasannya dan tidak sensitif.
- Dapat digunakan pada batuan.
- Dapat mengidentifikasi langsung dengan mengamati contoh tanah atau batuan dalam tabung.

Sipil Itenas 2012 – Page 15

## Jenis Penyelidikan Tanah

### 3) Pengeboran Bilas (Wash Boring)

Prosedur: pengeboran dilakukan dengan mesin bor rotari. Tanah dikorek dan dibilas dari dasar lubang bor dengan sirkulasi air.

Penggunaan/keuntungan:

- Dapat digunakan pada hampir segala jenis tanah.
- Sangat dianjurkan untuk tanah lunak dan sensitif.
- Relatif tidak mengganggu struktur tanah dengan pengoperasian yang baik.

Keterbatasan:

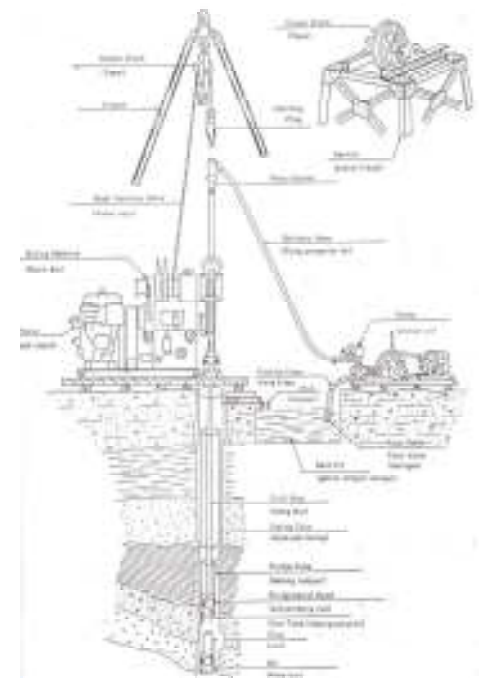
- Tidak dapat mengidentifikasi tanah.
- Kurang sesuai untuk pengeboran pada batuan.
- Kualitas bor sangat tergantung keterampilan juru bor.



Sipil Itenas 2012 – Page 14

## Pemboran Dalam (Deep Boring)

Pengeboran dilakukan dengan memutar dan menekan tabung tunggal yang dilengkapi mata bor pada ujung bawah dengan bantuan mesin bor rotari. Tanah yang masuk ke dalam tabung dikeluarkan secara periodik. Untuk kedalaman di atas muka air tanah, air sering dituangkan ke dalam lubang bor untuk melumasi mata bor. Pipa casing umumnya digunakan untuk mencegah runtuhnya lubang bor.



## Pengambilan Sampel Tanah

**Pengambilan sampel tanah tidak asli (*disturbed sample*):** sampel diambil dari sampel tanah dengan bor. Tanah yang diambil adalah sampel dari setiap lapisan yang ditentukan dengan pemeriksaan visual. Sampel tanah dimasukkan kedalam kantong plastik dan diberi label.

**Pengambilan sampel tanah asli (*undisturbed sample*):** sampel tanah diambil dengan menggunakan tabung sampel (diameter 6,8 cm dan panjang 40cm) dengan cara ditekan perlahan-lahan. Kedua ujung tabung sampel diratakan dan dibersihkan dan diberi parafin sebagai isolator.



Sipil Itenas 2012 – Page 17

## Jenis Pengujian di Lapangan

### 1) Uji Penetrasi Standar (*Standard Penetration Test, SPT*)

Paramater yang didapat: Nilai N-SPT.

Sifat tanah yang dapat langsung diperoleh atau melalui korelasi:

- Identifikasi kepadatan pasir.
- Identifikasi kekerasan tanah lempung.
- Kuat geser tanah lempung.
- Sudut geser tanah pasir.

Pengujian ini biasanya dilakukan pada pekerjaan pengeboran. Perlu diperhatikan standarisasi energi.



Sipil Itenas 2012 – Page 19

## Jenis Penyelidikan Tanah

Keterbatasan:

- Tidak sesuai untuk tanah lunak dan sensitif.
- Dapat mengganggu struktur pasir bila muka air tanah dijaga.
- Kualitas bor sangat tergantung keterampilan juru bor.



Sipil Itenas 2012 – Page 18

## Jenis Pengujian di Lapangan



Sipil Itenas 2012 – Page 20

# Jenis Pengujian di Lapangan

Sand		Clay	
N SPT value	Relative Density	N SPT value	Consistency
0 – 4	Very Loose	<2	Very Soft
4 – 10	Loose	2 – 4	Soft
10 – 30	Medium	4 – 8	Medium
30 – 50	Dense	8 – 15	Stiff
>50	Very Dense	15 – 30	Very Stiff
		>30	Hard

N Value	Friction Angle, $\phi'$ (Deg.)	Relative Density, $D_r$ (%)	Description	N Value	Unconfined Compression Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Consistency
Less than 4	25 - 28	Less than 15	Very loose	Less than 2	Less than 0.25	Very soft
4 - 10	29 - 32	15 - 60	Loose	2 - 5	0.25 - 0.50	Soft
10 - 30	33 - 35	60 - 75	Medium	5 - 9	0.50 - 1.00	Medium
30 - 50	36 - 40	75 - 90	Dense	9 - 17	1.00 - 2.00	Stiff
Over 50	41 - 45	Over 90	Very dense	17 - 33	2.00 - 4.00	Very stiff
				Over 33	Over 4.00	Hard

Sipil Itenas 2012 – Page 21

# Jenis Pengujian di Lapangan

## 2) Uji Sondir Mekanis (Cone Penetration Test, CPT)

Paramater yang didapat: Nilai konus qc, friksi lokal fs.

Sifat tanah yang dapat langsung diperoleh atau melalui korelasi:

- Identifikasi jenis tanah serta kepadatan dan kekerasan.
- Kuat geser tanah lempung dan pasir.

Pengujian ini biasanya kurang sensitif untuk tanah lempung yang sangat lunak. Biasanya harus diikuti pengeboran tangan pada penyelidikan detail.



Sipil Itenas 2012 – Page 22

# Sondir

**Kegunaan:** untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah keras serta sifat daya dukung maupun daya lekat setiap kedalaman.

Alat yang digunakan adalah Dutch Cone Penetrometer dengan bikonus jenis Begemann dengan kapasitas maksimum 250 kg/cm<sup>2</sup>.



Sipil Itenas 2012 – Page 23

# Sondir

## Keuntungan:

- 1) Dapat dengan cepat menentukan tanah keras.
- 2) Dapat diperkirakan perbedaan lapisan.
- 3) Dengan rumus empiris hasilnya dapat digunakan untuk menghitung daya dukung tiang.
- 4) Cukup baik untuk digunakan pada lapisan yang berbutir halus.

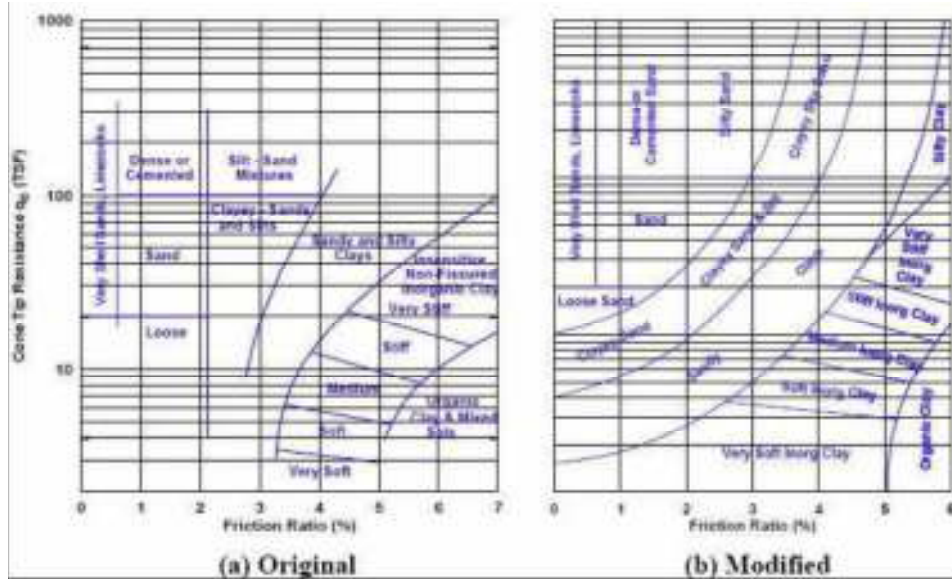
## Kerugian:

- 1) Jika terdapat batuan lepas bisa memberikan indikasi lapisan tanah keras yang salah.
- 2) Tidak dapat mengetahui jenis tanah secara langsung.
- 3) Jika alat tidak lurus dan konus tidak bekerja dengan baik maka hasil yang diperoleh bisa meragukan.

Sipil Itenas 2012 – Page 24



# Sondir



Sipil Itenas 2012 – Page 25

# Sondir Elektrik

**Sondir Elektrik** mampu mengukur tekanan konus dan tekanan friksi secara menerus dengan akurasi jauh lebih baik daripada sondir mekanik.

Koreksi berat tiang tekan seperti yang dilakukan untuk sondir mekanik tidak perlu dilakukan untuk sondir listrik karena sensor tepat berada diujung konus.



Sipil Itenas 2012 – Page 27

## Jenis Pengujian di Lapangan

### 3) Uji Sondir Elektrik (*Electric Cone Test, Piezocone Test*)

Paramater yang didapat: Nilai konus  $q_c$ , friksi lokal  $f_s$  dan tegangan air pori.

Sifat tanah yang dapat langsung diperoleh atau melalui korelasi:

- Identifikasi jenis tanah serta kepadatan dan kekerasan.
- Kuat geser tanah lempung.
- Koefisien konsolidasi lateral dari uji disipasi.

Pengujian ini dianjurkan untuk tanah liat sangat lunak seperti pada proyek reklamasi. Biasanya harus diikuti pengeboran tangan pada penyelidikan detail.



Sipil Itenas 2012 – Page 26

## Sondir Elektrik

**Sondir Elektrik** ada yang dilengkapi sensor untuk mengukur tekanan air pori yang sangat berguna untuk penentuan jenis tanah:

- Tekanan air pori yang cenderung sama dengan tekanan hidrostatik menunjukkan tanah jenis pasir.
- Tekanan air pori yang lebih besar dari tekanan hidrostatik menunjukkan tanah liat lunak hingga sedang.
- Untuk tanah liat atau pasir sangat padat, tekanan air pori cenderung lebih kecil daripada tekanan hidrostatik.

Sipil Itenas 2012 – Page 28

# Jenis Pengujian di Lapangan

## 4) Uji Baling-Baling (*Field Vane Shear Test*)

Paramater yang didapat: kuat geser tanah.

Sifat tanah yang dapat langsung diperoleh atau melalui korelasi:

- *Field vane shear strength.*

Hasil pengujian ini perlu dikoreksi untuk mendapatkan kuat geser yang sesuai.



Sipil Itenas 2012 – Page 29

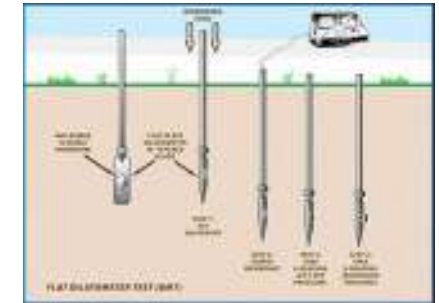
# Jenis Pengujian di Lapangan

## 6) Uji Beban Lateral Pipih (*Dilatometer Test - DMT*)

Paramater yang didapat: modulus dilatometer  $E_D$ , indeks material  $I_D$ , Indeks tegangan horisontal  $K_D$ , indeks tegangan air pori ( $U_D$ )

Sifat tanah yang dapat langsung diperoleh atau melalui korelasi:

- Identifikasi jenis tanah serta kepadatan dan kekerasan.
- Modulus deformasi.
- Kuat geser tanah lempung.



Sipil Itenas 2012 – Page 31

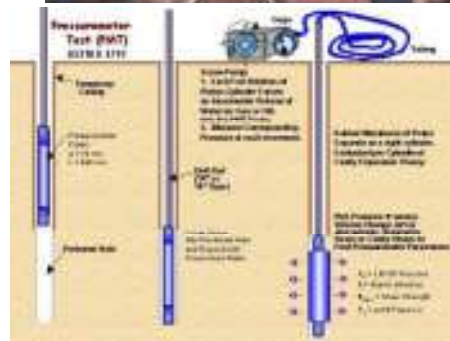
# Jenis Pengujian di Lapangan

## 5) Uji Beban Lateral Silinder (*Pressuremeter Test - PMT, Lateral Load Test - LLT*)

Paramater yang didapat: initial pressure  $p_o$ , yield pressure  $p_y$ , limit pressure  $p_l$ , pressuremeter modulus ( $E_M$ )

Parameter yang diperoleh dapat digunakan langsung untuk menghitung daya dukung dan penurunan.

Pengujian ini sangat tergantung dari persiapan lubang bor.



Sipil Itenas 2012 – Page 30

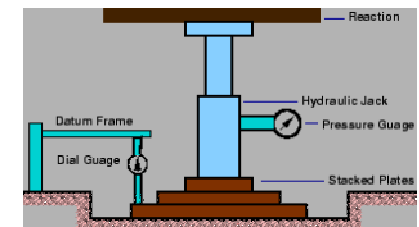
# Jenis Pengujian di Lapangan

## 7) Uji Beban Pelat (*Plate Bearing Test*)

Paramater yang didapat: modulus deformasi  $E$ , kuat geser tanah lempung ( $S_u$ )

Sifat tanah yang didapat hanya berlaku pada kedalaman  $2x$  sisi pendek pelat.

Perlu diinterpretasi dengan hasil pengujian yang lain bila dilakukan uji tunggal.



Sipil Itenas 2012 – Page 32



## PELATIHAN TEKNISI LAB. MEKTAN DINAS BINA MARGA KAB. PURWAKARTA

**INSTRUKTUR:**  
**DR. YUKI ACHMAD YAKIN, ST, MT**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
**BANDUNG 2019**

## Proses Pembentukan Tanah

Proses pembentukan tanah adalah perubahan dari bahan induk menjadi lapisan tanah. Perkembangan tanah dari bahan induk yang padat menjadi bahan induk yang agak lunak, selanjutnya berangsur-angsur menjadi tanah pada lapisan bawah (subsoil) dan lapisan tanah bagian atas (topsoil), dalam jangka waktu lama sampai ratusan tahun hingga ribuan tahun.

Perubahan-perubahan dari batuan induk sampai menjadi tanah karena batuan induk mengalami proses pelapukan yaitu proses penghancuran karena iklim.



## Proses Pembentukan Tanah

Faktor-faktor pembentukan tanah:

### 1) Iklim

Suhu, jika suhu semakin tinggi maka makin cepat pula reaksi kimia berlangsung.

Curah hujan, makin tinggi curah hujan, makin tinggi pula tingkat keasaman tanah.

### 2) Bahan Induk

Yang dimaksud bahan induk adalah bahan penyusun tanah itu sendiri yang berupa batuan

### 3) Organik

Bahan organik berpengaruh dalam pembentukan warna dan zat hara dalam tanah.

## Proses Pembentukan Tanah

### 4) Makhluk Hidup

Semua makhluk hidup berpengaruh. Baik itu jasad renik, tumbuhan, hewan bahkan manusia

### 5) Topografi

Topografi alam dapat mempercepat atau memperlambat kegiatan iklim. Misalnya pada topografi miring membuat kecepatan air tinggi dan dapat menyebabkan terjadinya erosi.

### 6) Waktu

Lamanya bahan induk mengalami pelapukan dan perkembangan tanah memainkan peran penting dalam menentukan jenis tanah yang terbentuk.



# Jenis-jenis Tanah

Berdasarkan proses pembentukannya, tanah dapat dibagi menjadi 4 jenis yaitu:

- 1) Tanah residual (*residual soil*).
- 2) Tanah colluvial (*colluvial soil*).
- 3) Tanah endapan air (*water transported soil*).
- 4) Tanah endapan angin (*wind transported soil*).
- 5) Tanah endapan sungai es (*soil of glacial origin*)



Sipil Itenas 2012 – Page 5

# Tanah Residual

Tingkat pelapukan bervariasi terhadap kedalaman. Celah dan rekahan pada batuan akan mempercepat proses pelapukan.

Lapisan tanah residual yang terdalam pada umumnya masih memiliki susunan komposisi mineral dan orientasi butiran dari batuan asal. Kedalaman pelapukan sangat tergantung pada jenis batuan, permeabilitas, dan tingkat sementasi batuan.

Istilah (tingkat pelapukan)	Profil Tanah / Batuan	Uraian
Tanah Atas (Aposol)		Umumnya berwarna gelap
Tanah Residual		Material batuan telah menjadi tanah seluruhnya
Pelapukan Meluruh (completely weathered)		Struktur mineral material batuan telah lepas dan hancur menjadi tanah
Pelapukan Tingkat Tinggi (highly weathered)		Lebih dari 95% material batuan telah lepas menjadi tanah
Pelapukan Sedang (moderately weathered)		Kurang dari 95% material batuan telah lepas menjadi tanah
Pelapukan Tingkat Rendah (slightly weathered)		Perubahan warna batuan yang menandakan pelapukan batuan dimulai
Batuan Segar (fresh rock)		Tidak ada tanda batuan mengalami pelapukan

Sipil Itenas 2012 – Page 7

# Tanah Residual

Tanah residual adalah tanah yang terbentuk dari proses penghancuran dan pelapukan batuan dasar dan masih berada di tempat asalnya. Tekstur tanah residual tergantung kepada kondisi lingkungan dimana tanah tersebut terbentuk dan kepada tipe batuan induknya.

Granite menghasilkan lanau, pasir, kelanauan, dengan komposisi mineral mica dan lempung kaolin yang bervariasi. Basalt menghasilkan lempung dengan kadar montmorillonite yang tinggi bersifat plastis.



Sipil Itenas 2012 – Page 6

# Tanah Colluvial

Tanah colluvial adalah tanah yang terbentuk dari tanah yang berpindah dari tempat asalnya akibat gaya gravitasi pada saat kejadian keruntuhan lereng.

Jenis Material :  
Boulder (>300mm),  
cobbles (>75mm),  
tanah asal lereng.

Sifat-sifat tanah colluvial: Tanah colluvial di atas lereng umumnya tidak stabil



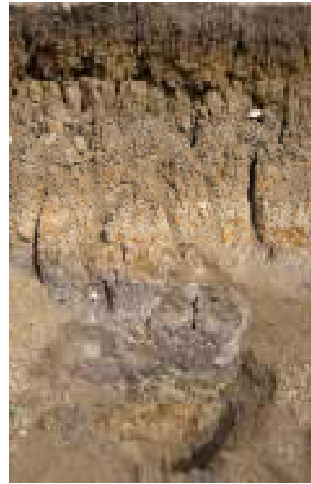
Figure 8.1. Colluvial material

Sipil Itenas 2012 – Page 8

## Tanah Endapan Air

Tanah endapan air dibagi menjadi 3 golongan, tergantung dari macam air yang mengangkut dan mengendapkannya, yaitu:

- 1) Tanah *alluvium* (oleh air sungai).
- 2) Tanah *lacustrine* (di danau).
- 3) Tanah *marina* (di pantai / air laut)



Sipil Itenas 2012 – Page 9

## Tanah Endapan Air - Lacustrine

Tanah alluvium terbentuk ketika danau berfungsi sebagai tempat pengendapan dari partikel-partikel tanah yang terbawa oleh air sungai yang bermuara di danau tersebut. Di daerah yang gersang, proses sedimentasi akan menyebabkan danau lambat laun menjadi dangkal dan mengering pada musim kering. Di daerah yang lembab, ketika danau terisi sedimen dan menjadi dangkal, tumbuh-tumbuhan di sekitar tepian danau meningkat.

Pembusukan material tumbuh-tumbuhan ini menghasilkan bahan organik yang mengendap bersama dengan lanau dan lempung hingga terbentuk tanah organik → tanah gambut → tanah rawa (*marshland*)



Sipil Itenas 2012 – Page 11

## Tanah Endapan Air - Alluvium

Tanah alluvium terbentuk ketika air sungai dari pegunungan mencapai dataran rendah. Partikel-partikel kecil yang terapung di dalam air sungai terbawa ke daerah hilir relatif tanpa mengalami perubahan secara fisik. Partikel-partikel yang lebih besar seperti pasir, kerikil dan kerakal, diangkut dan berguling di dasar sungai, akibatnya partikel ini akan terkikis dan berbentuk bulat.

Daerah alluvial yang luas akan terbentuk dimana air sungai pegunungan mencapai dataran rendah. Proses ini terus berlanjut hingga terbentuk dataran alluvial dan aliran sungai mengalami perubahan arah.



Sipil Itenas 2012 – Page 10

## Tanah Endapan Air - Marina

Tanah marina terbentuk ketika air sungai bermuara di laut. Ketika kecepatan air sungai bekurang, partikel-partikel kasar yang dibawa air sungai akan diendapkan terlebih dahulu dan partikel yang lebih halus diendapkan kemudian di kejauhan. Proses sedimentasi yang terjadi mirip dengan yang terjadi di daerah danau yaitu pengendapan terjadi di air yang relatif tenang dan bebas dari pengaruh ombak.

Partikel-partikel halus yang diendapkan di air asin akan terflokulasi dan membentuk lempung marina yang sangat sensitif. Lempung marina umumnya bersifat lunak dan sangat mudah dimampatkan dan hanya mampu memikul beban ringan.



Sipil Itenas 2012 – Page 12

## Tanah Endapan Angin

Pergerakan angin melalui daerah bertanah pasir atau lanau yang luas akan membawa partikel-partikel berukuran pasir dan lanau. Partikel-partikel yang berukuran lebih besar dari 0.05 mm (pasir) akan berguling atau terangkat ke udara untuk jarak yang relatif pendek dan akan tertumpuk membentuk bukit-bukit pasir (*sand dunes*).

Partikel-partikel lanau yang lebih halus akan terbawa ke daerah yang lebih jauh. Angin mensortir butiran-butiran pasir dan mengendapkannya dengan ukuran butir yang relatif seragam dan umumnya dalam keadaan lepas (*loose condition*).



Sipil Itenas 2012 – Page 13

## Tanah-Tanah Khusus

Perilaku tanah sering tergantung dari keberadaan material tanah yang khusus, contohnya:

- 1) Tanah *expansive*.
- 2) Tanah *collapsible*.
- 3) Quick clay
- 4) Tanah organic



Sipil Itenas 2012 – Page 15

## Tanah Endapan Sungai Es

Material tanah yang diendapkan langsung oleh es disebut dengan TILL dimana tanah jenis ini sangat beragam teksturnya, partikelnya bervariasi dari kerakal (*boulder*) hingga lempung. Air yang mencair dari lempengan-lempengan es membawa pasir dan kerikil dan mengendapkannya di depan sungai es dan disebut OUTWASH.

Ketika ujung depan sungai es tetap stationer selama bbrp tahun, aliran material yang terbawa oleh yang mencair akan menumpuk dalam bentuk bukit di depan sungai es → TERMINAL atau END MORRAINES.



Sipil Itenas 2012 – Page 14

## Tanah Expansive

Tanah *expansive*, yaitu tanah yang berpotensi mengalami pengembangan (peningkatan volume) bila terekspos terhadap air.

Misalnya clay shales dan tanah lempung dengan kadar montmorillonite yang tinggi.



Sipil Itenas 2012 – Page 16



## Tanah Collapsible

Tanah *collapsible*, yaitu tanah dengan potensi pengurangan volume yang besar ketika mengalami peningkatan kadar air. Perubahan volume terjadi tanpa adanya perubahan beban eksternal.

Misalnya tanah loess, pasir dan lanau bersementasi lemah (gypsum/halite) yang mudah larut dalam air. Tanah *collapsible* ini umumnya dijumpai di daerah gersang.



Sipil Itenas 2012 – Page 17

## Tanah Organik

Tanah organik merupakan tanah yang mengandung banyak komponen organik, ketebalannya dari beberapa meter hingga puluhan meter di bawah tanah. Tanah jenis ini umumnya berkuat geser rendah dan mudah mengalami penurunan yang besar.

Mengandung massa kayu berserat, berwarna gelap hitam, berbau tumbuhan yang membusuk



Sipil Itenas 2012 – Page 19

## Quick Clay

*Quick clay* merupakan tanah lempung yang sangat peka (*high sensitivity*) terhadap gangguan. Kekuatan geser tanah ini akan berkurang drastis ketika mengalami gangguan. Semua quick clay merupakan lempung marina dengan kadar kepekaan lebih besar dari 15.

Kadar kepekaan adalah perbandingan antara kuat geser tanah asli dengan kuat geser tanah terganggu.

$$S_t = \frac{q_{u, \text{tidak terganggu}}}{q_{u, \text{terganggu}}}$$



St	Derajat Kepekaan	
<4	Tidak sensitif	Kebanyakan lempung pada umumnya
4 < St < 8	Sensitif	
> 8	Sangat sensitif	

Sipil Itenas 2012 – Page 18

## Komposisi Tanah

**Tanah** adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

- 1) Berangkal (*boulders*), potongan batuan yang besar, biasanya ukurannya lebih besar dari 250 – 300 mm.
- 2) Kerakal (*cobbles*) atau *pebbles*, partikel batuan yang berukuran 150 – 250 mm.
- 3) Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 – 150 mm.
- 4) Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 – 5 mm. Berkisar dari kasar (3 – 5 mm) sampai halus (< 1 mm).
- 5) Lanau (*silt*), partikel batuan yang berukuran dari 0,005 – 0,074 mm.
- 6) Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran dari 0,001 – 0,005 mm.
- 7) Koloid (*colloids*), partikel mineral yang diam, berukuran lebih kecil dari 0,001mm.

Sipil Itenas 2012 – Page 20

## Definisi Dasar

- 1) Berat isi tanah ( $\gamma$ ) adalah perbandingan antara berat tanah dan volume tanah.

$$\gamma = \frac{\text{berat tanah}}{\text{volume tanah}}$$

Dalam mekanika tanah dikenal beberapa definisi berat isi tanah: berat isi basah ( $\gamma_m$ ), berat isi jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), berat isi kering ( $\gamma_d$ )

- 2) Kerapatan tanah ( $\rho$ ) adalah perbandingan antara massa tanah dan volume tanah.

$$\rho = \frac{\text{massa tanah}}{\text{volume tanah}}$$

## Definisi Dasar

- 3) Angka pori (*void ratio*)  $e$  didefinisikan sebagai:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \text{ dimana } 0 < e < \infty$$

Nilai-nilai khas untuk angka pori untuk pasir berkisar 0.5 – 0.8, sedangkan untuk tanah kohesif berkisar 0.7 – 1.1.

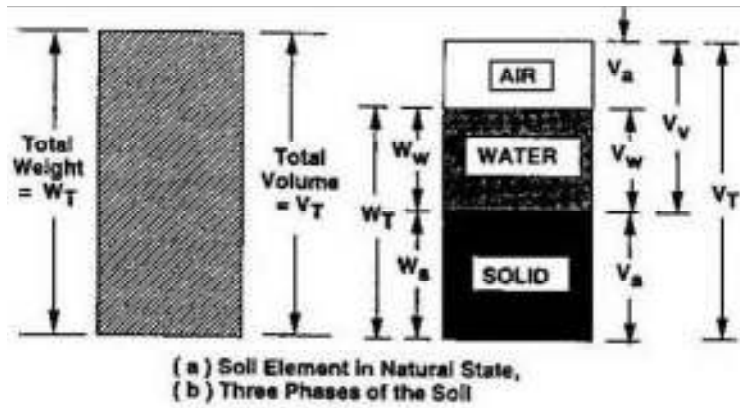
- 4) Porositas (*porosity*)  $n$  didefinisikan sebagai:

$$n = \frac{V_v}{V_T} \text{ dimana } 0 \leq n \leq 1$$

dengan  $V_T = V_v + V_s$  maka:

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

## Definisi Dasar



Hubungan antara volume dan berat pada suatu massa tanah.

## Definisi Dasar

- 5) Kadar air (*water content*)  $w$  didefinisikan sebagai:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \text{ dalam \% dimana } 0 \leq w \leq \infty$$

- 6) Derajat kejenuhan (*degree of saturation*)  $S$  didefinisikan sebagai:

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \text{ dalam \% dimana } 0 \leq S \leq 100$$

- 7) Berat jenis (*specific gravity*)  $G_s$  didefinisikan sebagai:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \gamma_w}$$

dimana:  $\gamma_s$  = berat satuan butiran tanah (tanpa pori). Nilai khas  $G_s$  untuk tanah berkisar antara 2.65 sd 2.72.

# Hubungan antar Parameter Dasar

(a) Unit weight of mass  $\gamma = \frac{G + Se}{1 + e} \gamma_s$

(b) Unit weight of mass  $\gamma = \frac{1 + w}{1 + e} G \gamma_s$

(c) Dry unit weight  $\gamma_d = \frac{G}{1 + e} \gamma_s$ ;  $\gamma_d = \frac{G}{1 + wG/S} \gamma_s$

(d) Submerged or buoyant unit weight  $\gamma_b = \frac{G - 1}{1 + e} \gamma_s$

(e)  $V_s = \frac{e}{1 + e} V$  (f)  $V_v = \frac{1}{1 + e} V$

(g)  $V_v = \frac{Se}{1 + e} V$  (h)  $W_s = \frac{Se}{1 + e} W \gamma_s$

(i)  $W_s = \frac{1}{1 + e} V G_s \gamma_s$  (j)  $W = \frac{G + Se}{1 + e} V \gamma_s$

where  $\gamma$  = unit weight of mass  
 $\gamma_b$  = submerged unit weight  
 $\gamma_d$  = dry unit weight of soil  
 $\gamma_s$  = unit weight of solids  
 $W$  = total weight of soil mass  
 $V$  = total volume of soil mass  
 $G$  = specific gravity of solids

Sipil Itenas 2012 – Page 25

Contoh 2-4. Diketahui: Tanah tanah sebesar 1870 g dipadatkan ke dalam mold (mold) yang mempunyai volume 1000 cm<sup>3</sup>. Tanah dipadatkan ke dalam oven dan ditimbang sampai berat konstan 1677 g. Berat jenis  $G_s$  dianggap sebesar 2,65.

DITANYA: Hitung konstanta berikut ini!

- Kadar air  $w$
- Berat satuan kering  $\gamma_d$
- Porositas  $n$
- Derajat kejenuhan  $S$
- Berat satuan jenuh  $\gamma_{sat}$

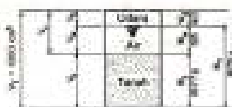
PENYELESAIAN: Ditanyakan supaya para mahasiswa membuat diagram blok apabila hendak menyelesaikan masalah seperti di atas, sebagai alat pembantu untuk menentukan apa yang diketahui dan apa yang ditanya. Diagram blok pada awalnya adalah berbentuk seperti yang diperlihatkan pada Gambar E2-1a.

Langkah 1. Hitung kadar air  $w$ :

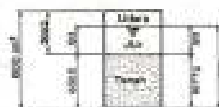
Apabila tanah dikeringkan di dalam oven, kehilangan dalam berat hanyalah akibat hilangnya air yang menguap. Timbangan oven tidak cukup tinggi untuk menguapkan seluruhnya sendiri; oleh karena itu,

$$W_w = 1870 - 1677 = 193 \text{ g}$$

$$w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{193}{1677} \times 100 = 11,5 \text{ persen}$$



Gambar E2-1a



Gambar E2-1b

Langkah 2. Hitung berat satuan kering:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{1677}{1000} = 1,677 = 16,77 \text{ kN/m}^3$$

Langkah 3. Hitung porositas  $n$ :

Dengan menggunakan kembali Persamaan (2-4) untuk mendapatkan

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_s} = \frac{1677}{2,65(9,81)} = 639,5 \text{ cm}^3$$

Volume total adalah 1000; maka volume ruang kosong adalah

$$V_v = 1000 - 639,5 = 360,5 \text{ cm}^3$$

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{360,5}{1000} = 0,3605 = 36,05 \text{ persen}$$

Perhitungan yang sama memberikan angka pori sebesar 0,586 (para-baca harus mem-buktikan sendiri nilai ini). Pada saat ini pembuatan kembali diagram blok dengan manukan-manukan yang baru (Gambar E2-1 b).

Langkah 4. Hitung derajat kejenuhan  $S$ :

Berat air dari Langkah 1 adalah 193 g; dengan menggunakan Persamaan (2-4) di atas kembali,

$$V_w = \frac{W_w}{G_w \gamma_w} = \frac{193}{1(9,81)} = 19,67 \text{ cm}^3$$

Dari ini, pembaca harus memperhatikan bahwa apabila memukul gitar dan anti-meter,  $V_w = V_u$ .

$$S = \frac{V_w}{V_v} = \frac{19,67}{360,5} = 0,0546 = 5,46 \text{ persen}$$

Langkah 5. Hitung berat satuan jenuh  $\gamma_{sat}$ :

Berat satuan jenuh didapatkan apabila ruang-ruang kosong terisi penuh oleh air; maka,

$$\gamma_{sat} = \gamma_s + \text{berat air dalam } V_v$$

$$\gamma_{sat} = 16,77 + \frac{(360,5)(9,81)(9,807)}{1000} = 20,07 \text{ kN/m}^3$$

Sipil Itenas 2012 – Page 26

Contoh 2-4. Diketahui: Contoh tanah yang jenuh dengan berat jenis 2,67 dan data kadar air sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Berat tempai} + \text{tanah basah} &= 130,63 \text{ g} \\ \text{Berat tempai} + \text{tanah kering} &= 131,38 \text{ g} \\ \text{Berat tempai} &= 26,48 \text{ g} \end{aligned}$$

DITANYA:

- Kadar air dari tanah
- Berat satuan kering dan jenuh dari tanah (untuk satuan SI dan lbs)

PENYELESAIAN: Gambarkan diagram blok (Gambar E2-9) dan pasang data yang di-dih dan hasilnya pada diagram tersebut, sesuai definisi.

Langkah 1. Hitung kadar air dari data kadar air yang diberikan:

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah kering} &= 131,38 - \text{berat tempai} \\ &= 131,38 - 26,48 = 104,90 \text{ g} \\ \text{Berat air} &= 130,63 - 131,38 = -0,75 \text{ g} \end{aligned}$$

deretnya kadar air dihitung sebagai

$$w = \frac{104,90}{104,90} = 100 = 10,1 \text{ persen}$$

Langkah 2. Tentukan berat satuan kering dan jenuh:

Anggap  $P_r = 1,0$ . Akan lebih mudah memahami untuk menganggap  $P_r = 1,0$  untuk data yang diberikan, tetapi ini untuk menggambarkan bahwa volume yang sama saja dapat dianggap. Dengan  $P_r = 1,0$ , porositas  $n$  adalah

$$n = \frac{V_v}{V} = P_r$$

dan volume butir adalah

$$V_s = V_r - V_v = 1 - n \quad \text{nilai-nilai diperlihatkan pada Gambar E2-4}$$



Gambar E2-4

Dari Gambar E2-4, definisi  $n$ , dan mengambil  $P_r = 1,0$ ,

$$\begin{aligned} V_s &= nV_s = nV_s = n(1 - n)V_s \\ &= 0,101(1 - 0,101) = 0,0909 = 0,0909 \end{aligned}$$

Oleh karena  $P_r = 1 = V_s + V_v$ , maka kita dapat menambahkan nilai-nilai yang ada.

$$0,0909 = 0,0909 + 1 - n = 1,0 \quad n = 0,101 \text{ (tentang)}$$

dan volume butir adalah

$$V_s = 1 - n = 1 - 0,101 = 0,899$$

dan maka berat satuan kering langsung dapat dihitung sebagai

$$\begin{aligned} \gamma_d &= \frac{W_s}{V} = \frac{0,0909(2,67)(9,807)}{1} = 2,35 \text{ kN/m}^3 \\ &= 0,674(2,67)(9,807) = 17,25 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

Berat satuan jenuh dihitung sebagai (dengan menggunakan definisi untuk kadar air)

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= \gamma_d + W_w \\ &= 17,25 + 0,101(17,25) = 20,84 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

dan dalam satuan-satuan lbs, berat satuan jenuh adalah

$$\gamma_{sat} = \frac{20,84}{9,807} (62,4) = 132,8 \text{ lb/ft}^3$$

Sipil Itenas 2012 – Page 27

## Tanah Kohesif dan Non Kohesif

**Tanah kohesif** adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir – butirnya, misal tanah lempung.

Tanah kohesif dapat bersifat tidak plastis, plastis atau berupa cairan kental, tergantung pada nilai kadar airnya.



**Tanah non kohesif** adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir – butirnya, misal tanah pasir.



Tanah non kohesif tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air.

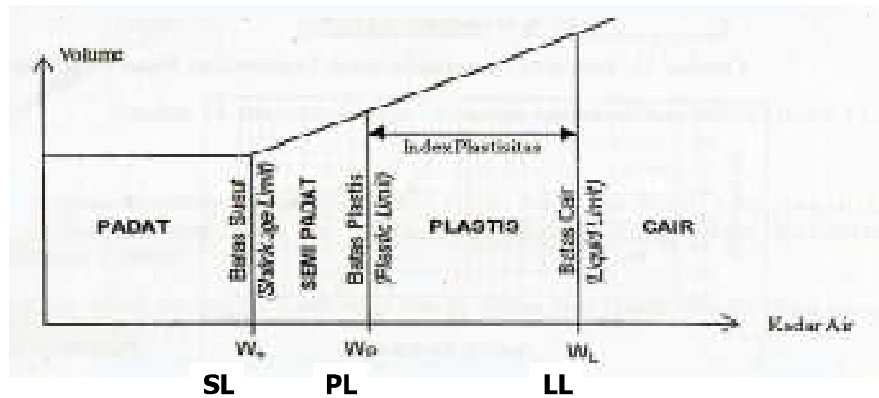
Sipil Itenas 2012 – Page 28



# Batas Atterberg (Batas Konsistensi)

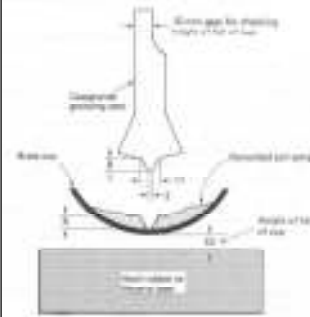
## Atterberg Limits (ASTM D 4318)

Dilakukan pada material tanah yang lolos saringan No. 40 (ukuran 0.425mm)



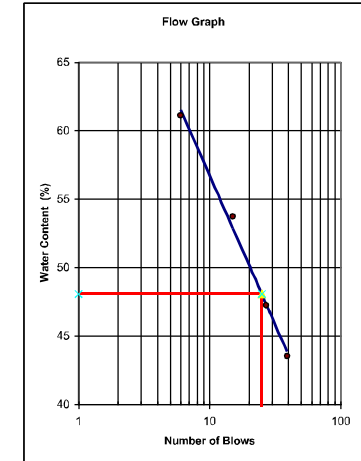
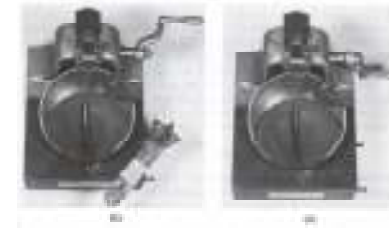
Sipil Itenas 2012 – Page 29

# Batas Atterberg – Batas Cair



LIQUID LIMIT TEST				PLASTIC LIMIT TEST	
TEST NO.	NO. OF BLOWS	WATER CONTENT		TEST NO.	WATER CONTENT
1	6	61.13	%	5	23.75 %
2	15	53.73	%	6	24.85 %
3	27	47.24	%		%
4	39	43.53	%	MEAN VALUE	24.30 %
LIQUID LIMIT				W <sub>L</sub> :	48.06 %
PLASTIC LIMIT				W <sub>p</sub> :	24.30 %
PLASTICITY INDEX				I <sub>p</sub> :	23.76 %

NOTE : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



Sipil Itenas 2012 – Page 31

# Batas Atterberg (Batas Konsistensi)

Menurut **Albert Atterberg**, batas-batas konsistensi tanah didasarkan pada kadar air, yaitu:

- 1) **Batas cair (liquid limit) LL atau w<sub>L</sub>** yaitu kadar air dimana untuk nilai-nilai di atasnya, tanah akan berperilaku sebagai cairan kental.

Batas cair ini didefinisikan secara kasar sebagai kadar air dimana 25 kali pukulan oleh alat batas cair akan menutup celah (*groove*) standar yang dibuat pada lempengan tanah untuk panjang 12,7cm.



Sipil Itenas 2012 – Page 30

# Batas Atterberg (Batas Konsistensi)

- 2) **Batas plastis (plastic limit) w<sub>p</sub>** yaitu kadar air dimana untuk nilai-nilai di bawahnya, tanah tidak lagi berperilaku sebagai bahan yang plastis. Tanah akan bersifat sebagai bahan plastis dalam kadar air yang berkisar antara w<sub>L</sub> dan w<sub>p</sub> yang disebut indeks plastisitas (I<sub>p</sub>):

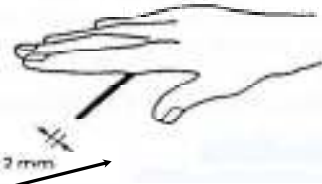
$$I_p = w_L - w_p$$



Batas plastis secara kasar didefinisikan sebagai kadar air dimana selapis tanah yang digulung sampai berdiameter 3 mm akan putus atau terpisah.

Sipil Itenas 2012 – Page 32

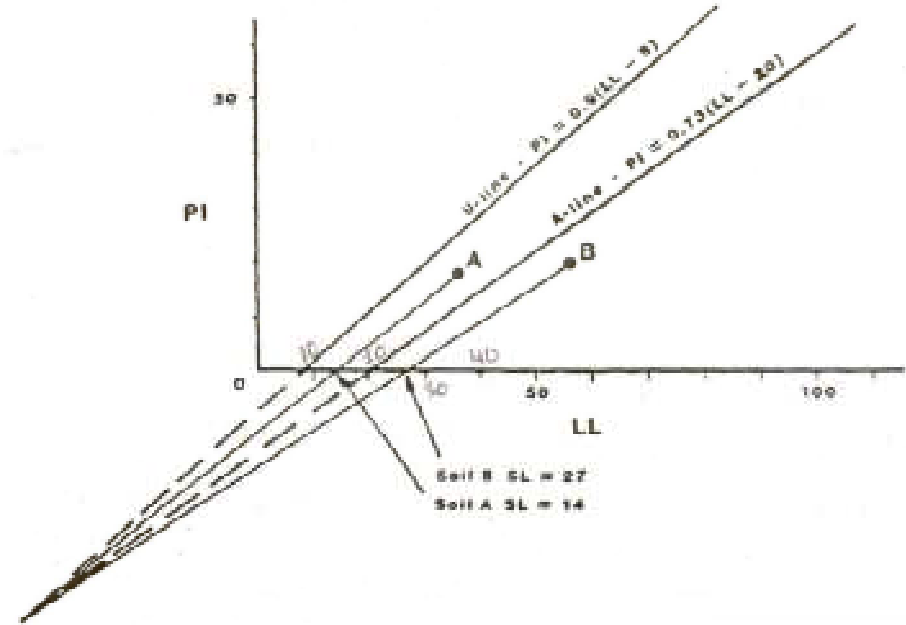
## Batas Atterberg – Batas Plastis



+3.2 mm

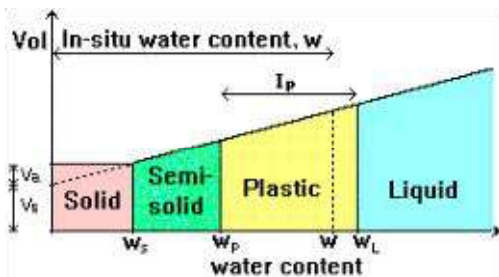
## Batas Atterberg - Batas Susut

Pendekatan Casagrande untuk menentukan Shrinkage Limit:



## Batas Atterberg (Batas Konsistensi)

- 3) **Batas susut (shrinkage limit)  $w_s$**  yaitu kadar air yang didefinisikan pada derajat kejenuhan = 100 %, dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terjadi perubahan volume tanah apabila dikeringkan terus.



## Indeks Konsistensi Tanah

Keadaan konsistensi dari tanah dapat ditentukan melalui suatu hubungan yang disebut **indeks kecairan (liquidity index)  $I_L$**

$$I_L = \frac{w_N - w_p}{I_p}$$

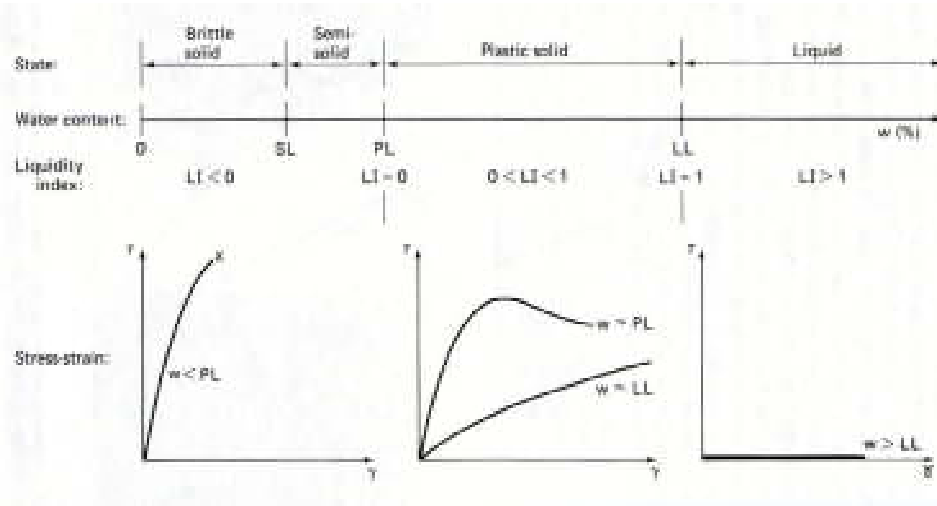
Dimana  $w_N$  adalah kelembaban alamiah atau nilai kadar air suatu tanah di lapangan.

Apabila  $0 < I_L < 1$ , maka tanah berada dalam daerah plastis.

Apabila  $I_L \geq 1$ , maka tanah berada dalam keadaan cair atau hampir cair.

# Perilaku Tegangan - Regangan

Perilaku Stress – Strain Tanah Lempung Berdasarkan Daerah Atterberg Limits



Sipil Itenas 2012 – Page 37

# Tekstur Tanah

**Tekstur tanah** dapat didefinisikan sebagai penampilan visual suatu tanah berdasarkan komposisi kualitatif dari ukuran butiran tanah dalam suatu massa tanah tertentu.

Partikel-partikel tanah yang besar dengan beberapa partikel kecil akan terlihat kasar atau disebut tanah yang **bertekstur kasar**. Gabungan partikel yang lebih kecil akan memberikan bahan yang **bertekstur sedang**, dan gabungan partikel yang berbutir halus akan menghasilkan bahan tanah yang **bertekstur halus**.



Sipil Itenas 2012 – Page 39

## Atterberg Limit - Sifat Mekanik Parameter Tanah Lempung

### Liquid Limit (LL):

$$C_c \approx 0.009(LL - 10\%)$$

untuk NC clay, low - moderate sensitivity

Pada kondisi LL (tanah *remolded*):

$$\text{Undrained shear strength, } s_u \approx 0.03 \text{ kg/cm}^2$$

### Liquidity Index (LI):

Kadar air alami mendekati LL,  $LI \approx 1$ ,  $q_u \approx 0.3 - 1.0 \text{ kg/cm}^2$

Kadar air alami mendekati PL,  $LI \approx 0$ ,  $q_u \approx 1 - 5 \text{ kg/cm}^2$

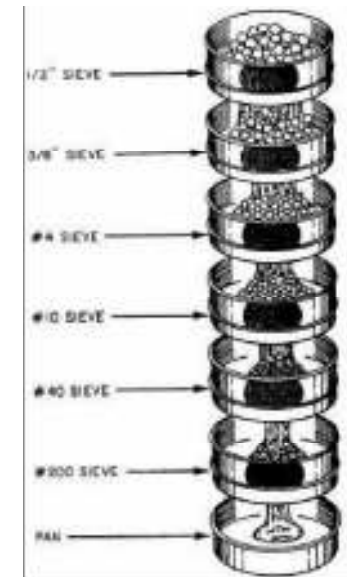
di mana:  $q_u$  = unconfined compressive strength

Sipil Itenas 2012 – Page 38

## Ukuran Butiran Tanah

**Ukuran butiran tanah** tergantung pada diameter partikel tanah yang membentuk massa tanah itu.

Ukuran butiran ditentukan dengan menyaring sejumlah tanah melalui seperangkat saringan yang disusun dengan lubang yang paling besar berada di atas dan makin ke bawah makin kecil. Jumlah tanah yang tertahan pada saringan tertentu disebut sebagai salah satu ukuran butiran contoh tanah itu.



Sipil Itenas 2012 – Page 40



# Analisis Saringan (Sieve Analysis)

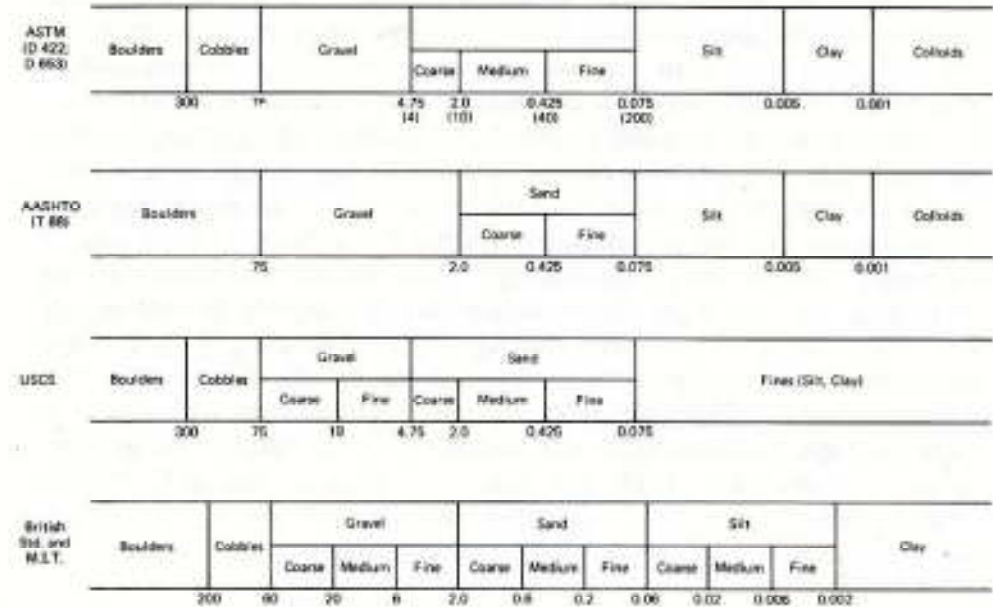
**Analisis Saringan** adalah suatu kegiatan analisis untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah dengan menggunakan ukuran-ukuran saringan standard tertentu yang ditunjukkan dengan lubang saringan (mm).

Sieve Number	Opening Size (mm)
4	4.750
10	2.000
20	0.850
40	0.425
60	0.250
100	0.150
200	0.075



Sipil Itenas 2012 – Page 41

# Ukuran Partikel atau Butiran



Sipil Itenas 2012 – Page 43

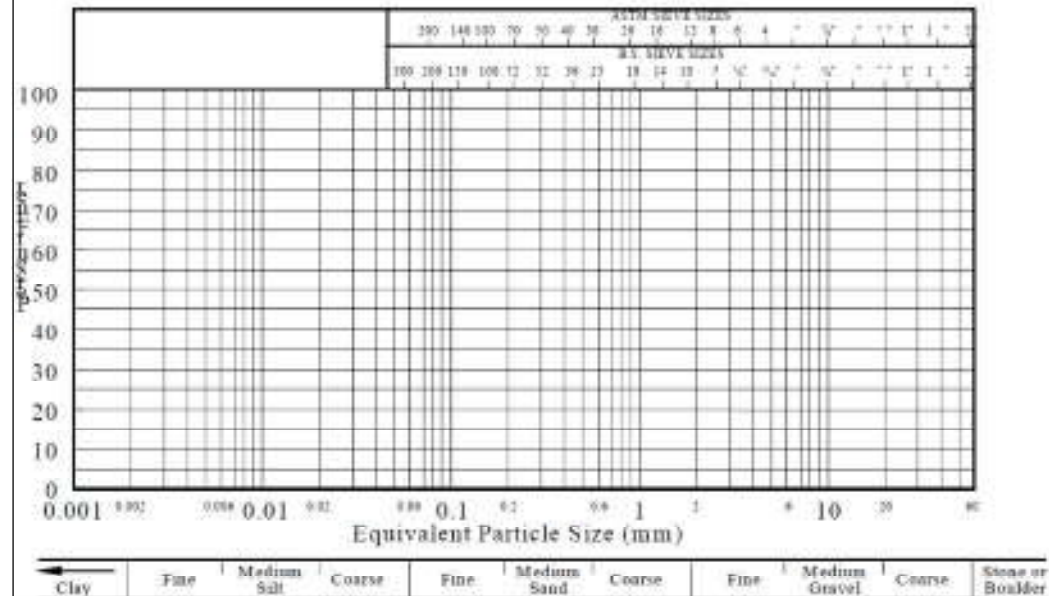
# Analisis Hidrometer

**Analisis Hidrometer** adalah suatu kegiatan analisis untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah berbutir halus yang lolos saringan No. 200 berdasarkan sedimentasi tanah dalam air.



Sipil Itenas 2012 – Page 42

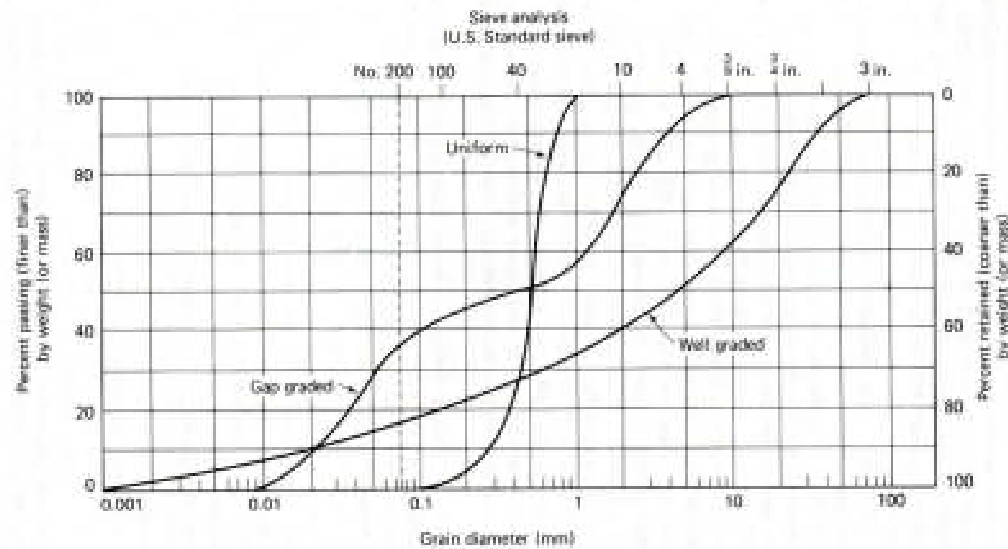
# Analisa Butiran (Sieve Analysis)



Sipil Itenas 2012 – Page 44

# Kurva Analisa Butiran (Sieve Analysis)

## Kurva Distribusi Ukuran Partikel Tanah



Sipil Itenas 2012 – Page 45

# Parameter Bentuk

## Kurva Distribusi Ukuran Partikel Tanah

Koefisien kelengkungan (*coefficient of curvature*)  $C_c$

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

$D_{30}$  = diameter butir yang lolos saringan sebanyak 30 persen

$C_c = 1 - 3$  adalah tanah yang memiliki gradasi baik jika

$C_u > 4$  untuk kerikil

$C_u > 6$  untuk pasir

47

Sipil Itenas 2012 – Page 47

# Parameter Bentuk

## Kurva Distribusi Ukuran Partikel Tanah

Koefisien keseragaman (*coefficient of uniformity*)  $C_u$

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

$D_{60}$  = diameter butir yang lolos saringan sebanyak 60 persen

$D_{10}$  = diameter butir yang lolos saringan sebanyak 10 persen

$C_u = 1$  adalah tanah yang memiliki satu ukuran butir

$C_u = 2$  atau 3 adalah tanah bergradasi buruk

$C_u > 15$  adalah tanah bergradasi baik

46

Sipil Itenas 2012 – Page 46

# Sistem Klasifikasi Tanah

- **Sistem AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)**

Digunakan terutama untuk mengklasifikasikan tanah subgrade

- **Sistem USCS (Unified Soil Classification System)**

Digunakan oleh ASTM (American Society for Testing and Materials) dan the Uniform Building Code (UBC)

Sipil Itenas 2012 – Page 48

# Sistem Klasifikasi Tanah - AASHTO

- AASHTO membagi tanah menjadi 7 kelompok besar: A-1 sampai A-7
- A-1, A-2, dan A-3 :  $\leq 35\%$  lolos ayakan No.200
- A-4, A-5, A-6, dan A-7:  $\geq 35\%$  lolos ayakan No.200
- Kriteria Plastisitas:
  - Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai  $PI \leq 10$ .
  - Nama berlempung dipakai apabila bagian-bagian tanah yang halus mempunyai  $PI > 11$ .

# Sistem Klasifikasi Tanah - AASHTO

TABLE 3-6 Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures\*

General Classification	Granular Materials (25% or less passing 0.075 mm)							Silt-Clay Materials (More than 25% passing 0.075 mm)				
	A-1		A-2	A-3			A-4	A-5	A-6	A-7		
Group classification	A-1-a	A-1-b		A-3-a	A-3-b	A-3-c				A-7-a	A-7-b	A-7-c
Seve analysis, percent passing:												
2.00 mm (No. 10)	10 max.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0.425 mm (No. 40)	10 max., 50 min.	10 min.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0.075 mm (No. 200)	10 max., 15 min.	10 max.	25 max., 35 min.	25 max., 35 min.	25 max., 35 min.	25 max., 35 min.	35 max., 45 min.	35 max., 45 min.	35 max., 45 min.	35 max., 45 min.	35 max., 45 min.	
Characteristics of fraction passing 0.425 mm (No. 40)												
Liquid limit	—	—	40 max., 40 min.	40 max., 40 min.	40 max., 40 min.	40 max., 40 min.	40 max., 40 min.	40 max., 40 min.	40 max., 40 min.	40 max., 40 min.	40 max., 40 min.	
Plasticity index	—	—	10 max., 10 min.	10 max., 10 min.	10 max., 10 min.	10 max., 10 min.	10 max., 10 min.	10 max., 10 min.	10 max., 10 min.	10 max., 10 min.	10 max., 10 min.	
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments, gravel, and sand		Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils			
General rating as subgrade	Excellent to good							Fair to Poor				

\*AS American Association of State Highway and Transportation Officials, 1978. Used by permission.

\*Plasticity index of A-7-b subgroup is equal to or less than 1.1, index 30. Plasticity index of A-7-a subgroup is greater than 1.1, index 30 (see Fig. 3-15).

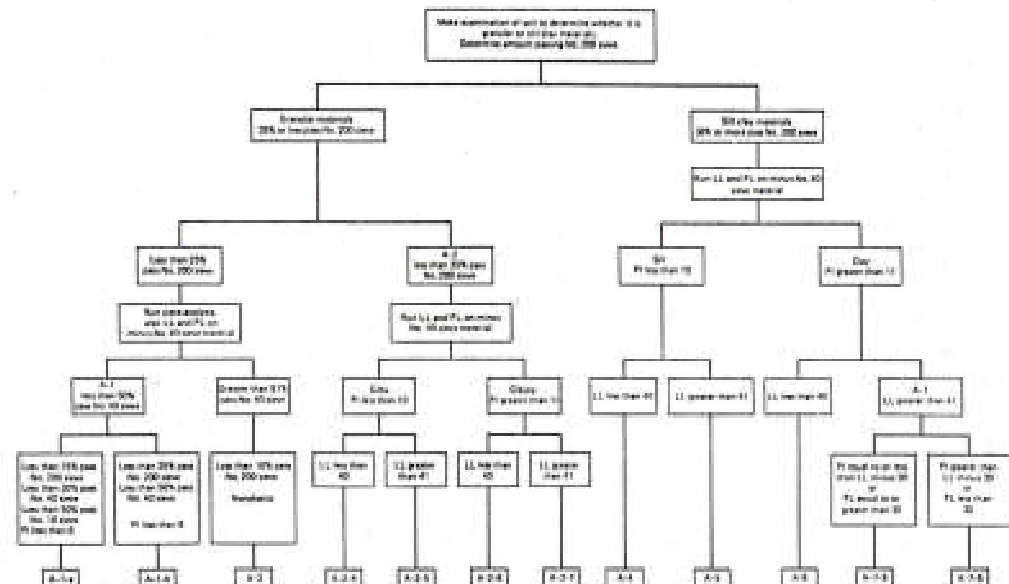
# Sistem Klasifikasi Tanah - AASHTO

**Kerikil** : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm, dan yang tertahan ayakan no.10 (2mm)

**Pasir** : bagian tanah yang lolos ayakan No.10 (2mm), dan tertahan ayakan No.200 (0.075mm)

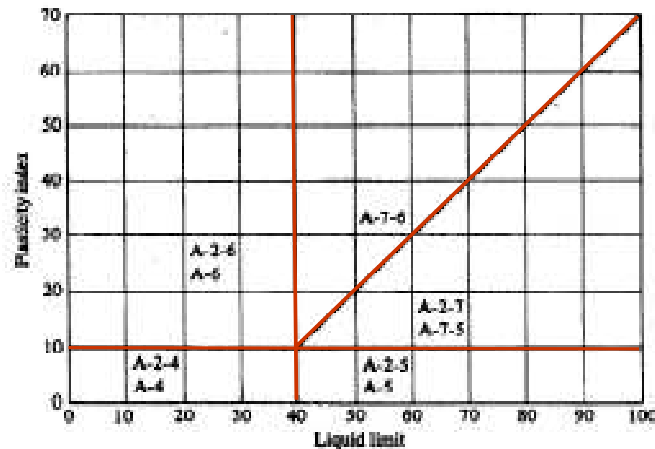
**Lanau dan lempung**:  
bagian tanah yang lolos ayakan No.200.

# Sistem Klasifikasi Tanah - AASHTO



# Sistem Klasifikasi Tanah - AASHTO

Rentang LL vs. PI untuk kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7



Sipil Itenas 2012 – Page 53

# Sistem Klasifikasi Tanah - AASHTO

Aturan untuk menghitung harga GI:

- Apabila dari perhitungan didapat harga GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol
- Harga GI yang tidak bulat (pecahan), dibulatkan ke angka yang paling dekat
- Tidak ada batas atas
- Untuk tanah A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5, dan A-3, harga GI selalu sama dengan nol
- Untuk tanah A-2-6, A-2-7 hanya bagian PI saja yang digunakan, sehingga persamaan di atas menjadi:

$$GI = 0.01(F-15)(PI-10)$$

Sipil Itenas 2012 – Page 55

# Sistem Klasifikasi Tanah - AASHTO

**GROUP INDEX (GI):**

- GI dipergunakan untuk mengevaluasi mutu dari suatu tanah sebagai material lapisan tanah dasar jalan (subgrade)
- Kualitas tanah dinyatakan berbanding terbalik dengan harga GI
- Persamaan untuk menghitung GI:  

$$GI = (F-35)[0.2 + 0.005(LL-40)] + 0.01(F-15)(PI-10)$$

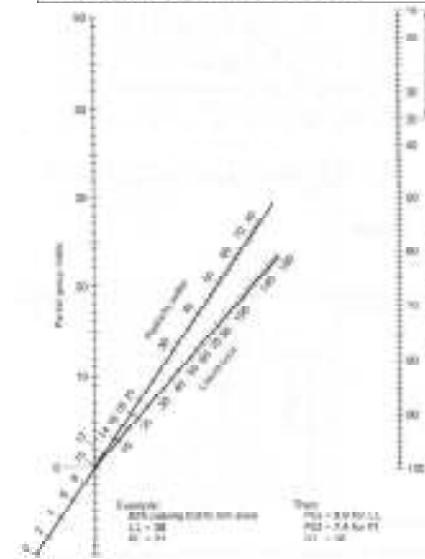
F : persentase butiran yang lolos ayakan No.200  
 LL : batas cair (liquid limit)  
 PI : index plastisitas
- Harga GI ini ditulis dalam kurung di belakang nama klasifikasi tanah yang bersangkutan. Contoh: A-4(3)

Sipil Itenas 2012 – Page 54

# Sistem Klasifikasi Tanah - AASHTO

Group index [GI] =  $(F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$ , where F = % passing 0.075 mm sieve, LL = liquid limit, and PI = plasticity index.

When working with A-2-6 and A-2-7 subgroups the Partial Group Index (PGI) is determined from the PI only.



Kelas Subgrade	Nilai Indeks Group
Sangat baik	0
Baik	0 – 1
Sedang	2 – 4
Buruk	5 – 9
Sangat buruk	10 – 20

Sipil Itenas 2012 – Page 56

# Sistem Klasifikasi Tanah - USCS

Membagi tanah menjadi 2 kelompok besar:

- ❑ **Tanah berbutir kasar (Coarse Grained Soil):**
  - Tanah kerikil dan pasir dimana  $< 50\%$  berat lolos ayakan No.200
  - Simbol kelompok ini dimulai dengan huruf G (Gravel/kerikil) atau S (Sand/pasir)
- ❑ **Tanah berbutir halus (Fine Grained Soil):**
  - Tanah dimana  $> 50\%$  berat lolos ayakan No.200
  - Simbol kelompok ini dimulai dengan huruf M (Silt/lanau anorganik), C (Clay/lempung anorganik), O untuk tanah lempung dan lanau organik
  - Simbol PT (peat) dipakai untuk tanah gambut, muck, dan tanah lain dengan kadar organik tinggi
- **Simbol lain:**
  - W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)
  - P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)
  - L = *low plasticity*/plastisitas rendah ( $LL < 50$ )
  - H = *high plasticity*/plastisitas tinggi ( $LL > 50$ )

Sipil Itenas 2012 – Page 57

# Sistem Klasifikasi Tanah - USCS

**Tanah berbutir halus (Fine Grained Soil):**

- Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan index plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas.
- Garis diagonal pada bagan plastisitas dinamakan garis A yang mempunyai persamaan (fungsi)  $PI = 0,73 (LL - 20)$

Sipil Itenas 2012 – Page 59

# Sistem Klasifikasi Tanah - USCS

**Tanah berbutir kasar (Coarse Grained Soil):**

- Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC
- Selain itu masih perlu diperhatikan faktor-faktor berikut untuk klasifikasi yang lebih teliti:
  - Persentase butiran yang lolos ayakan No.200 (0.075 mm)
  - Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No.4 (4.75 mm)
  - Koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc) untuk tanah dengan persentase lolos ayakan No.200 antara 0 sampai 12%
  - LL dan PI bagian tanah yang lolos ayakan No.40 (0.425 mm), dimana  $\geq 5\%$  dari tanah tersebut lolos ayakan No.200
  - Apabila persentase butiran yang lolos ayakan No.200 adalah antara 5% sampai 12%, diperlukan simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, SW-SM, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC.

Sipil Itenas 2012 – Page 58

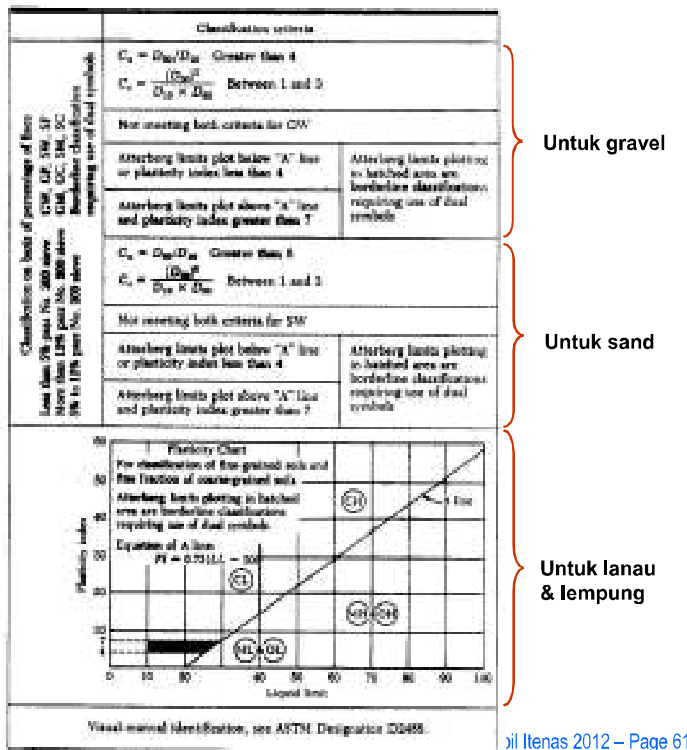
## Klasifikasi Menurut USCS

Major divisions			Group symbols	Typical names
Coarse-Grained Soils More than 50% retained on No. 200 sieve*	Gravels 50% or more of coarse fraction retained on No. 4 sieve	Clean Gravels with Flats	GW	Well-graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines
			GP	Poorly graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines
			GM	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures
			GC	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures
	Sands More than 50% of coarse fraction passes No. 4 sieve	Clean sands with Flats	SW	Well-graded sands and gravelly sands, little or no fines
			SP	Poorly graded sands and gravelly sands, little or no fines
			SM	Silty sands, sand-silt mixtures
			SC	Clayey sands, sand-clay mixtures
Fine-Grained Soils 50% or more passes No. 200 sieve*	Silt and Clay Liquid limit 50% or less		ML	Inorganic silts, very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands
			CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
			OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity
	Silt and Clay Liquid limit greater than 50%		MH	Inorganic silts, silty clays or clayey silts of medium to high plasticity, lean clays
			CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays
			OH	Organic clays of medium to high plasticity
			Highly Organic Soils	

2 – Page 60

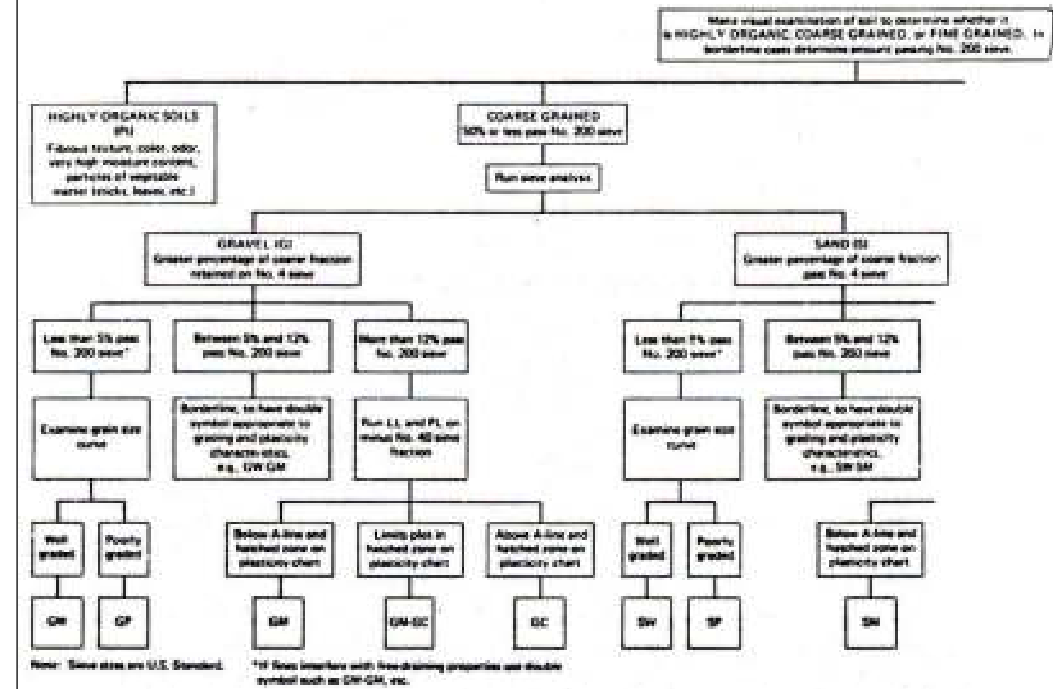


## Klasifikasi Menurut USCS

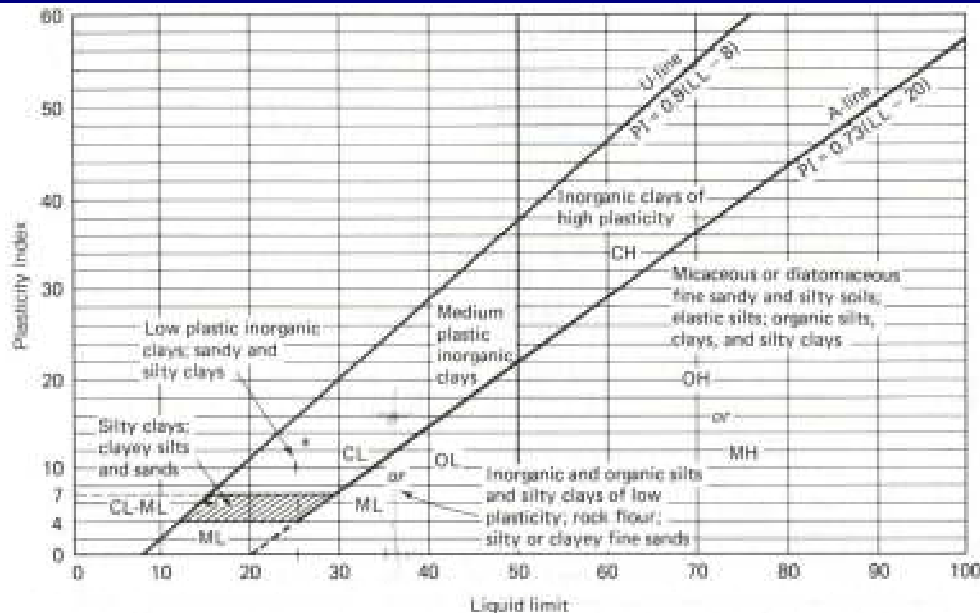


il Itenas 2012 - Page 61

## Sistem Klasifikasi Tanah - USCS



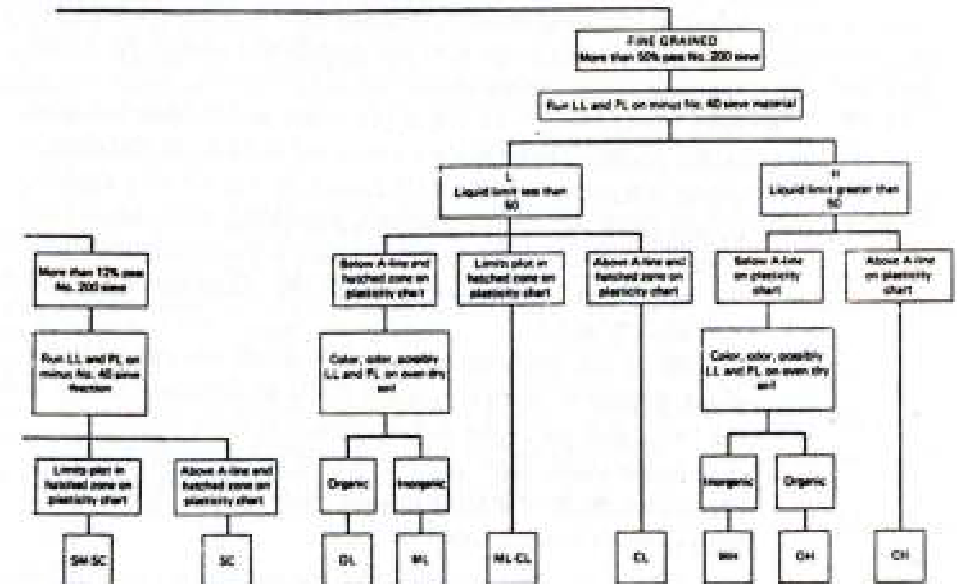
## Diagram Plastisitas (ASTM, Casagrande)



Untuk tanah berbutir halus dan bagian butir halus dari tanah berbutir kasar

Sipil Itenas 2012 - Page 62

## Sistem Klasifikasi Tanah - USCS



## PELATIHAN TEKNISI LAB. MEKTAN DINAS BINA MARGA KAB. PURWAKARTA

**INSTRUKTUR:**

**DR. YUKI ACHMAD YAKIN, ST, MT**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
BANDUNG 2019**

## Pemadatan (Compaction)

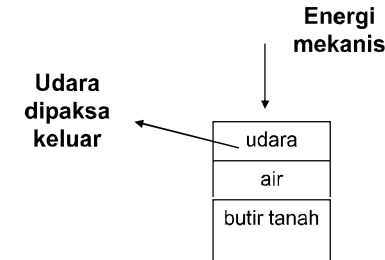
**Pemadatan** adalah proses menaikkan berat jenis tanah dengan energi mekanis agar partikel solid pada tanah memadat dan menjadi kompak serta mengurangi partikel udara yang mengisi rongga pada massa tanah

Tujuan pemadatan (*compaction*):

- ☐ Mengurangi kompresibilitas
- ☐ Menaikkan daya dukung tanah
- ☐ Mengurangi potensi likuifaksi
- ☐ Menaikkan daya tahan thd erosi
- ☐ Mengontrol *shrinkage* dan *swelling*



## Proses Pemadatan



$$V_T = V_{udara} + V_{air} + V_{butir}$$

Dengan pemadatan  $V_u$  turun  $\rightarrow V_T \downarrow$

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \gamma \uparrow \quad \begin{array}{l} \gamma_d \uparrow \rightarrow \text{daya dukung} \uparrow \\ \gamma_d \downarrow \rightarrow \text{daya dukung} \downarrow \end{array}$$

## Proses Pemadatan

Tiga kondisi tanah pada proses pemadatan:



Tanah kering  $\rightarrow$  sulit dipadatkan karena gesekan antar butir



Kalau ditambahkan air  $\rightarrow$  memudahkan pemadatan karena air sebagai (yang diharapkan) pelumas



Kalau ditambah air lagi  $\rightarrow$  sulit dipadatkan

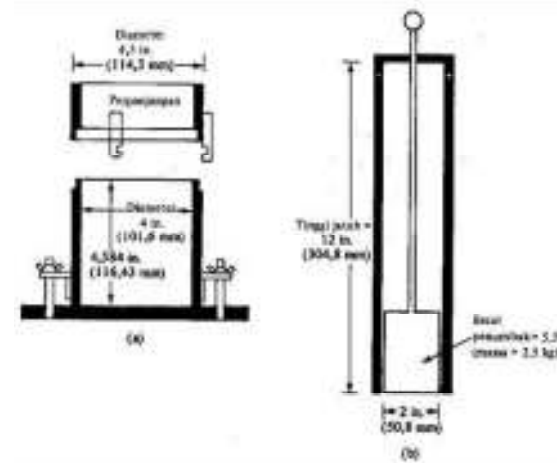
## Proses Pemadatan

Tingkat pemadatan diukur dari berat volume kering yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah atau pelumas pada partikel – partikel tanah.

Karena adanya air, partikel – partikel tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat.

Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat.

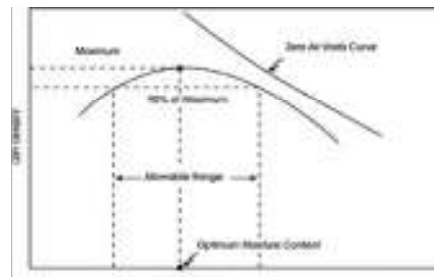
## Uji Pemadatan di Laboratorium



## Uji Pemadatan di Laboratorium

Pengujian pemadatan di laboratorium terdiri dari 2 metode:

- Pemadatan ringan (*Standard Proctor*)
- Pemadatan berat (*Modified Proctor*)



Tujuan pengujian pemadatan di laboratorium adalah untuk memperoleh:

- Kadar air optimum (*optimum moisture content – OMC*)
- Berat jenis kering maksimum (*maximum dry density – MDD*)

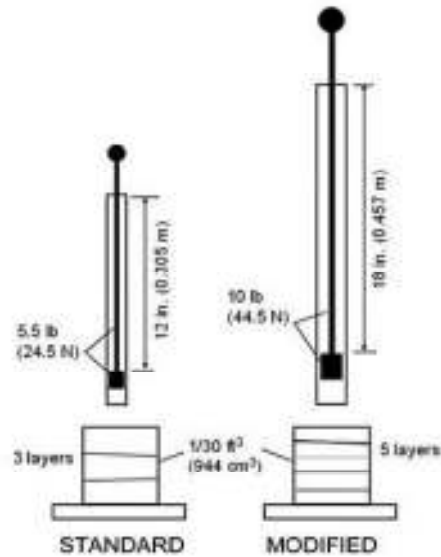
## Spesifikasi Uji Pemadatan

Penjelasan		ASTM D-698 AASHTO T-99				ASTM D-1557 AASHTO T-180			
		Metoda A	Metoda B	Metoda C	Metoda D	Metoda A	Metoda B	Metoda C	Metoda D
Volume	cm <sup>3</sup>	943.9	2124.3	943.9	2124.3	943.9	2124.3	943.9	2124.3
Tinggi	mm	116.33	116.33	116.33	116.33	116.33	116.33	116.33	116.33
Diameter	mm	101.6	152.4	101.6	152.4	101.6	152.4	101.6	152.4
Berat palu	kg	2.5	2.5	2.5	2.5	4.54	4.54	4.54	4.54
Tinggi jatuh	mm	304.8	304.8	304.8	304.8	457.2	457.2	457.2	457.2
Jumlah lapisan		3	3	3	3	5	5	5	5
Pukulan/lapis		25	56	25	56	25	56	25	56
Lolos ayakan		No. 4	No. 4	¾ in.	¾ in.	No. 4	No. 4	¾ in.	¾ in.

standard

modified

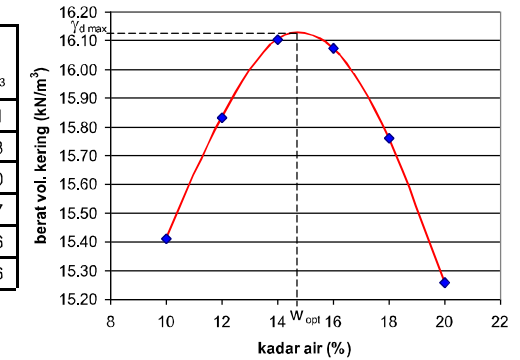
# Alat Uji Pemadatan di Laboratorium



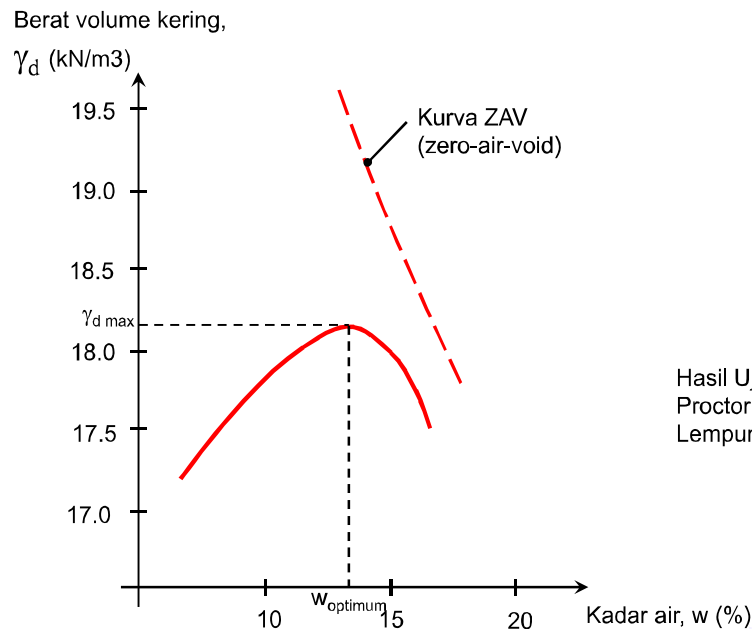
# Contoh Hasil Uji Pemadatan Standard

Volume Mold = 943,9 cm<sup>3</sup>  
 Berat penumbuk = 2,5 kg  
 Tinggi jatuh = 304,8 mm  
 Jumlah lapisan = 3 lapis  
 Jumlah tumbukan = 25 kali/lapis

No. uji	Berat basah kg	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Kadar air %	$\gamma_d$ kN/m <sup>3</sup>
1	1.6	16.95	10	15.41
2	1.674	17.73	12	15.83
3	1.733	18.36	14	16.10
4	1.760	18.65	16	16.07
5	1.755	18.60	18	15.76
6	1.728	18.31	20	15.26

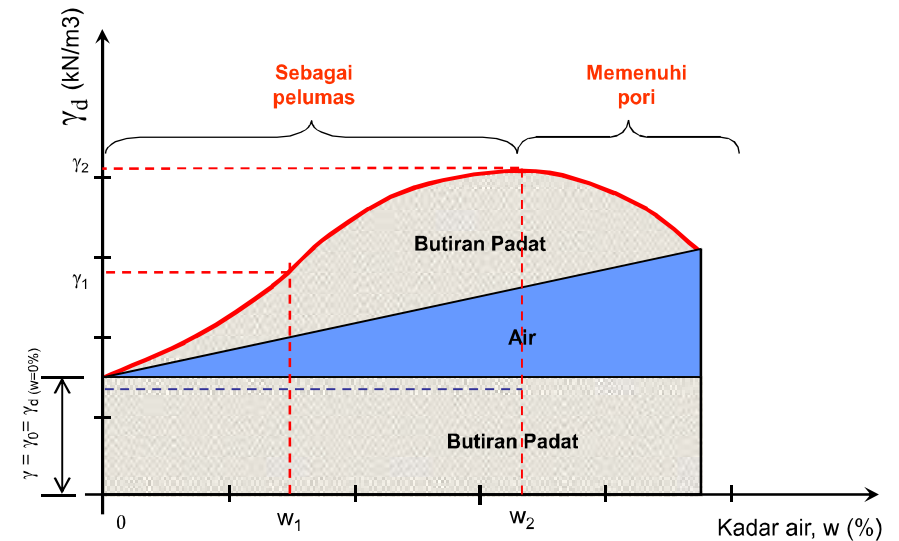


## Kurva Pemadatan



Hasil Uji Pemadatan  
 Proctor Standar untuk  
 Lempung Berlanau

## Pengaruh Air terhadap Pemadatan



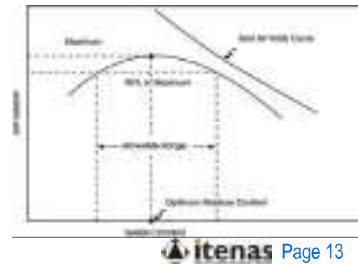


# Pengaruh Air terhadap Pemadatan

Kadar air yang ditingkatkan terus secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume juga akan meningkat secara bertahap pula.

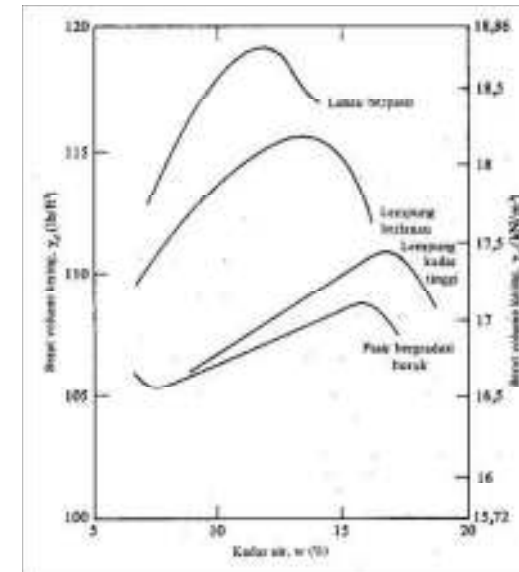
Adanya penambahan kadar air justru cenderung menurunkan berat volume kering dari tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut kemudian menempati ruang – ruang pori dalam tanah yang sebetulnya dapat ditempati oleh partikel – partikel padat dari tanah.

Kadar air dimana berat volume kering maksimum tanah (*maximum dry density*) dicapai disebut kadar air optimum (*optimum moisture content*).



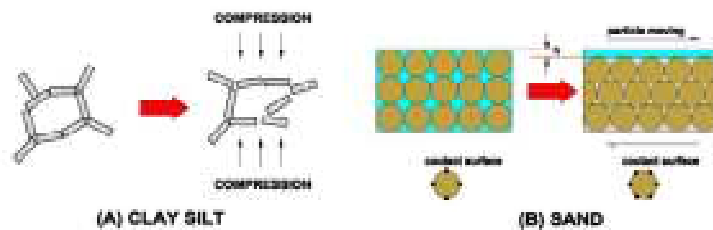
# Kurva Pemadatan

Bentuk umum kurva pemadatan empat jenis tanah (ASTM D-698):



# Pengaruh Faktor Lain terhadap Pemadatan

- Jenis tanah, terutama distribusi ukuran butiran, bentuk butiran tanah, berat spesifik bagian padat tanah.



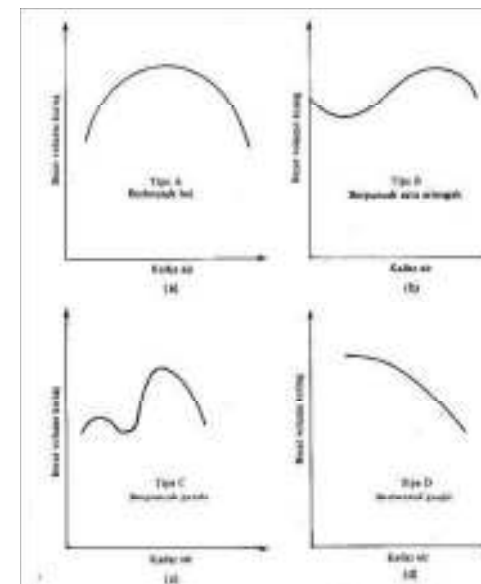
- Cara pemadatan, bila cara pemadatan persatuan volume tanah berubah, maka kurva pemadatan juga akan berubah. Tetapi tingkat kepadatan suatu tanah tidak langsung sebanding (proporsional) dengan usaha pemadatan.

# Kurva Pemadatan

Macam-macam tipe kurva pemadatan :

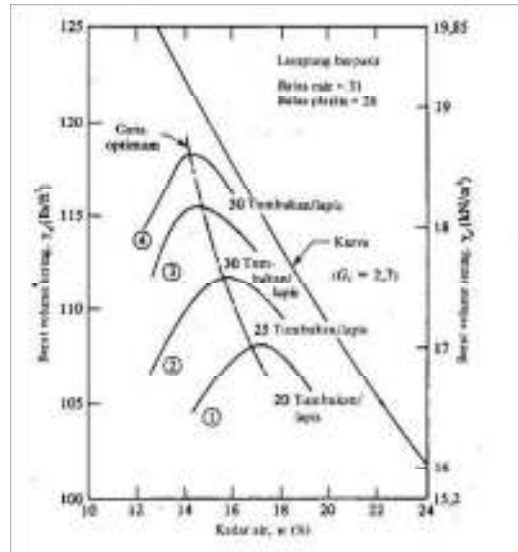
Lee dan Suedkamp (1972):

- Tipe A kurva mempunyai satu puncak, untuk tanah yang mempunyai batas cair = 30-70.
- Tipe B kurva mempunyai satu-setengah puncak, tanah yang mempunyai batas cair < 30
- Tipe C kurva mempunyai puncak ganda, untuk tanah yang mempunyai batas cair < 30
- Tipe D kurva mempunyai puncak tertentu atau disebut ganjil, untuk tanah yang mempunyai batas cair > 70, kemungkinan kurva seperti tipe C atau D.



## Kurva Pemadatan

Pengaruh energi pada pemadatan lempung berpasir :



## Uji CBR (California Bearing Ratio)

Penentuan Nilai CBR:

Benda Uji: tanah dalam mold hasil kompaksi

Perlengkapan: Mesin penekan, Proving Ring, piston dengan luas penampang 3 in<sup>2</sup>

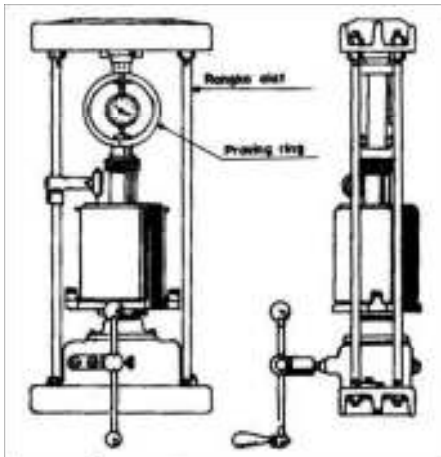
Kecepatan piston: 0.05 in/menit

Beban standar:

Penetrasi [inch]	Beban standar [lbs]	Beban standar [lbs/in <sup>2</sup> ]
0.1	3000	1000
0.2	4500	1500
0.3	5700	1900
0.4	6900	2300
0.5	7800	2600

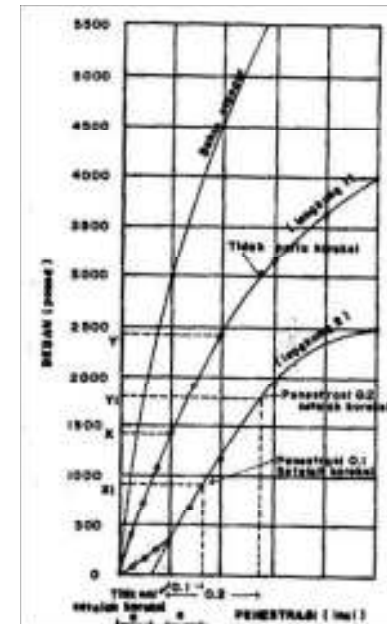
## CBR (California Bearing Ratio)

**CBR:** perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0.1 in. atau 0.2 in. dengan beban yang ditahan oleh batu pecah standar pada penetrasi 0.1 in. atau 0.2 in. (dinyatakan dalam %)



## Uji CBR (California Bearing Ratio)

Penentuan Nilai CBR:



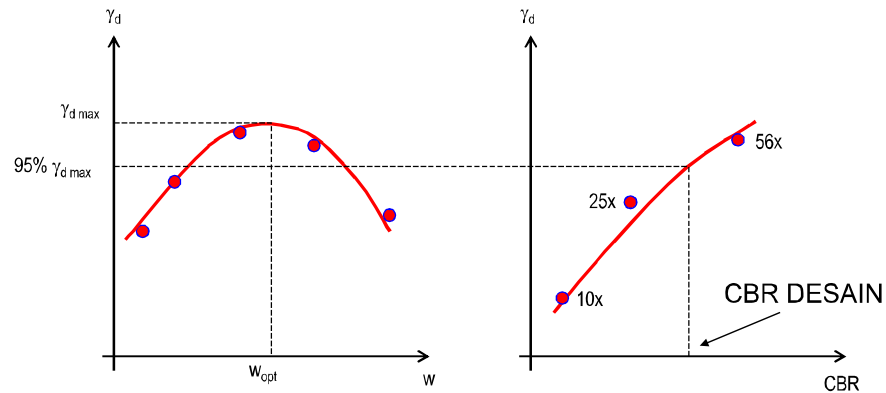
$$CBR_{0.1} = \frac{x}{3000} \times 100\%$$

$$CBR_{0.2} = \frac{y}{4500} \times 100\%$$

Nilai CBR adalah harga tertinggi dari  $CBR_{0.1}$  dan  $CBR_{0.2}$

## CBR Desain

### Kurva Pemadatan vs. CBR



## CBR Desain

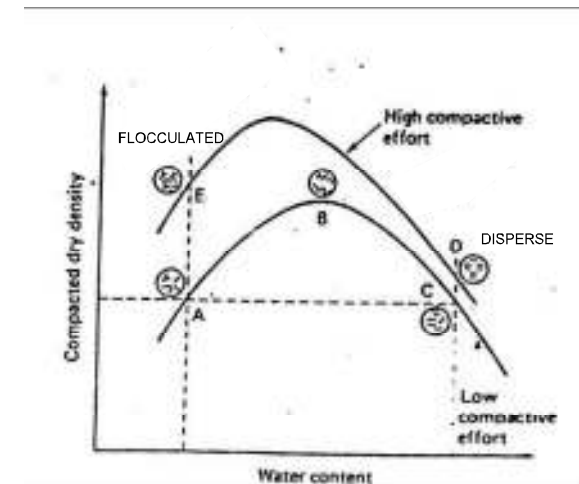
	D(mm)
Bedrock	>1024,00
Boulder	256,00-1024,00
Cobble	64,00-256,00
Gravel	2,00-64,00
Sand	0,074-2,00
Silt	0,0015-0,074
Clay	0,0001-0,0015
Colloid Solution	0,000001-0,0001 <0,000001

## CBR Desain

	USCS	CBR (%)
Coarse-grained soil	GW	40 - 80
	GP	30 - 60
	GM	20 - 60
	GC	20 - 40
	SW	20 - 40
	SP	10 - 40
	SM	10 - 40
Fine-grained soil	SC	5-20
	ML	≤ 15
	CL	≤ 15
	OL	≤ 5
	MH	≤ 10
	CH	≤ 15
	OH	≤ 5

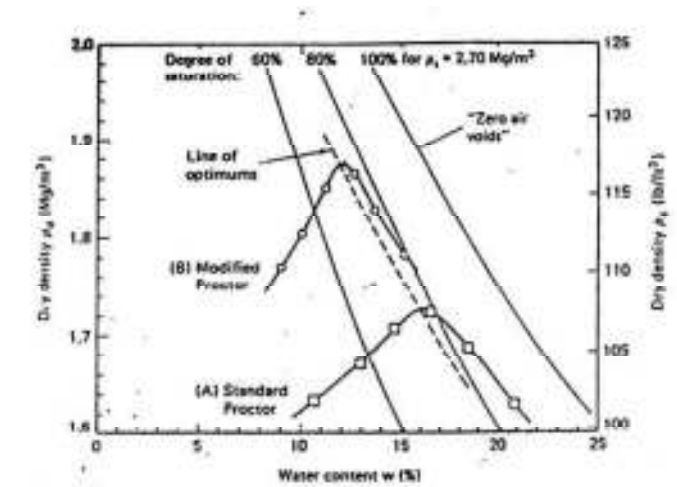
## Sifat Tanah Hasil Pemadatan

### Pengaruh Kadar Air terhadap Struktur Tanah:



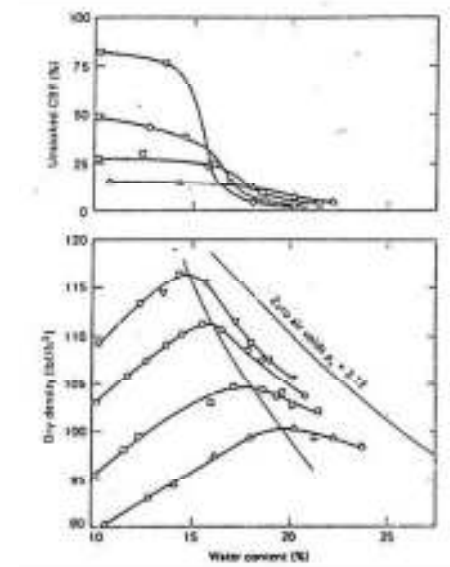
# Sifat Tanah Hasil Pemadatan

Pengaruh Energi Pemadatan:



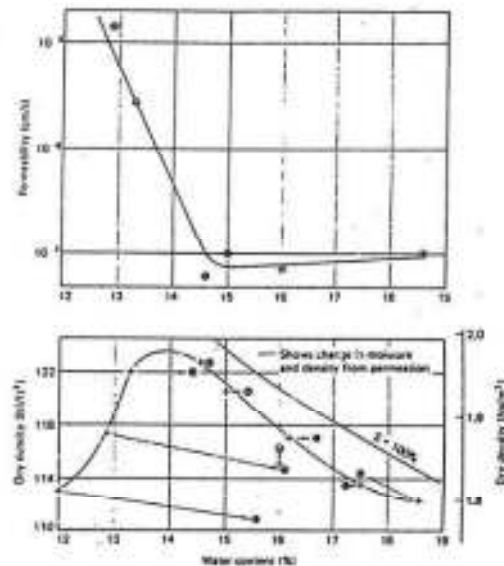
# Sifat Tanah Hasil Pemadatan

Pengaruh Energi terhadap CBR:



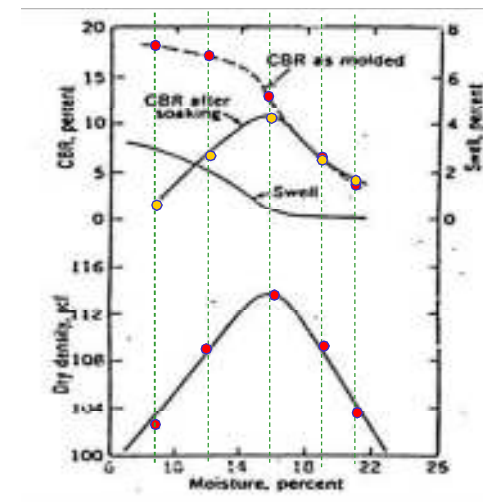
# Sifat Tanah Hasil Pemadatan

Pengaruh Kadar Air terhadap permeabilitas:



# Sifat Tanah Hasil Pemadatan

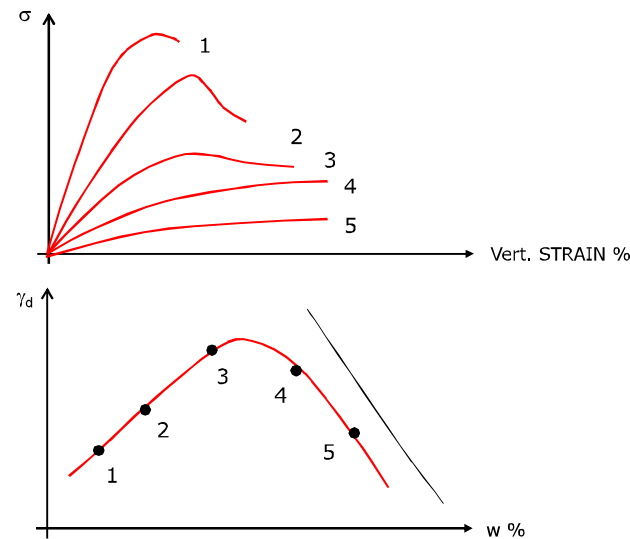
Pengaruh Kadar Air terhadap CBR:





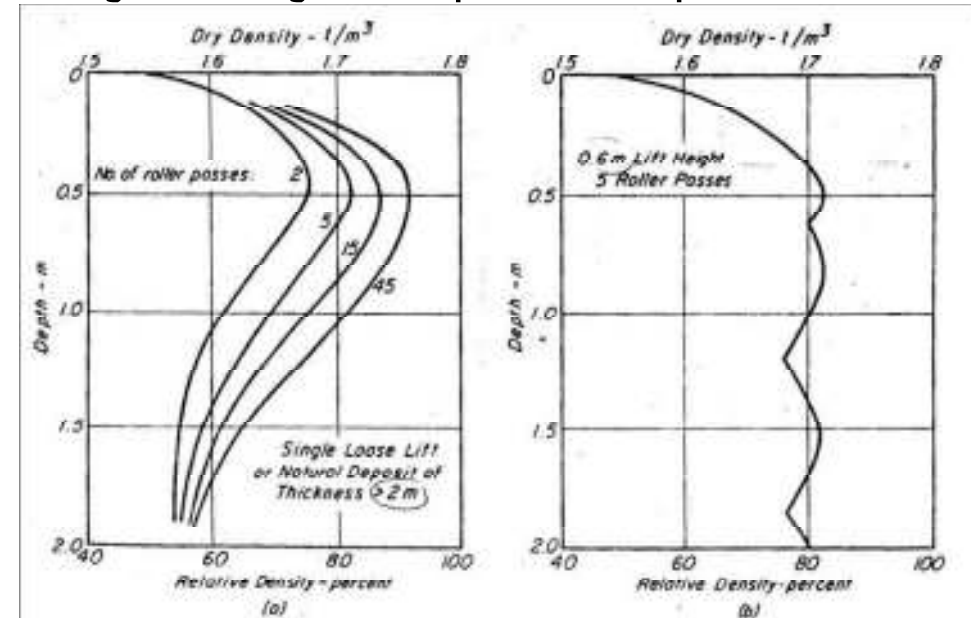
# Sifat Tanah Hasil Pemadatan

Pengaruh Kadar Air terhadap STRENGTH:  
(diuji segera setelah pemadatan)



# Sifat Tanah Hasil Pemadatan

Pengaruh Energi terhadap kedalaman pemadatan:



# Sifat Tanah Hasil Pemadatan

Pengaruh Kadar Air terhadap STRENGTH:  
(diuji segera setelah pemadatan)

Soil	$E_s$ (tsf)
very soft clay	5 - 50
soft clay	50 - 200
medium clay	200 - 500
stiff clay, silty clay	500 - 1000
sandy clay	250 - 2000
clay shale	1000 - 2000
loose sand	100 - 250
dense sand	250 - 1000
dense sand and gravel	1000 - 2000
silty sand	250 - 2000

# Correlation Void Ratio and Unit Weight

## Typical Values of Void Ratio and Unit Weight

Soil description	Void ratio	Dry unit weight(pcf)	Saturated unit weight(pcf)
Uniform sand	1.0 - 0.4	83 - 118	84 - 136
Silty sand	0.9 - 0.3	87 - 127	88 - 142
Clean, well-graded sand	0.95 - 0.2	85 - 138	86 - 148
Silty sand and gravel	0.85 - 0.14	89 - 146	90 - 155
Sandy or silty clay	1.8 - 0.25	60 - 135	100 - 147
Well-graded gravel, sand, silt, and clay mixture	0.7 - 0.13	100 - 148	125 - 156
Inorganic clay	2.4 - 0.5	50 - 112	94 - 133
Colloidal clay (50% < 2μ)	12 - 0.6	13 - 106	71 - 128

(NAVFAC DM 7.1, 1982)

1 pcf = 0,157 kN/m³

## Problems #1

Following are the observations from a Proctor's compaction test:

Wet density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.77	1.92	2.038	2.10	2.055
Moisture content (%)	9.7	11.52	13.42	16.12	18.50

Specific gravity of the soil grains is 2.65. Draw the zero air void curve and find out O.M.C and M.D.D for the soil.

## Problems #3

The following observations were noted during CBR test with a soil.

Penetration (mm)	0,000	0,625	1,250	1,875	2,500	3,125	3,750	4,375	5,000	6,250	7,500
Load (kN)	0,05	0,32	0,78	1,19	1,51	1,77	1,96	2,12	2,26	2,50	2,64

And the standard load are:

Penetration (mm)	2,5 mm (0,1 inch)	5,0 mm (0,2 inch)
Load (kN)	13,5	20

Find out the CBR design for the soil.

## Problems #2

Proctor's compaction test with a soil gave the following observations:

Moisture content (%)	8.945	12.50	14.95	18.08	20.90
Wet density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.844	2.05	2.12	2.045	2.015

Draw the 85% saturation curve and zav curve. If an embankment will be made with the same soil, recommend how much water should be added to the soil for standard compaction and what should be the compaction density. Degree of compaction may be assumed to be 90%. Specific gravity of soil grains is 2.6.

## Problems #4

In a Proctor's compaction test the maximum dry density was found to be 1.8 gr/cm<sup>3</sup> and optimum moisture content 15.2%. If the specific gravity of the soil grains is 2.65, calculate degree of saturation and void ratio at the maximum dry density?

## PELATIHAN TEKNISI LAB. MEKTAN DINAS BINA MARGA KAB. PURWAKARTA

**INSTRUKTUR:**  
DR. YUKI ACHMAD YAKIN, ST, MT



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
**BANDUNG 2019**

## Pemadatan di Lapangan

PEMADATAN  
DI LABORATORIUM  
- w % op. dan  $\gamma_d$  maks.

TRIAL  
COMPACTION

PELAKSANAAN  
DILAPANGAN



## Pemadatan di Lapangan

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pemadatan di lapangan:

- Keadaan tanah dan jenis tanah di lapangan
- Jenis alat penggilas yang digunakan
- Tebal lapisan yang dipadatkan



## Pemadatan di Lapangan

Penggilas (Rollers) yang sering digunakan untuk pemadatan tanah:

- Pneumatic rubber tired compactors
- Smooth-wheeled rollers
- Sheepsfoot rollers
- Vibratory rollers
- Tamping foot rollers





## ***Pneumatic Rubber-Tired Roller***

Pemadatan lempung dengan pneumatic rubber-tired roller:



Pemadatan lempung biasanya lebih susah dibanding pemadatan pasir dan kerikil, karena lempung memerlukan kondisi kadar air optimum selama pemadatan. Ban-ban karet memberikan tekanan statis pada lempung dan menyebabkan kepadatan yang bagus

Sipil Itenas 2012 – Page 5

## ***Vibratory-Sheepsfoot Roller***

Pemadatan lempung dengan vibratory-sheepsfoot roller:



Pads (kaki kambing) pada drum menekan tanah bila kondisinya lepas (lunak) dan memadatkannya dari bawah ke atas.

Setelah beberapa lintasan dan jika tanah sudah agak terpadatkan, seluruh berat roller akan membebani tanah dan memadatkannya melalui pads yang tertumpu langsung di atas permukaan tanah sehingga menghasilkan tekanan pemadatan yang cukup besar terhadap tanah

Sipil Itenas 2012 – Page 7

## ***Smooth-Wheeled Roller***

Pemadatan pasir dengan vibratory steel-wheeled roller:



Penggunaan penggilas vibrator pada pemadatan pasir dan kerikil akan lebih efektif dibanding tekanan statis (static pressure) Kadar air tanah saat pemadatan tidak berpengaruh terhadap hasil pemadatan Tenaga total yang dihasilkan pada vibratory roller sama dengan berat roller ditambah beban dinamik akibat vibrasi

Sipil Itenas 2012 – Page 6

## ***Tamping-Foot Roller***

Pemadatan lempung dengan tamping-foot roller:



Tamping-foot roller: cocok untuk pemadatan lempung. Seperti sheepsfoot roller, kaki-kaki yang menonjol di atas drum terpenetrasi pada permukaan tanah yang lepas/lunak dan memadatkannya dari bawah ke atas

Sipil Itenas 2012 – Page 8



# Highway Off-ramp Construction



Roller ini dilengkapi dengan cangkuk perata untuk membentuk permukaan subgrade dan kaki-kaki kambing untuk memadatkan tanah (kelempungan). Sebelumnya tanah diurugkan di atas tanah dasar dengan menggunakan truk. Kemudian roller menghamparkannya dengan ketebalan 15 - 20 cm, pada saat yang sama kaki kambing memadatkannya hamparan tanah tadi

Sipil Itenas 2012 – Page 9

# Off-ramp Construction - Conditioning

Untuk mengkondisikan tanah lempung pada kadar air optimumnya, dilakukan penyemprotan air dengan mobil tangki.

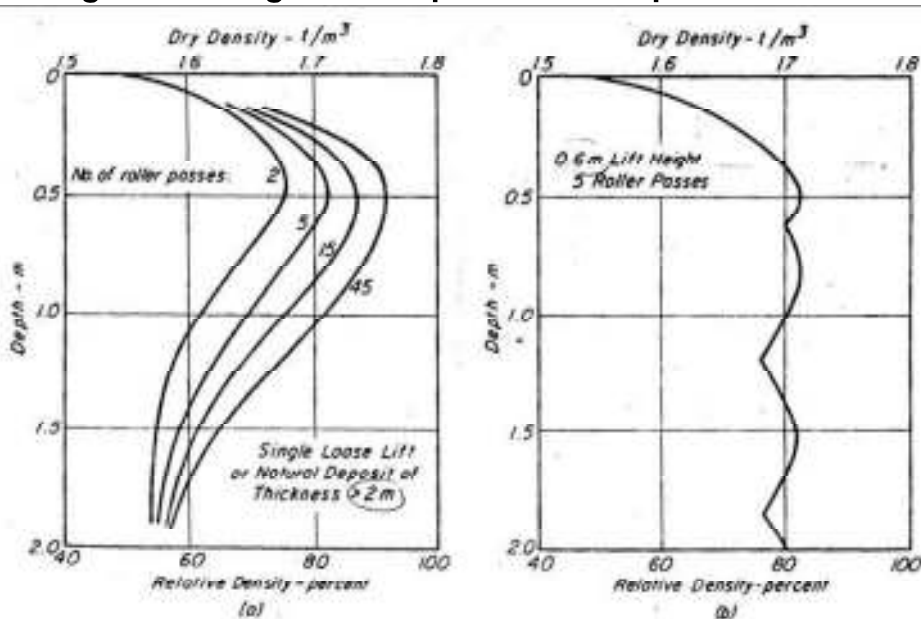
Selain itu penyemprotan air juga membantu mengurangi debu saat pengerjaan tanah



Sipil Itenas 2012 – Page 11

## Sifat Tanah Hasil Pemadatan

Pengaruh Energi terhadap kedalaman pemadatan:



10

## Mechanical Compaction

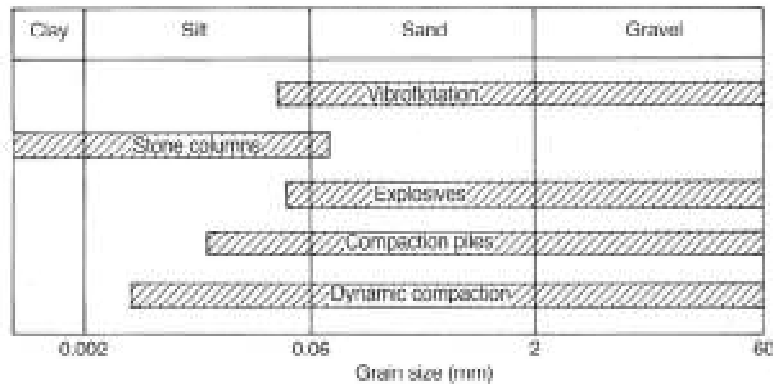
### Mechanical Compaction

1. Surface Compaction
2. Deep Compaction
  - a. Dynamic Compaction: Heavy Tamping
  - b. Vibro-compaction: Vibro-flotation dan Vibro-replacement
  - c. Explosive-compaction: Blasting

Sipil Itenas 2012 – Page 12

# Deep-Mechanical Compaction

Metode-metode perbaikan tanah secara mekanis yang sesuai dengan jenis tanah atau ukuran butiran tanah:



Sipil Itenas 2012 – Page 13

# Dynamic Compaction

## Dynamic Compaction

Dynamic compaction dengan menggunakan alat yang lebih kecil disebut heavy tamping, yaitu:

Berat	12 ton
Tinggi jatuh	12 m
Jarak antara	2 – 3 m
Efek kedalaman	6 m

Teknik konstruksi disebut heavy tamping, sedangkan proses geotekniknya disebut dynamic compaction.

Dynamic consolidation merupakan proses pemadatan tanah yang disebabkan pembebanan secara tiba-tiba, meliputi deformasi geser, tekanan air pori dan konsolidasi.

# Dynamic Compaction

## Dynamic Compaction

Metode kompaksi ini dilakukan dengan menjatuhkan beban berat pada permukaan tanah dari suatu ketinggian tertentu.

Menard memperkenalkan pertama kali alat dynamic compaction ini dengan karakteristik sebagai berikut:

Tamper mass	up to 170 ton
Fall	up to 22 m
Compaction effect	to 40 m depth
Spacing	to 14 m

Sipil Itenas 2012 – Page 14

# Dynamic Compaction

Heavy tamping menghasilkan drainase yang lebih baik pada lapisan tanah, sehingga mempercepat proses konsolidasi. Tekanan eksese air pori berlangsung beberapa jam atau hari pada tanah pasir.

Heavy tamping cocok untuk pemadatan daerah pembuangan sampah yang memiliki ukuran pori yang besar, sehingga tidak akan menimbulkan masalah penurunan jangka panjang.

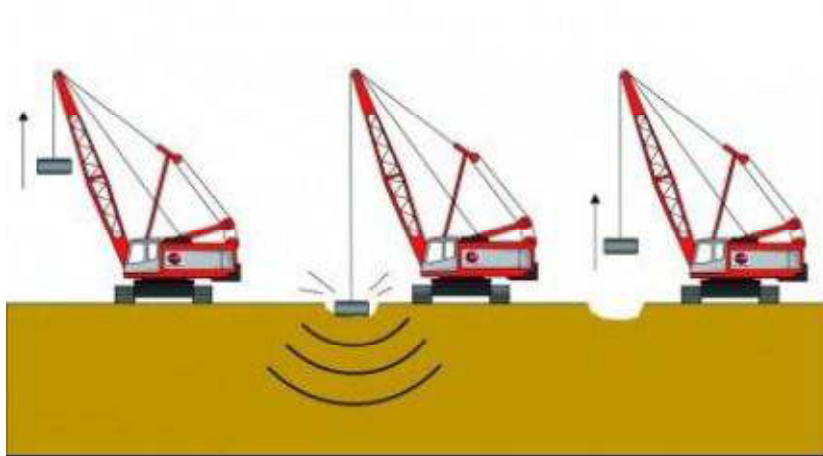
Suatu rule of thumb untuk menghitung kedalaman efektif, D (m) dari proses heavy tamping adalah dengan rumus

$$D = 0.5 (W.H)^{0.5}$$

dimana, W adalah berat beban (ton) dan H adalah tinggi jatuh (m).

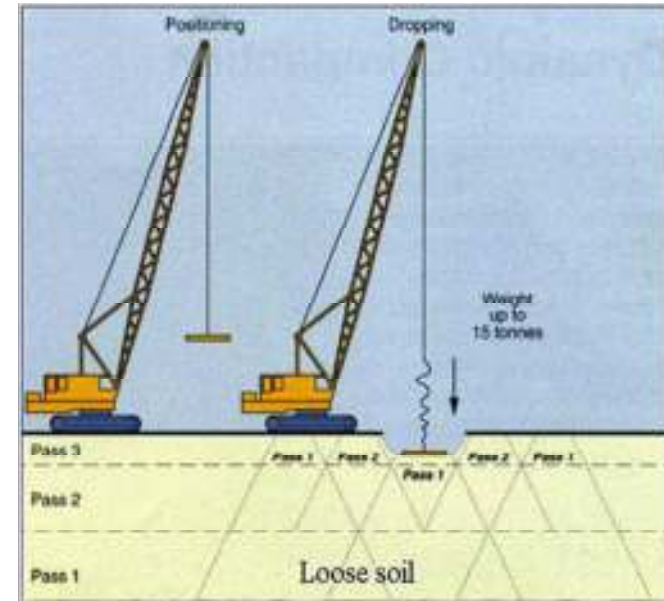
Sipil Itenas 2012 – Page 16

# Dynamic Compaction



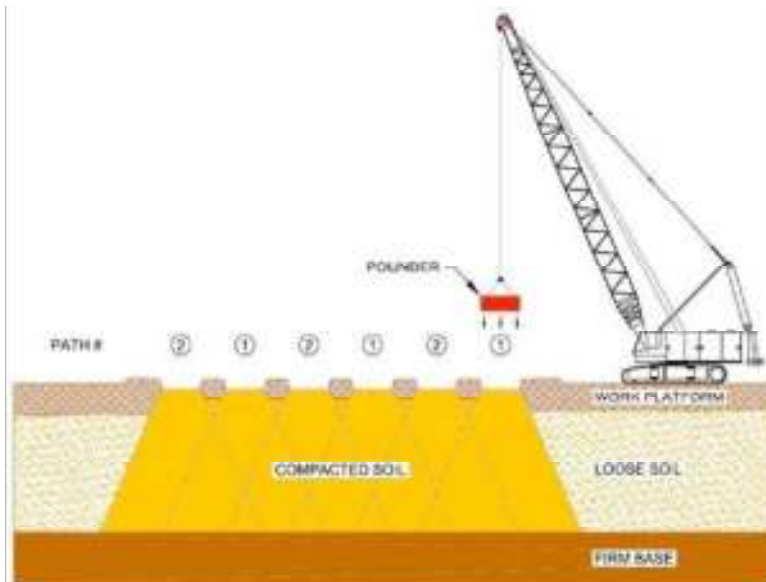
Sipil Itenas 2012 – Page 17

# Dynamic Compaction



Sipil Itenas 2012 – Page 19

# Dynamic Compaction



Sipil Itenas 2012 – Page 18

# Dynamic Compaction



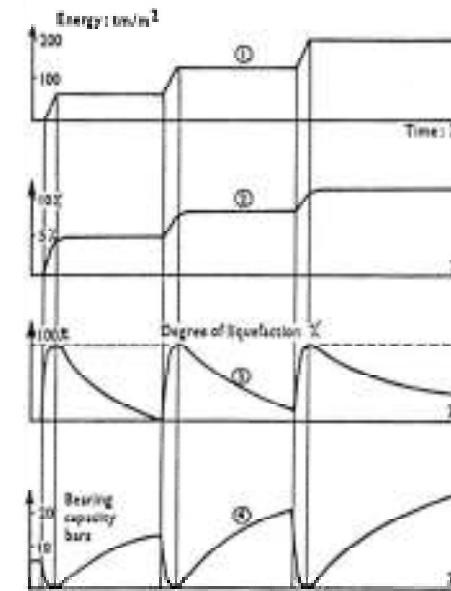
Sipil Itenas 2012 – Page 20

# Dynamic Compaction



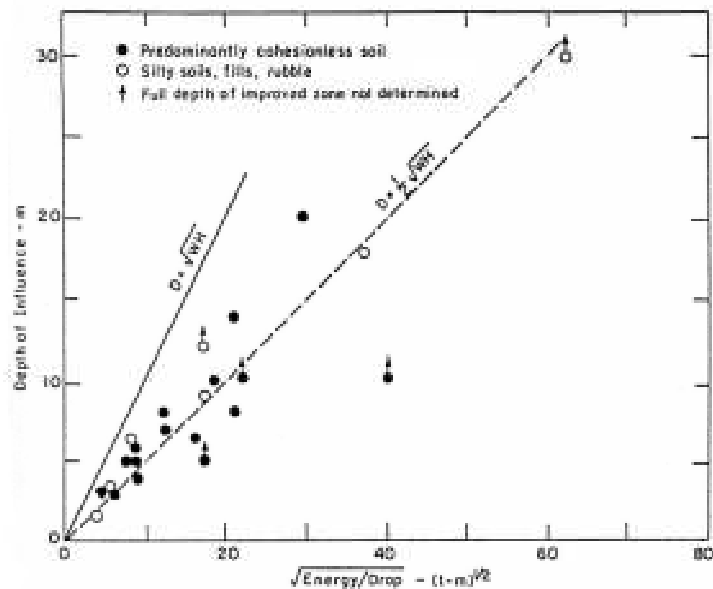
Sipil Itenas 2012 – Page 21

# Dynamic Compaction



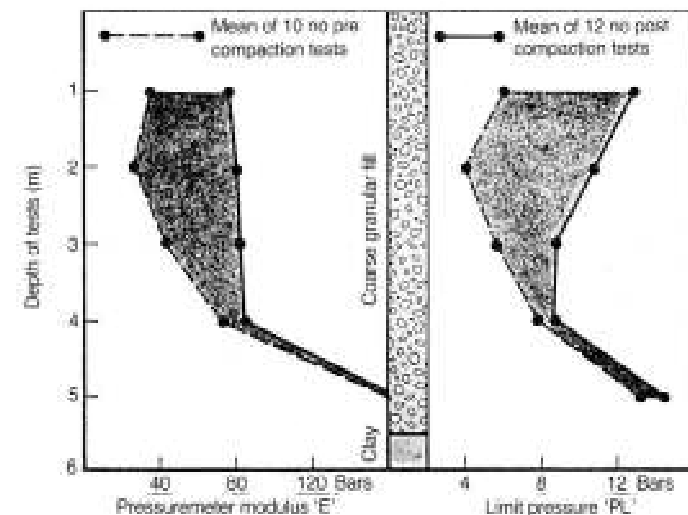
Sipil Itenas 2012 – Page 23

# Dynamic Compaction



Sipil Itenas 2012 – Page 22

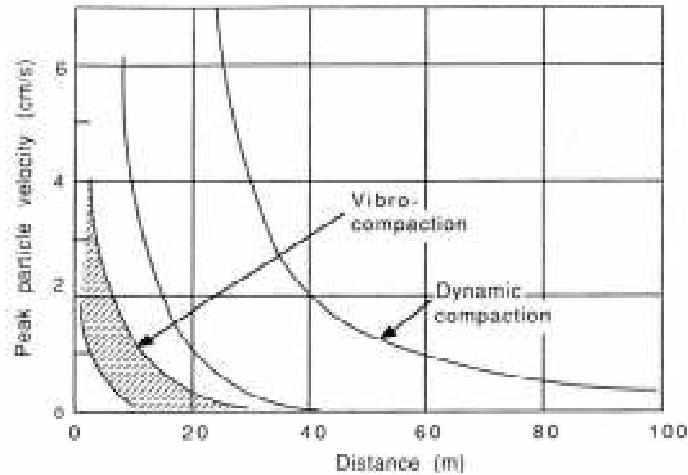
# Dynamic Compaction



Sipil Itenas 2012 – Page 24



# Dynamic Compaction



# Vibro-compaction

## Vibro-compaction

Spesifikasi alat penggetar / vibrator

Motor output	35 – 120 kW
Speed	1800 – 3000 rpm
Centrifugal force	160 – 220 kN
Amplitude	4 – 16 mm
Penetration Depth	35 m
Total Depth per Day	200 – 500 m

# Vibro-compaction

## Vibro-compaction

Metode pemadatan tanah dengan menggunakan vibrator atau alat penggetar yang dikaitkan pada ujung tiang baja yang diturunkan ke dalam tanah.

Pada metode vibro-compaction standard, arah getaran untuk pemadatan tanah adalah arah vertikal.

Vibro-compaction dibagi menjadi dua macam, yaitu vibro-flotation untuk tanah berbutir kasar dan vibro-replacement untuk tanah berbutir halus.

# Vibro-flotation

## Vibro-flotation

Metode pemadatan tanah dengan menggunakan vibrator dengan arah getaran pemadatan yang bersifat horisontal pada kedalaman yang dikehendaki.

Kecepatan penetrasi bergantung kepada tipe tanah, berat sistem vibrasi, dan parameter-parameter vibrasi. Biasanya, air ditambahkan untuk proses pemadatan ini, yaitu dengan water jets atau air yang bertekanan. Vibrator memiliki panjang 3 sampai 5 meter dengan massa 2 ton.

## ***Vibro-flotation***

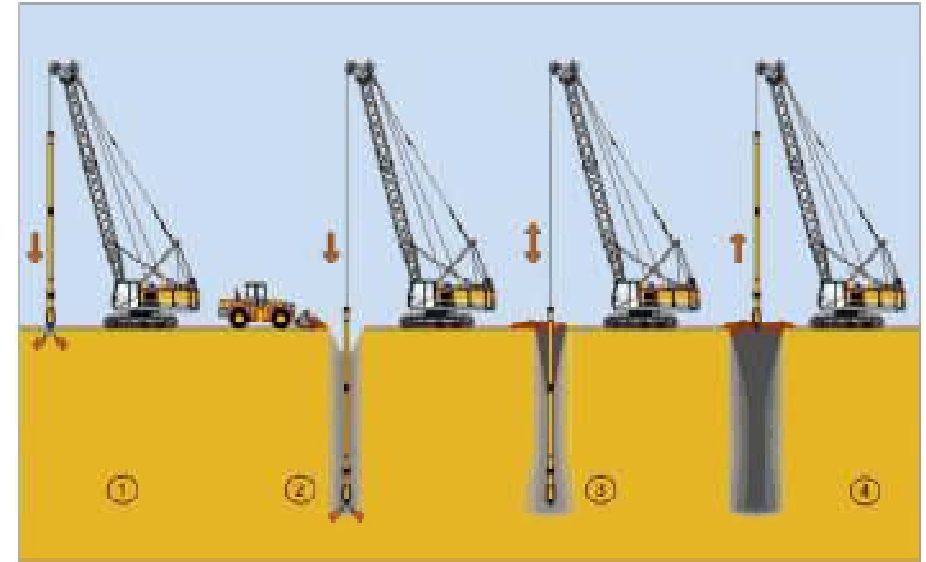
## Vibro-flotation

Pasir lepas merespon dengan baik terhadap vibro-flotation, dimana sebuah lekukan akan terbentuk di permukaan tanah, yang harus diisi dengan pasir atau pasir dan gravel.pasir

Lapisan pasir yang dipadatkan dengan proses ini membentuk kolom-kolom pasir yang terpadatkan dengan diameter 2 sampai 4 meter.

Hal ini meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi sifat kompresibilitas tanah.

## Vibro-flotation



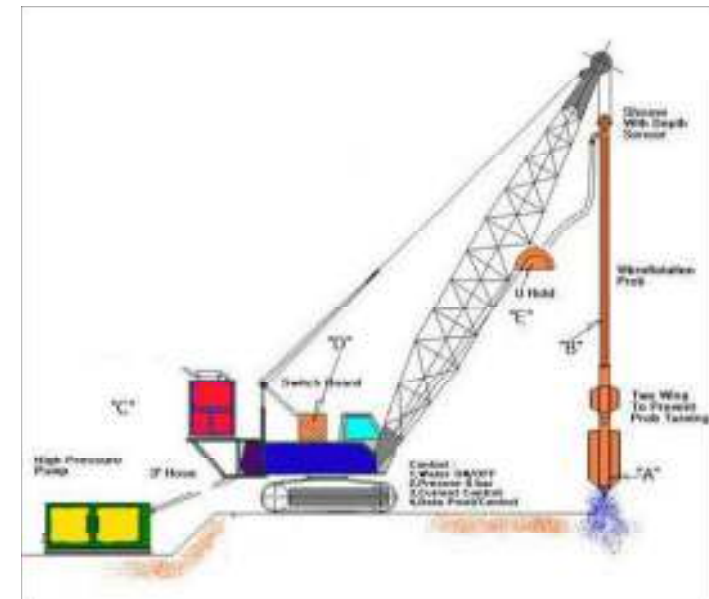
## ***Vibro-flotation***

## Vibro-flotation

Metode ini cocok untuk tanah pasir lepas, khususnya dengan nilai N-SPT antara 5 sampai 10 dekat dengan permukaan, dan metode ini tidak cocok untuk tanah lempung.

Bergantung kepada spacing, kepadatan relatif dapat diperoleh sampai 85%.

## Vibro-flotation

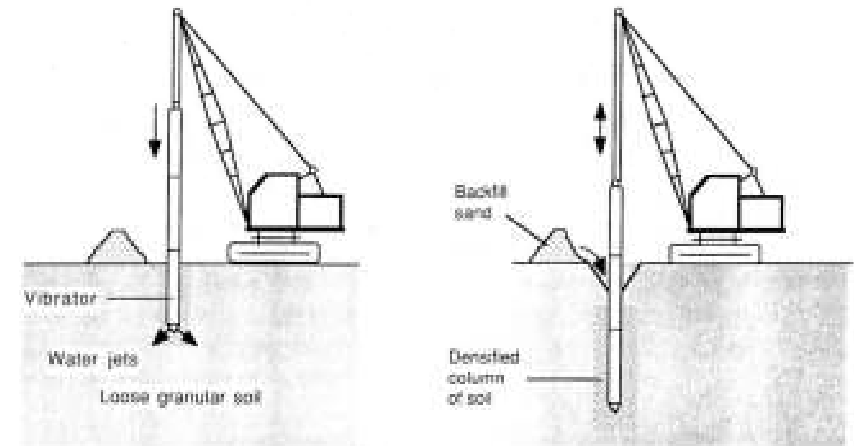


## Vibro-flotation



Sipil Itenas 2012 – Page 33

## Vibro-flotation



a. Vibro-compaction

Sipil Itenas 2012 – Page 35

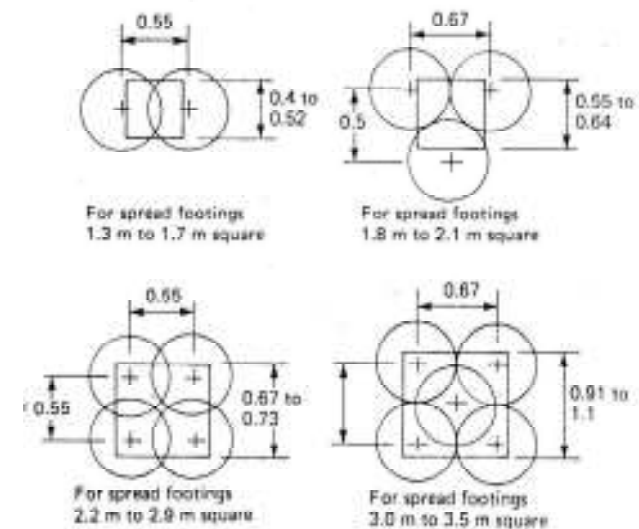
## Vibro-flotation



Sipil Itenas 2012 – Page 34

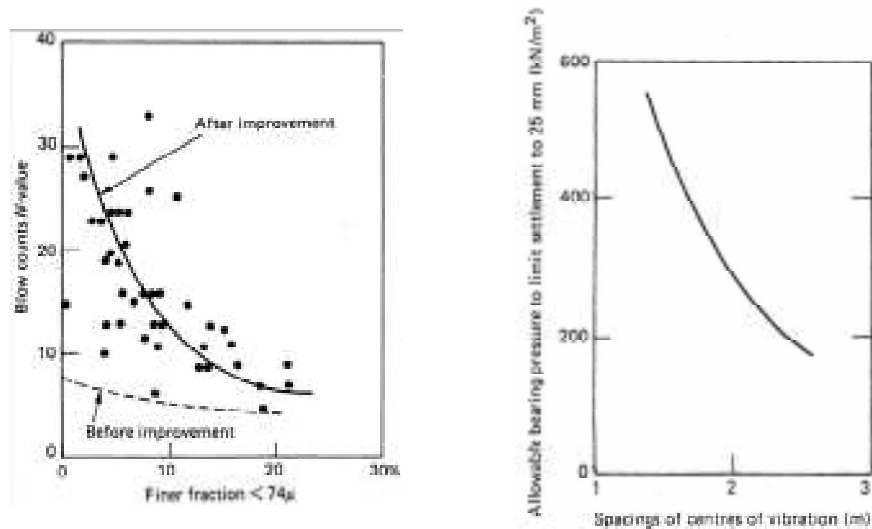
## Vibro-flotation

Konfigurasi titik-titik pemadatan dengan vibroflotation.



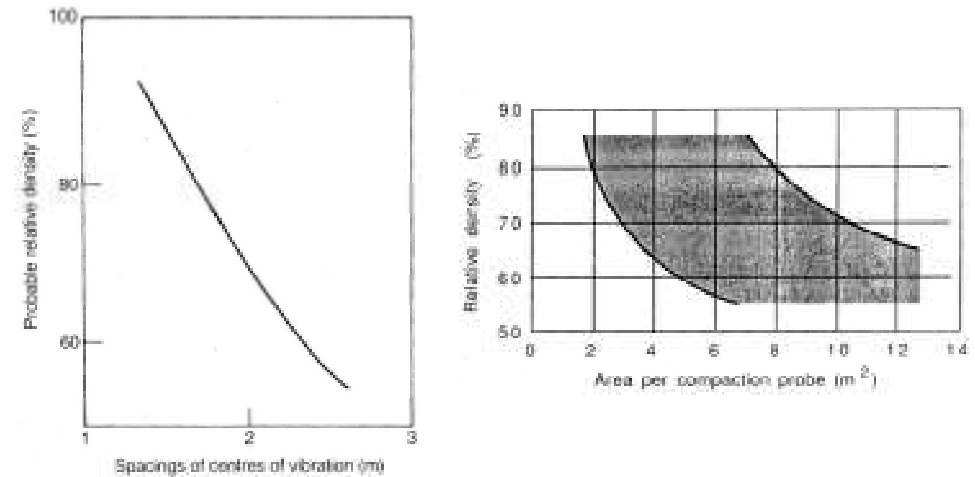
Sipil Itenas 2012 – Page 36

## Vibro-flotation



Sipil Itenas 2012 – Page 37

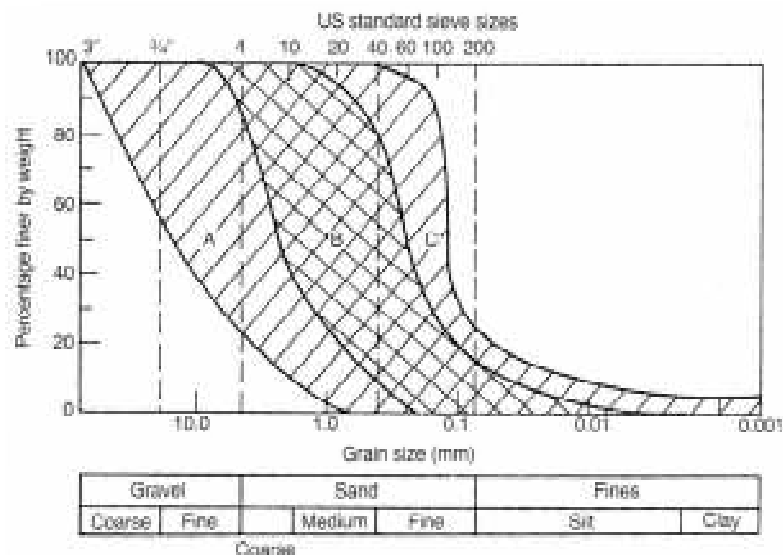
## Vibro-flotation



Sipil Itenas 2012 – Page 39

## Vibro-flotation

Jenis tanah B adalah yang paling cocok untuk vibroflotation



Sipil Itenas 2012 – Page 38

## Vibro-replacement

### Vibro-replacement

Metode pemadatan tanah dengan menggunakan vibrator yang diaplikasikan pada tanah kohesif.

Vibrator menghasilkan lubang silinder pada tanah yang diisi dengan material butiran kasar, seperti gravel dan batu pecah, yang selanjutnya dipadatkan dengan vibrator.

Sipil Itenas 2012 – Page 40



# Vibro-replacement

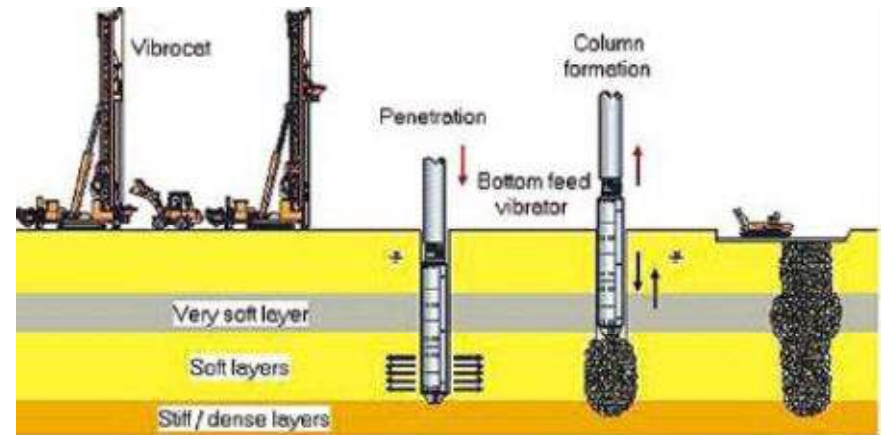
## Vibro-replacement

Vibrator ini berupa tabung yang berlubang yang digetarkan di dalam tanah dengan bantuan air atau udara yang bertekanan.

Ketika alat ditarik, batu pecah dan gravel kasar dituangkan melalui tabung dan dipadatkan. Hasil yang diperoleh adalah suatu kolom pasir padat dan atau gravel dengan kapasitas beban sebesar 100 sampai 400 kN.

Vibro-replacement sangat cocok pada tanah lempung dengan undrained shear strength pada rentang 20 sampai 60 kPa.

# Vibro-replacement



# Vibro-replacement

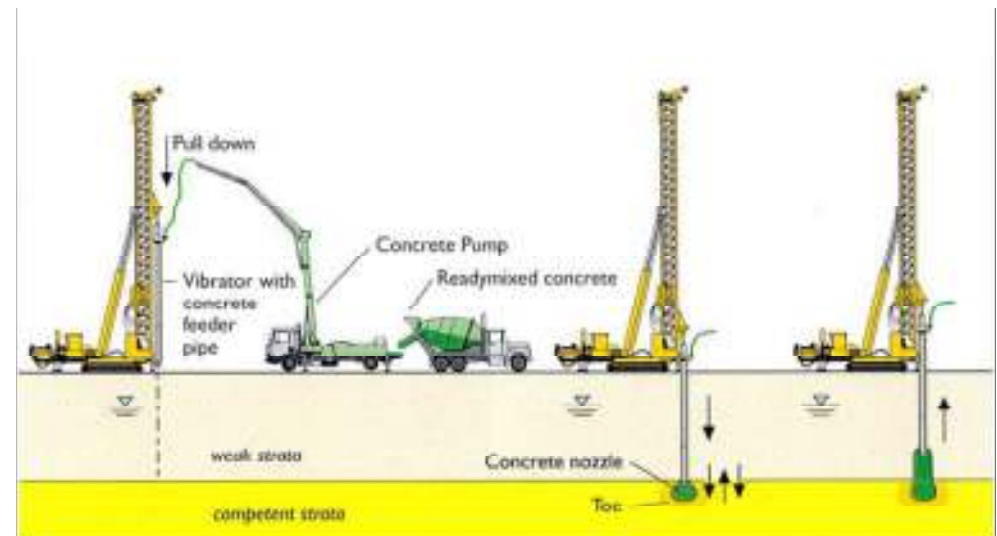
## Vibro-replacement

Vibro-replacement dengan tambahan bahan-bahan stabilisasi sangat tepat diklasifikasikan sebagai grouting compaction.

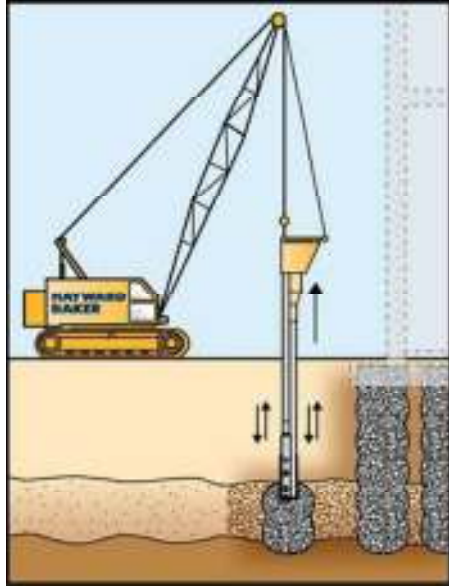
Metode ini meliputi kolom-kolom batu mortar, yang dibentuk dengan menyuntikan mortar pada stone column.

Concrete vibro-columns dibuat dengan memompakan beton ke dalam rongga-rongga yang terbentuk oleh vibrator.

# Vibro-replacement



## ***Vibro-replacement***



Sipil Itenas 2012 – Page 45

## ***Vibro-replacement***



Sipil Itenas 2012 – Page 47

## ***Vibro-replacement***



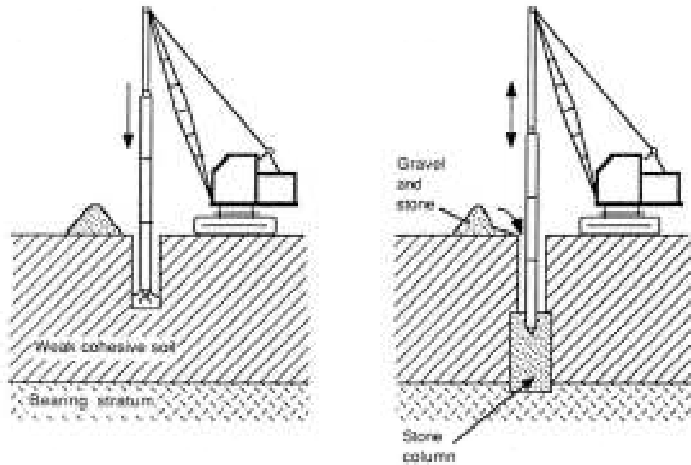
Sipil Itenas 2012 – Page 46

## ***Vibro-replacement***



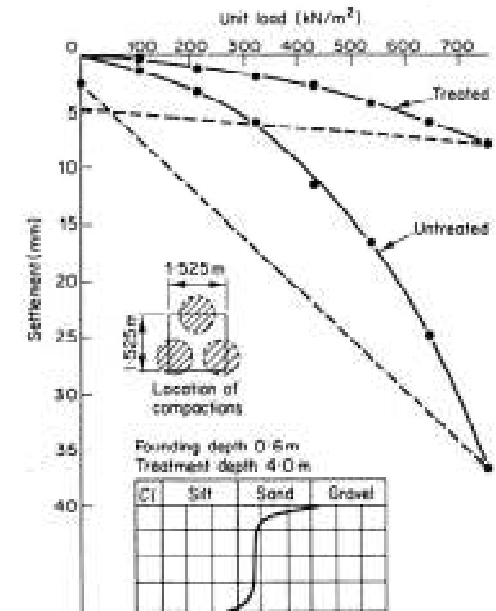
Sipil Itenas 2012 – Page 48

## Vibro-replacement

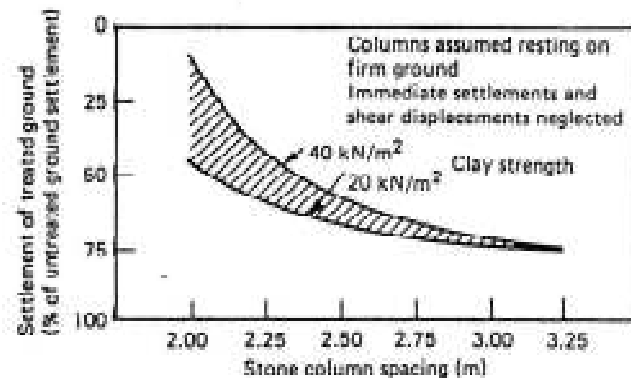


#### b. Vitro-replacement

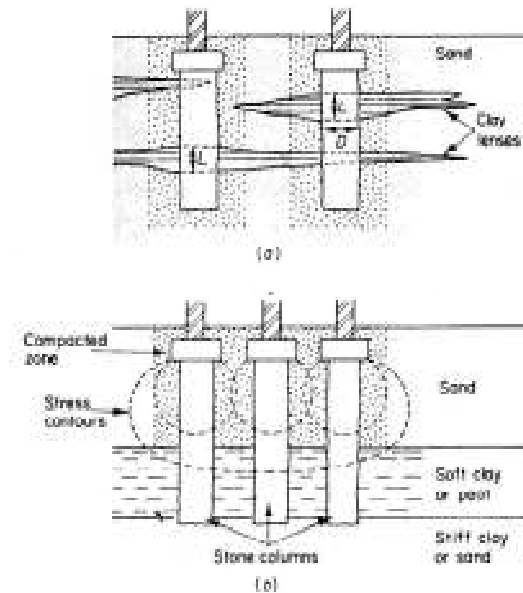
## Vibro-replacement



## Vibro-replacement



## Vibro-replacement





## PELATIHAN TEKNISI LAB. MEKTAN DINAS BINA MARGA KAB. PURWAKARTA

**INSTRUKTUR:**  
DR. YUKI ACHMAD YAKIN, ST, MT



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
**BANDUNG 2019**

### Jenis Pekerjaan Geoteknik

- Galian → slope, sheet pile, retaining wall
- Timbunan → material, tinggi, slope, kepadatan & CBR, *settlement*
- Urugan (*back fill*) → material, alat, kepadatan
- Fondasi dangkal → elevasi tanah dasar, material fondasi, geometri
- Fondasi dalam → material, kedalaman (design), kalendering, loading test

## Permasalahan Geoteknik

Kelongsoran Timbunan yang Diperkuat dengan Geotextile di Km 111 Ciganea-Sukatani



## Permasalahan Geoteknik

Kelongsoran Timbunan yang Diperkuat dengan Geotextile di Km 111 Ciganea-Sukatani





## Permasalahan Geoteknik

Kelongsoran Badan Jalan Tenggarong – Samarinda  
STA 5+900



Page 5

## Permasalahan Geoteknik

Kelongsoran Badan Jalan Bentuas – Muara Jawa,  
Kalimantan Timur



MBT MEI 2013 – Page 7

## Permasalahan Geoteknik

Kelongsoran Badan Jalan Bentuas – Muara Jawa,  
Kalimantan Timur



MBT MEI 2013 – Page 6

## Permasalahan Geoteknik

Kegagalan Struktur Akibat Tanah Ekspansif



MBT MEI 2013 – Page 8

## Permasalahan Geoteknik

Kegagalan Struktur Akibat Tanah Ekspansif



MBT MEI 2013 – Page 9

## Permasalahan Geoteknik

Kegagalan Struktur Akibat Tanah Ekspansif



MBT MEI 2013 – Page 11

## Permasalahan Geoteknik

Kegagalan Struktur Akibat Tanah Ekspansif



MBT MEI 2013 – Page 10

## Permasalahan Geoteknik

Kelongsoran pada lereng



MBT MEI 2013 – Page 12



## Permasalahan Geoteknik

Kegagalan Struktur Akibat Tanah Ekspansif

Mei 2006



MBT MEI 2013 – Page 13

## Permasalahan Geoteknik

Kegagalan Struktur Akibat Tanah Ekspansif

Agustus 2005



MBT MEI 2013 – Page 15

## Permasalahan Geoteknik

Kegagalan Struktur Akibat Tanah Ekspansif

Mei 2006



MBT MEI 2013 – Page 14

## Permasalahan Geoteknik

Kegagalan Struktur Akibat Tanah Ekspansif

Juni 2006



MBT MEI 2013 – Page 16

# Permasalahan Geoteknik

## Kegagalan Struktur Akibat Tanah Ekspansif

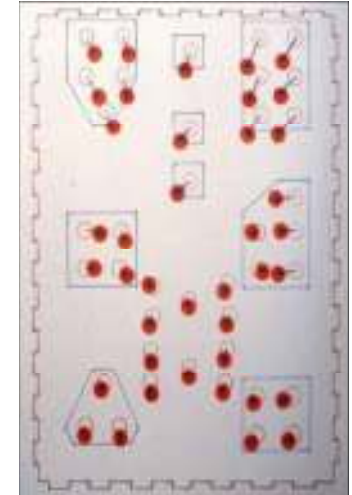


Juni 2006

MBT MEI 2013 – Page 17

# Permasalahan Geoteknik

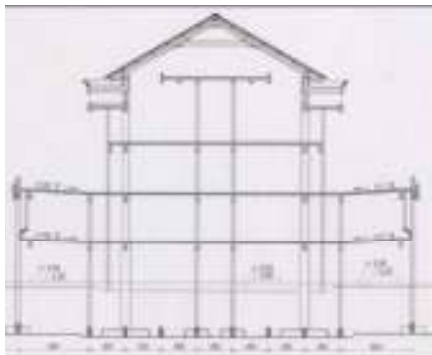
## Masalah Stabilitas Dinding Penahan Tanah Pada Saat Penggalan



MBT MEI 2013 – Page 19

# Permasalahan Geoteknik

## Differential Settlement Pada Bangunan Dengan Fondasi Dangkal

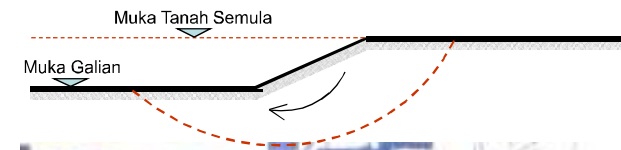


18

MBT MEI 2013 – Page 18

# Permasalahan Geoteknik

## Masalah Penggalan Pada Tanah Lunak



MBT MEI 2013 – Page 20



## Quality Control

### Penyebab Kegagalan:

- Kesalahan Desain
- Kesalahan Pelaksanaan
- Faktor Alam
- Dll.

**Perlu Quality Control**

21

MBT MEI 2013 – Page 21

## Contoh Spesifikasi Teknis

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

#### 1. Persiapan

- a. Sebelum pengurugan dimulai harus dilakukan pembersihan terhadap rumput dan tumbuhan, termasuk menimbun lubang-lubang yang mungkin ada
- b. Tanah permukaan yang sudah melapuk harus dikupas dahulu setebal  $\pm 30$  cm
- c. Massa tanah longsor harus dikupas sampai mencapai bawah bidang longsor untuk diganti dengan material urugan
- d. Lereng yang akan diurug harus dipotong dan dibuat terasering dengan beda tinggi 1 m untuk mendapatkan ikatan antara tanah asli dan tanah urug yang lebih bagus

23

MBT MEI 2013 – Page 23

## Quality Control

### Latar Belakang Quality Control (**Pelaksanaan**):

Kewajiban pelaksanaan pekerjaan untuk mengacu:

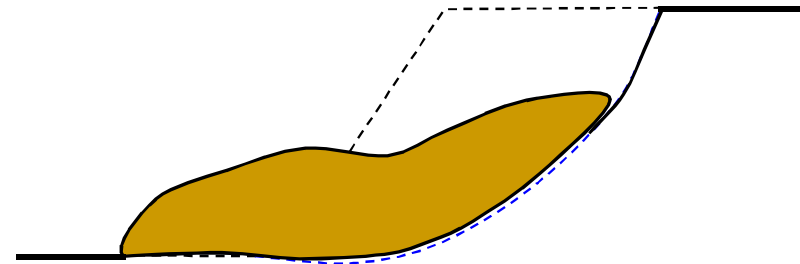
- Gambar desain
- Spesifikasi teknik
- Peraturan (standard)

22

MBT MEI 2013 – Page 22

## Contoh Spesifikasi Teknis

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

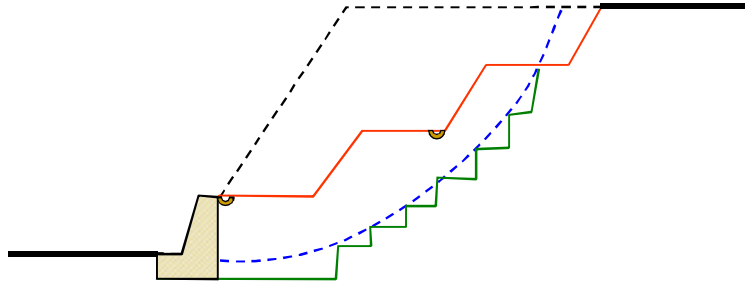


24

MBT MEI 2013 – Page 24

## Contoh Spesifikasi Teknis

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

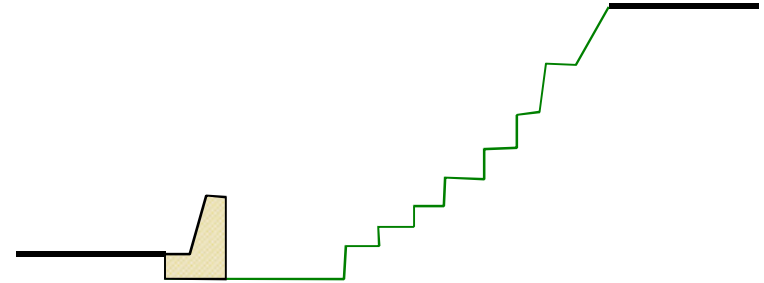


25

MBT MEI 2013 – Page 25

## Contoh Spesifikasi Teknis

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

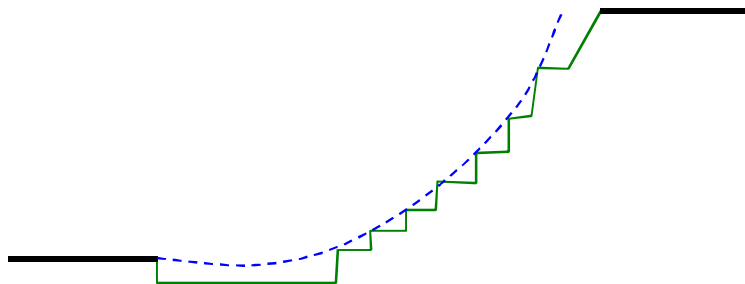


27

MBT MEI 2013 – Page 27

## Contoh Spesifikasi Teknis

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

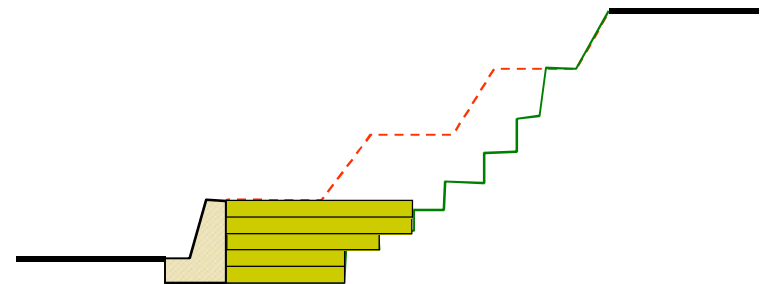


26

MBT MEI 2013 – Page 26

## Contoh Spesifikasi Teknis

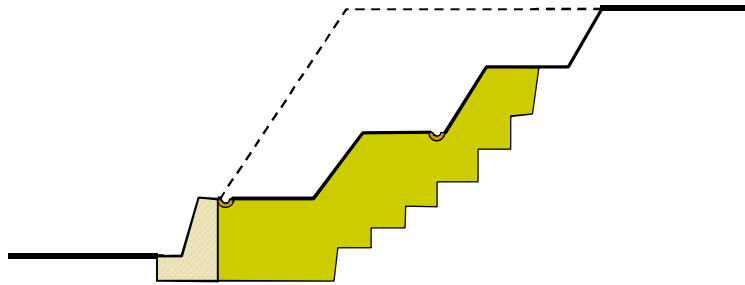
### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran



28

MBT MEI 2013 – Page 28

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran



29

MBT MEI 2013 – Page 29

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

#### 3. Pemadatan

- Segera setelah penghamparan material timbunan maka setiap lapisan harus segera dipadatkan secara menyeluruh dengan alat pemadat yang cocok
- Kadar air material timbunan menjelang dipadatkan harus **lebih basah dari kadar air optimum** yang didapat dari uji pemadatan di laboratorium. Kadar air optimum ini adalah kadar air dimana kepadatan kering maksimum tanah bersangkutan bisa dicapai apabila dipadatkan sesuai dengan AASHTO T99
- Timbunan harus dipadatkan secara merata, sehingga semua bagian area yang dipadatkan mempunyai kepadatan yang sama
- Lapisan yang sudah dipadatkan harus diuji kepadatannya dan diterima oleh Konsultan sebelum lapisan berikutnya dihamparkan
- Di tempat, dimana akan diberi pasangan dinding penahan (bawah) dan saluran drainase (lereng), pemadatannya harus dilakukan menyeluruh dahulu, baru dilakukan penggalian sesuai dengan volume pasangan yang akan dibuat

31

MBT MEI 2013 – Page 31

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

#### 2. Penghamparan Material Timbunan

- Segera setelah material timbunan datang dari lokasi penggalian (quarry) harus langsung dihamparkan pada daerah yang akan diurug
- Material timbunan dihamparkan secara merata di lokasi yang akan diurug, sehingga apabila dipadatkan akan memenuhi toleransi ketebalan lapisan yang ditentukan
- Penghamparan material timbunan tidak diijinkan pada saat hujan
- Apabila terpaksa dilakukan penimbunan material yang baru datang, maka tumpukan tanah harus dilindungi dari air hujan, sampai timbunan siap dihamparkan untuk dipadatkan

30

MBT MEI 2013 – Page 30

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

#### 4. Jaminan Kualitas

- Material timbunan yang bisa digunakan adalah jenis silty clay yang memenuhi klasifikasi USCS sebagai material CL, ML, atau SM dengan kepadatan kering setelah dipadatkan sesuai dengan modified compaction tidak kurang dari  $1.50 \text{ t/m}^3$ , serta bila diuji triaxial UU dengan dijenuhkan terlebih dahulu harus memiliki harga undrained shear strength  $C_u \geq 40 \text{ kPa}$ .
- Karena material timbunan yang diambil dari sekitar lokasi dermaga umumnya mempunyai kecenderungan kembang susut (swelling soil), maka pada pekerjaan pemadatan ini harus dipenuhi hal-hal sebagai berikut:
  - Tanah tidak mempunyai aktivitas lebih besar daripada 1.0 atau derajat pengembangan yang digolongkan oleh AASHTO T258 sebagai sangat tinggi dan extra tinggi tidak boleh digunakan sebagai material timbunan

32

MBT MEI 2013 – Page 32

## Contoh Spesifikasi Teknis

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

#### 4. Jaminan Kualitas

- Kadar air saat dipadatkan harus **lebih besar dari kadar air optimum** ( $\pm 4\%$ )
  - Penghamparan tanah sebelum dipadatkan harus mempunyai ketebalan maximum 30 cm tiap lapisan
  - Kepadatan maximum setiap lapis harus **kurang dari kepadatan kering maximum**  $\gamma_{d \text{ max}}$  yang dimiliki oleh tanah tersebut
- c. Pengujian kepadatan harus dilakukan tiap lapis dengan uji sand cone, dan bila hasil pengujian menunjukkan hasil yang kurang daripada kepadatan yang disyaratkan, maka harus dilakukan pemadatan ulang

33

MBT MEI 2013 – Page 33

## Kontrol Kepadatan Lapangan

Metode:

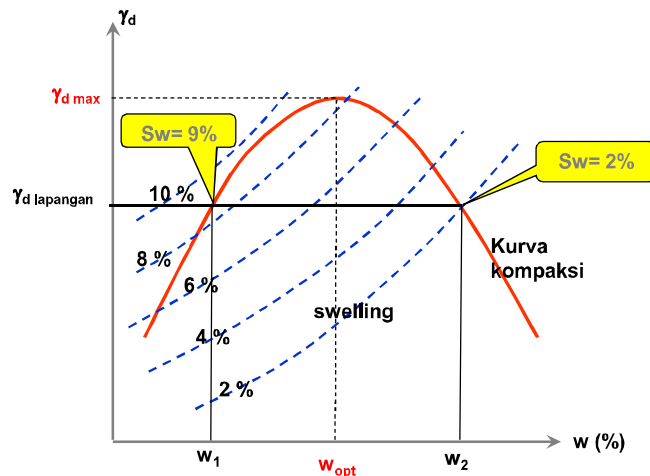
- Metode kerucut pasir (*sand cone method*)
- Metode balon karet (*rubber balloon method*)
- Metode dengan air atau oli
- Menggunakan alat kepadatan nuklir

MBT MEI 2013 – Page 35

## Contoh Spesifikasi Teknis

### Pekerjaan Tanah Akibat Kelongsoran

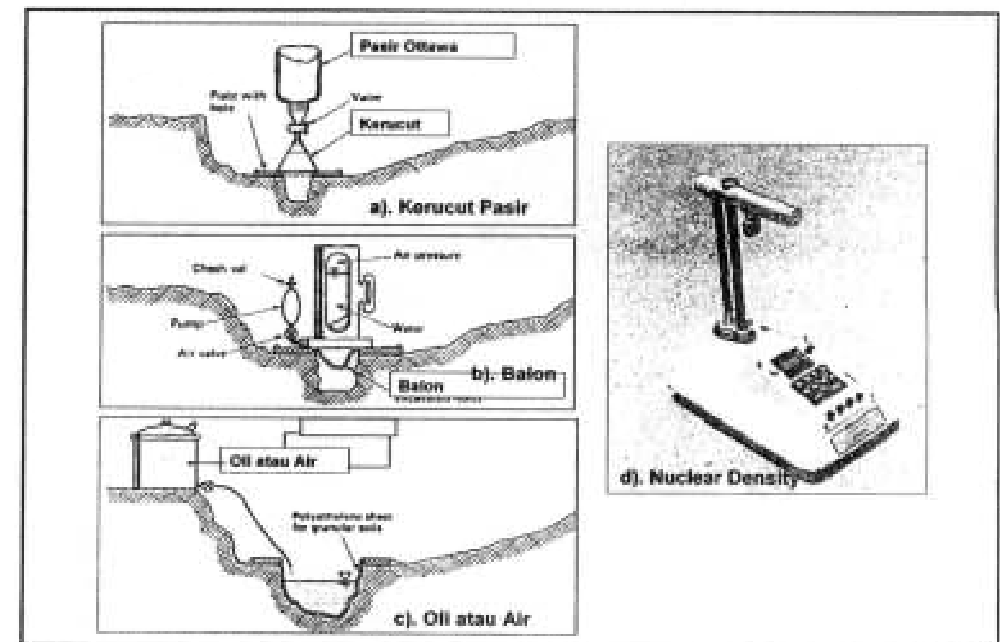
#### 4. Jaminan Kualitas



34

MBT MEI 2013 – Page 34

## Kontrol Kepadatan Lapangan





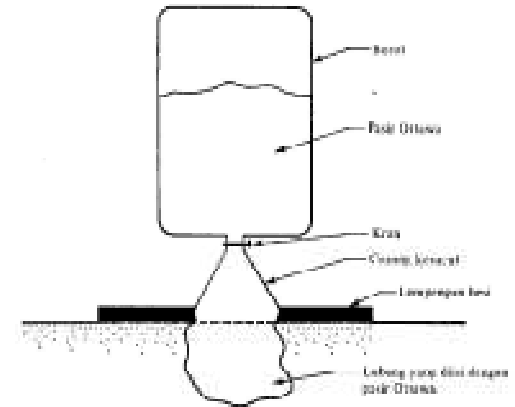
# Sand Cone & Nuclear Gauge Test

## Lab #6: Sand Cone and Nuclear Gauge Tests

Wysmann, Eastwood, Sinkard, Patoka

MBT MEI 2013 – Page 37

# Sand Cone Method



MBT MEI 2013 – Page 39

# Rubber Ballon Test



MBT MEI 2013 – Page 38

# Sand Cone Method

## Prosedur Pengujian Sand Cone:

- Kalibrasi pasir untuk menentukan  $\gamma_d$  pasir dan berat kerucut ( $W_c$ )
- Timbang botol berikut pasir di dalamnya dan kerucut ( $W_1$ )
- Buat lubang dengan diameter dan dalam kira-kira 10cm
- Kumpulkan tanah dari lubang dan timbang ( $W_2$ )
- Tentukan kadar air tanah dari lubang ( $w$ )
- Berat kering tanah dari lubang  $W_3 = \frac{W_2}{1 + \frac{w(\%)}{100}}$

- Telungkupkan kerucut di atas lubang dan buka keran sehingga pasir memenuhi lubang dan kerucut, lalu tutup keran
- Timbang botol, kerucut dan sisa pasir yang tertinggal ( $W_4$ )
- Berat pasir yang mengisi lubang dan kerucut:  $W_5 = W_1 - W_4$
- Volume lubang:  $V = \frac{W_5 - W_c}{\gamma_{d \text{ pasir}}}$

- Berat Volume tanah yang diuji (dari lubang)  $\gamma_d = \frac{\text{berat kering tanah yang digali}}{\text{Volume lubang}} = \frac{W_3}{V}$

- Bandingkan berat volume kering hasil uji kerucut pasir dengan kurva pemadatan dan CBR dari laboratorium (umumnya kepadatan dianggap cukup apabila  $\gamma_d$  lapangan sudah mencapai 95% dari  $\gamma_{d \text{ max}}$ ).

MBT MEI 2013 – Page 40

# Sand Cone Method

## Typical Values of Void Ratio and Unit Weight

Soil description	Void ratio	Dry unit weight(pcf)	Saturated unit weight(pcf)
Uniform sand	1.0 - 0.4	83 - 118	84 - 136
Silty sand	0.9 - 0.3	87 - 127	88 - 142
Clean, well-graded sand	0.95 - 0.2	85 - 138	86 - 148
Silty sand and gravel	0.85 - 0.14	89 - 146	90 - 155
Sandy or silty clay	1.8 - 0.25	60 - 135	100 - 147
Well-graded gravel, sand, silt, and clay mixture	0.7 - 0.13	100 - 148	125 - 156
Inorganic clay	2.4 - 0.5	50 - 112	94 - 133
Colloidal clay (50% < 2 $\mu$ )	12 - 0.6	13 - 106	71 - 128

(NAVFAC DM 7.1, 1982)

1 pcf = 0,157 kN/m<sup>3</sup>

MBT MEI 2013 – Page 41

# Pengujian Dynamic Cone Penetrometer



MBT MEI 2013 – Page 43

## Pengujian Dynamic Cone Penetrometer

**Kegunaan:** untuk mengevaluasi subgrade jalan dalam perencanaan konstruksi jalan.

DCP dilakukan untuk mengetahui nilai CBR tanah berdasarkan ASTM D6951. Penetrasi konus dinamis (dynamic cone penetrometer) adalah suatu alat yang digunakan untuk menguji dengan cepat kekuatan lapisan jalan tanpa pengikat (tanah dasar, pondasi bahan berbutir). Pengujian dilakukan menerus sampai kedalaman 100 cm. Dari pengujian ini dapat dikorelasikan dengan nilai CBR lapangan.



MBT MEI 2013 – Page 42

## Pengujian Dynamic Cone Penetrometer

**Peralatan yang digunakan:**

- 1) Hammer/penumbuk beban (9.07kg).
- 2) Konus dan stang/stick untuk penetrasi kedalam tanah.
- 3) Mistar ukur yang dilekatkan pada stang/stick



Diukur: mm/ jumlah pukulan → dikorelasikan dengan nilai CBR (%)

MBT MEI 2013 – Page 44

# Pengujian Dynamic Cone Penetrometer

Korelasi hasil pengujian DCP dengan nilai CBR:

mm/blow	Nilai CBR	mm/blow	Nilai CBR
≤ 4	70	18	12
5	65	19	10
6	43	20	9
7	30	23	8
8	29	25	7
9	26	28	6
10	23	33	5
11	21	38	4
12	20	43	3
13	19	60 – 70	2
14	16	80 – 100	< 1
15	15		
16	13	≥ 100	

MBT MEI 2013 – Page 45

# Sondir



MBT MEI 2013 – Page 47

# Sondir

**Kegunaan:** untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah keras serta sifat daya dukung maupun daya lekat setiap kedalaman.

Alat yang digunakan adalah Dutch Cone Penetrometer dengan bikonus jenis Begemann dengan kapasitas maksimum 250 kg/cm<sup>2</sup> untuk sondir ringan (2,5 ton) dan 1000 kg/cm<sup>2</sup> untuk sondir berat (10 ton)

**Peralatan yang digunakan:**

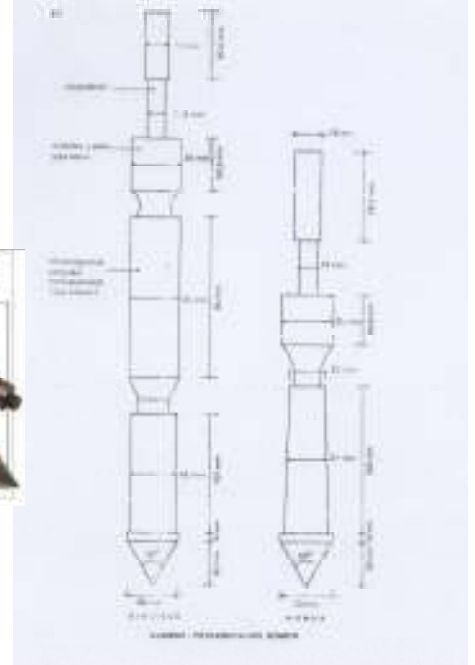
- 1) Mesin penekan.
- 2) Stang ± 1.0m.
- 3) Konus dan bikonus.
- 4) Manometer



MBT MEI 2013 – Page 46

# Sondir

Konus standard digunakan hanya untuk mengetahui besar tekanan, sedangkan bikonus digunakan untuk mengetahui besarnya tekanan konus dan hambatan lekat.



MBT MEI 2013 – Page 48



# Sondir

## Keuntungan:

- 1) Dapat dengan cepat menentukan tanah keras.
- 2) Dapat diperkirakan perbedaan lapisan.
- 3) Dengan rumus empiris hasilnya dapat digunakan untuk menghitung daya dukung tiang.
- 4) Cukup baik untuk digunakan pada lapisan yang berbutir halus.

## Kerugian:

- 1) Jika terdapat batuan lepas bisa memberikan indikasi lapisan tanah keras yang salah.
- 2) Tidak dapat mengetahui jenis tanah secara langsung.
- 3) Jika alat tidak lurus dan konus tidak bekerja dengan baik maka hasil yang diperoleh bisa meragukan.

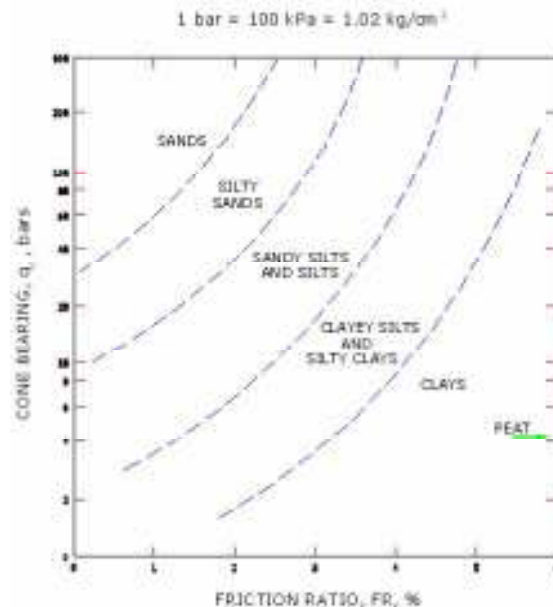
# Sondir

Contoh hasil sondir:

DUTCH CONE PENETRATION TEST							
Project					Date	: 23 Februari 2013	
Test Nomor	: S1				Tested by	: Team	
Site Name	: 13,2 meter				Koordinat UTM	: 769633	
Location	: Kawasan Industri Pupuk Kujang - Provinsi Jawa Barat					9290994	
ELEVASI (m)	PEMBACAAN		TAHANAN		Hambatan Lekat (JP-PK) * C2 (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah Hambatan Lekat (JHL) (kg/cm <sup>2</sup> )	FR (fs/qc) (%)
	PK	JP	qc= PK*c0	fs=LF (JP-PK) * C1			
0	0	0	0	0	0	0	0.00
-0.2	5	7.5	5	0.225	4.5	4.5	4.50
-0.4	6.5	9	6.5	0.225	4.5	9	3.46
-0.6	8	12	8	0.36	7.2	16.2	4.50
-0.8	15	19.5	15	0.405	8.1	24.3	2.70
-1	18.5	24	18.5	0.495	9.9	34.2	2.68
-1.2	23	28	23	0.45	9	43.2	1.96
-1.4	27	30	27	0.27	5.4	48.6	1.00
-1.6	30	34.5	30	0.405	8.1	56.7	1.35
-1.8	35	40.5	35	0.495	9.9	66.6	1.41
-2	35	41	35	0.54	10.8	77.4	1.54
-2.2	40	45	40	0.45	9	86.4	1.13
-2.4	22	28	22	0.54	10.8	97.2	2.45
-2.6	28.5	36	28.5	0.675	13.5	110.7	2.37
-2.8	25	28	25	0.27	5.4	116.1	1.08
-3	20	28	20	0.72	14.4	130.5	3.60
-3.2	19	22	19	0.27	5.4	135.9	1.42
-3.4	15.5	21	15.5	0.495	9.9	145.8	3.19
-3.6	14	18	14	0.36	7.2	153	2.57
-3.8	17	19.5	17	0.225	4.5	157.5	1.32

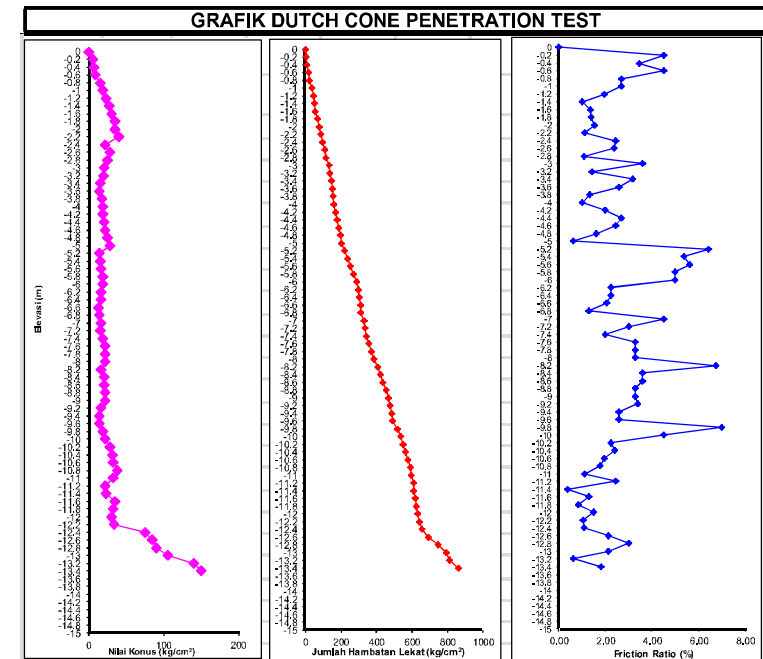
# Sondir

Korelasi antara data sondir dengan jenis tanah



# Sondir

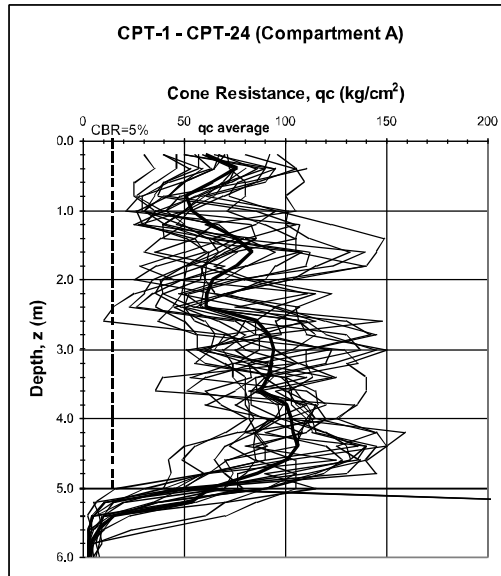
Contoh hasil sondir:





## Sondir

Contoh hasil sondir:



MBT MEI 2013 – Page 53

## Sondir Elektrik

**Sondir Elektrik** ada yang dilengkapi sensor untuk mengukur tekanan air pori yang sangat berguna untuk penentuan jenis tanah:

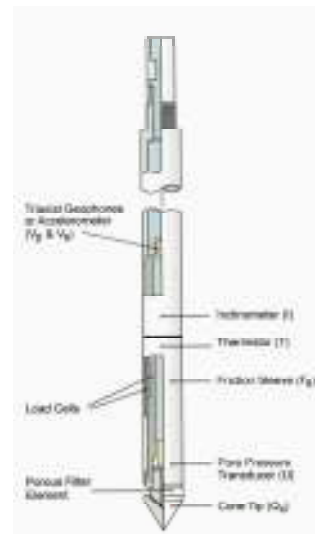
- Tekanan air pori yang cenderung sama dengan tekanan hidrostatik menunjukkan tanah jenis pasiran.
- Tekanan air pori yang lebih besar dari tekanan hidrostatik menunjukkan tanah liat lunak hingga sedang.
- Untuk tanah liat atau pasir sangat padat, tekanan air pori cenderung lebih kecil daripada tekanan hidrostatik.

MBT MEI 2013 – Page 55

## Sondir Elektrik

**Sondir Elektrik** mampu mengukur tekanan konus dan tekanan friksi secara menerus dengan akurasi jauh lebih baik daripada sondir mekanik.

Koreksi berat tiang tekan seperti yang dilakukan untuk sondir mekanik tidak perlu dilakukan untuk sondir listrik karena sensor tepat berada diujung konus.



MBT MEI 2013 – Page 54

## Pengujian SPT

**Kegunaan:** untuk menentukan kepadatan dan konsistensi tanah/batuan secara dinamis di tempat (insitu).

**Peralatan yang digunakan:**

- Split spoon sampler.
- Beban penumbuk  $\pm 63.5$  kg dengan tinggi jatuh 75cm.
- Peralatan bor.



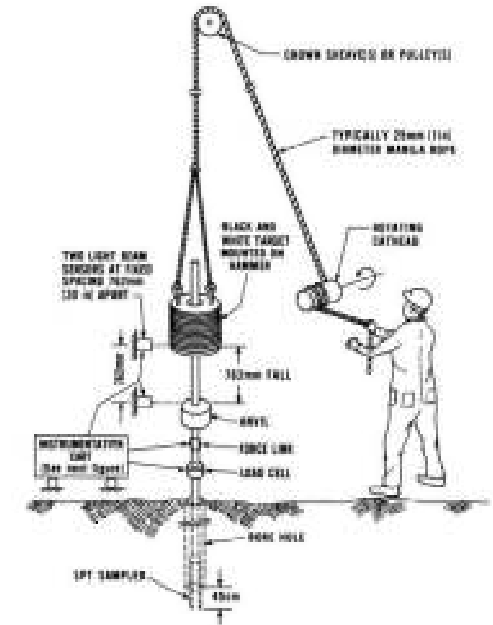
MBT MEI 2013 – Page 56

# Pengujian SPT



# Pengujian SPT

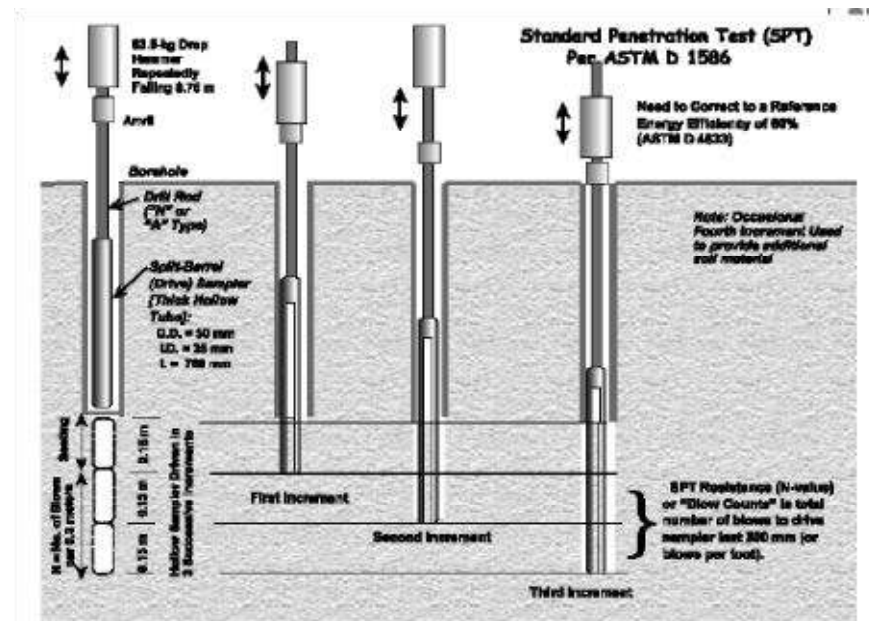
Parameter yang diperoleh:  
jumlah pukulan / tumbukan (N-SPT), yaitu banyaknya tumbukan yang diperlukan untuk penetrasi Split spoon sampler/Split Barrel sampler sebesar 30 cm terakhir dari pembacaan penetrasi 45 cm.  
 $N_{SPT} = N_2 + N_3$



# Pengujian SPT



# Pengujian SPT



## Pengujian SPT

Tingkatan konsistensi tanah:

SONDIR (CPT) qc (kg/cm <sup>2</sup> )	SPT (N)	CONSISTENCY
0 – 5	0 – 2	Very soft
5 – 10	2 – 5	Soft
10 – 20	5 – 10	Medium stiff
20 – 40	10 – 20	Stiff
40 – 80	20 – 30	Very stiff
80 – 100	> 30	Hard

## Pengujian SPT

Hubungan tingkat kepadatan relatif ( $D_r$ ), sudut geser dalam ( $\phi$ ), nilai konus ( $q_c$ ) dengan  $N_{SPT}$

TINGKAT KEPADATAN	$D_r$	$\phi$ (°)	SONDIR (CPT) qc (kg/cm <sup>2</sup> )	N SPT
Sangat lepas	< 0.2	< 30	< 20.4	< 4
Lepas	0.2 – 0.4	30 – 35	20.4 – 45.9	4 – 10
Agak Padat	0.4 – 0.6	35 – 40	45.9 – 132.6	10 – 30
Padat	0.6 – 0.8	40 – 50	132.6 – 224.4	30 – 50
Sangat Padat	> 0.8	> 45	> 224.4	> 50























