

Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat

IGS

LPJK

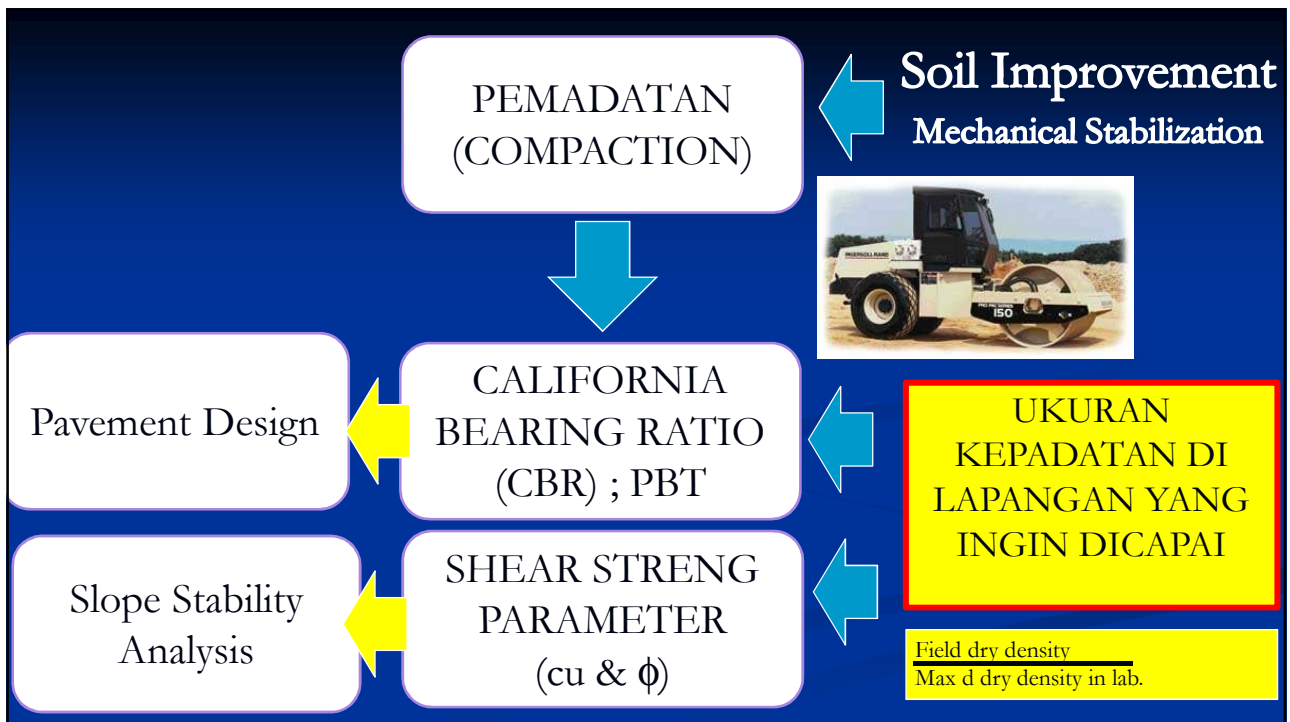
WEBINAR PEKERJAAN FONDASI JALAN & STABILITAS LERENG

## PEMADATAN TANAH- QA & QC

Oleh : DR. Ir. Idrus M. Alatas M.Sc  
 Ahli Utama HATTI (G-2)  
 Bendahara HATTI  
 Dosen Prodi Sipil ISTN Jakarta  
 Ditektur PT. LTS Geoinves

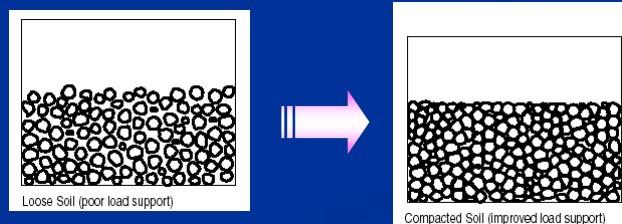
### Bakuan Kompetensi LPJK

Judul Unit Menentukan Sifat Kompaksi Tanah	
Uraian Unit Unit ini berlaku untuk Perencanaan, Pengawasan, dan Pelaksanaan dalam Menentukan Sifat Kompaksi Tanah	
Sub Kompetensi	Kriteria Unjuk Kerja
1. Menguasai metoda pengambilan contoh tanah	1. Dapat menjelaskan pengambilan contoh tanah dengan menggunakan bor tangan, bor mesin, dan test pit 2. Dapat menjelaskan perbedaan dari contoh tanah tidak terganggu (undisturbed sample) dan contoh tanah terganggu (disturbed sample) 3. Dapat menjelaskan cara pengambilan tanah kohesif dan tanah tidak kohesif
2. Menguasai metoda/standart pengujian untuk mendapatkan sifat kompaksi tanah	1. Dapat menjelaskan metoda/standart pengujian di laboratorium maupun di lapangan untuk mendapatkan sifat kompaksi tanah 2. Dapat menjelaskan pelaksanaan dan melakukan perhitungan uji sifat kompaksi tanah antara lain uji Pemadatan Standart, Pemadatan Modified, California Bearing Ratio (CBR), Sand Cone 3. Dapat menginterpretasi hasil uji sifat kompaksi tanah
3. Menguasai sifat kompaksi tanah	1. Dapat menjelaskan perbedaan dari sifat indeks kompaksi tanah dan sifat indeks tanah asli. 2. Dapat menjelaskan perbedaan dari sifat mekanika kompaksi tanah dan sifat mekanika tanah asli. 3. Dapat menjelaskan perbedaan dari sifat hidrolis kompaksi tanah dan sifat hidrolis tanah asli. 4. Dapat menjelaskan perbedaan dari nilai CBR terendam dan nilai CBR tidak terendam 5. Dapat menjelaskan pemakaian dari kompaksi tanah. 6. Dapat menjelaskan nilai-nilai batas dari kompaksi tanah



## Soil Compaction

Sebuah proses dimana partikel-partikel tanah tersusun secara lebih rapat dengan berkurangnya volume pori, sebagai hasil dari pemakaian beban seperti rolling (gilas), tamping (menumbuk) atau getaran. Proses ini meliputi keluarnya udara dari pori tanpa perubahan yang signifikan terhadap kadar air.



## Tujuan

Merubah sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik:  
**strength, compressibility, volume stability (shrink-swell potential), hydraulic conductivity**

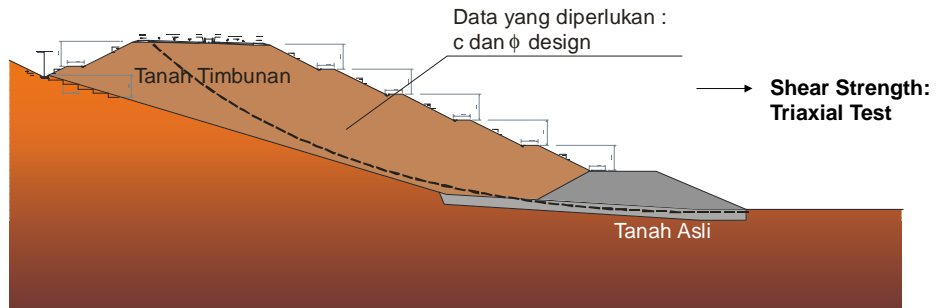
- *mengurangi kompresibilitas*
- *menaikkan kekuatan tanah*
- *mengurangi potensi likuifaksi*
- *mengontrol shrinkage dan swelling*
- *mengurangi hydraulic compressibility/permeabilitas*
- *menaikkan daya tahan terhadap erosi*
- *mengontrol resilience properties (kekenyalan)*

**Secara umum perubahan ini akan menyebabkan meningkatnya soil density.**

Namun ada pengecualian (**khusus fine soil**):

- (1) swelling (heave) pada tanah lempung cenderung meningkat bila density meningkat, dan
- (2) Kekuatan tanah dapat berkurang secara signifikan bila upaya pemadatan tanah lempung semakin tinggi (fenomena yang diacu sebagai "overcompaction").

### Pemadatan Untuk Timbunan Tinggi



CONTOH : Kreteria Pemadatan  
Based on parameter design

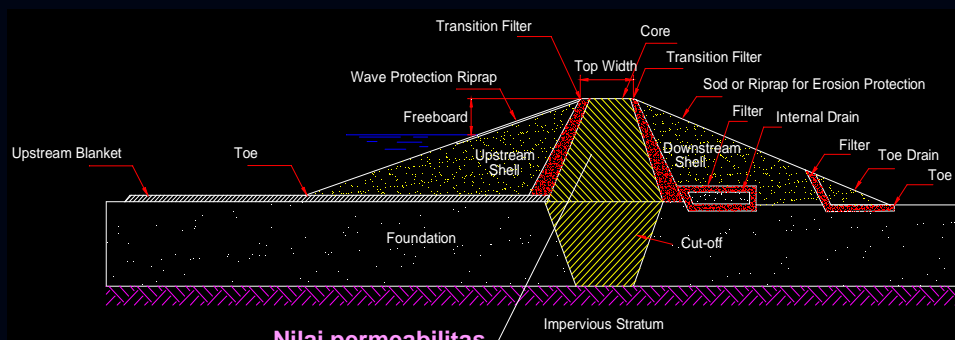
Tinggi timbunan, H (m)	Pemadatan
$H \leq 15$	95 % Standard Proctor
$15 < H < 25$	100 % Standard Proctor
$H > 25$	95 % Modified



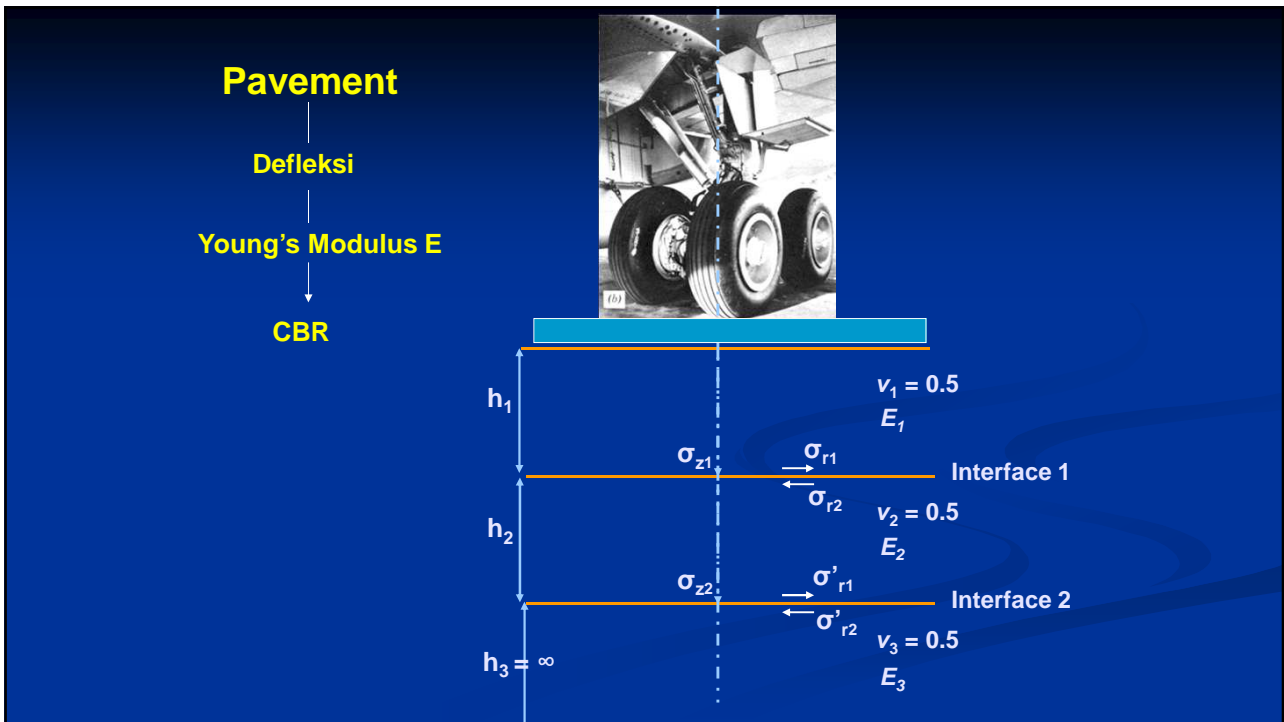
DENGAN TUJUAN KHUSUS  
PEMANFAATAN TIMBUNAN  
PADA TAHAPAN DESIGN  
PERENCANAAN :

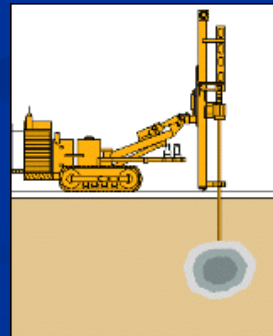
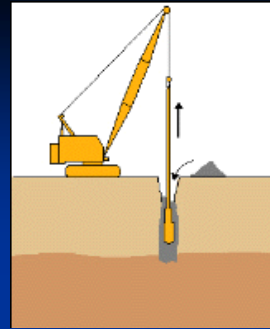
- Piling
- Perkerasan Jalan / Runway
- Bendungan

### Pemadatan untuk Dam



Nilai permeabilitas  
Nilai C,  $\phi$



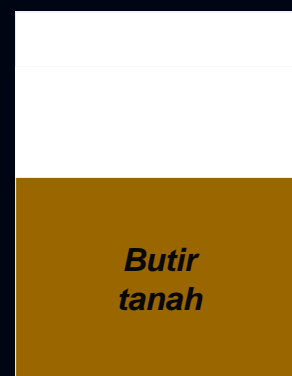
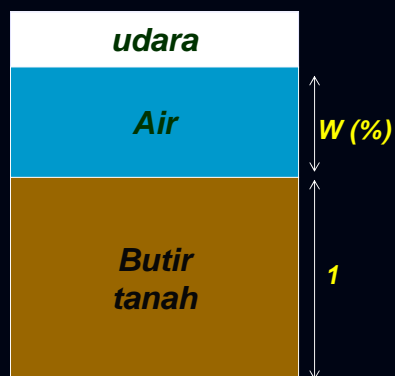


*SPT → Relative Density → Vibrocompaction*

## Teori Pemadatan Tanah

1. Kriteria: Kepadatan kering →  $\gamma_d$

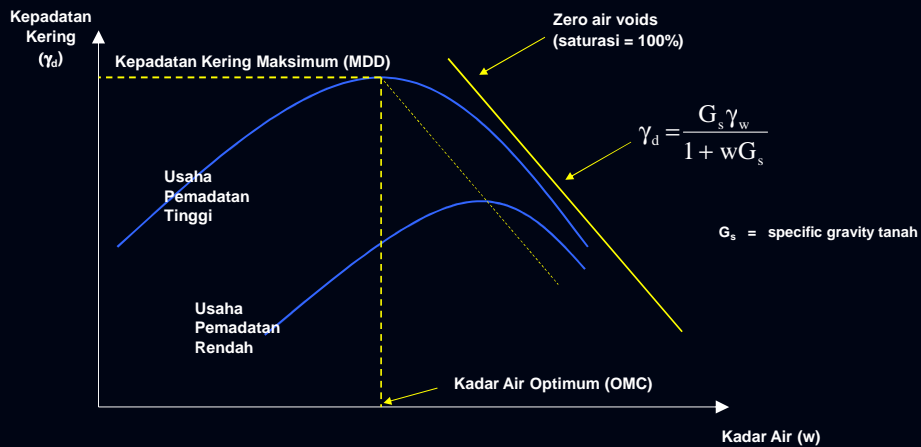
Parameter (fixed) walaupun terjadi perubahan kadar air, (kecuali expansive soil)



## Teori Pemadatan Tanah

1. Kriteria: Kepadatan kering  $\rightarrow \gamma = \gamma_d / (1 + W)$

2. Kurva Pemadatan



## Teori Pemadatan Tanah

- Menurut Proctor, pemadatan tanah ditentukan oleh:
  1. Usaha Pemadatan (energi)
  2. Tipe Tanah
  3. Kadar Air ( $w$ ), dan
  4. Berat Jenis Kering ( $\gamma_d$ )

## Perilaku Tanah yang Dipadatkan:

### • GRANULAR SOIL

### Perilaku Tanah *Pasir* yang Dipadatkan

- Secara umum semakin padat adalah semakin baik.
- *Kepadatan Relatif (Dr)* adalah faktor utama yang mengontrol :

- kompresibilitas
- kekuatan
- *potensi likuifaksi* dan
- modulus deformasi

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

$$D_r = \frac{\left[ \frac{1}{\gamma_{d(\min)}} \right] - \left[ \frac{1}{\gamma_d} \right]}{\left[ \frac{1}{\gamma_{d(\min)}} \right] - \left[ \frac{1}{\gamma_{d(\max)}} \right]} = \left[ \frac{\gamma_d - \gamma_{d(\min)}}{\gamma_{d(\max)} - \gamma_{d(\min)}} \right] \left[ \frac{\gamma_{d(\max)}}{\gamma_d} \right]$$

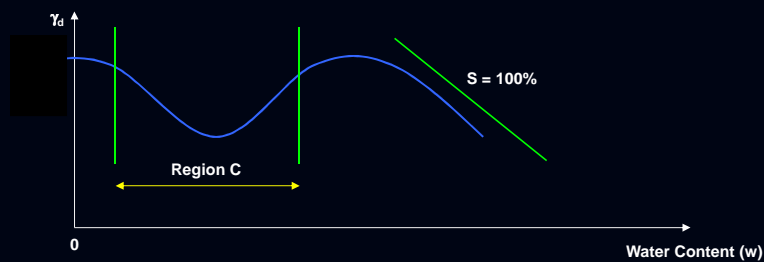
- Kadar air pada umumnya tidak begitu penting pada pasir, kecuali untuk pasir jenuh yang memikul beban dinamis (bahaya likuifaksi).
- Selain *kepadatan relatif*, perilaku tanah pasir sangat bergantung pada *confining pressure* dan kondisi fabric.



## Perilaku Tanah Pasir yang Dipadatkan

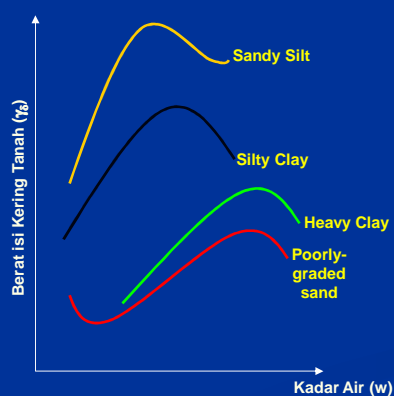
### ❖ Kurva Pemadatan untuk Tanah Pasir

- Kepadatan yang lebih tinggi dapat diperoleh baik dalam keadaan kering atau basah. Tetapi pada region C, tegangan kapiler antar butiran menjadi semacam kohesi yang menahan butiran untuk ber-relokasi dan memadat.
- Vibrasi adalah metode paling efektif untuk pemadatan pada tanah berpasir.

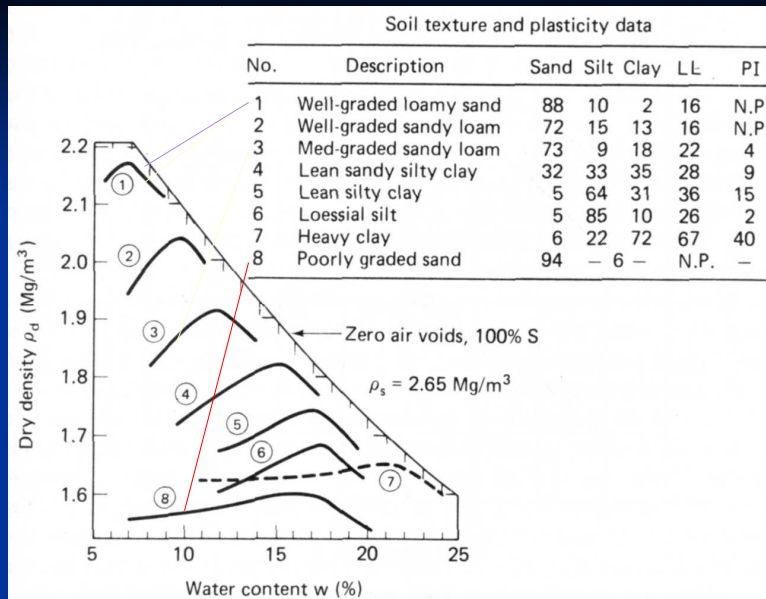


## Tipe Tanah

- Tipe tanah seperti distribusi ukuran butiran, bentuk butiran tanah, specific gravity serta jumlah dan tipe kandungan mineral lempung merupakan faktor penting yang mempengaruhi kadar air optimum ( $w_{optimum}$ ) dan berat jenis kering maksimum ( $\gamma_d$  maksimum).



- Pada tanah pasir, berat isi kering tanah cenderung untuk menurun pada saat awal penambahan air. Kemudian pada saat mencapai kadar air tertentu, berat jenis kering tanah akan bertambah hingga mencapai nilai maksimum. Penurunan nilai berat jenis kering tanah pada saat awal pertambahan kadar air disebabkan oleh efek tarik kapilaritas. Pada saat kadar air masih rendah, gaya tarik kapilaritas pada air akan menyebabkan partikel tanah cenderung bergerak dan memadat.



Hubungan Kadar Air dengan Berat Isi Kering untuk Delapan Jenis Tanah yang Dipadatkan Menurut Metode Standard Proctor (Johnson dan Sallberg, 1960)

## Perilaku Tanah Pasir yang Dipadatkan

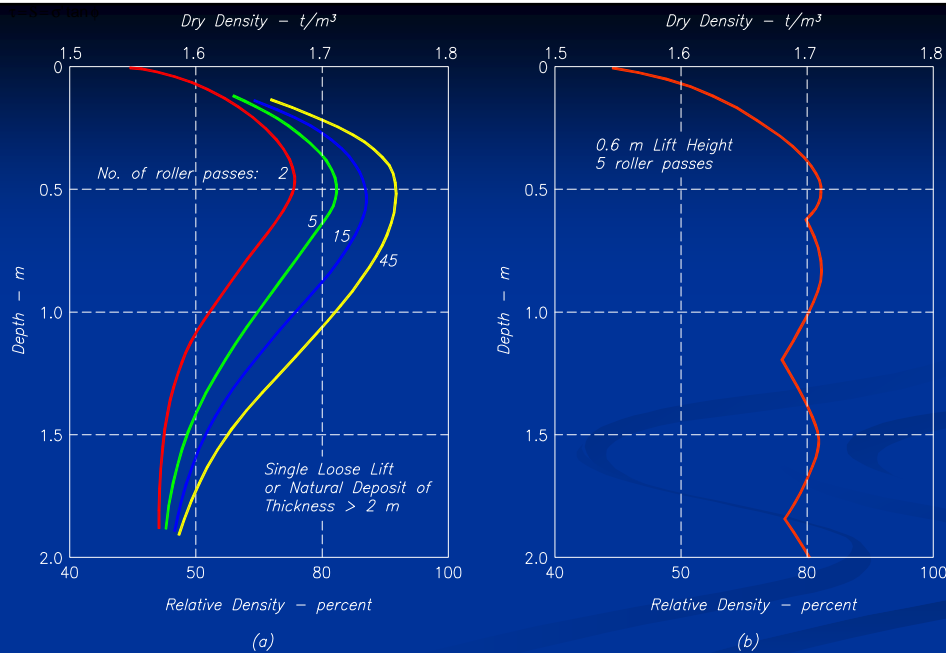
### ❖ Pengaruh Cara Pemadatan (di Laboratorium)

- Sifat-sifat mekanik (*tegangan-regangan, kompresibilitas, likuifaksi*) sangat bergantung pada *sample preparation*.
- *Sample preparation* yang berbeda akan menghasilkan fabric/struktur tanah yang berbeda. Setelah dipadatkan, struktur tanah yang berbeda tersebut akan menghasilkan kenaikan *confining pressure* dan *strength* yang berbeda pula.

## Perilaku Tanah Pasir yang Dipadatkan

### ❖ Perilaku Tanah Pasir yang Dipadatkan (di Lapangan)

- Perilaku di lapangan adalah sama dengan di laboratorium (ditentukan oleh *kepadatan* dan *confining pressure*).
- Cara pemadatan yang berbeda di lapangan akan menghasilkan struktur tanah yang berbeda pula (*vibratory* atau *tamping*).
- Untuk *clean cohesionless fills*, pemadatan dengan *vibratory rollers* adalah metode yang terbaik dan paling ekonomis dengan kedalaman efektif sekitar 2 m. Apabila digunakan *the heaviest vibratory roller*, maka kedalaman efektifnya dapat lebih besar.



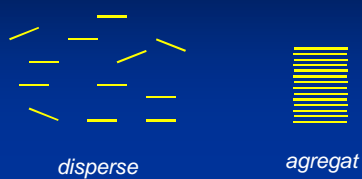
Hubungan antara Kepadatan, Kedalaman dan Jumlah Lintasan Roller

## Perilaku Tanah yang Dipadatkan:

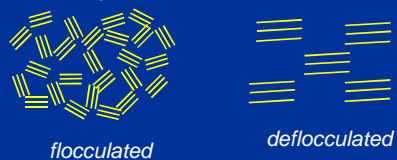
### • FINE SOIL

### Mikrostruktur Tanah Lempung

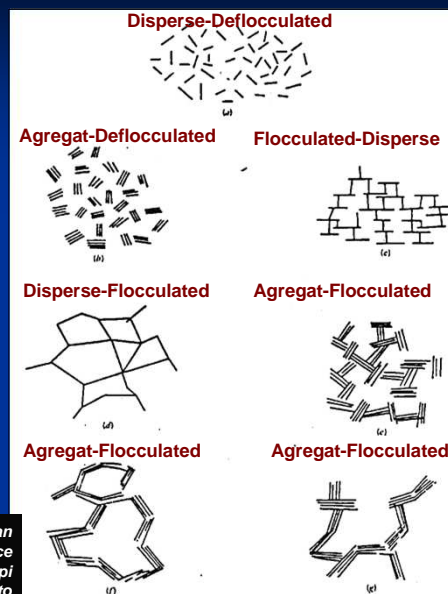
- Antar partikel dalam satu grup



- Antar grup



Model partikel pada tanah lempung (a) dispersed dan flocculated (b) agregat tetapi deflocculated (c) edge to face flocculated tetapi dispersed (d) edge to edge flocculated tetapi dispersed (e) edge to face flocculated dan agregat (f) edge to edge flocculated dan agregat (g) edge to face dan edge to edge flocculated dan agregat (Van Oden, 1963)

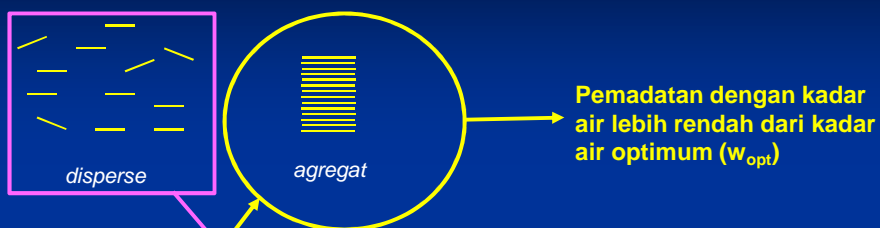


## Perilaku Tanah *Lempung* yang Dipadatkan

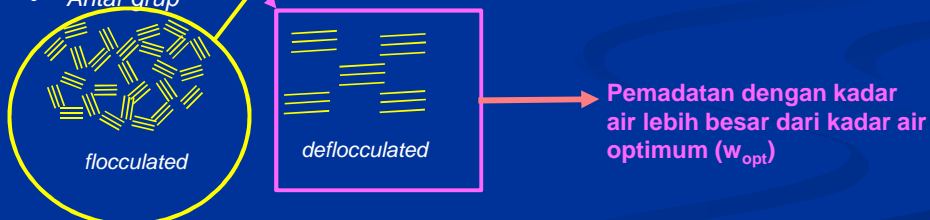
- Secara umum sifat-sifat mekanis dari lempung yang dipadatkan bergantung pada :
  - cara pemadatan
  - energi (*compactive effort*)
  - kadar air saat pemadatan
  - perubahan kadar air dan volume setelah pemadatan
- Pemadatan dengan kadar air lebih rendah dari kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) akan menghasilkan struktur tanah yang *flocculated* dan *aggregate*.
- Pemadatan dengan kadar air lebih besar dari kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) akan menghasilkan struktur tanah yang *deflocculated* dan *disperse*.

## Mikrostruktur Tanah Lempung

- Antar partikel dalam satu grup



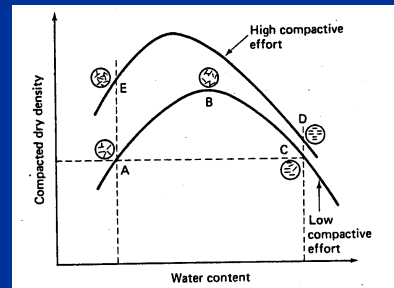
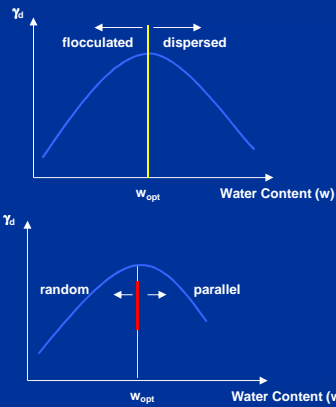
- Antar grup



## *Perilaku Tanah Lempung yang Dipadatkan*

### ❖ Prinsip Pemadatan yang Menyangkut Hubungan antara Struktur dan Perilaku Tanah Lempung

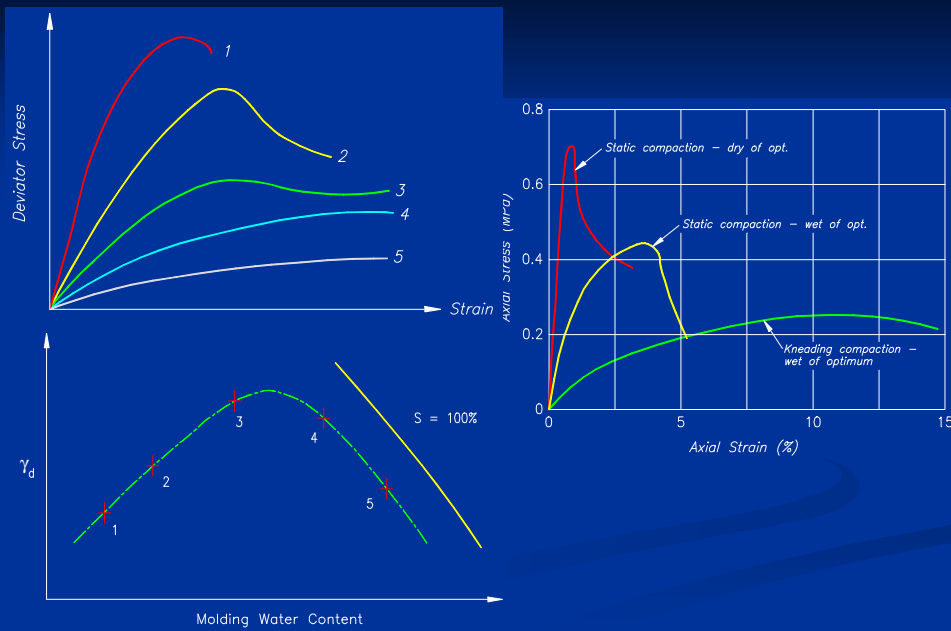
Pemadatan di sisi kiri kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) menghasilkan struktur lempung yang *flocculated*.



## Tujuan Pemadatan

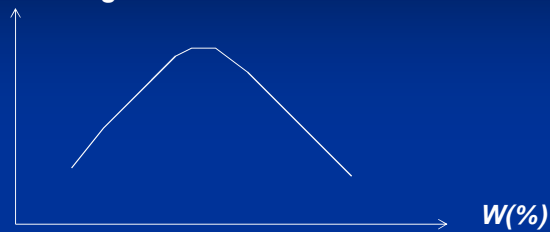
**Meningkatkan Kekuatan Tanah  
(Shear Strength)**

### Tegangan-Regangan As Compacted (setelah dipadatkan)

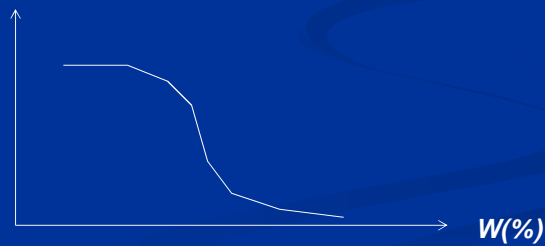


### Hubungan antara Kepadatan Kering, Kadar Air dan Kekuatan Lempung Setelah Pemasakan (Seed, Mitchell, dan Chan (1960))

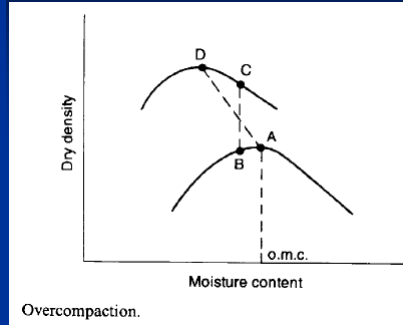
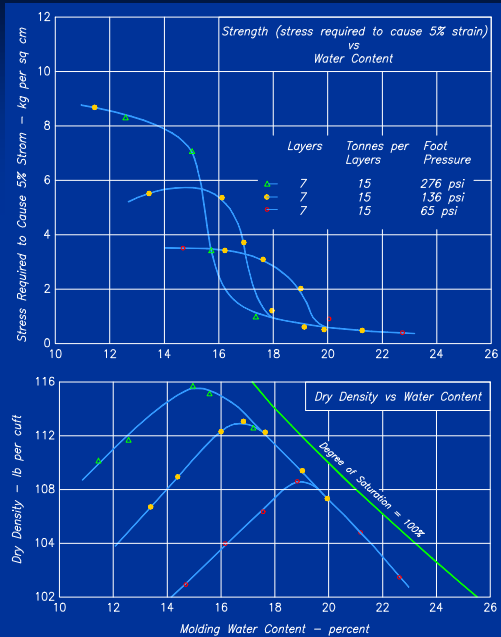
**Kepadatan Kering**



**Kekuatan Tanah**

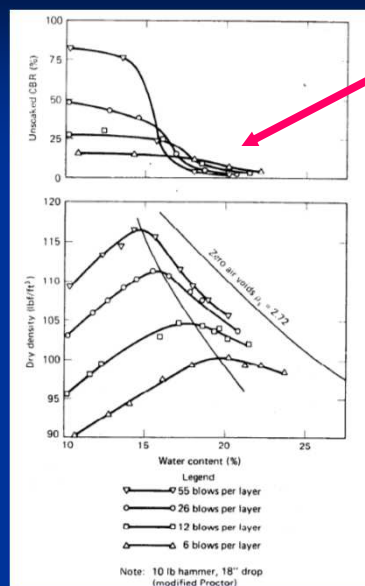


Hubungan antara Kepadatan Kering, Kadar Air dan Kekuatan Lempung Setelah Pemasatan (Seed, Mitchell, dan Chan (1960))

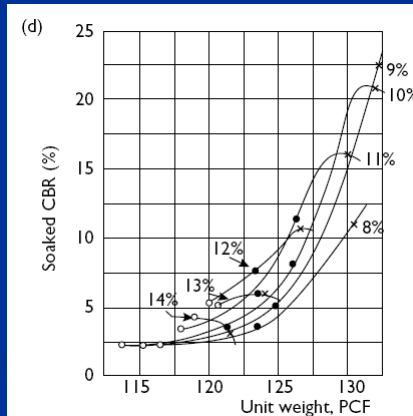


Foot Pressure Effect

Hubungan antara Kepadatan Kering, Kadar Air dan Kekuatan Lempung Setelah Pemasatan (Seed, Mitchell, dan Chan (1960))



Pemasatan pada wet side menyebabkan kekuatan menurun dengan bertambahnya compactive effort





## Kuat Geser Akibat Penjenuhan

Penelitian pada suatu contoh tanah menunjukkan kuat geser (*undrained strength*) tanah lanau kepasiran (*sandy silt*) warna coklat (*brown*) pada saat jenuh hanya sepertujuh dari kuat geser tidak jenuh pada kepadatan 80% berdasarkan Standard Proctor

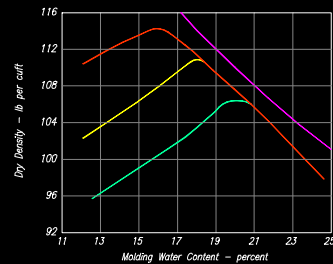
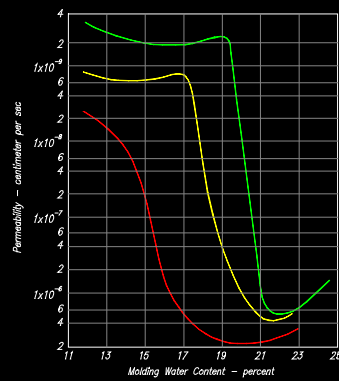
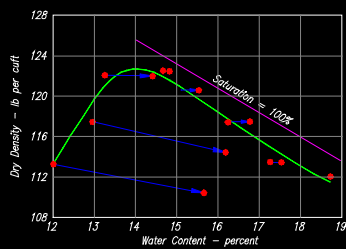
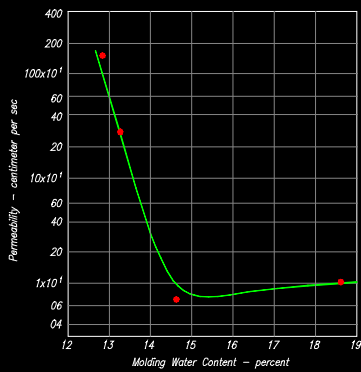
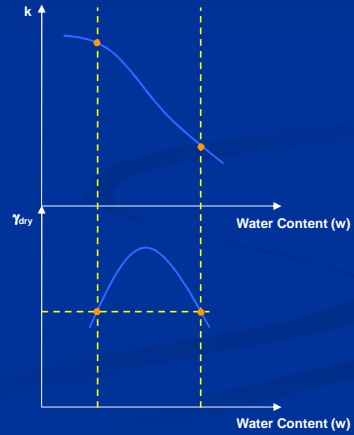
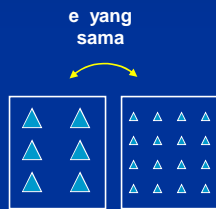
Kepadatan	Kuat geser (ton/m <sup>2</sup> )		Rasio Jenuh/Tidak jenuh
	Tidak jenuh	Jenuh	
80% <i>Standard Proctor</i>	10,0	1,5	0,15
90% <i>Standard Proctor</i>	15,0	5,3	0,35
95% <i>Standard Proctor</i>	17,5	10,0	0,57

## Tujuan Pematatan

Mengurangi Permeabilitas

## Perilaku Tanah Lempung yang Dipadatkan

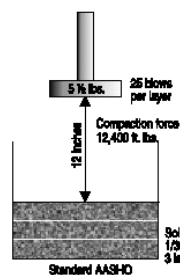
Struktur lempung *deflocculated/disperse* mempunyai ukuran pori yang lebih kecil dan lebih merata sehingga mempunyai permeabilitas yang lebih rendah.



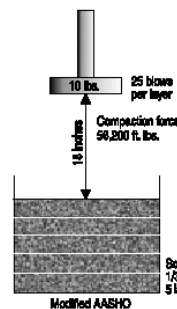
## Tes Pemadatan Tanah di laboratorium

- Tes pemadatan tanah di laboratorium ditemukan oleh R.R. Proctor pada tahun 1933, dinamakan dengan “**Tes Pemadatan Proctor**”. Dilakukan untuk mendapatkan kurva pemadatan yang mencerminkan hubungan antara berat jenis kering ( $\gamma_d$ ) dan kadar air optimum ( $w$ ).
- Terdapat dua macam tes pemadatan tanah :
  1. Proctor Standar (SNI 1742-2008 )
  2. Proctor Modifikasi (SNI 1743-2008 )

### PROCTOR TEST



**Proctor Test**  
A small soil sample is taken from the jobsite. A standard weight is dropped several times on the soil. The material is weighed and then oven-dried for 12 hours in order to evaluate the water content.



**Modified Proctor Test**  
This is similar to the Proctor test except a hammer is used to compact material for greater impact. This test is normally preferred in testing materials for higher shearing strength.

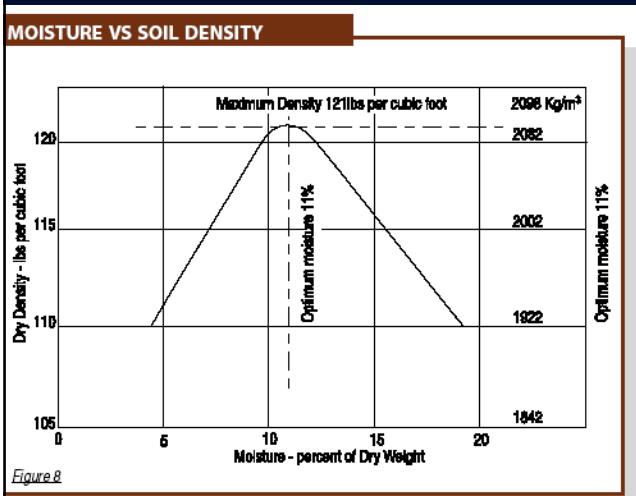


## ASTM STANDARD FOR STANDARD COMPACTION TEST

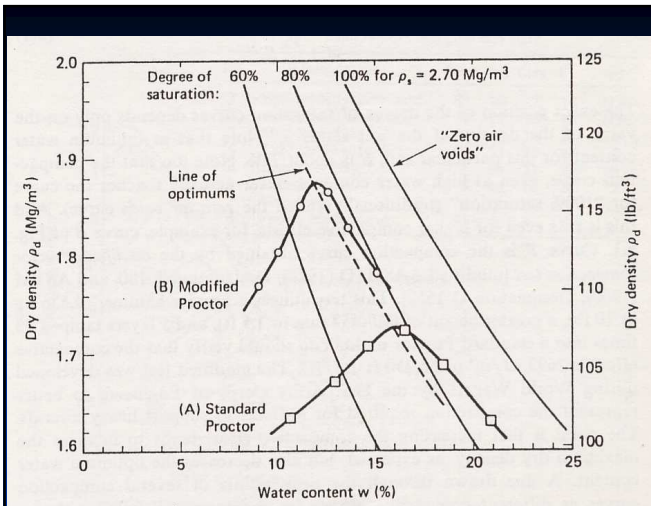
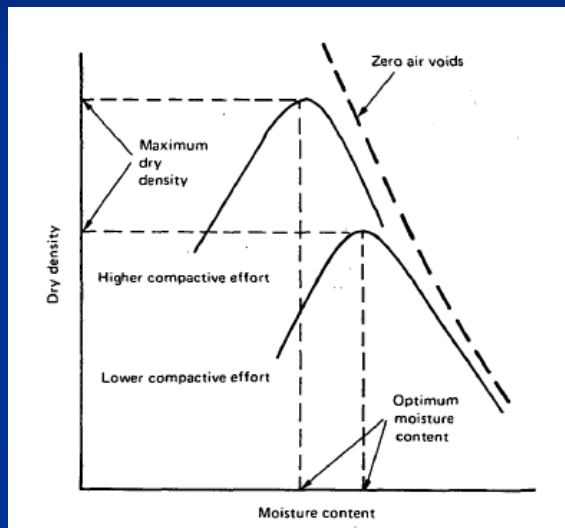
Method	Weight of Soil (kg)	Mould Diameter (inches)	Sieve	Hammer (lbs)	Layer	Blow / Layer
A	15	4	No:4	5,5	3	25
B	45	6	No:4	5,5	3	56
C	15	4	19 mm	5,5	3	25
D	45	6	19 mm	5,5	3	56

## ASTM STANDARD FOR MODIFIED COMPACTION TEST

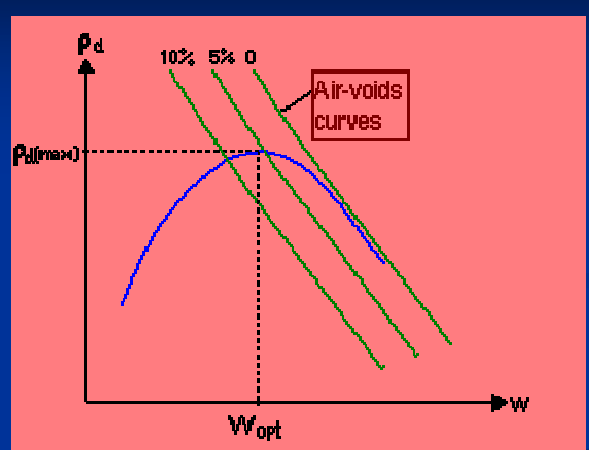
Method	Weight of Soil (kg)	Mould Diameter (inches)	Sieve	Hammer (lbs)	Layer	Blow / Layer
A	15	4	No:4	10	5	25
B	45	6	No:4	10	5	56
C	15	4	19 mm	10	5	25
D	45	6	19 mm	10	5	56



## Compaction Test



## Teori Kompaksi



$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + (w \cdot G_s / S_r)}$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} (1 - A_v)$$

**Example data collected during test**

In a typical compaction test the following data might have been collected:

Mass of mould,  $M_o = 1082$  g

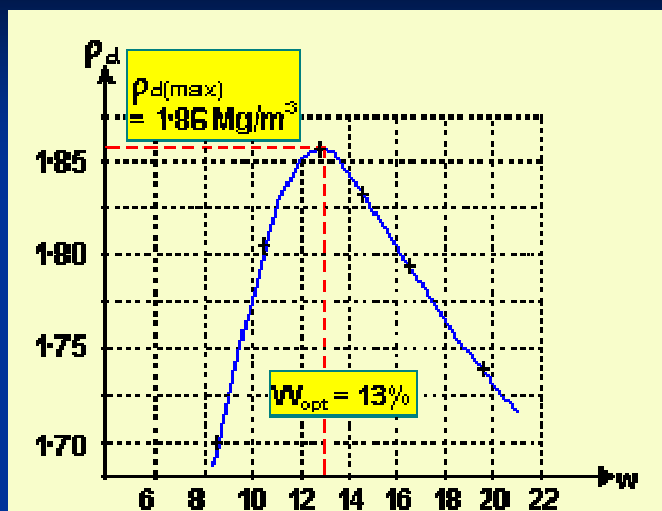
Volume of mould,  $V = 950$  ml

Specific gravity of soil grains,  $G_s = 2.70$

Mass of mould + soil (g)	2833	2979	3080	3092	3064	3027
Water content (%)	8.41	10.62	12.88	14.41	16.59	18.62

$$\rho = \frac{M - M_o}{V} \quad \text{and} \quad \rho_d = \frac{\rho}{1 + w}$$

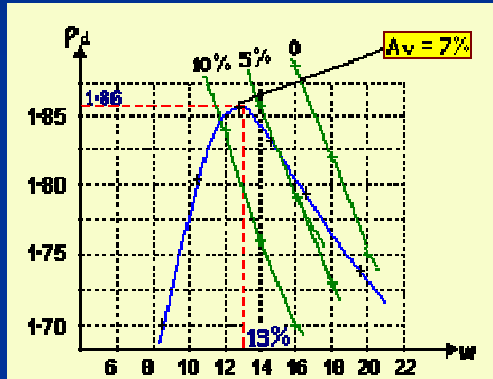
Bulk density, $\rho$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.84	2.00	2.10	2.12	2.09	2.05
Water content, $w$	0.084	0.106	0.129	0.144	0.166	0.186
Dry density, $\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.70	1.81	1.86	1.851	1.79	1.73



$$\rho_d = \frac{G_s \rho_w (1 - A_v)}{1 + w G_s}$$

Water content (%)	10	12	14	16	18	20
$\rho_d$ when $A_v = 0\%$	2.13	2.04	1.96	1.89	1.82	1.75
$\rho_d$ when $A_v = 5\%$	2.02	1.94	1.86	1.79	1.73	1.67
$\rho_d$ when $A_v = 10\%$	1.91	1.84	1.76	1.70	1.64	1.58

The **optimum air-voids content** is the value corresponding to the maximum dry density (1.86 Mg/m<sup>3</sup>) and optimum water content (12.9%).



$$A_{v,opt} = 1 - \left\{ \frac{\gamma}{G_s \gamma_w} (1 + w_{opt} G_s) \right\}$$

$$A_{v(opt)} = 1 - \frac{1.86}{2.70 \times 1.0} (1 + 0.129 \times 2.70) = 0.07 \text{ (7.1\%)}$$

Figure 2. Compaction curves for eight different soils using Standard Proctor test (adapted from Abramson et al., 1995)

## Compaction Curve

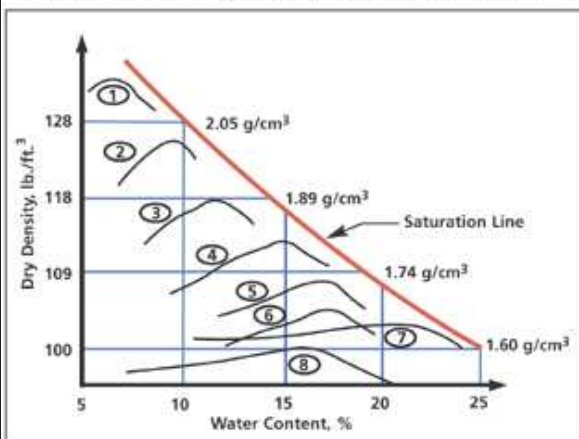
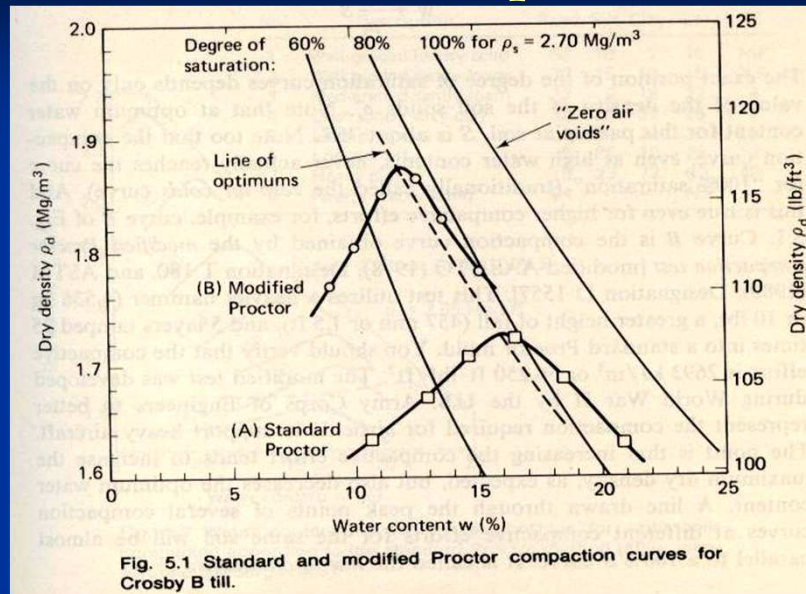


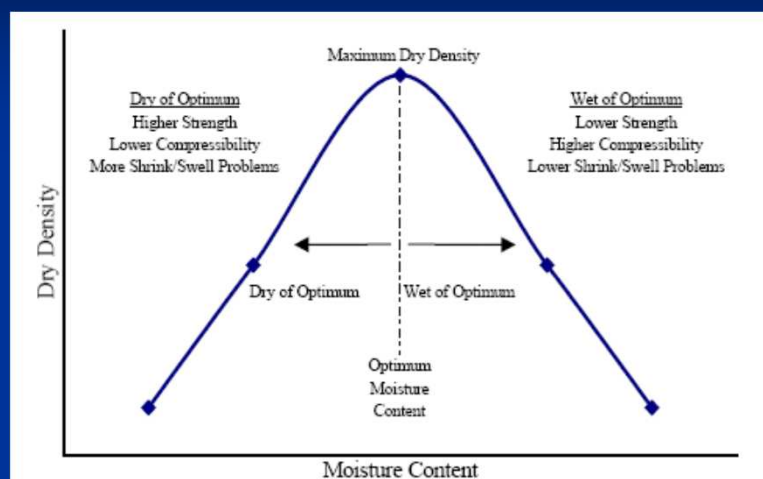
Table 1. Description and Gradation of Soils Used in the Compaction Tests

No.	Description	Sand %	Silt %	Clay %
1	Well-graded sand	88	10	2
2	Well-graded sandy marl	72	15	13
3	Medium sandy marl	73	9	18
4	Sandy clay	32	33	35
5	Silty clay	5	64	31
6	Loess silt	5	85	10
7	Clay	6	22	72
8	Poorly graded sand	94	6	

## Compaction Curve



## Teori Kompaksi





Property	Comparison
1. <b>Structure</b>	
A. Particle Arrangement	Dry side more random.
B. Water Deficiency	Dry side more deficiency therefore imbibe more water, swell more, have lower pore pressure.
C. Performance	Dry side structure sensitive to change.
2. <b>Permeability</b>	
A. Magnitude	Dry side more permeable.
B. Performance	Dry side permeability reduced much more by permeation.
3. <b>Compressibility</b>	
A. Magnitude	Wet side more compressible in low-pressure range, dry side in high-pressure range.
B. Rate	Dry side consolidates more rapidly.
C. Rebound	Wet side rebound per compression greater.
4. <b>Strength</b>	
A. As Molded	
a. Undrained	Dry side much higher.
b. Drained	Dry side somewhat higher.
B. After Saturation	
a. Undrained	Dry side somewhat higher if swelling prevented; wet side can be higher if swelling permitted. Dry side about the same or slightly greater.
b. Drained	
C. Pore Water Pressure at Failure	Wet side higher.
D. Stress-Strain Modulus	Dry side much greater.
E. Sensitivity	Dry side more apt to be sensitive.

## Usaha Pemdatan (Energi)

- Energi pemdatan (E) dinyatakan dalam formula sebagai berikut :

$$E = \frac{(\text{jumlah pukulan/lapisan}) \times (\text{jumlah lapisan}) \times (\text{berat hammer}) \times (\text{tinggi jatuh hammer})}{\text{volumemold}}$$

Perubahan energi pemdatan akan menyebabkan perubahan kurva pemdatan. Nilai berat jenis kering tanah maksimum ( $\gamma_d$  maksimum) akan meningkat seiring dengan penurunan nilai kadar air optimum ( $w_{optimum}$ ).



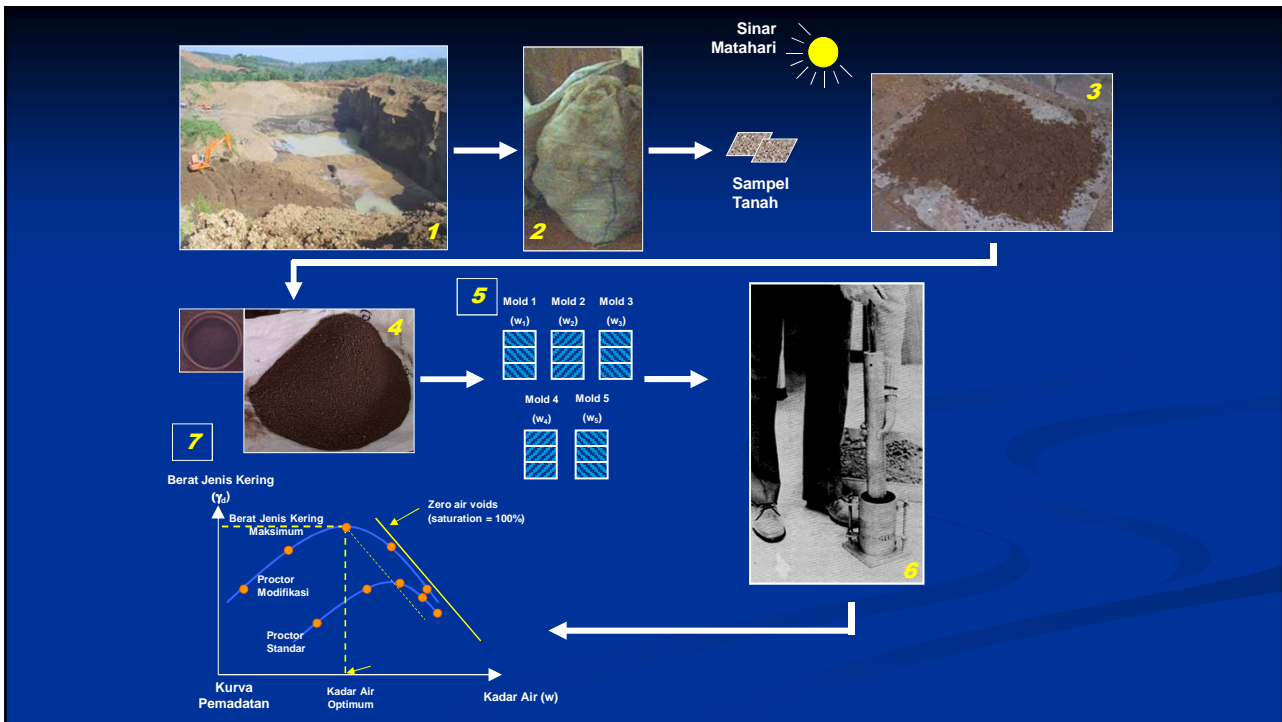
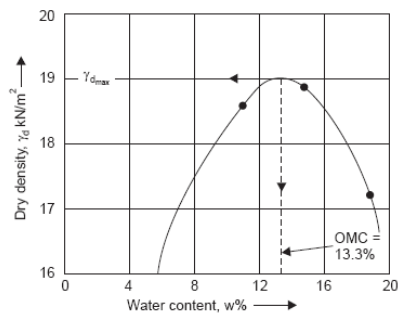


Table 12.2 Computation of dry density

Water content %	5.02	8.81	11.25	13.05	14.40	19.25
Weight of container and compacted soil (N)	35.80	37.30	39.32	40.00	40.07	39.07
Weight of container (N)	19.78	19.78	19.78	19.78	19.78	19.78
Weight of compacted soil (N)	16.02	17.52	19.54	20.22	20.29	19.29
Volume of container (cm <sup>3</sup> )	944	944	944	944	944	944
Bulk density of compacted soil (kN/m <sup>3</sup> )	16.97	18.56	20.70	21.42	21.49	20.43
Dry density of compacted soil (kN/m <sup>3</sup> )	16.16	17.06	18.61	18.95	18.78	17.13

The compaction curve is shown in Fig. 12.11.



## Teori Pemasatan

## Pemadatan Tanah Lapangan

- Peralatan pemadatan di lapangan yang umum digunakan adalah :
  - a. *smooth wheel roller*
  - b. *pneumatic rubber-tired roller*
  - c. *sheepsfoot roller*
  - d. *vibratory roller*

## Pemadatan Tanah Lapangan

- **Smooth wheel roller** sesuai untuk digunakan saat finishing pada pemadatan tanah pasir atau lempung. Smooth wheel roller dapat memberikan 100% coverage dengan contact pressure sebesar 310 – 380 kN/m<sup>2</sup>. Alat ini tidak cocok digunakan pada lapisan yang tebal.



## Pemadatan Tanah Lapangan

- **Pneumatic rubber roller** dapat digunakan pada pemadatan tanah pasir maupun lempung. Pemadatan dilakukan dengan kombinasi tekanan dan pemijatan. Alat ini dapat memberikan 70-80% coverage dengan contact pressure sebesar 585 – 690 kN/m<sup>2</sup>.



## Pemadatan Tanah Lapangan

- **Sheepsfoot roller** merupakan alat yang paling efektif pada pemadatan tanah lempung. Alat ini mampu memberikan contact pressure sebesar 1380 – 6900 kN/m<sup>2</sup>.

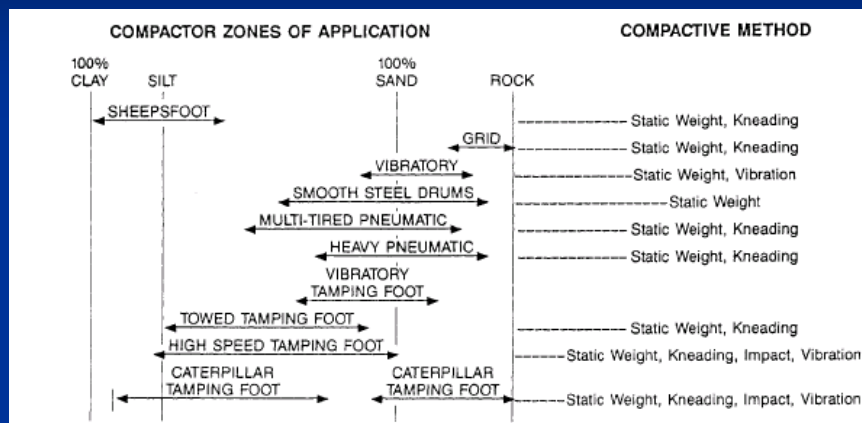


## Pemadatan Tanah Lapangan

- **Vibratory roller** merupakan alat yang paling efektif pada pemadatan tanah pasir.



## Pemadatan Tanah Lapangan



## Penentuan Berat Jenis Kering di Lapangan Hasil Pemadatan

- Spesifikasi pemadatan lapangan mensyaratkan agar berat jenis kering lapangan harus mencapai 90 – 95% berat jenis kering maksimum di laboratorium yang ditentukan melalui tes Proctor Standar atau Proctor Modifikasi.
- Prosedur standar untuk penentuan berat jenis lapangan adalah sebagai berikut :
  - metode kerucut pasir
  - metode balon
  - metode dengan air atau oli
  - metode nuclear density

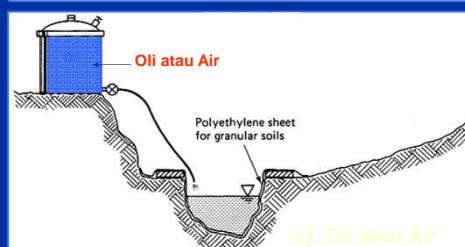
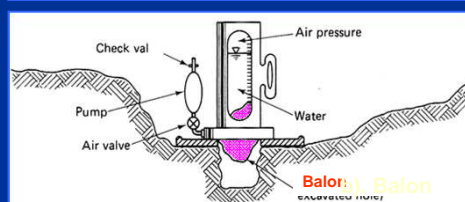
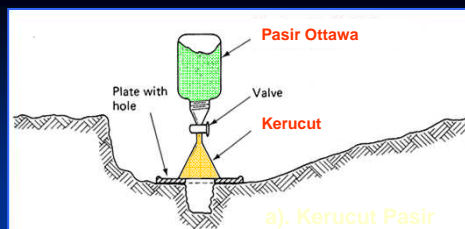
Salgado dan Yoon (2003) mengembangkan korelasi antara rasio penetrasi DCP (PR) dan kepadatan kering in situ dari pasir liat

$$\gamma_d = \left( 10^{1.5} \times PR^{-0.14} \times \sqrt{\frac{\sigma'_v}{P_A}} \right)^{0.5} \times \gamma_w$$

PR adalah penetrasi rasio yang didefinisikan sebagai penetrasi per unit pukulan DCP,  $\sigma'_v$  adalah tegangan vertikal efektif,  $P_A$  adalah tegangan referensi dan  $\gamma_w$  adalah berat satuan air.

Table 3 Guidelines to Frequency of Field Density Test (AS 3798 : 1990)

Scope of Earthworks	Frequency of Field Density Tests
Large Scale Operation (Industrial lots, Road embankment)	One test per 500m <sup>3</sup>
Small Scale Operation (Residential lots)	One test per 200m <sup>3</sup>
Concentrated Operation (Gullies filling, Farm dam)	One test per 100m <sup>3</sup>
Confined Operation (Filling behind structures)	One test per 2 layers per 50m <sup>2</sup>
Trenches	One test per 2 layers per 40m



## Spesifikasi Teknis

### (1) End-product specifications

■ This specification is used for most highways and building foundation, as long as the contractor is able to obtain the specified *relative compaction*, how he obtains it doesn't matter, nor does the equipment he uses.

■ *Care the results only!*

### ■ (2) Method specifications

■ The type and weight of roller, the number of passes of that roller, as well as the lift thickness are specified. A maximum allowable size of material may also be specified.

■ *It is typically used for large compaction project.*

61

From Holtz and Kovacs, 1981

## Relative Compaction (R.C.)

Relative compaction or percent compaction

$$R.C. = \frac{\rho_{d-\text{field}}}{\rho_{d\text{max-laboratory}}} \times 100\%$$

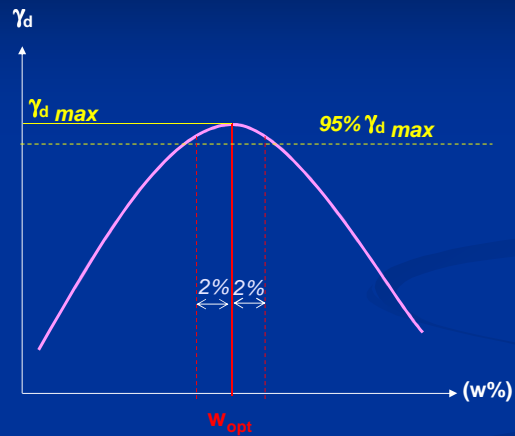
Correlation between relative compaction (R.C.) and the relative density  $D_r$

$$R.C. = 80 + 0.2D_r$$

*Typical required R.C. = 90% ~ 95%*

62

### Spesifikasi Teknis yg Umum Digunakan



### Control of water (moisture) content

Water (moisture) content of the processing soil can be adjusted by making dry or by adding water. Accurate water (moisture) content of the processing soil can be obtained by ASTM D 2216 in labo.





## Quality Control

Table 8-2. Minimum compaction requirements.

Soil Placement	Soil Definition	Remarks
Base	Cohesionless, CBR > 80	100 percent compaction
Subbase	Cohesionless, CBR 20-50	100 percent compaction
Select Subgrade	CBR < 20, any in-place soil	Cohesionless: 95 percent compaction Cohesive: 90 percent compaction Note: If subgrade CBR > 20, 100 percent compaction
Embankment fill 50 ft > H		Traffic areas Cohesionless: 95 percent compaction Cohesive: 90 percent compaction Nontraffic areas Cohesionless: 90 percent compaction Cohesive: 85 percent compaction
Backfill for trenches		Under pavement: same requirement as base through subgrade Nontraffic area: subtract 5 percentage points for each
Top 6 inches of sidewalks		Cohesionless: 90 percent compaction Cohesive: 85 percent compaction
Small water-retaining structures		Cohesionless: 95 percent compaction Cohesive: 90 percent compaction
Note: Cohesionless: $PI \leq 1, LL < 25$ Cohesive: $PI > 5$		

## Quality Control

Table 7.3 Typical requirement of percentage of compaction

% Compaction	Type of project
100-105	Airports Interstate highways.
95-100	Major state highways.
85-95	State highways Major county highways
>80	Minor county highways Service roads
>70	Frontage roads, Detours

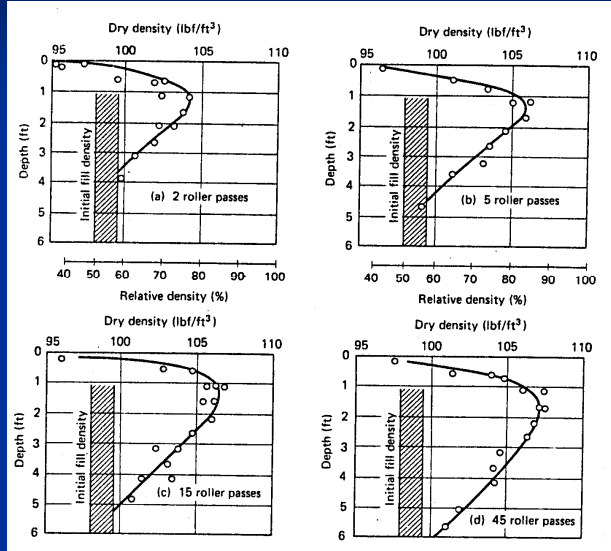
Table 2. Typical Compaction Requirements for Different Engineering Applications (from Hausmann, 1990)

Application Requiring Compacted Fill	Modified Maximum Dry Density %	Moisture Range About Opt. Water Content
Roads		
Depth of 0-0.5 m	90-105	-2 to +2
Depth of 0.5 m	90-95	-2 to +2
Small Earth Dam	90-95	-1 to +3
Large Earth Dam	95	-1 to +2
Railway Embankment	95	-2 to +2
Foundations for Structure	95	-2 to +2
Backfill Behind Walls	90	-2 to +2
Canal Linings	90	-2 to +2

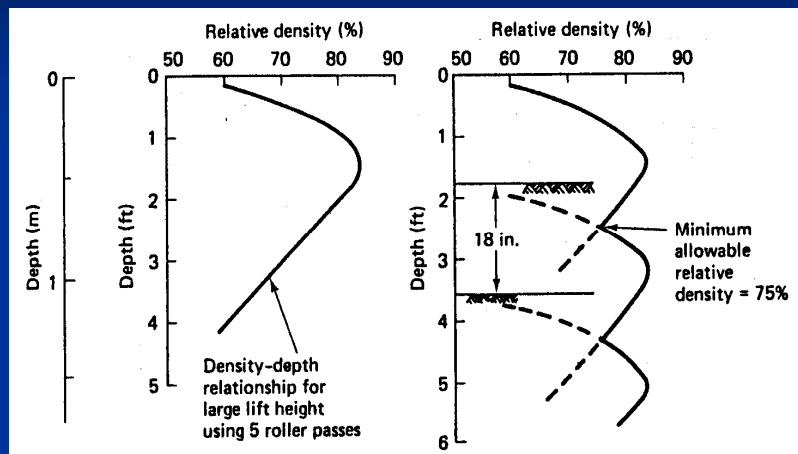
Note: The relationship between Standard maximum and Modified maximum dry density is approximately as follows: Sand:  $\gamma_{dmax}^{(Std.)} = 0.95\gamma_{dmax}^{(Mod.)}$ , Clay:  $\gamma_{dmax}^{(Std.)} = 0.90\gamma_{dmax}^{(Mod.)}$

# Jumlah Lintasan

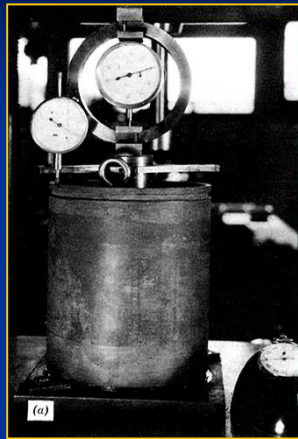
Trial Embankment



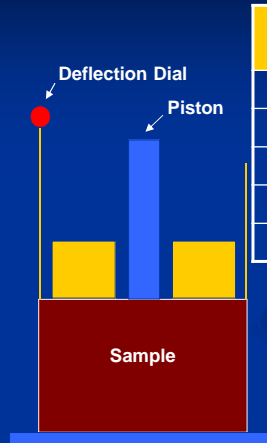
# Lift Thickness



## California Bearing Ratio Test (CBR)



(a)



(b)

Kedalaman Penetrasi	Unit Load
0.1 inci	1000 psi
0.2 inci	1500 psi
0.3 inci	1900 psi
0.4 inci	2300 psi
0.5 inci	2600 psi

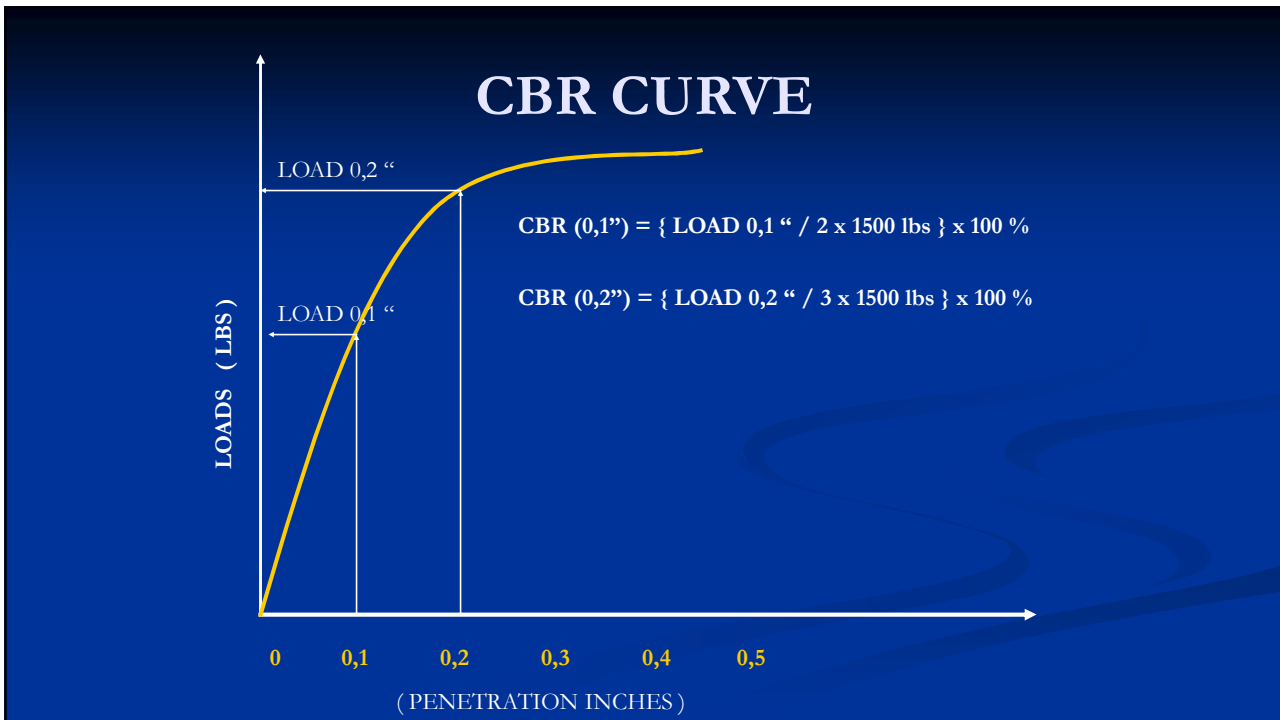
Tes CBR (a). Silinder dan Dial Gauge ; (b). Skema Diagram

## California Bearing Ratio (CBR)

$$\text{CBR} = \frac{\text{Test unit stress}}{\text{Standard unit stress}} * 100$$

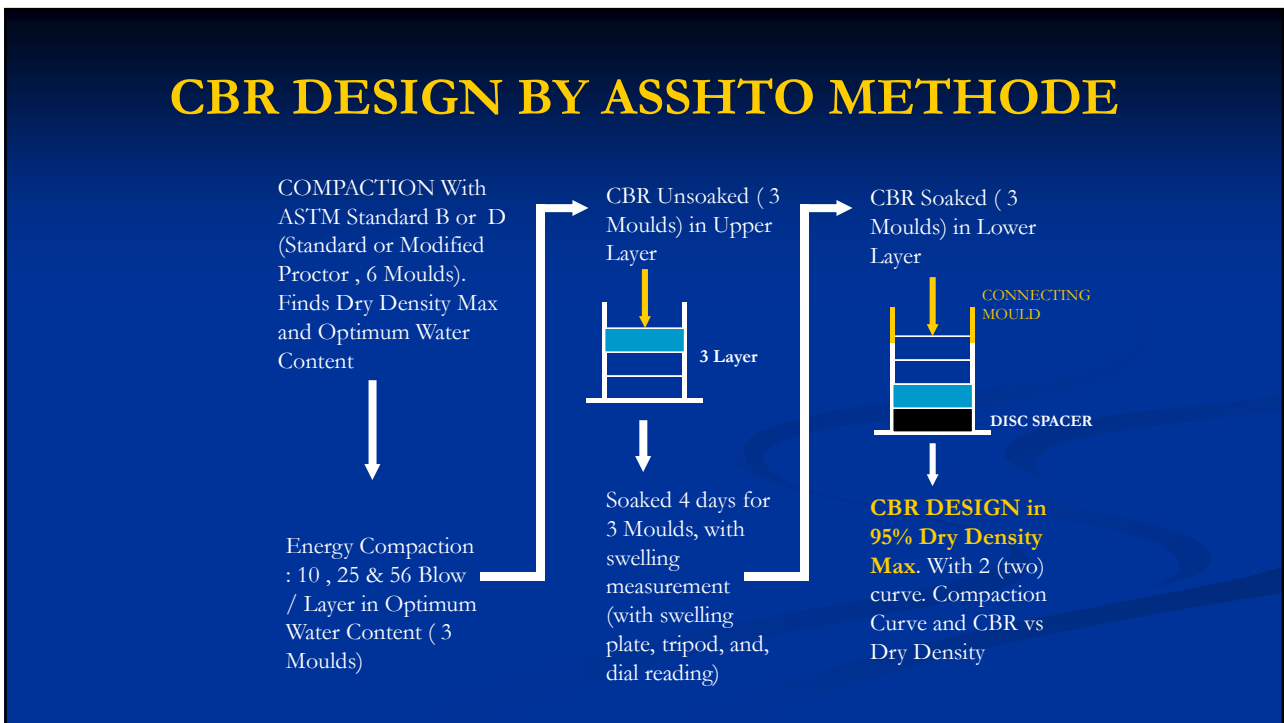
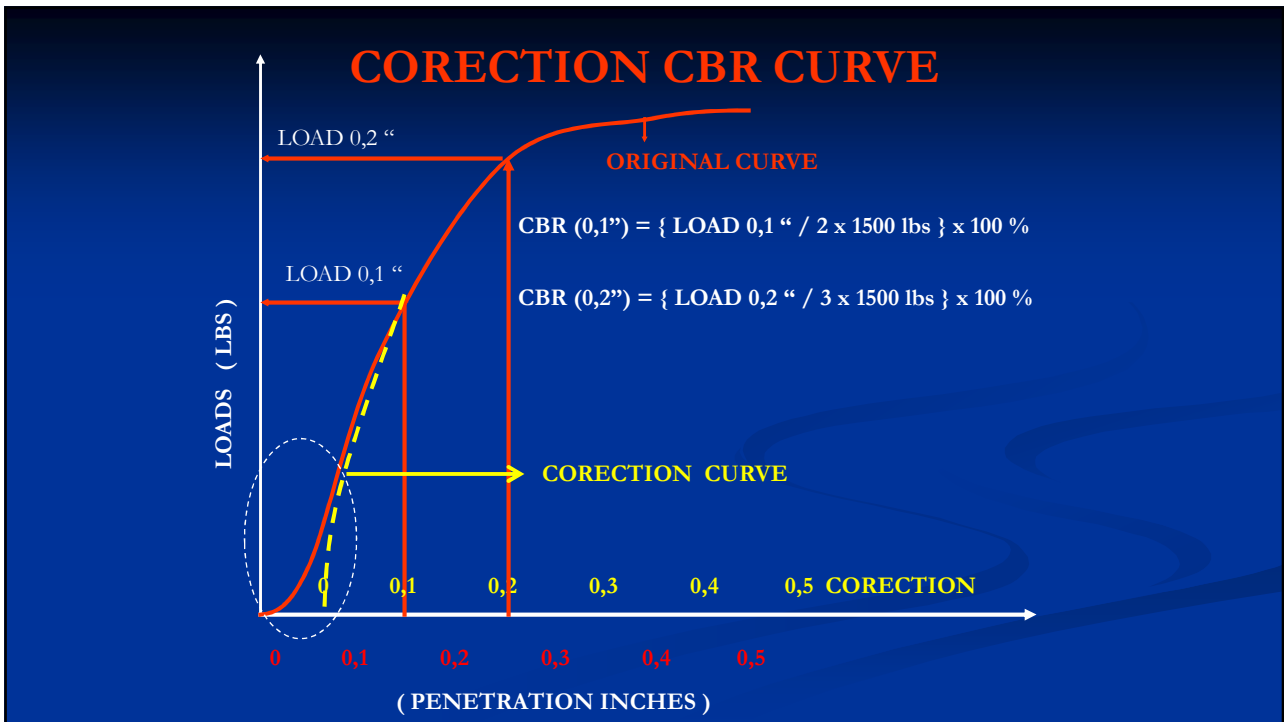


CBR	General Rating	Uses
0-3	Very poor	Sub-grade
3-7	Poor to fair	Sub-grade
7-20	Fair	Sub-base
20-50	Good	Base of sub-base
> 50	Excellent	Base

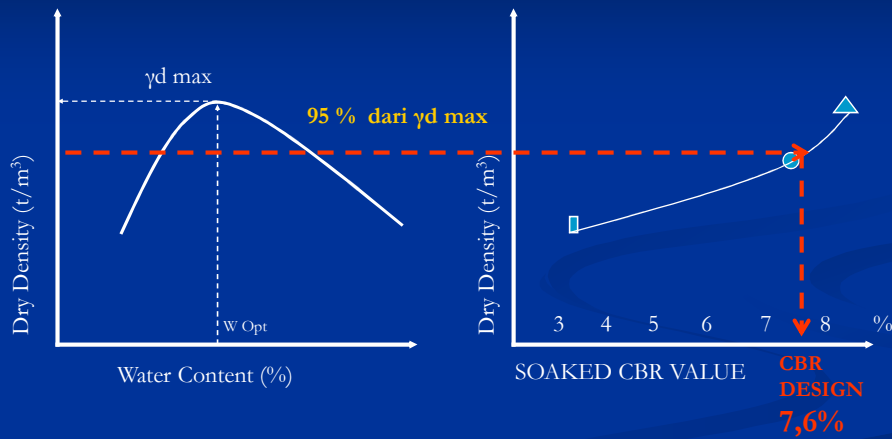


## CBR VALUE

- Nilai CBR ditentukan dengan membandingkan CBR (0,1'') dengan CBR (0,2'')
- Jika  $\text{CBR (0,1'')} > \text{CBR (0,2'')}$ , maka CBR yang diambil  $\text{CBR (0,1'')}$
- Jika  $\text{CBR (0,1'')} < \text{CBR (0,2'')}$ , maka uji CBR diulang.
- Jika hasil uji ulang  $\text{CBR (0,1'')} > \text{CBR (0,2'')}$ , maka CBR yang diambil  $\text{CBR (0,1'')}$
- Jika hasil uji ulang  $\text{CBR (0,1'')} < \text{CBR (0,2'')}$ , maka CBR yang diambil  $\text{CBR (0,2'')}$



## CBR LABORATORY DESIGN



## Standar Perkerasan

CBR	General Rating	Uses
0-3	Very poor	Sub-grade
3-7	Poor to fair	Sub-grade
7-20	Fair	Sub-base
20-50	Good	Base of sub-base
> 50	Excellent	Base

## The Bearing capacity Test

The bearing capacity of compacted soil can be obtained by ASTM D 196 (Plate load test, using bearing plate of 30 cm diameter).



## Plate Load Test

### Plate Load Test

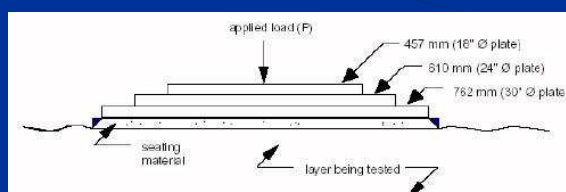
The plate load test presses a steel bearing plate into the surface to be measured with a hydraulic jack. The resulting surface deflection is read from dial micrometers near the plate edge and the modulus of subgrade reaction is determined by the following equation:

$$k = \frac{P}{\Delta}$$

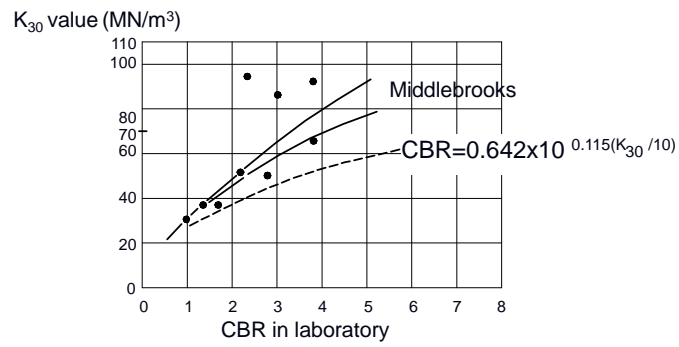
where:  $k$  = spring constant = modulus of subgrade reaction

$P$  = applied pressure (load divided by the area of the 762 mm (30 inch) diameter plate)

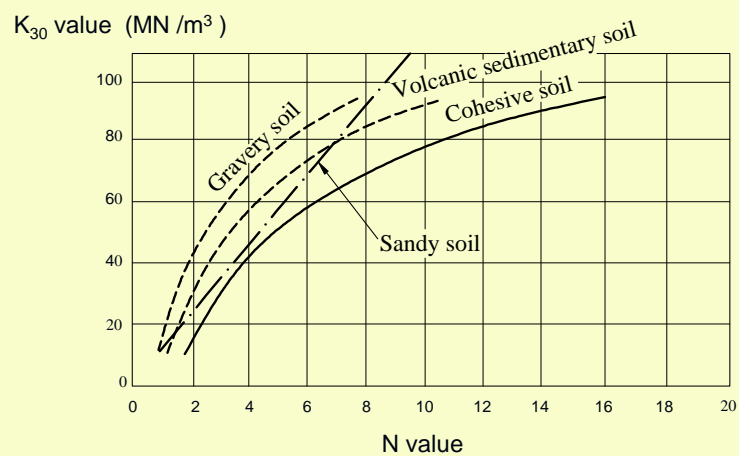
$\Delta$  = measured deflection of the 762 mm (30 inch) diameter plate



## Korelasi Plate Bearing dan CBR

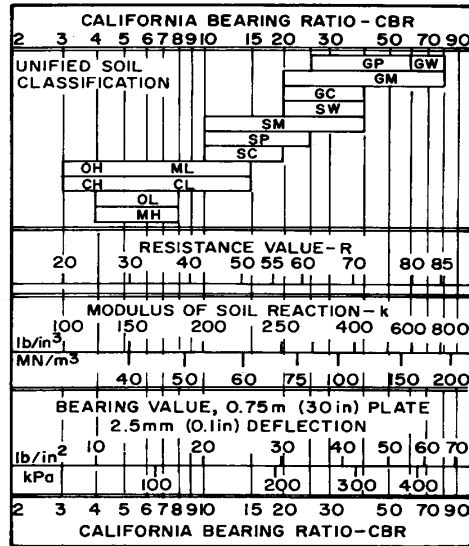


## Korelasi Plate Bearing dan N-SPT





## Korelasi CBR



APPROXIMATE INTERRELATIONSHIPS  
AT MODIFIED MAXIMUM DENSITY

HASIL TEST LAB QUARY FOR  
SUBGRAGE IN PPKA TOL ROAD  
SUM-SEL

LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT					
No Of Can	Weight of Can & Wet Soil	Weight of Can & Dry Soil	No of BLOW	Water Content (%)	No Of Can	Weight of Can & Wet Soil	Weight of Can & Dry Soil	Water Content (%)	
1	5.1	46.36	36.74	42	30.48	1	5.1	14.07	12.75
2	5.35	43.3	34.08	28	32.01				33.38
3	4.65	33.18	25.83	18	34.76				17.25
4	4.4	31.52	24.23	10	38.75				16.13

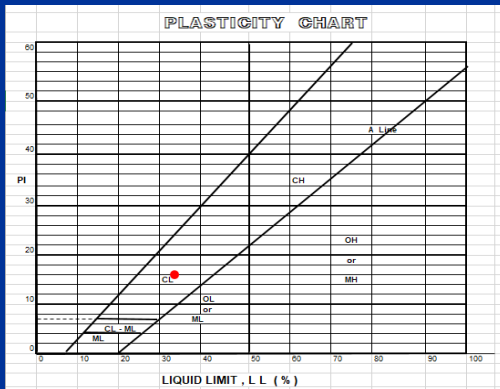
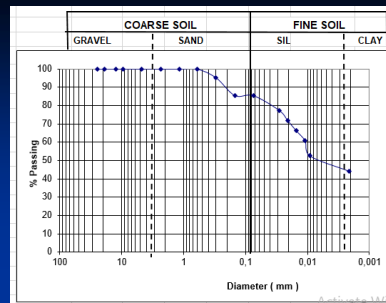
$y = -0,2002x + 38,389$

HITUNGAN

a dalam X C

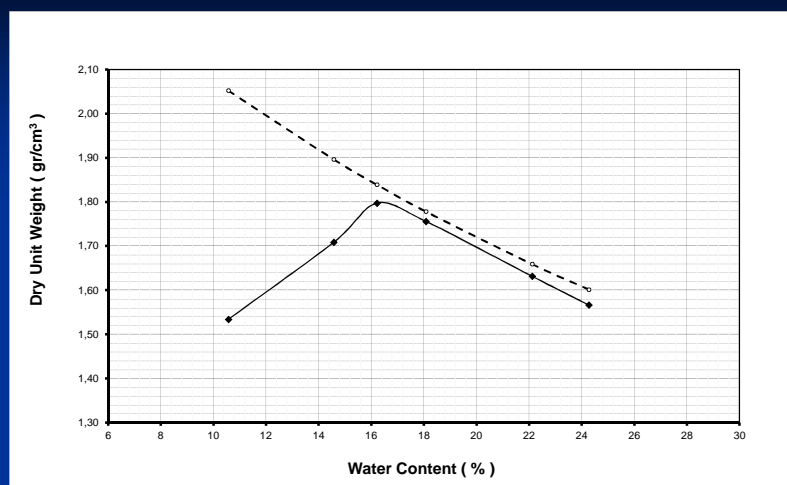
$-0,2002$   $38,389$

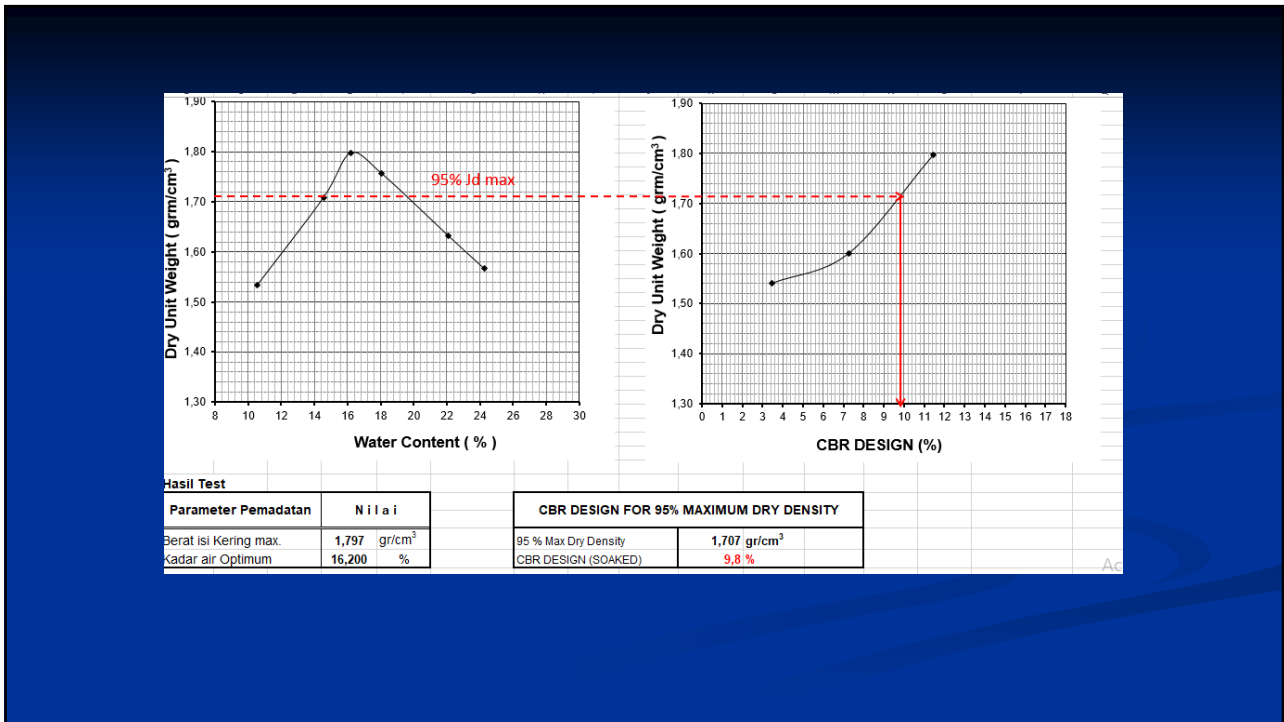
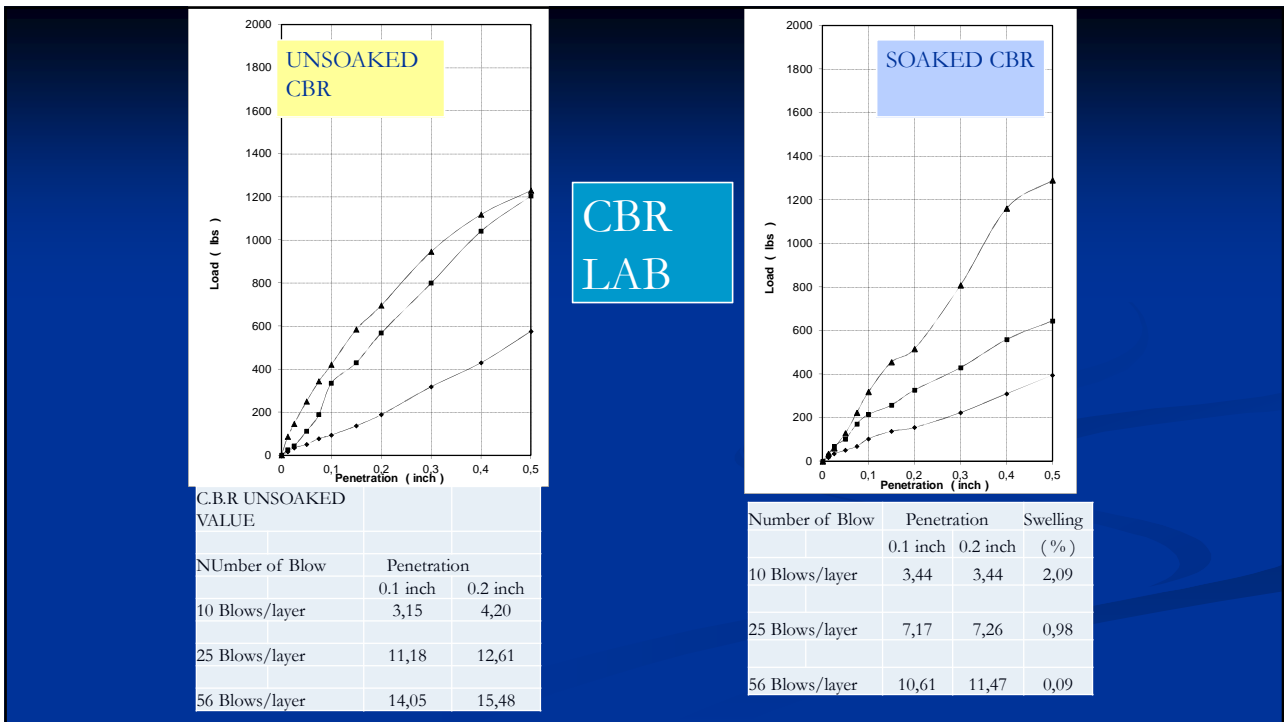
LL  $33,384$



### SPECIFIC GRAVITY

	a	b	c	Gs
Berat Picnometer	27,1	25,93	27,21	
Berat Picnometer + Tanah	37,1	35,93	37,21	
Berat Picnometer + Air + Tanah	79,6	83,4	82,93	
Berat Picnometer + Air	73,45	77,15	76,78	
Berat tanah kering	10	10	10	
SPECIFIC GRAVITY	2,60	2,67	2,60	2,62





## SUMMARY PROPERTIES

PROJECT	PEMBUATAN JALAN TOL PEMATANG PANGGANG -KAYU AGUNG		
LOCATION	SUMATERA SELATAN		
CODE SAMPLE	Tanah Quarry Klemuk A		
DESCRIPTION	Lempung kelanauan Kuning Kecoklatan		
DATE OF TESTING	15 Juni - 30 Juni 2017		

SOIL PROPERTIES	Unit	Nilai
Liquid Limit (LL)	%	33,38
Plastic Limit (PL)	%	17,25
Plasticity Index (PI)	%	16,13
Soil Classification	-	CL
Specific Gravity	-	2,62
Max Dry Density	t/m <sup>3</sup>	1,797
Optimum Water Content	%	16,2
CBR Unsoaked 100% yd max	%	15,48
CBR Soaked 100% yd max	%	11,47
CBR Design at 95% yd max	%	9,8
Swelling	%	0,09
Soil Composition		
	Gravel	% 0,00
	Sand	% 14,55
	Silt	% 40,45
	Clay	% 45,00
Activity (A)	-	0,358
	0.75 < A < 1.25	Normal Clay
	A < 0.75	Ineactive Clay
	A > 1.25	Active Clay

SOIL PARAMETER	QUARY ID / BORROW MATERIAL												
	Kelemuk A	Kelemuk B	146+00 G-12	146+300 G-3	148+600	Padamaran C	Sukidi A	Sukidi B	Gedung R G4	143+5-143+8	140+1-140-3	140+1-140-3-2	
Liquid Limit (LL)	33,38	54,05	64,81	33,69	48,10	47,62	51,64	47,88	53,65	54,78	90,12	64,51	
Plastic Limit (PL)	17,25	32,68	28,78	16,64	14,84	30,63	30,98	30,08	39,53	27,87	48,81	48,08	
Plasticity Index (PI)	16,13	21,37	36,03	17,05	33,25	17,00	20,66	17,80	14,12	26,91	41,31	16,44	
Soil Classification	CL	MH	ML	CL	CL	ML	MH	ML	MH	CH	MH	MH	
Specific Gravity	2,62	2,63	2,59	2,64	2,63	2,62	2,66	2,64	2,54	2,62	2,66	2,70	
Max Dry Density	1,80	1,64	1,60	1,62	1,71	1,64	1,58	1,73	1,27	1,56	1,56	1,81	
Optimum Water Content	16,20	22,30	23,20	23,20	19,50	21,80	25,10	18,50	22,60	25,30	25,50	16,60	
CBR Unsoaked 100% yd max	15,48	35,93	18,92	18,92	19,11	43,57	22,55	13,38	15,67	10,32	25,99	24,65	
CBR Soaked 100% yd max	11,47	11,47	10,32	10,32	11,28	16,24	11,08	7,84	11,47	7,84	13,76	20,00	
CBR Design at 95% yd max	9,80	11,00	7,20	7,00	9,60	13,20	10,40	6,80	6,20	6,80	8,20	14,40	
Swelling	0,09	0,06	0,72	0,03	0,41	0,81	0,23	0,02	3,53	0,10	10,18	2,54	
Soil Composition													
	Gravel	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	3,00	0,00	0,00	9,00	0,00	1,50	8,50
	Sand	14,55	14,57	19,55	21,45	9,97	18,50	14,58	10,05	18,50	19,30	12,50	21,50
	Silt	40,45	45,43	31,45	24,05	45,04	43,50	45,42	47,95	28,00	40,20	23,00	34,00
	Clay	45,00	40,00	49,00	52,00	45,00	35,00	40,00	42,00	44,50	40,50	63,00	36,00
Activity (A)	0,36	0,53	0,74	0,33	0,74	0,49	0,52	0,42	0,32	0,66	0,66	0,46	

Activity A = PI / % Clay

0.75 < A < 1.25	Normal Clay
A < 0.75	Ineactive Clay
A > 1.25	Active Clay



SOIL PARAMETER	QUARY ID / BORROW MATERIAL											
	140+3-140+7	143+5-143+8	Giono Juki	G5-SMLM	Sepucuk Spr 1	G-5 Umar	G-4 GR-1	G-4 GR-2	G-5 SM-1	G-5 SM-2	G-5 P. Sulino	G-5 P. Pasaribu
Liquid Limit (LL)	53,67	54,78	37,85	44,33	48,24	45,68	42,39	49,05	31,25	81,56	47,52	43,57
Plastic Limit (PL)	40,54	27,87	11,39	29,56	29,18	25,71	26,48	34,94	10,70	49,53	36,86	29,56
Plasticity Index (PI)	13,13	26,91	26,46	14,78	19,06	19,97	15,90	14,11	20,55	32,02	10,65	14,01
Soil Classification	MH	CH	CL	ML	ML	CL	CL	ML	CH	MH	ML	ML
Specific Gravity	2,65	2,62	2,64	2,62	2,58	2,66	2,68	2,56	2,66	2,63	2,65	2,62
Max Dry Density	1,54	1,56	1,59	1,78	1,56	1,51	1,70	1,74	1,62	1,43	1,53	1,66
Optimum Water Content	23,10	25,30	23,40	13,70	24,90	27,90	19,80	17,20	23,80	31,70	26,40	19,50
CBR Unsoaked 100% $\gamma_d$ max	32,87	10,32	8,60	18,54	30,96	29,62	19,49	27,81	24,46	23,51	15,86	18,35
CBR Soaked 100% $\gamma_d$ max	13,19	7,84	7,07	7,45	22,93	8,22	18,35	16,24	11,08	12,61	11,66	12,61
CBR Design at 95% $\gamma_d$ max	10,80	6,80	6,00	6,40	18,40	7,40	9,40	14,00	8,80	10,60	9,60	11,80
Swelling	1,68	0,10	0,26	2,06	0,13	0,33	0,18	2,45	2,45	0,69	1,74	0,78
Soil Composition												
Gravel	3,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	1,50	2,50	1,50	0,00	0,00
Sand	21,00	19,30	5,09	25,50	45,00	5,08	11,00	17,00	22,00	20,50	5,22	5,53
Silt	23,50	40,20	43,92	39,00	20,00	42,92	27,00	42,50	40,50	25,00	47,78	46,47
Clay	52,00	40,50	51,00	34,00	35,00	52,00	62,00	39,00	35,00	53,00	47,00	48,00
Activity (A)	0,25	0,66	0,52	0,43	0,54	0,38	0,26	0,36	0,59	0,60	0,23	0,29

SOIL PARAMETER	QUARY ID / BORROW MATERIAL											
	G-5 P Sugeng	G5-Tugiman	G5-Sedyo M	Sepucuk L-1	Sepucuk L-2	69+375 L-1	69+375 L-2	Padamaran K	Quary 3 L-1	Quary 3 L-2		
Liquid Limit (LL)	48,04	54,78	64,51	37,60	45,55	42,60	53,25	35,37	45,50	41,12		
Plastic Limit (PL)	31,14	27,87	48,08	10,69	26,34	30,45	23,71	10,34	25,56	23,64		
Plasticity Index (PI)	16,90	26,91	16,44	26,91	19,21	12,15	29,53	25,03	19,94	17,49		
Soil Classification	MH	CH	MH	CL	CL	ML	CH	CL	CL	CL		
Specific Gravity	2,67	2,62	2,70	2,67	2,66	2,60	2,61	2,65	2,65	2,65		
Max Dry Density	1,62	1,56	1,81	1,53	1,42	1,68	1,46	1,65	1,68	1,60		
Optimum Water Content	23,20	25,30	16,60	26,40	30,30	18,50	28,20	21,40	20,00	23,00		
CBR Unsoaked 100% $\gamma_d$ max	26,56	18,73	24,65	30,00	12,04	30,10	14,72	32,68	36,69	30,39		
CBR Soaked 100% $\gamma_d$ max	7,84	13,95	20,00	11,47	9,46	11,47	4,59	11,47	10,89	8,60		
CBR Design at 95% $\gamma_d$ max	7,20	12,60	14,40	8,60	9,00	10,90	3,10	11,10	10,50	7,20		
Swelling	0,78	0,10	2,54	0,43	0,18	0,45	1,97	0,29	0,96	0,98		
Soil Composition												
Gravel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Sand	10,70	19,30	0,00	14,58	9,65	9,85	0,19	5,30	10,07	9,76		
Silt	27,30	40,20	0,00	44,43	44,36	45,15	42,81	47,20	37,94	43,25		
Clay	62,00	40,50	0,00	41,00	46,00	45,00	57,00	47,50	52,00	47,00		
Activity (A)	0,27	0,66	0,00	0,66	0,42	0,27	0,52	0,53	0,38	0,37		

### 2. Kelongsoran pada Jalan Raya



### 3. Kelongsoran pada Jalan kereta Api



Sekian  
dan  
Terima Kasih