

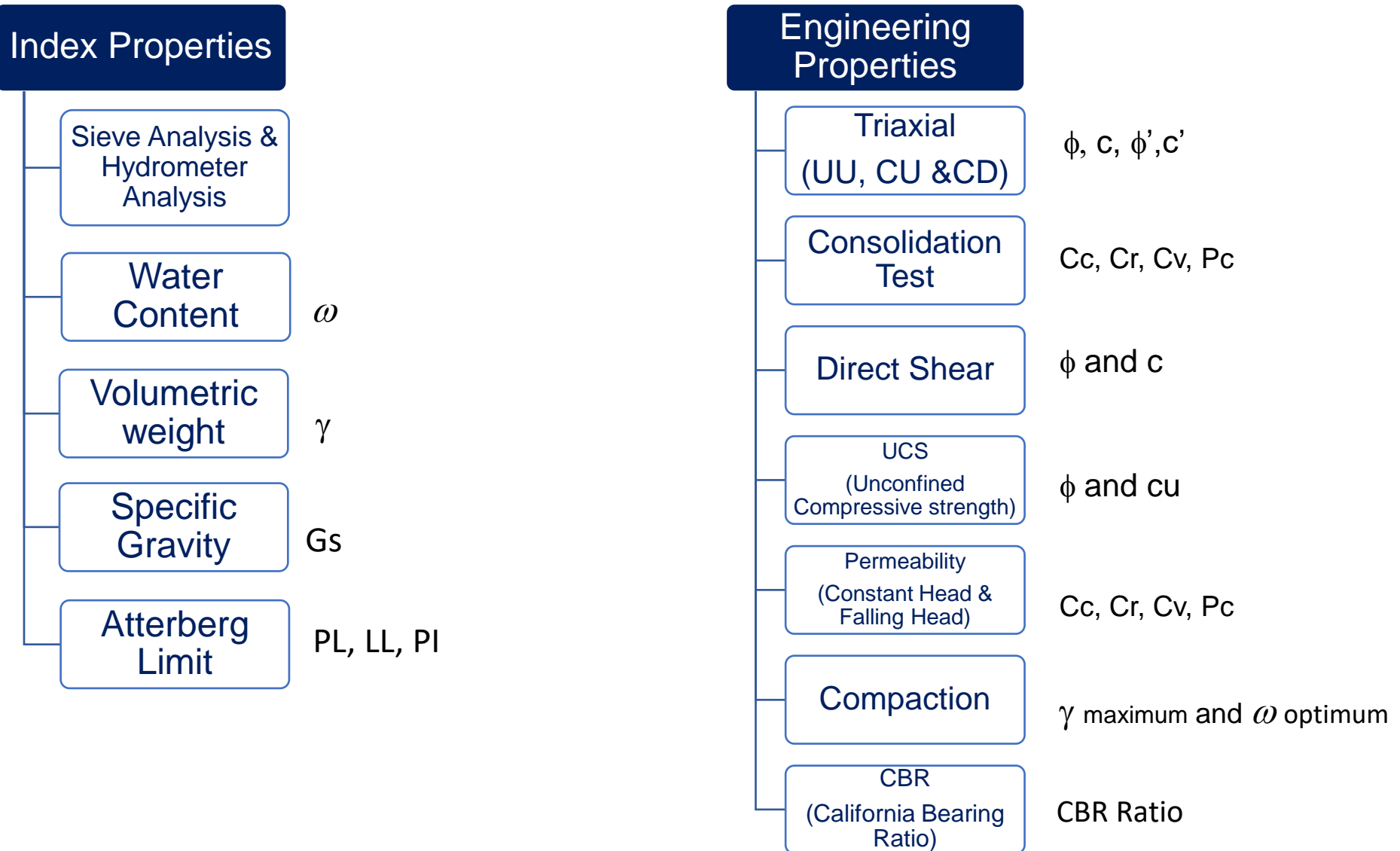
Praktikum Mekanika TANAH

Dosen : Sherly Meiwa ST., MT.



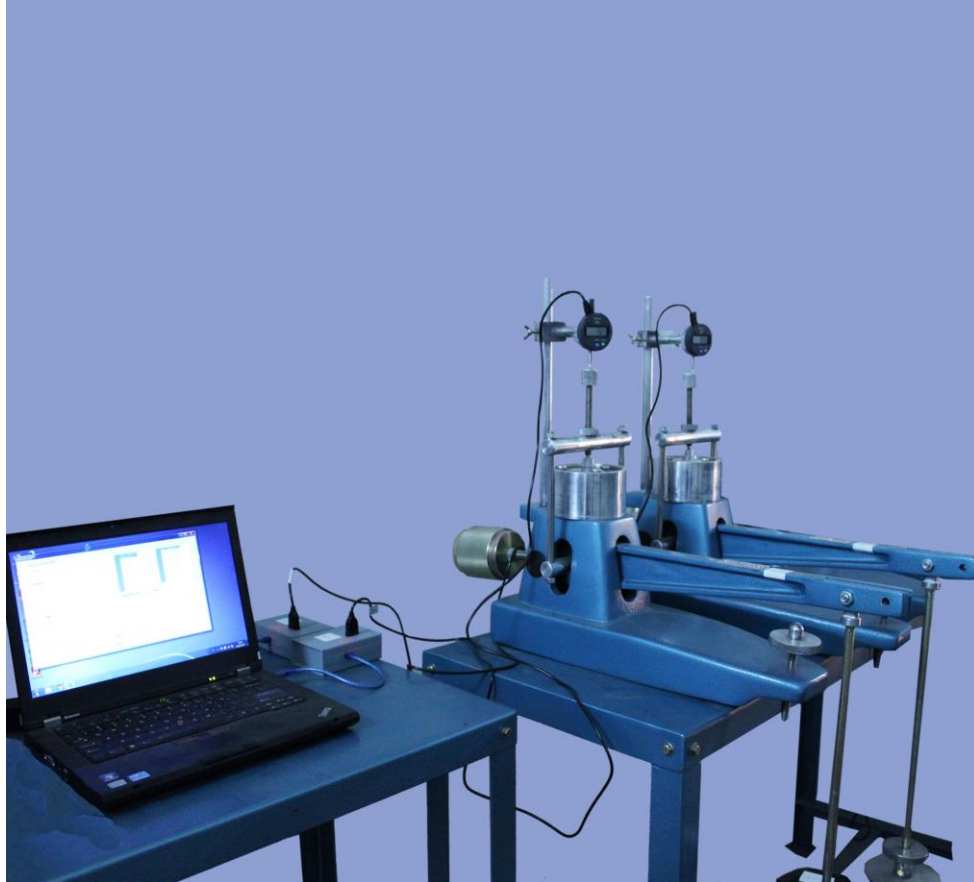
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Komputer Indonesia
Bandung, 2021

Laboratory Test



Consolidation Test

Consolidation Test



Standar ASTM yang Berlaku

ASTM D2435 : Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soil Using Incremental Loading

Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur jumlah akhir penurunan dan laju waktu penurunan dalam lapisan tanah. Parameter laboratorium bisa memprediksi perilaku penurunan lapisan tanah di lapangan.

Parameter Konsolidasi

Besar Penurunan Konsolidasi

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_o} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} + \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta \sigma'}{\sigma'_c} \right)$$

Cc = Compression Index

Cs = Swelling Index

σ_c = Praconsolidation Stress

eo = angka pori awal

Waktu Konsolidasi

$$T_v = \frac{c_v t}{H_{dr}^2} = \text{time factor}$$

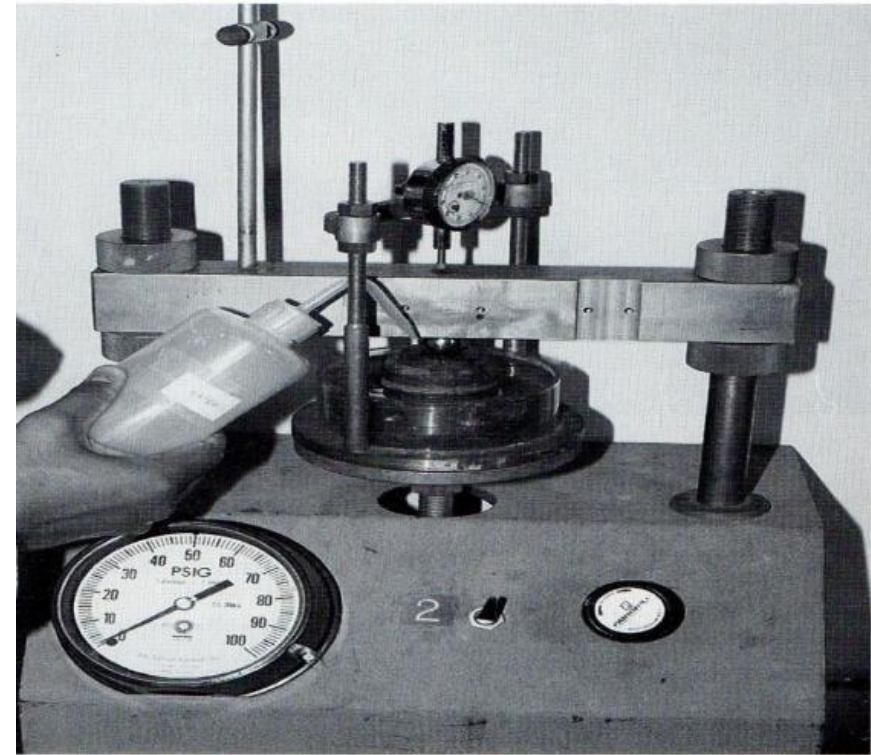
Cv = Koefisien Konsolidasi (satuan area/waktu)

Prosedur Pengujian Konsolidasi Konsolidasi



Gambar : Sel konsolidasi

1. Sample dicetak di dalam ring dan dimasukkan ke dalam sel konsolidasi



2. Penuhi dengan air agar sample tetap jenuh dan diamkan selama 24 jam.

Prosedur Pengujian Konsolidasi Konsolidasi

3. Catat penurunan sampel, pada interval waktu sebagai berikut, 0 ; 0,25 ; 0,5 ; 1; 2; 4 ; 8 ; 15; 30 ; 60 ; 120; 240 ; 480; dan 1440 menit diukur sejak beban dikenakan pada sampel.

CATAT WAKTU PENURUNAN

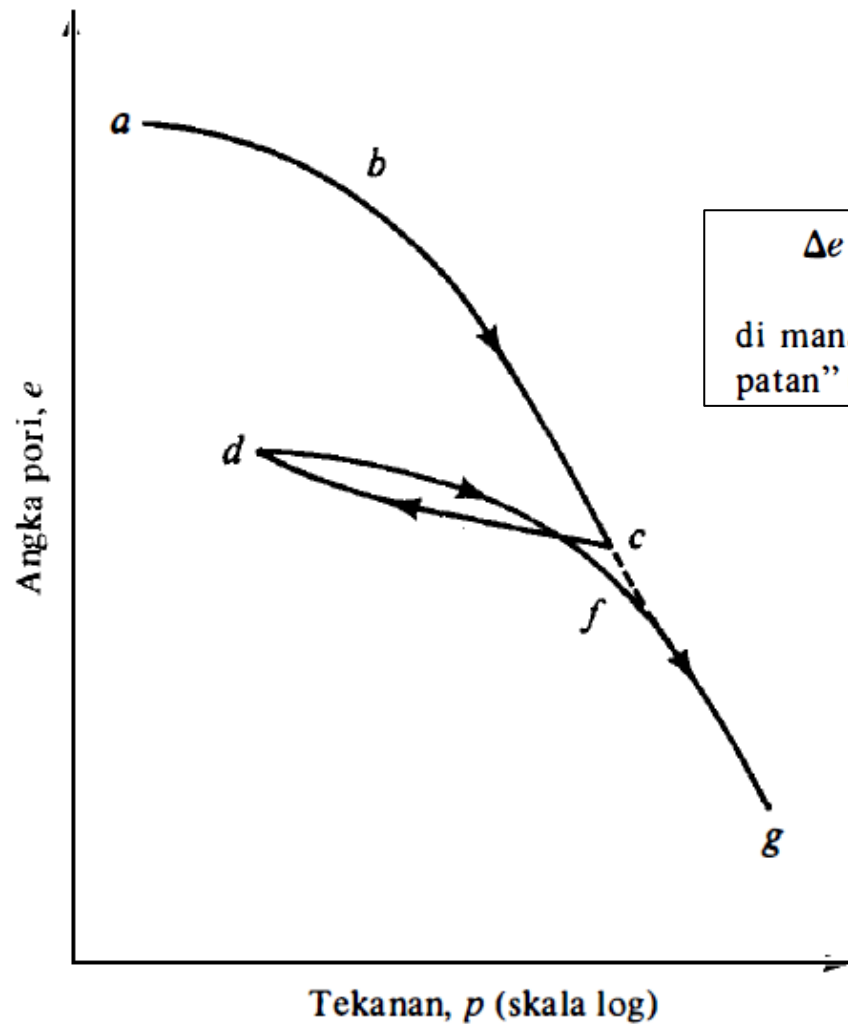
4. Lakukanlah pembebanan dengan kenaikan setiap interval waktu tertentu (24jam). Kenaikan beban yang digunakan kurang lebih dua kali lipat dari beban sebelumnya, yakni 500 gr, 1 kg, 2 kg, 4 kg, dan 8 kg

LOADING

5. Setelah semua pembebanan sudah dikenakan pada sampel, lakukan juga unloading sebanyak dua kali dan reloading satu kali Segera setelah pencatatan terakhir selesai, bongkar dengan cepat dan hati-hati, keluarkan ring beserta sampel dari alat konsolidometer dan bersihkan air yang masih menggenang diatas sampel.

UNLOADING

Prosedur Perhitungan Hasil Analisis Konsolidasi



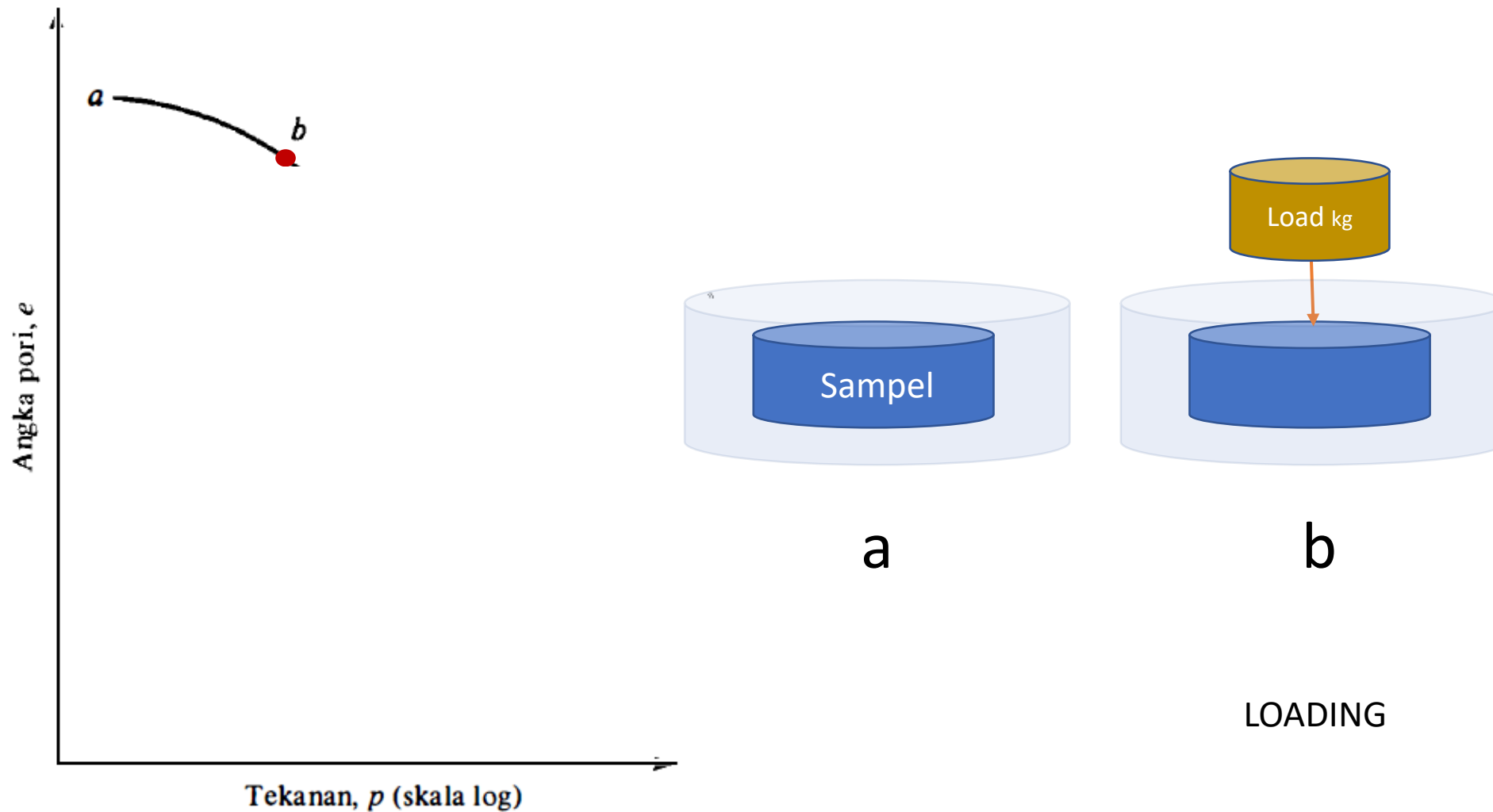
$$\Delta e = C_c [\log(p_O + \Delta p) - \log p_O] \quad (7.19)$$

di mana C_c = kemiringan kurva e versus $\log p$ dan didefinisikan sebagai "indeks pemampatan" (compression index).

$$C_s \approx \frac{1}{5} \text{ sampai } \frac{1}{10} C_c$$

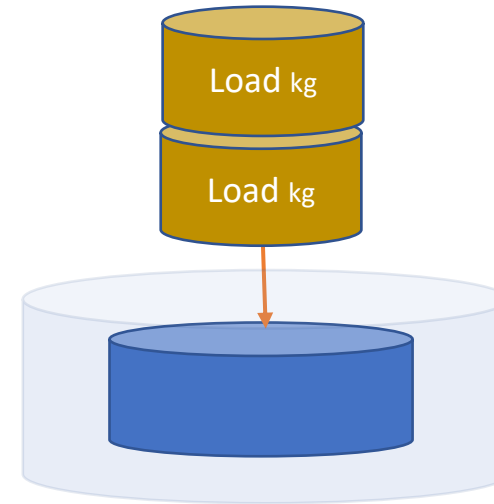
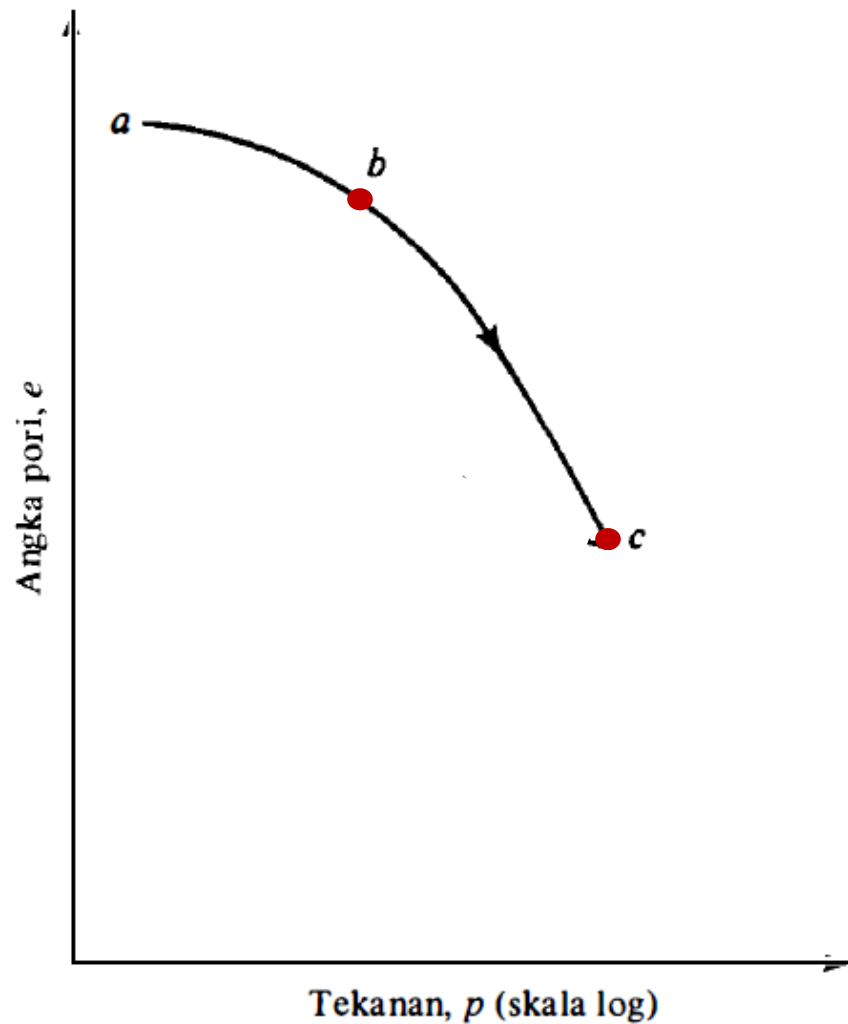
Gambar 7.10. Grafik e versus $\log p$ yang menunjukkan keadaan akibat pembebanan (loading), pengangkatan beban (unloading), dan pembebanan kembali (reloading).

Prosedur Perhitungan Hasil Analisis Konsolidasi



Gambar 7.10. Grafik e versus $\log p$ yang menunjukkan keadaan akibat pembebanan (loading), pengangkatan beban (unloading), dan pembebanan kembali (reloading).

Prosedur Perhitungan Hasil Analisis Konsolidasi

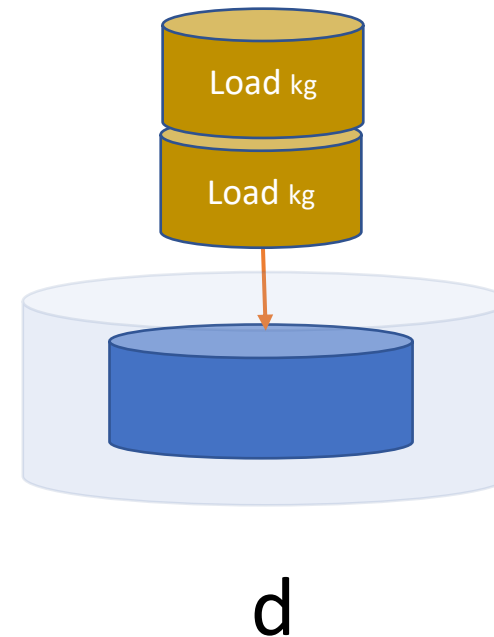
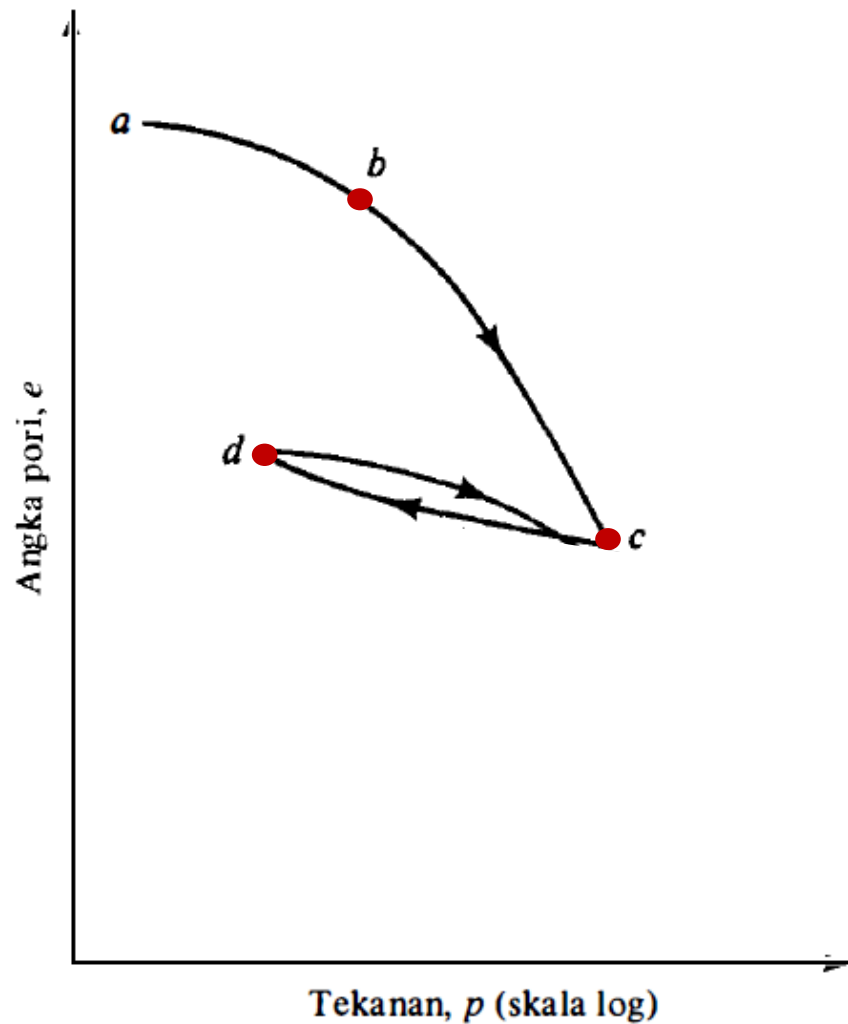


C

LOADING

Gambar 7.10. Grafik e versus p yang menunjukkan keadaan akibat pembebanan (loading), pengangkatan beban (unloading), dan pembebanan kembali (reloading).

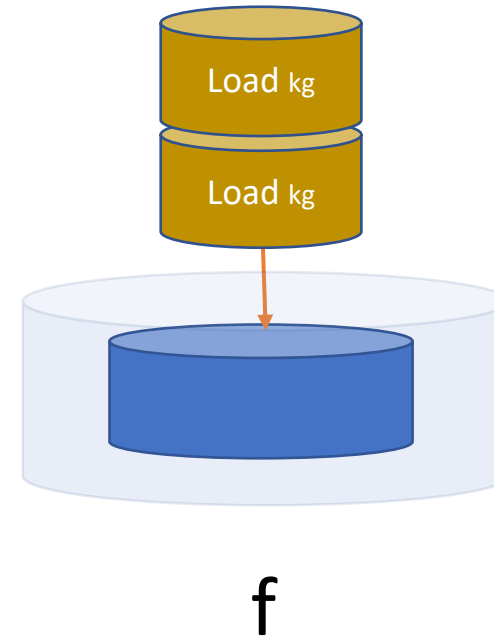
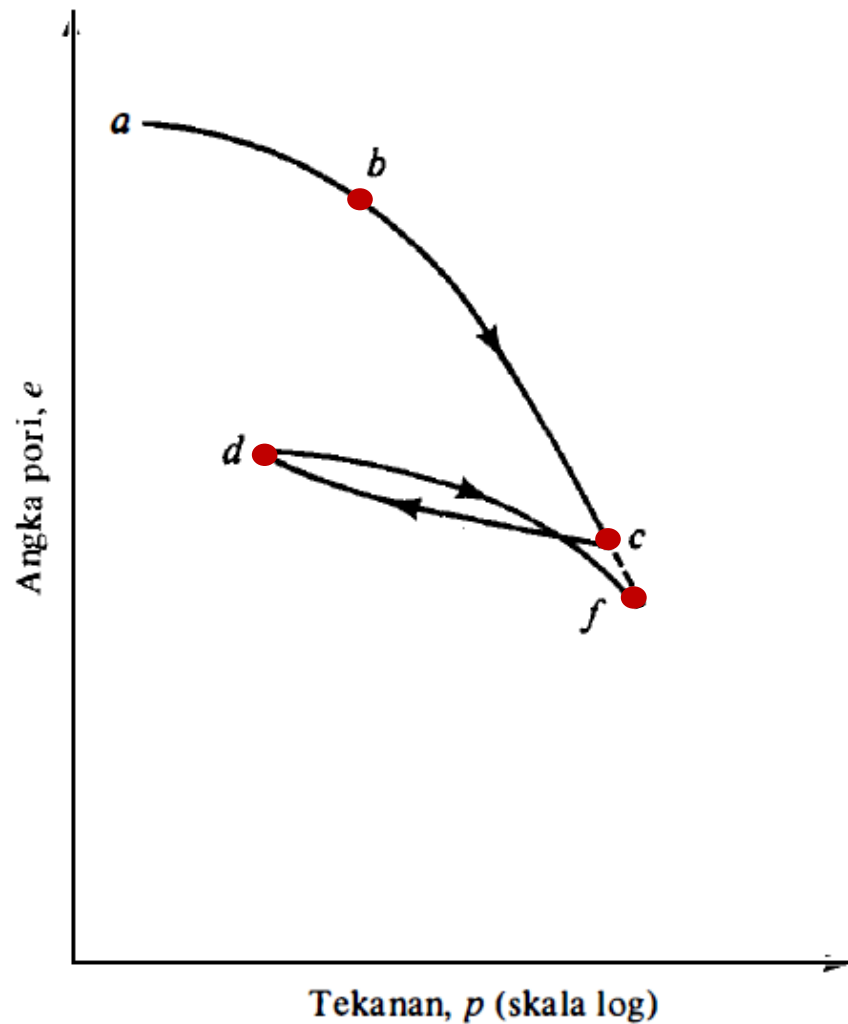
Prosedur Perhitungan Hasil Analisis Konsolidasi



UNLOADING

Gambar 7.10. Grafik e versus p yang menunjukkan keadaan akibat pembebanan (loading), pengangkatan beban (unloading), dan pembebanan kembali (reloading).

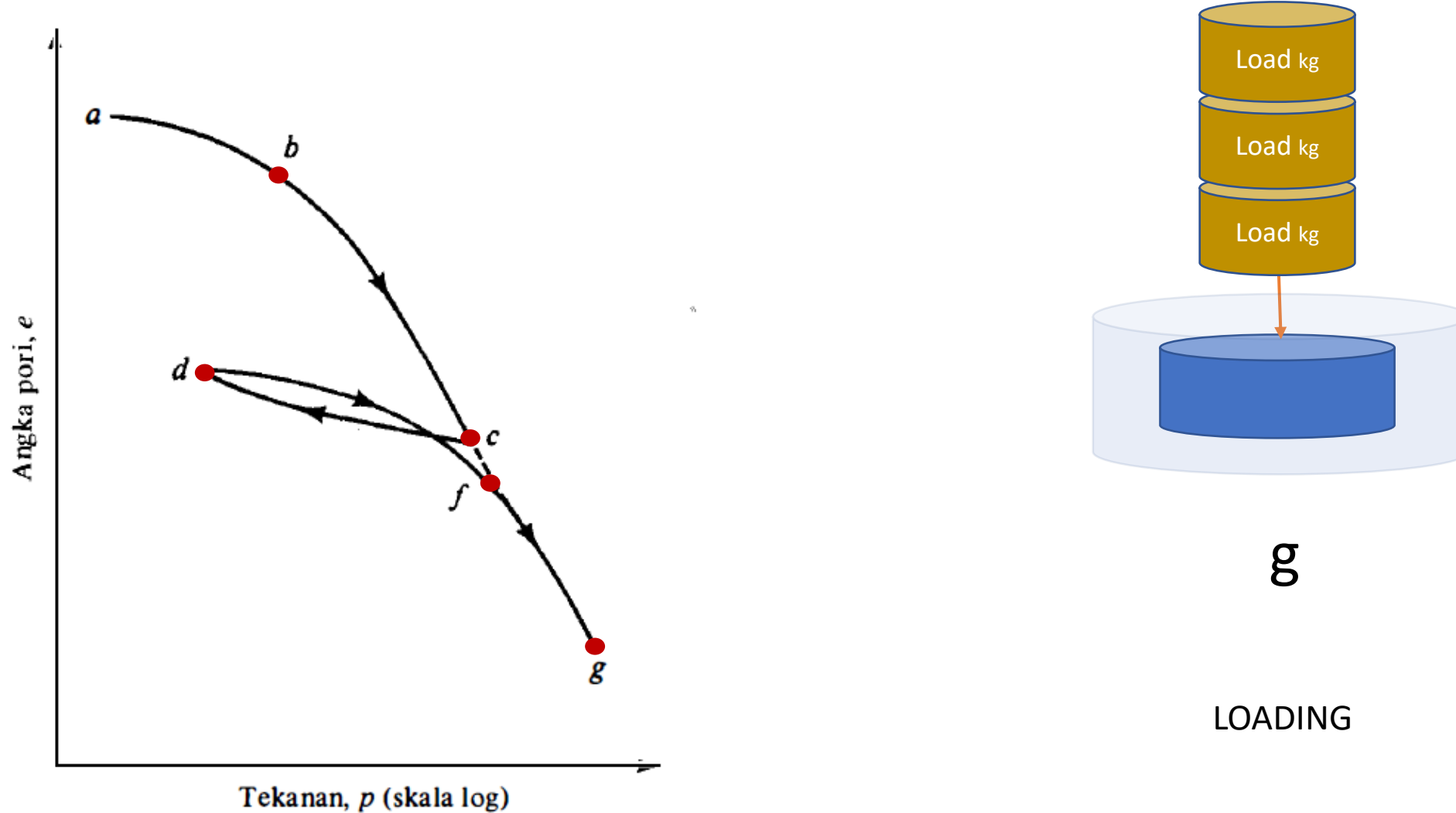
Prosedur Perhitungan Hasil Analisis Konsolidasi



LOADING

Gambar 7.10. Grafik e versus p yang menunjukkan keadaan akibat pembebanan (loading), pengangkatan beban (unloading), dan pembebanan kembali (reloading).

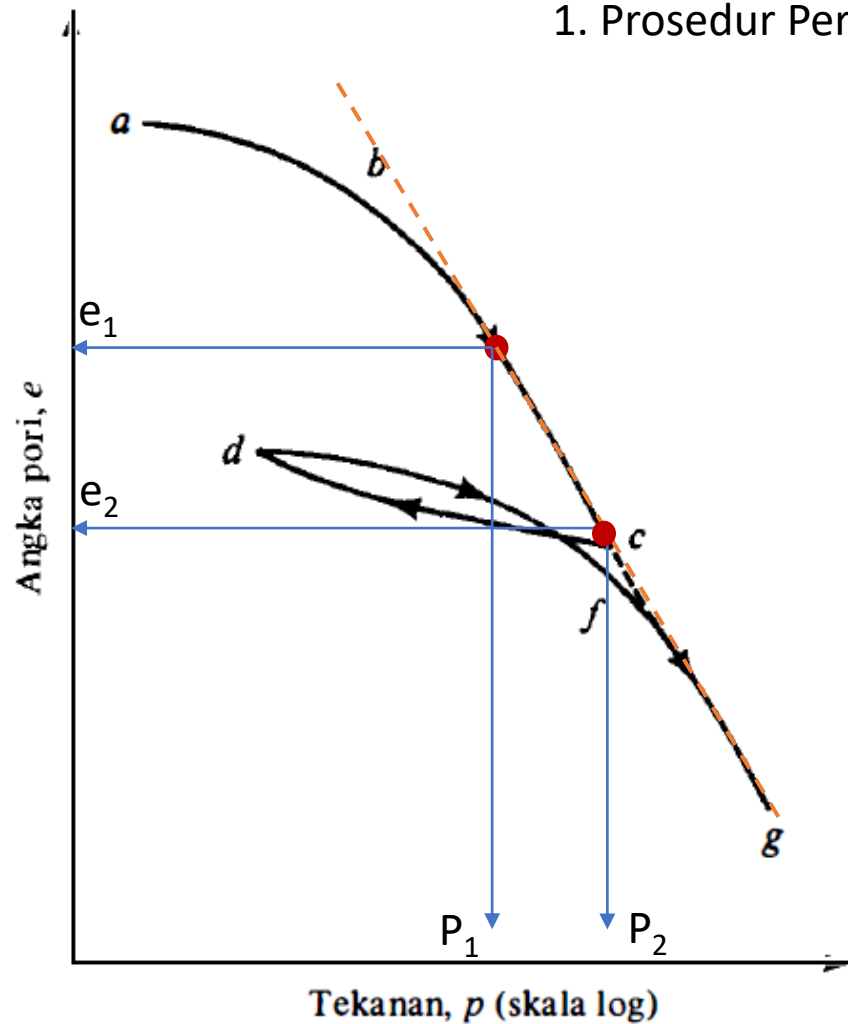
Prosedur Perhitungan Hasil Analisis Konsolidasi



Gambar 7.10. Grafik e versus p yang menunjukkan keadaan akibat pembebanan (loading), pengangkatan beban (unloading), dan pembebanan kembali (reloading).

Prosedur Perhitungan Nilai Compression Index (Cc) dan Swelling Index (Cs)

1. Prosedur Perhitungan Nilai Compression Index (Cc)



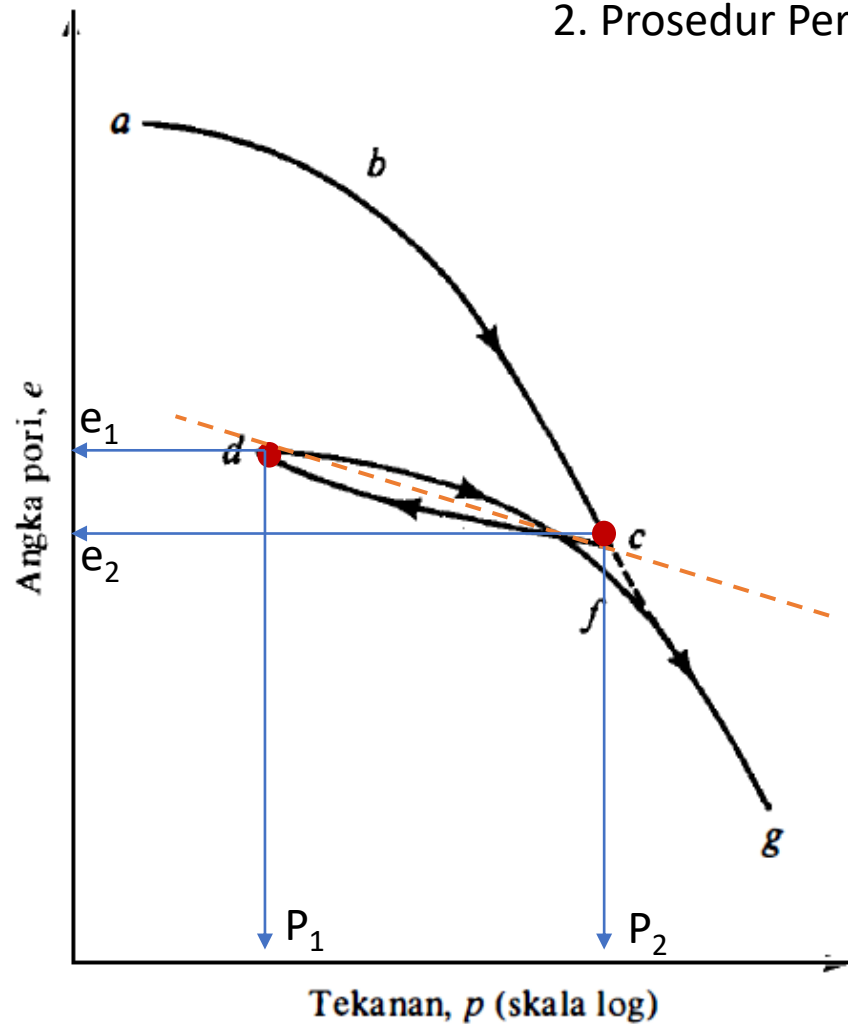
Nilai C_c adalah **gradien kemiringan garis LOADING**

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log p_1 - \log p_2} = \frac{e_1 - e_2}{\log(p_1 / p_2)}$$

Gambar 7.10. Grafik e versus p yang menunjukkan keadaan akibat pembebanan (loading), pengangkatan beban (unloading), dan pembebanan kembali (reloading).

Prosedur Perhitungan Nilai Compression Index (Cc) dan Swelling Index (Cs)

2. Prosedur Perhitungan Nilai Compression Index (Cs atau Cr)

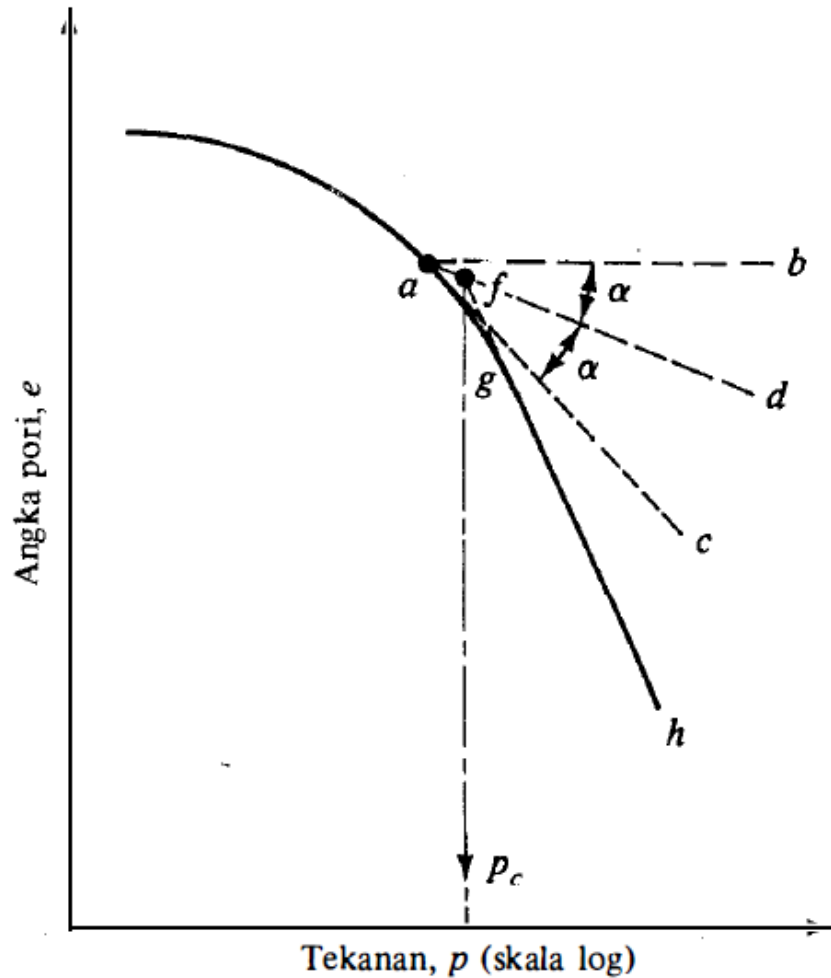


Nilai C_s adalah **gradien kemiringan garis UNLOADING**

$$C_s = \frac{e_1 - e_2}{\log p_1 - \log p_2} = \frac{e_1 - e_2}{\log(p_1 / p_2)}$$

Gambar 7.10. Grafik e versus p yang menunjukkan keadaan akibat pembebanan (loading), pengangkatan beban (unloading), dan pembebanan kembali (reloading).

Prosedur Perhitungan Nilai p_c



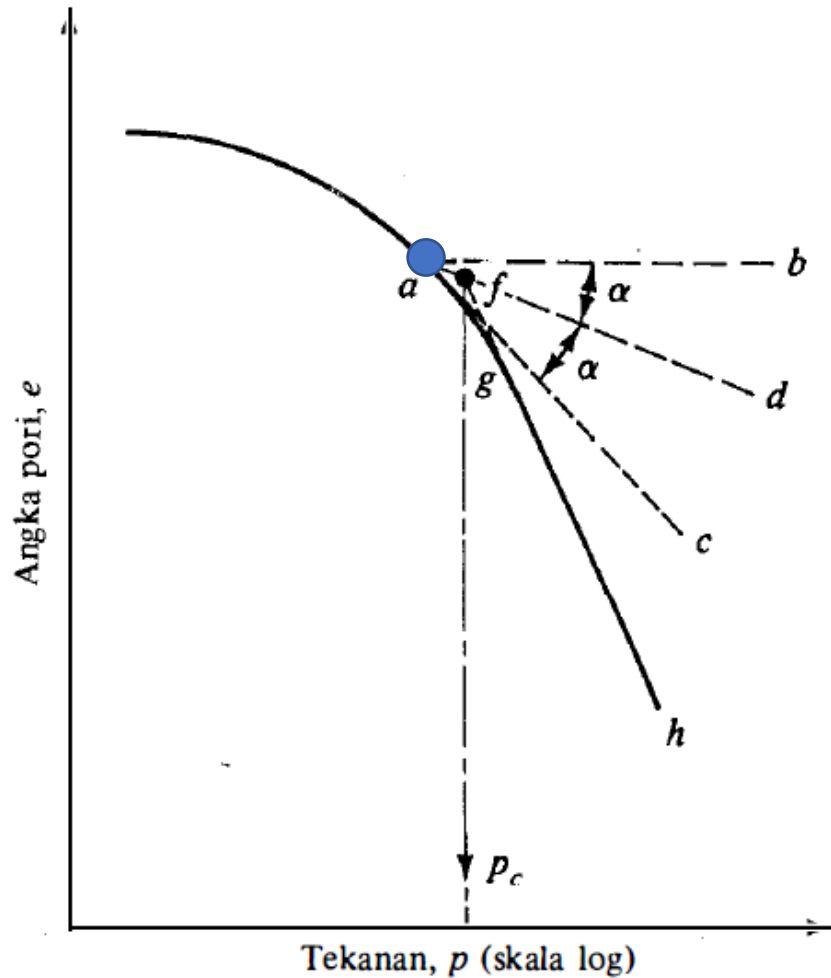
Gambar 7.11. Prosedur penentuan tekanan prakonsolidasi, p_c dengan cara grafis.

1. Dengan melakukan pengamatan secara visual, tentukan titik a di mana grafik e versus $\log p$ mempunyai jari-jari kelengkungan yang paling minimum.
2. Gambar garis datar ab .
3. Gambar garis singgung ac pada titik a .
4. Gambar garis ad yang merupakan garis bagi sudut bac .
5. Perpanjang bagian grafik e versus $\log p$ yang merupakan garis lurus hingga memotong garis ad di titik f . Absis untuk titik f adalah besarnya tekanan prakonsolidasi.

Overconsolidation ratio (OCR) untuk suatu tanah dapat didefinisikan sebagai:

$$OCR = \frac{p_c}{p}$$

Prosedur Perhitungan Nilai p_c



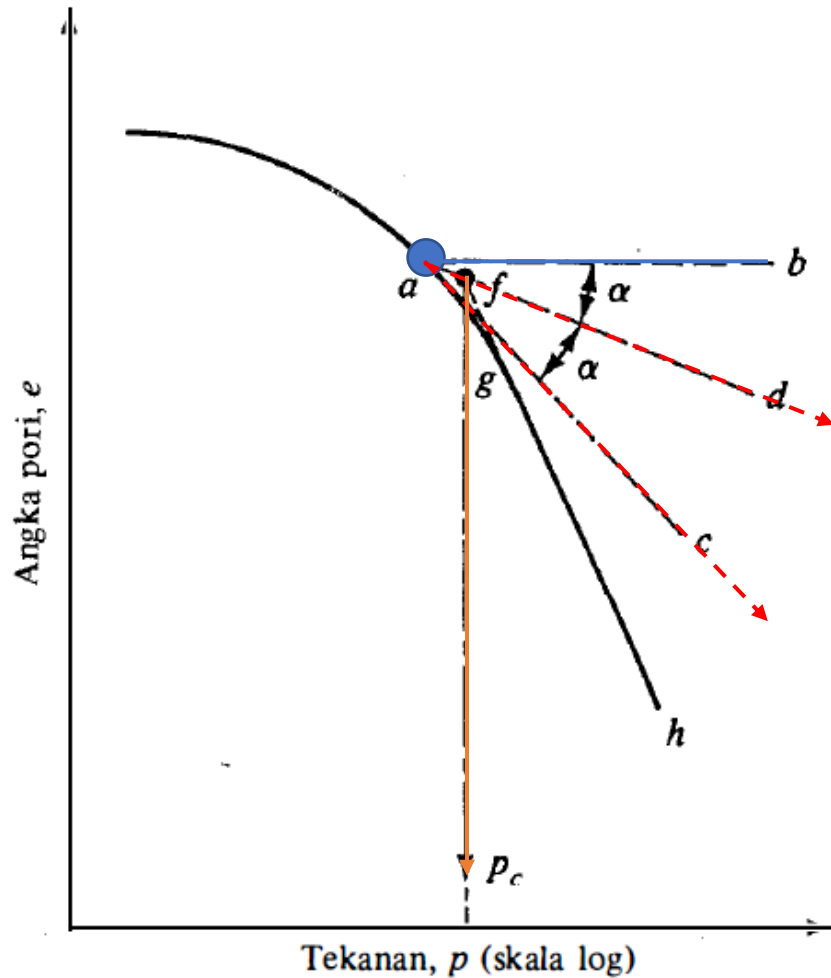
1. Dengan melakukan pengamatan secara visual, tentukan titik a di mana grafik e versus $\log p$ mempunyai jari-jari kelengkungan yang paling minimum.
2. Gambar garis datar ab .
3. Gambar garis singgung ac pada titik a .
4. Gambar garis ad yang merupakan garis bagi sudut bac .
5. Perpanjang bagian grafik e versus $\log p$ yang merupakan garis lurus hingga memotong garis ad di titik f . Absis untuk titik f adalah besarnya tekanan prakonsolidasi.

Overconsolidation ratio (OCR) untuk suatu tanah dapat didefinisikan sebagai:

$$OCR = \frac{p_c}{p}$$

Gambar 7.11. Prosedur penentuan tekanan prakonsolidasi, p_c dengan cara grafis.

Prosedur Perhitungan Nilai p_c



1. Dengan melakukan pengamatan secara visual, tentukan titik a di mana grafik e versus $\log p$ mempunyai jari-jari kelengkungan yang paling minimum.
2. Gambar garis datar ab .
3. Gambar garis singgung ac pada titik a .
4. Gambar garis ad yang merupakan garis bagi sudut bac .
5. Perpanjang bagian grafik e versus $\log p$ yang merupakan garis lurus hingga memotong garis ad di titik f . Absis untuk titik f adalah besarnya tekanan prakonsolidasi.

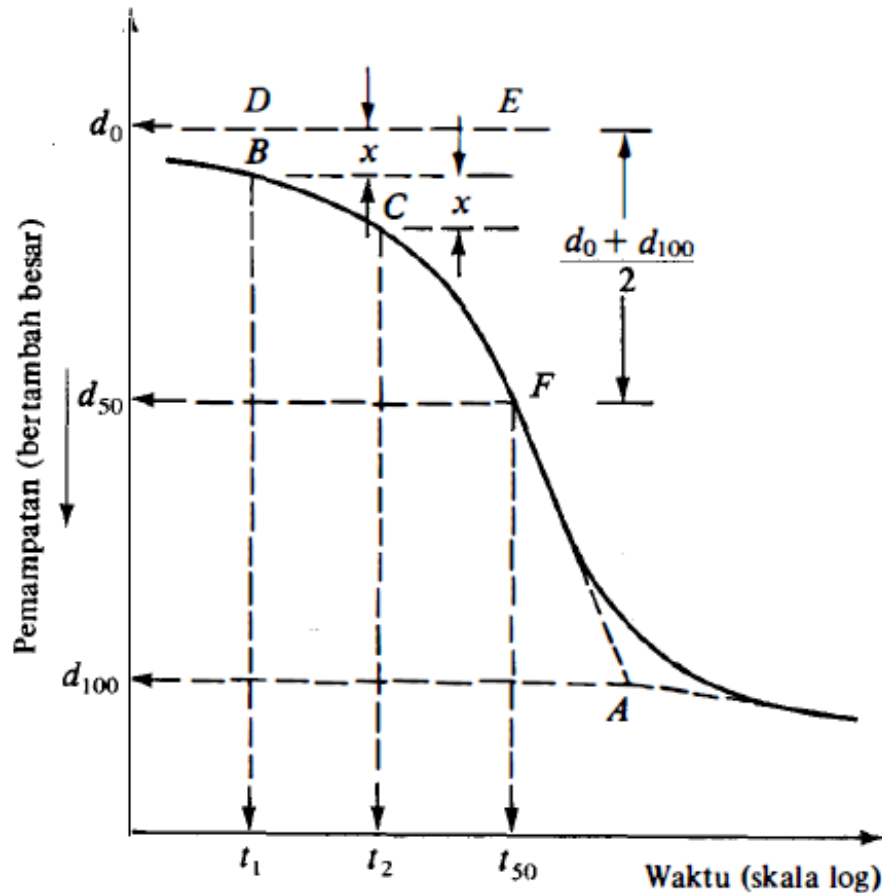
Overconsolidation ratio (OCR) untuk suatu tanah dapat didefinisikan sebagai:

$$OCR = \frac{p_c}{p} \rightarrow \text{Overbudden Stress}$$

Gambar 7.11. Prosedur penentuan tekanan prakonsolidasi, p_c dengan cara grafis.

Prosedur Perhitungan Nilai Cv

Metode Logaritma-Waktu



Gambar 7.26. Metode logaritma-waktu (logarithm-of-time method) untuk menentukan koefisien konsolidasi.

1. Perpanjang bagian kurva yang merupakan garis lurus dari konsolidasi primer dan sekunder hingga berpotongan di titik A . Ordinat titik A adalah d_{100} – yaitu deformasi pada akhir konsolidasi primer 100%.

2. Bagian awal dari kurva deformasi vs $\log t$ adalah hampir menyerupai suatu parabola pada skala biasa. Pilih waktu t_1 dan t_2 pada bagian kurva sedemikian rupa sehingga $t_2 = 4 t_1$. Misalkan perbedaan deformasi contoh tanah selama waktu $(t_2 - t_1)$ sama dengan x .

3. Gambarlah suatu garis mendatar DE sedemikian rupa sehingga jarak vertikal BD adalah sama dengan x . Deformasi yang bersesuaian dengan garis DE adalah sama dengan d_0 (yaitu deformasi pada konsolidasi 0%).

4. Ordinat titik F pada kurva konsolidasi merupakan deformasi pada konsolidasi primer 50%, dan absis titik F merupakan waktu yang bersesuaian dengan konsolidasi 50% (t_{50}).

5. Untuk derajat konsolidasi rata-rata 50%, $T_v = 0,197$ (Tabel 7.3). Maka:

$$T_{50} = \frac{c_v t_{50}}{H_{dr}^2}$$

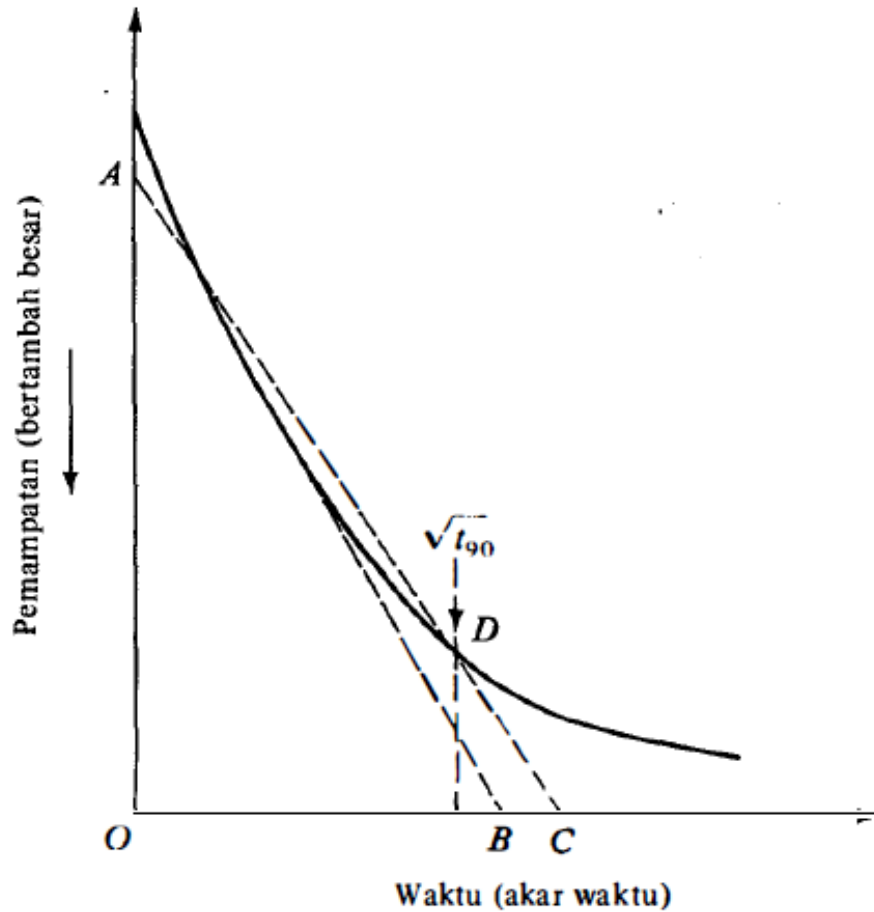
atau

$$c_v = \frac{0,197 H_{dr}^2}{t_{50}} \quad (7.44)$$

di mana H_{dr} = panjang aliran rata-rata yang harus ditempuh oleh air pori selama proses konsolidasi.

Prosedur Perhitungan Nilai Cv

Metode Akar-Waktu



Gambar 7.27. Metode akar-waktu (square-root-of-time method).

1. Gambar suatu garis AB melalui bagian awal dari kurva.
2. Gambar suatu garis AC sehingga $OC = 1,15 OB$. Absis titik D , yang merupakan perpotongan antara garis AC dan kurva konsolidasi, memberikan harga akar waktu untuk tercapainya konsolidasi 90% ($\sqrt{t_{90}}$).

3. Untuk konsolidasi 90%, $T_{90} = 0,848$ (Tabel 7.3). Jadi

$$T_{90} = 0,848 = \frac{c_v t_{90}}{H_{dr}^2}$$

atau

$$c_v = \frac{0,848 H_{dr}^2}{t_{90}} \quad (7.45)$$

H_{dr} dalam Persamaan (7.45) ditentukan dengan cara yang sama seperti pada metode logaritma-waktu.

Pemadatan Tanah (Compaction) dan CBR (California Bearing Ratio)

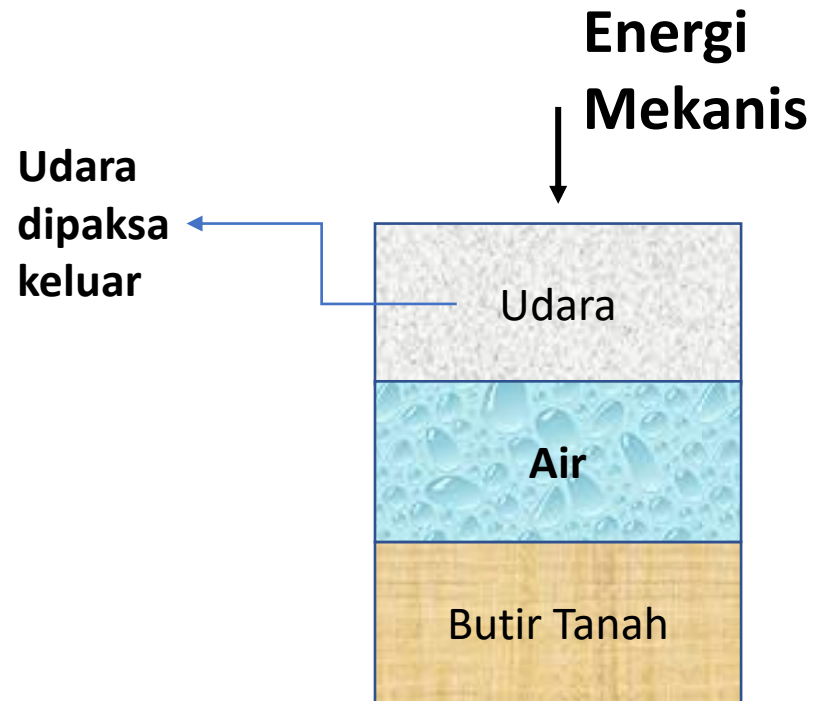
Definisi Pemadatan (Compaction)

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 terhadap erosi
- Mengontrol shrinkage dan swelling

Proses Pemadatan



$$\text{Volume Total} = V.\text{udara} + V.\text{Air} + V.\text{ butir tanah}$$

Dengan pemadatan V.udara turun maka Volume Total juga Turun

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

$\gamma_d \uparrow = \text{daya dukung} \uparrow$
 $\gamma_d \downarrow = \text{daya dukung} \downarrow$

Tiga Kondisi tanah pada proses Pemadatan



Tanah kering → sulit dipadatkan karena gesekan antar butir



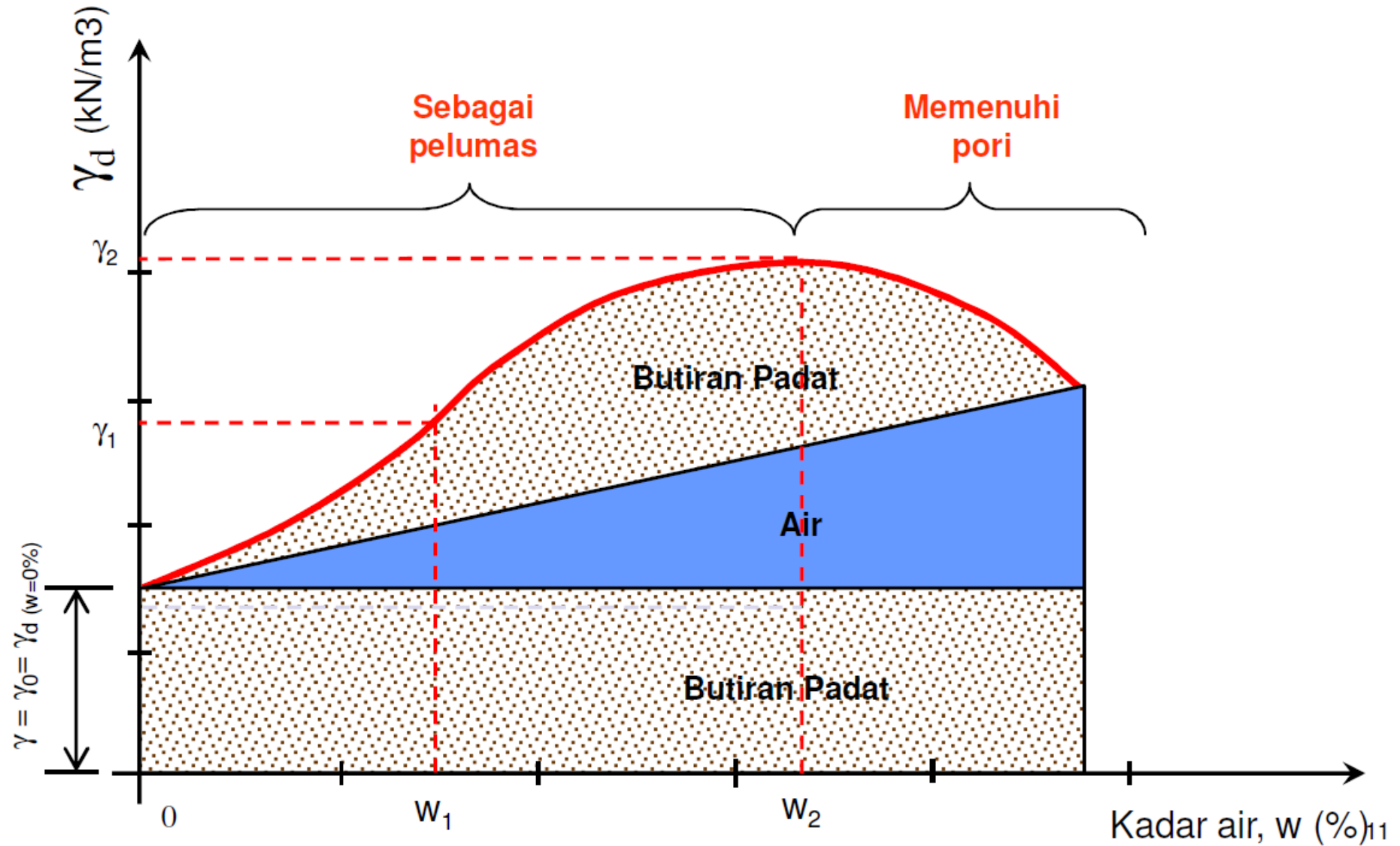
Kalau ditambahkan air → memudahkan pemadatan karena air sebagai pelumas



ditambahkan air terlalu banyak → sulit dipadatkan karena pori-pori tanah menjadi penuh terisi air

Diperlukan kadar air tertentu disebut kadar air optimum (W_{opt}) / Optimum Moisture Content (OMC) dalam suatu proses pemadatan agar didapatkan hasil kepadatan maksimum

Pengaruh Air Terhadap Uji Pemadatan (Compaction Test)



Proses Pemadatan di Laboratorium

ADA DUA METODA

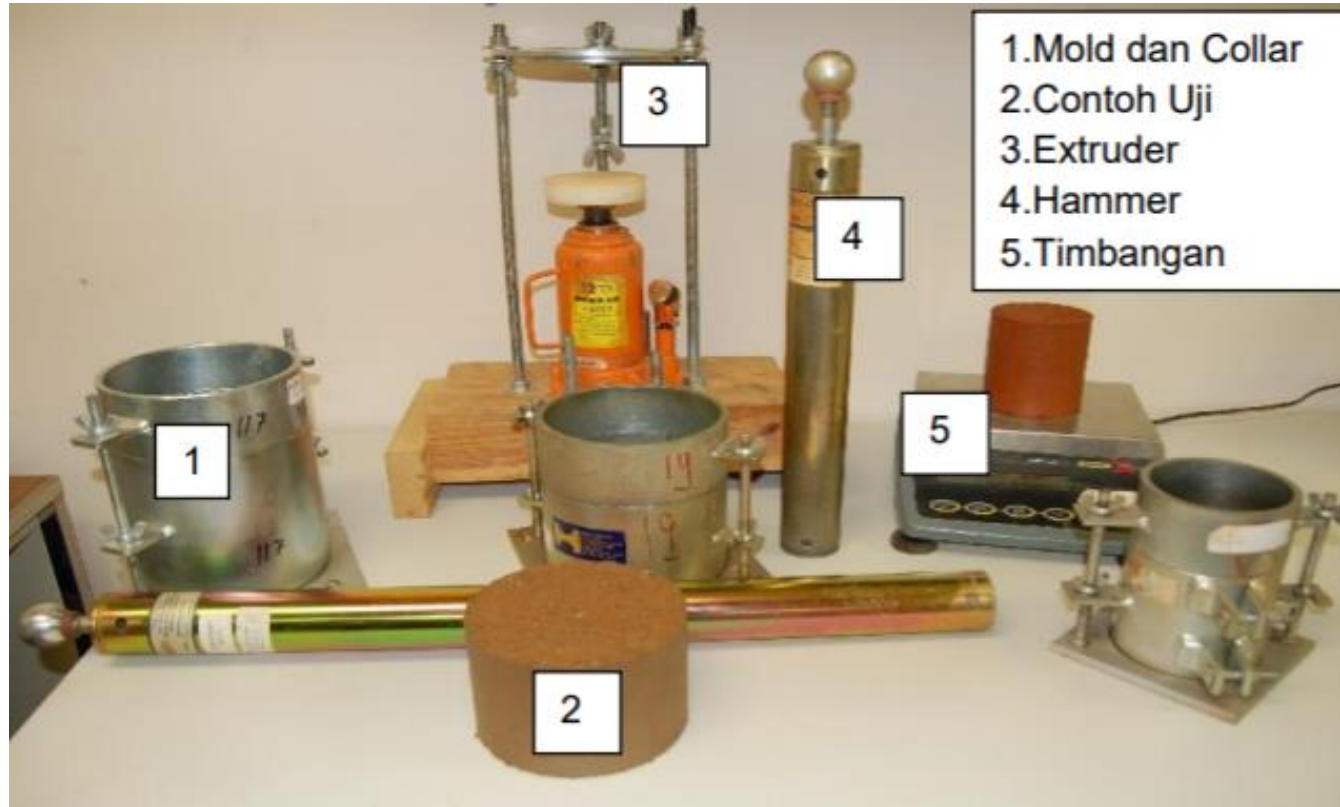
1. Pemadatan Ringan (Standard Proctor)
2. Pemadatan Berat (Modified Proctor)

Tujuan Penguj Pemadatan di Laboratorium

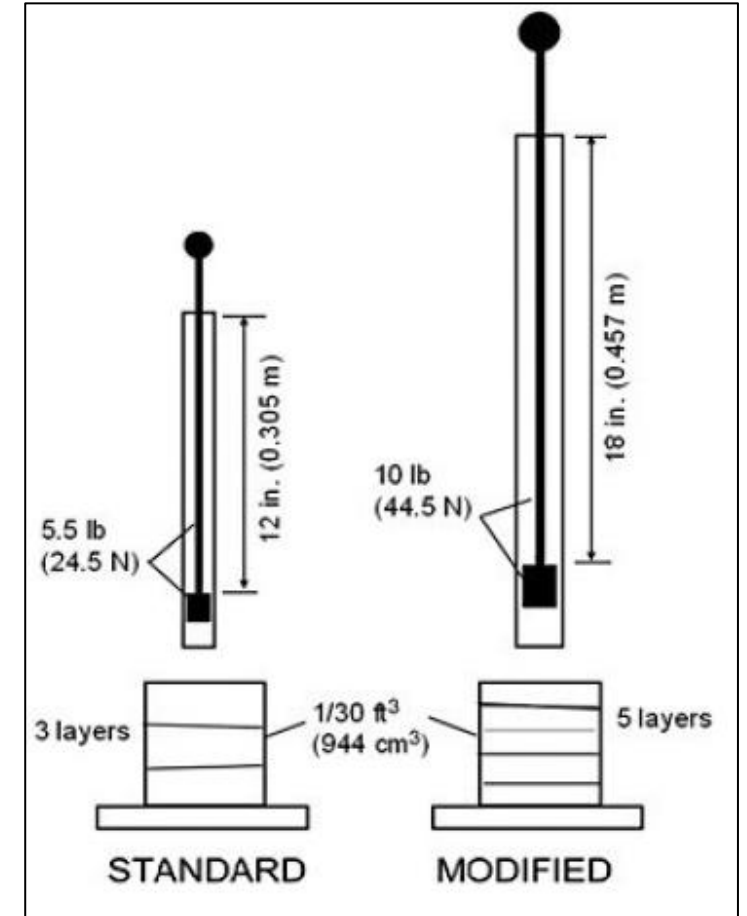
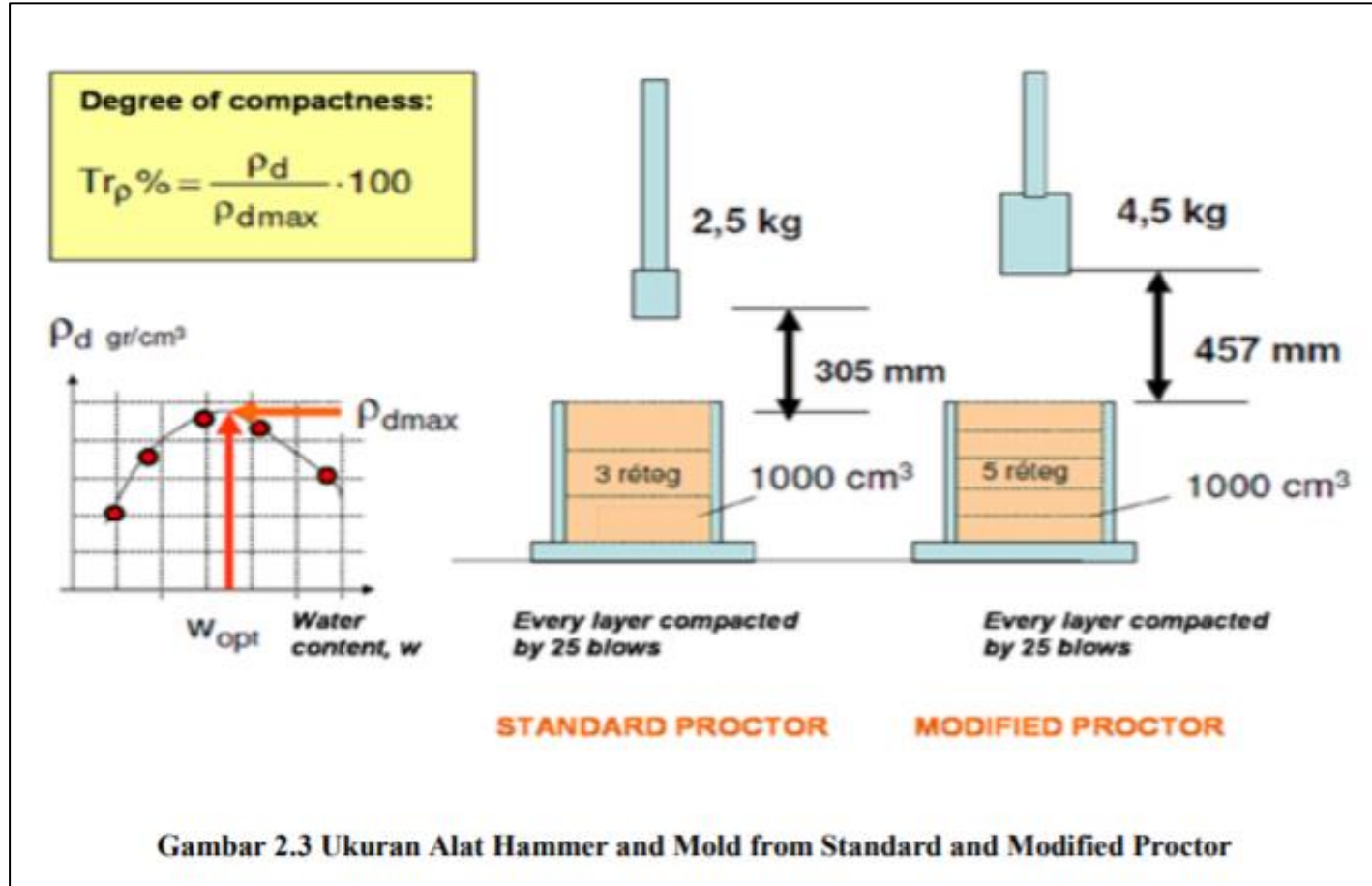
Untuk mendapatkan

- Kadar air Optimum (W_{opt})
- Berat Volume kering anah maksimum (γ_{max})

Proses Pemadatan di Laboratorium



Proses Pemadatan di Laboratorium



1. Prosedur Persiapan Percobaan

1. SIAPKAN tanah yang sudah diayak dengan saringan No.4, timbang masing-masing 5 kg untuk 5 buah sampel (total 25 kg)
2. Ukur terlebih dahulu kadar air sampel tanah (w_o).

Tujuan : untuk mengetahui kadar air rencana yang akan ditambahkan

3. Setelah kadar air tanah sampel diperoleh. Hitung kadar air rencana (w_r) dengan contoh sebagai berikut :

Jika : Berat tanah = $W = 5000 \text{ g (2 kg)}$

Kadar air awal = $W_o (\%)$

Kadar air rencana = W_r

$$\Delta W = W \times \left(\frac{W_r - W_o}{1 + W_o} \right) = 2000 \text{ gr} \times \left(\frac{W_r - W_o}{1 + W_o} \right)$$

$\Delta W = \dots\dots\dots \text{gram} = \dots\dots\dots \text{cc}$

Catatan : 1 gram = 1 cc = 1 mL

2. Pelaksanaan Pemadatan



1. Ambil Contoh tanah yang telah disiapkan



2. Mold ditimbang dan diukur volumenya

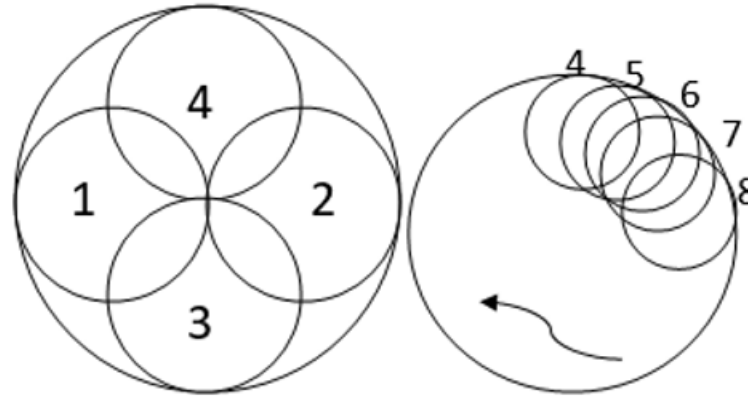


3. Masukkan tanah lapis pertama $\frac{1}{2}$ tinggi mold



4. Tumbuk 25 kali dengan hammer

2. Pelaksanaan Pemadatan

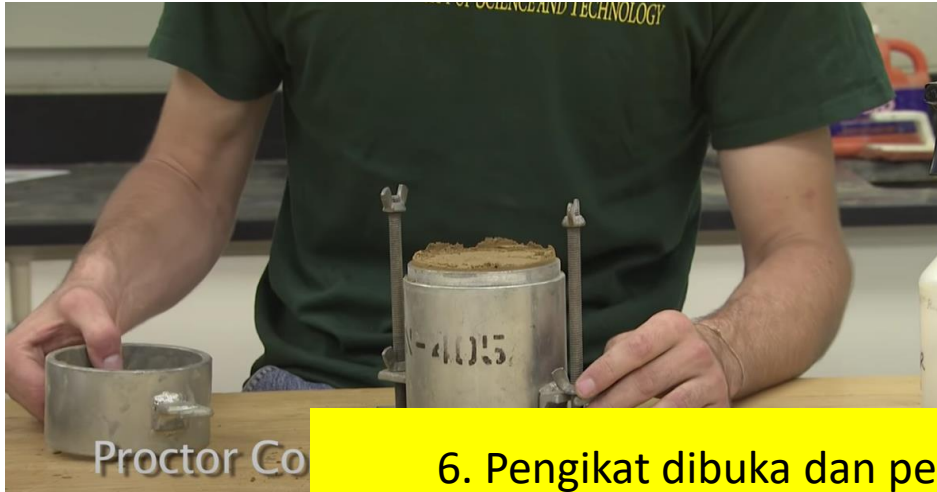


Pola Tumbukan



5. Tambahkan tanah untuk lapisan kedua hingga melebihi tinggi mold pertama. Dan lanjutkan lapisan ketiga hingga mold terisi penuh tanah, masing-masing ditumbuk 25 kali merata diatas tiap-tiap lapisan kedua dan ketiga.

2. Pelaksanaan Pemadatan



6. Pengikat dibuka dan permukaan diratakan dengan pisau perata

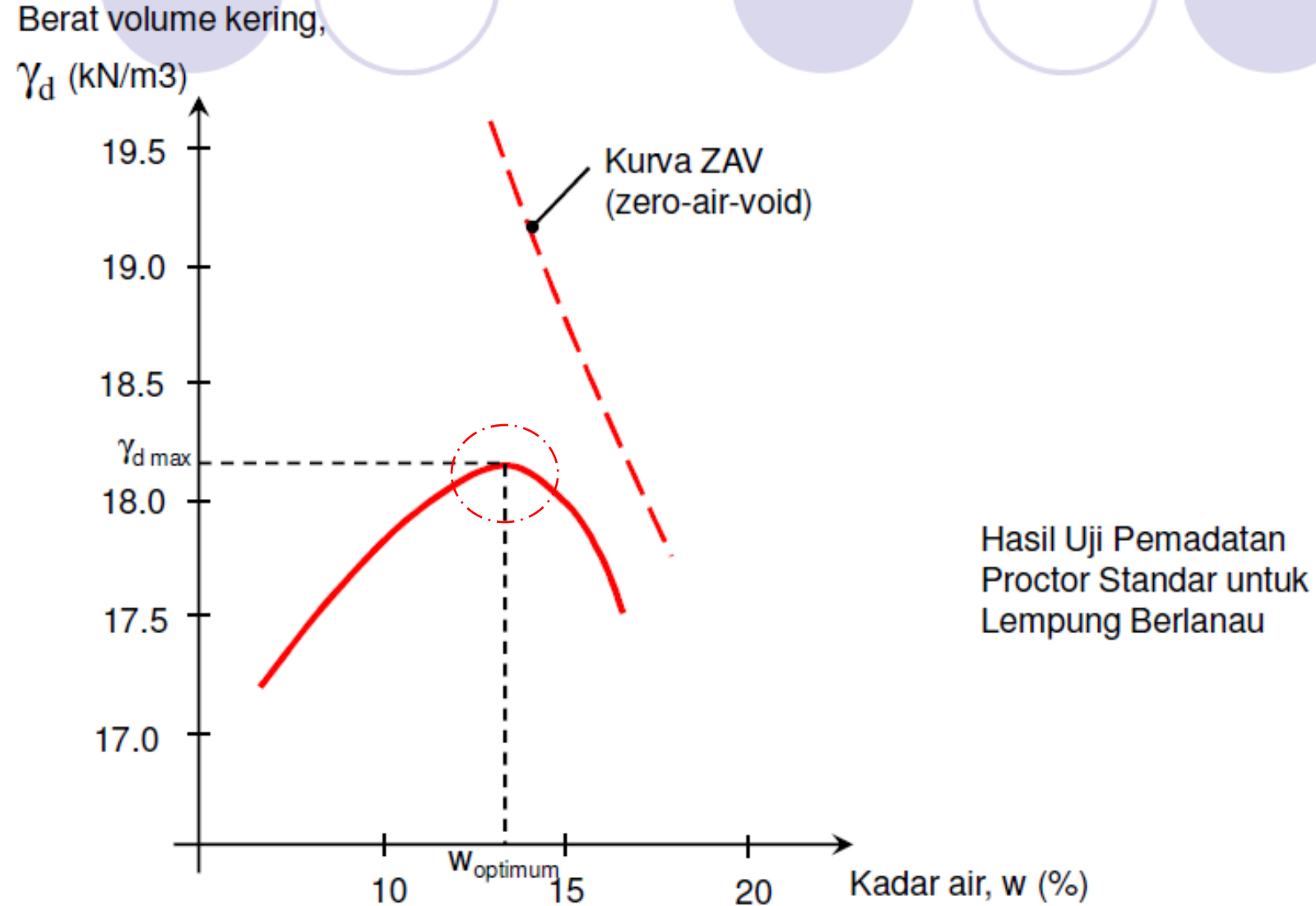


7. Timbang Mold beserta isinya (tanah)



8. Periksa kadar airnya

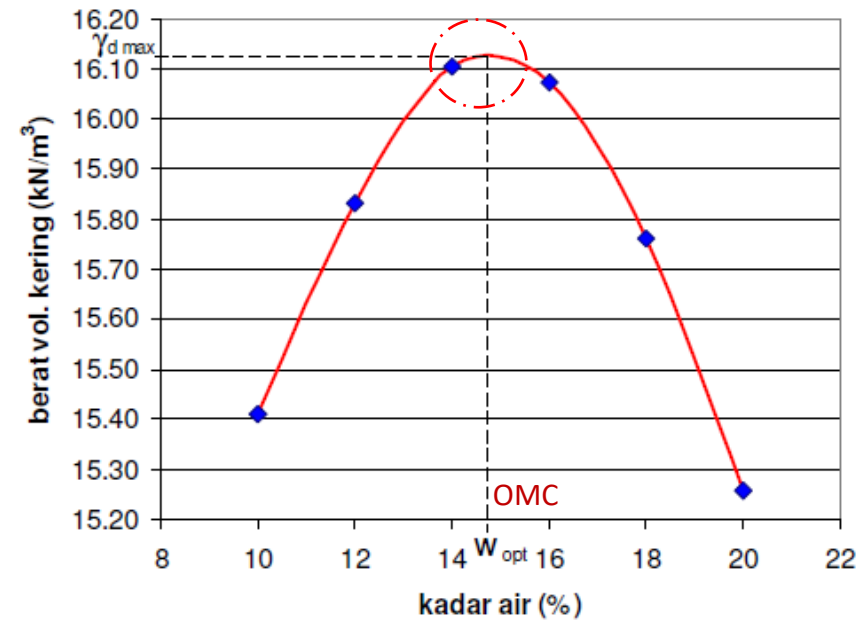
Kurva Pemadatan



Contoh Hasil Uji Pemadatan Standar (Standard Proctor)

Volume Mold = 943,9 cm³
Berat penumbuk = 2,5 kg
Tinggi jatuh = 304,8 mm
Jumlah lapisan = 3 lapis
Jumlah tumbukan = 25 kali/lapis

No. uji	Berat basah kg	γ kN/m ³	Kadar air %	γ_d kN/m ³
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



D Cetakan : cm

Tinggi : cm

Spesifik Gravity :

Jumlah Lapis :

Jumlah Tumbukan :

Berat Penumbuk : Kg

Pengujian Pemadatan Tanah
Unconfined Compaction Test
(ASTM D 698-12)

Penentuan Kadar AIR

No Contoh (kadar air)		60%			62%			64%			67%			69%		
		TOP	MID	BTM	TOP	MID	BTM	TOP	MID	BTM	TOP	MID	BTM	TOP	MID	BTM
No Kontainer																
W Kontainer	gr	10.5	11.37	11.69	10.02	10.04	11.35	11.51	11.58	9.98	10.06	10.08	10.74	10.04	10.04	10.04
W Kontainer + Tanah Basah	gr	61.1	64.24	59.12	67.51	71.84	60.66	64.93	89.35	80.18	84.47	76.79	80.47	77.23	87.48	91.07
W kontainer + Tanah Kering	gr	44.8	47.47	44.05	47.04	50.04	43.05	42.63	56.77	50.65	51.99	47.76	50.04	44.14	50.07	52.52
Kadar air (w)	%	47.5219	46.4543	46.5698	55.2944	54.5	55.5521	71.6581	72.0956	72.6088	77.4624	77.0435	77.43	97.0381	93.4549	90.7486
Kadar air rata-rata (w)	%	46.85			55.12			72.12			77.31			93.75		

Penentuan Kepadatan

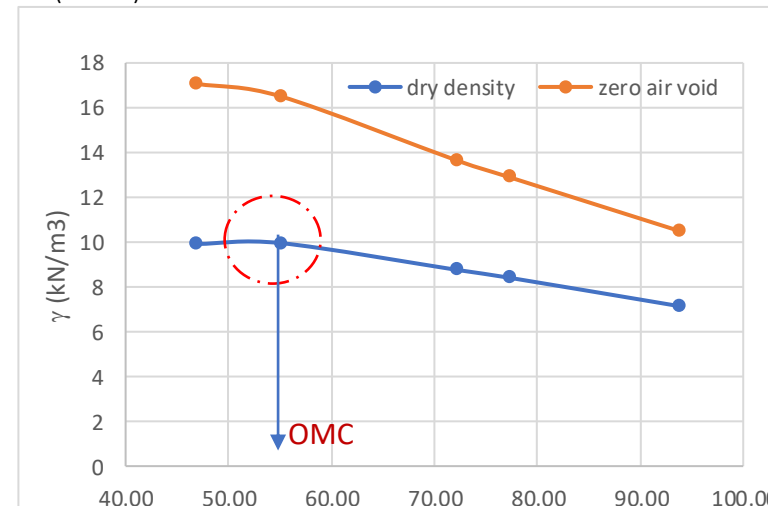
Diameter cetakan (D mold) : 10.137 cm

Tinggi cetakan (H mold) : 11.709 cm

kadar air rata-rata (w)	%	46.85	55.12	72.12	77.31	93.75
berat tanah + cetakan	gr	3106	3189	5200	5184	5087
Berat Cetakan	gr	1731	1731	3773	3773	3773
Brt Tanah Basah	gr	1375	1458	1427	1411	1314
Volume Cetakan	cm ³	945	945	945	945	945
brt isi tnh basah	gr/cm ³	1.46	1.54	1.51	1.49	1.39
brt isi tnh kering	kN/m ³	9.91	9.95	8.77	8.42	7.18
kepadatan zero air void	kN/m ³	17.06	16.49	13.66	12.90	10.52

Note :

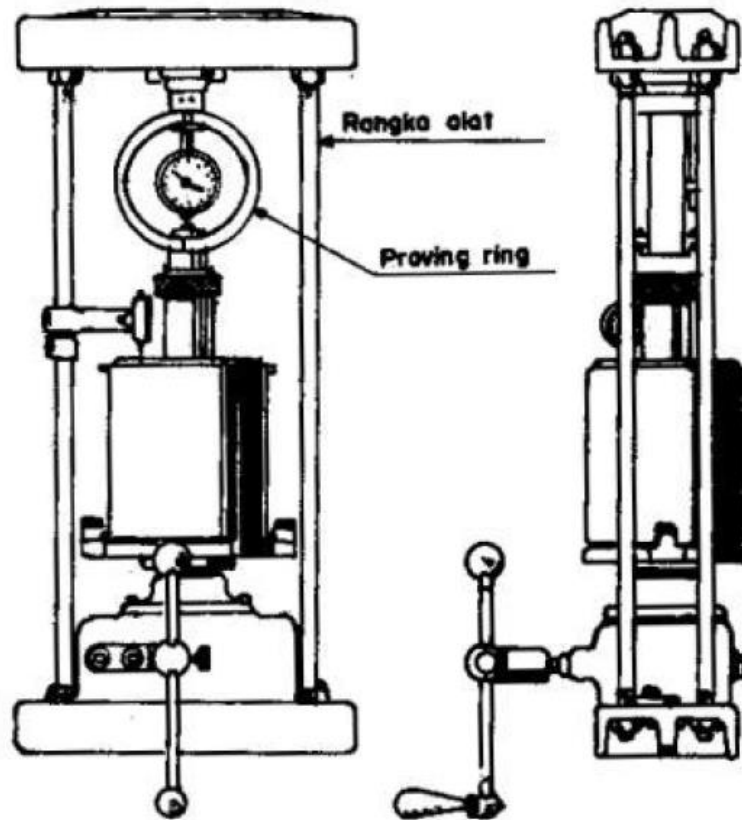
Optimum Moisturer Content (OMC) = 55%



Uji Penetrasi atau Uji CBR (California Bearing Ratio)

Uji Penetrasi atau Uji CBR (California Bearing Ratio)

CBR : Perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0.1 inchi atau 0.2 inchi dengan beban yang ditahan oleh batu pecah standar dengan penetrasi 0.1 inchi atau 0.2 inchi (dinyatakan dalam %)



Prosedur Pengujian CBR

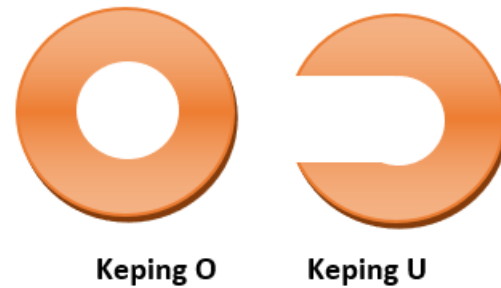
Tujuan

Tujuan uji CBR adalah untuk menilai kekuatan tanah dasar yang di kompaksi untuk digunakan dalam perancangan pengerasan.

Jumlah data yang dibutuhkan: 3 data sample untuk penumbukan 10x, 25x dan 56x

Alat dan Bahan

- a. CBR test dengan set penetrasi berkapasitas sekurang-kurangnya 5 ton.
- b. Mold uji CBR setinggi 22.2 cm dan diameter 15.1cm.
- c. Dua buah keeping logam dengan gambar seperti berikut:



- d. Piring pemisah dari logam (*spacer disk*)
- e. Alat penumbuk sesuai dengan cara pemeriksa pemadatan.
- f. Alat timbang.

Prosedur Pengujian CBR

Teknik Pengujian CBR hampir sama dengan pengujian Compaction Test. Menggunakan data kadar air optimum yang diperoleh dari hasil pengujian Compaction. Setelah itu Tanah di tes penetrasi dengan alat CBR test



Penentuan Nilai CBR

Benda Uji: tanah dalam mold hasil kompaksi

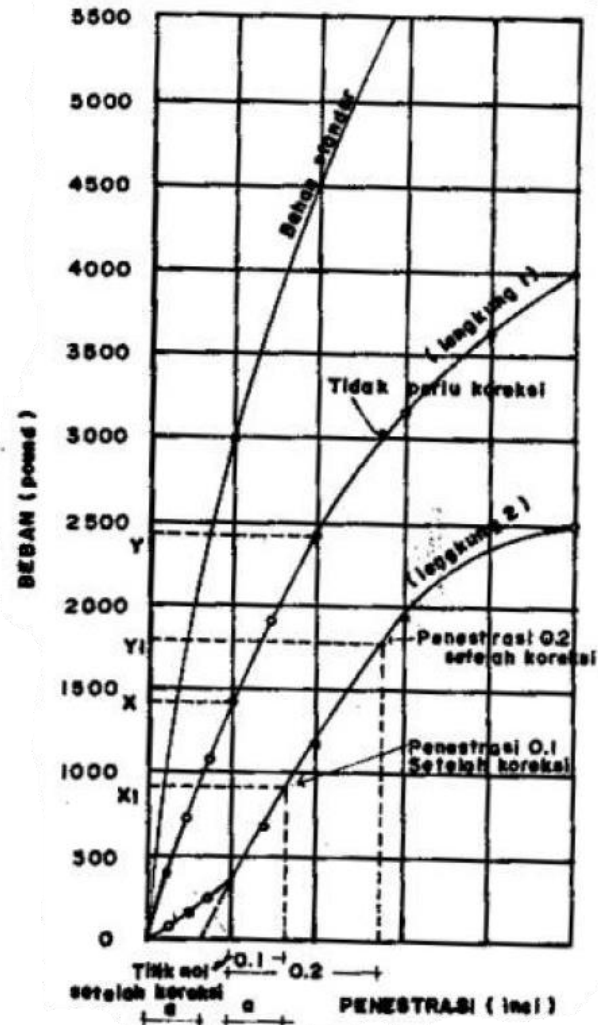
Perlengkapan: Mesin penekan, Proving Ring, piston dengan luas penampang 3 in²

Kecepatan piston: 0.05 in/menit

Beban standar:

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

Penentuan Nilai CBR

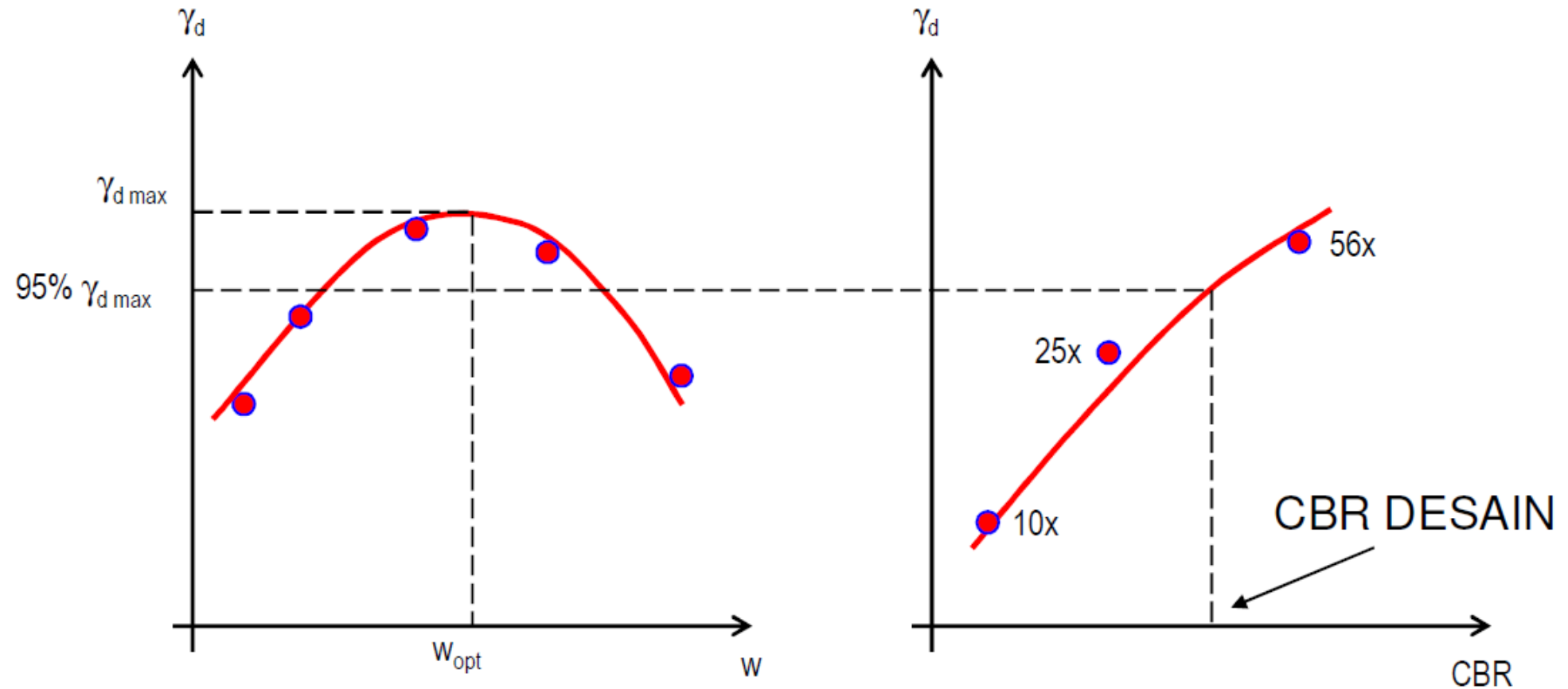


$$CBR_{0.1"} = \frac{x}{3000} \times 100\%$$

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

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

Penentuan Nilai CBR Desain



Prosedur Pengujian CBR

Uji CBR

California Bearing Ratio test (ASTM D 1883)

Calibration : 10.2 lb

N = 10x

Waktu (menit)	Penetrasi		Bacaan Beban (unit)	Beban (Psi)
	(in)	(unit)		
0	0	0	0	0
0.25	0.0125	31.75	0.5	1.705
0.5	0.025	63.5	1.6	5.456
1.5	0.075	190.5	4.7	16.027
2	0.1	254	5.8	19.778
3	0.15	381	7.1	24.211
4	0.2	508	8.9	30.349
6	0.3	762	11.1	37.851
8	0.4	1016	13.1	44.671
10	0	0	0	0

N = 25x

Waktu (menit)	Penetrasi		Bacaan Beban (unit)	Beban (Mpa)
	(in)	(unit)		
0	0	0	0	0
0.25	0.0125	31.75	1.7	12.7534
0.5	0.025	63.5	3	22.506
1.5	0.075	190.5	7.2	54.0144
2	0.1	254	9	67.518
3	0.15	381	12	90.024
4	0.2	508	14.1	105.7782
6	0.3	762	17.8	133.5356
8	0.4	1016	21	157.542
10	0.5	1270	0	0

N = 56x

Waktu (menit)	Penetrasi		Bacaan Beban (unit)	Beban (Mpa)
	(in)	(unit)		
0	0	0	0	0
0.25	0.0125	31.75	2	15.004
0.5	0.025	63.5	3	22.506
1.5	0.075	190.5	8	60.016
2	0.1	254	10	75.02
3	0.15	381	14	105.028
4	0.2	508	16	120.032
6	0.3	762	22	165.044
8	0.4	1016	26	195.052
10	0.5	1270	0	0

Harga CBR (%)			
Penetrasi	0.1"	0.2"	dry density
10x	1.9778	1.5175	8.103257
25x	2	5.2889	10.12907
56x	4	6.0016	12.15489

Prosedur Pengujian CBR

Uji CBR

California Bearing Ratio test -CBR (ASTM D 1883)

Penentuan Kadar Air

Number of Blow (N) =		10x			25x			56x		
No Kontainer		Top	Mid	Btm	Top	Mid	Btm	Top	Mid	Btm
W Kontainer	gr	12.2	11.1	12.8	12.2	11.1	12.8	12.2	11.1	12.8
W Kontainer + Tanah Basah	gr	52.4	76.5	79.1	52.4	76.5	79.1	52.4	76.5	79.1
W kontainer + Tanah Kering	gr	41.5	58.8	61.2	41.5	58.8	61.2	41.5	58.8	61.2
Berat Air	gr	10.9	17.7	17.9	10.9	17.7	17.9	10.9	17.7	17.9
Berat Tanah Kering	gr	29.3	47.7	48.4	29.3	47.7	48.4	29.3	47.7	48.4
Kadar air (w)	%	37.2%	37.1%	37.0%	37.2%	37.1%	37.0%	37.2%	37.1%	37.0%
Kadar air rata-rata (w)	%	37.1%			37.1%			37.1%		

Penentuan Berat Isi Kering Tanah

H cetakan : 17.7 cm D cetakan : 15.14 cm

No contoh		10x	25x	56x
berat tanah + cetakan	gr	8000	8500	9000
Berat Cetakan	gr	6000	6000	6000
Brt Tanah	gr	2000	2500	3000
Volume Cetakan	cm ³	180.03	180.03	180.03
brt isi tnh basah	gr/cm ³	11.11	13.89	16.66
brt isi tnh kering	gr/cm ³	8.10	10.13	12.15

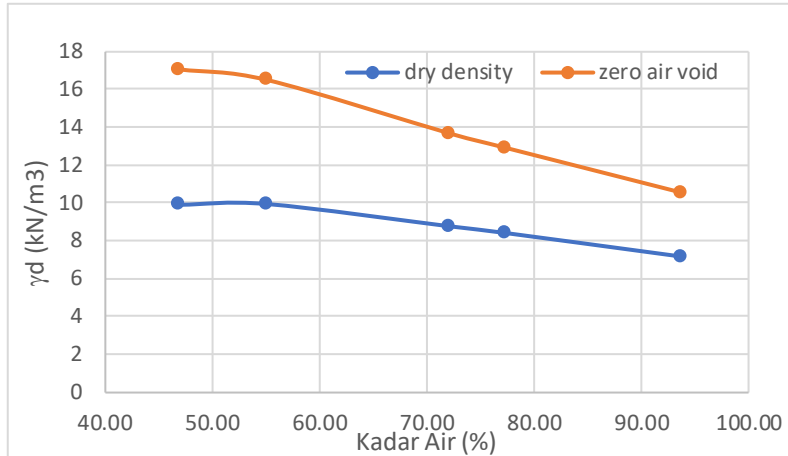
Prosedur Pengujian CBR

Uji CBR

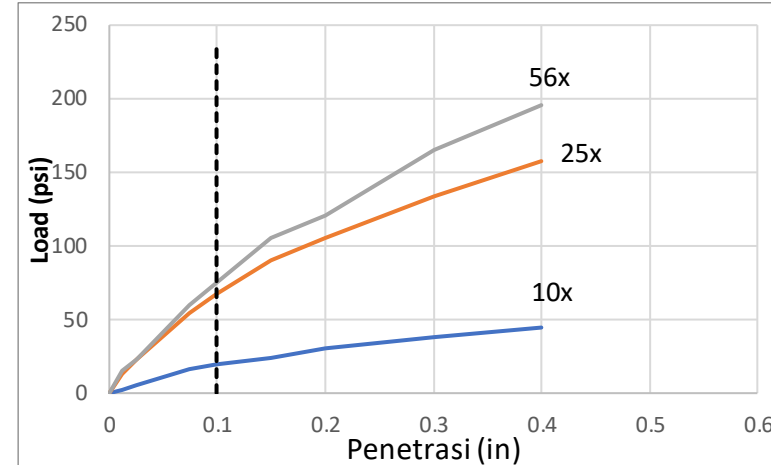
California Bearing Ratio test (ASTM D 1883)

CBR DESIGN

1. menentukan kadar air optimum dari uji kompaksi



2. analisis hasil uji CBR



3. CBR Desain

