

# SOIL MECHANIC 2

---

## Kuat Geser Tanah

Sherly Meiwa , ST., MT



Department of Civil Engineering  
Universitas Komputer Indonesia  
Bandung, 2020

# Kekuatan Geser Tanah (Shear Strength)

## Tujuan Pembelajaran

- Dapat menjelaskan kriteria keruntuhan serta konsep kuat geser tanah
- Dapat menjelaskan prosedur pengujian kuat geser tanah dan interpretasi hasilnya

## Pokok Bahasan

- Kriteria keruntuhan tanah
- Kohesi dan sudut geser dalam tanah
- Uji kuat Geser Tanah di Laboratorium dan interpretasinya

# Kekuatan Geser Tanah

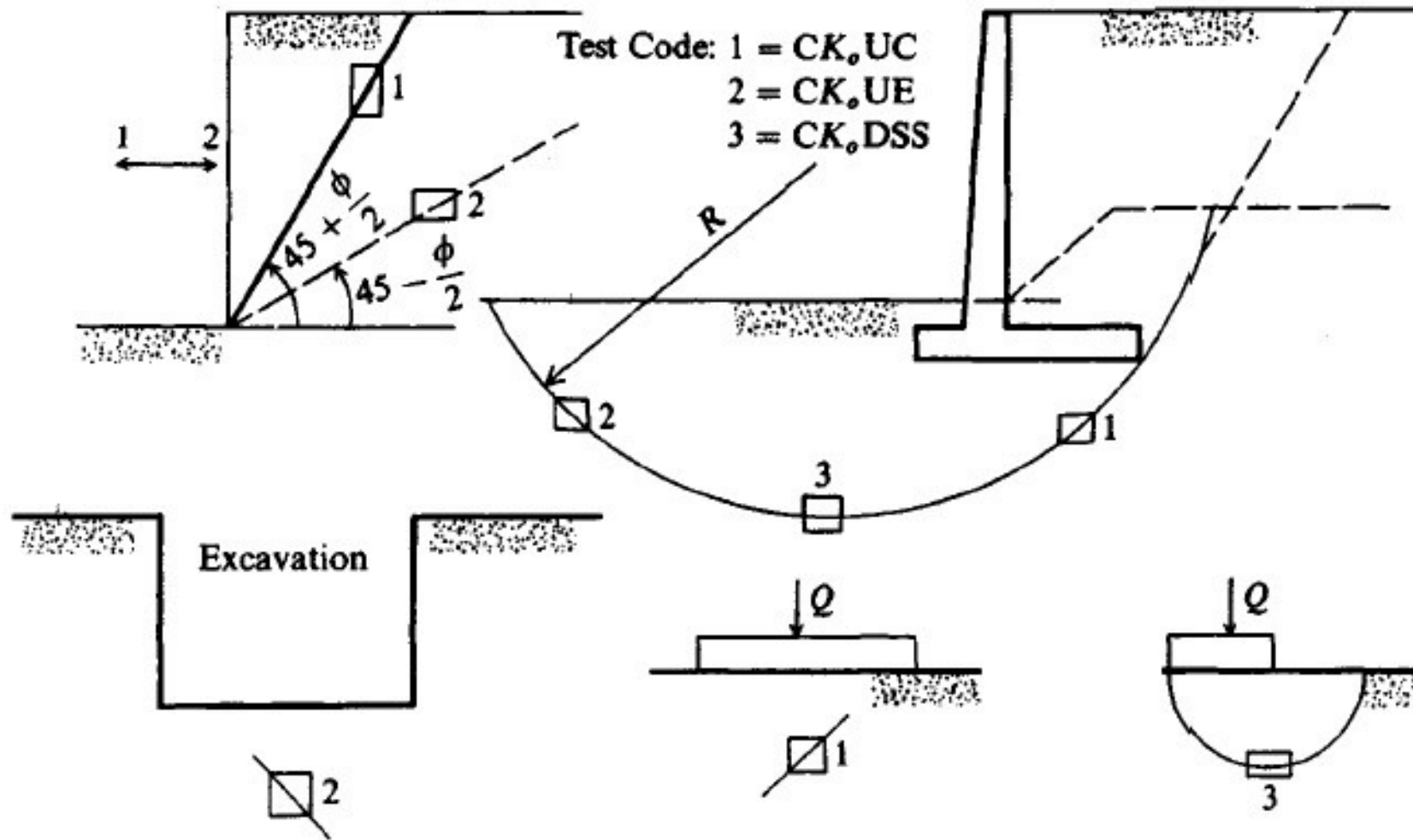
## Definisi

Perlawanan internal tanah tiap satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang runtuh dalam satu elemen tanah.

## Tujuan Studi Kuat Geser Tanah

Untuk analisis masalah kestabilan tanah seperti: daya dukung pondasi; stabilitas lereng (landslide stability); tekanan tanah aktif/pasif pada konstruksi dinding penahan tanah (turap, retaining wall)

# Aplikasi





## Kekuatan geser tanah terbentuk oleh 3 komponen:

1. Komponen gesekan/friksi
2. Kohesi dan Adhesi
3. Interlocking antar partikel tanah

# Dasar Teori

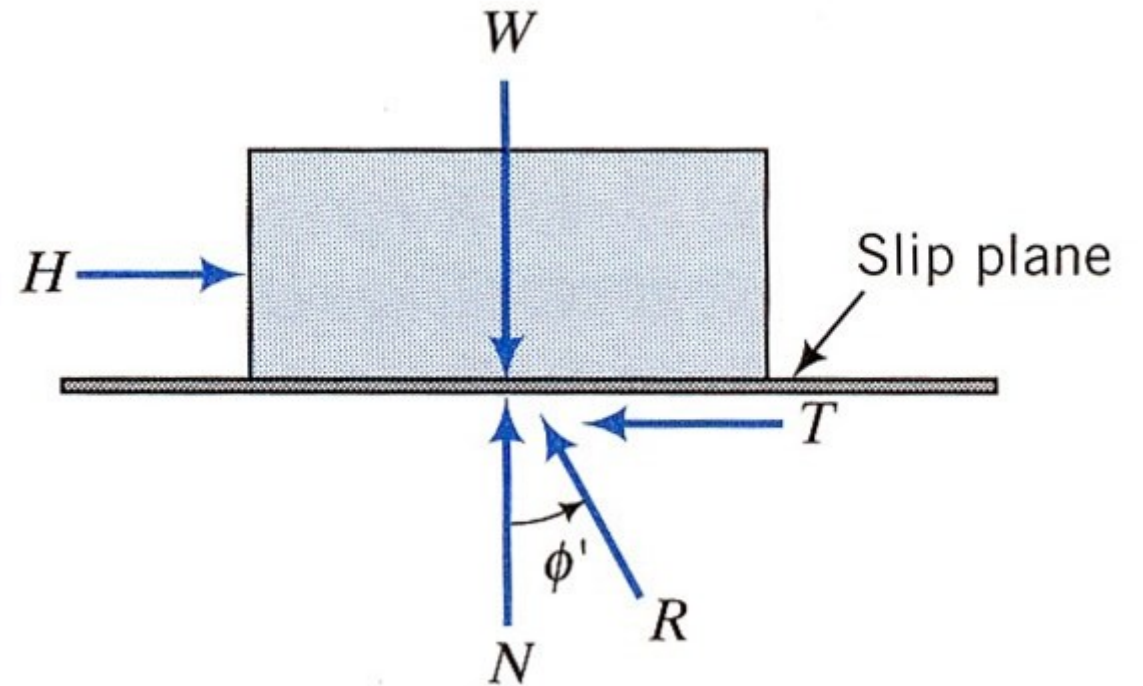
## Hukum Gesekan Newton

$H > \mu W$	Geser
$H < \mu W$	Diam
$H = \mu W$	Labil

$$\frac{T}{W} = \tan \phi = \mu$$

*dalam tegangan*

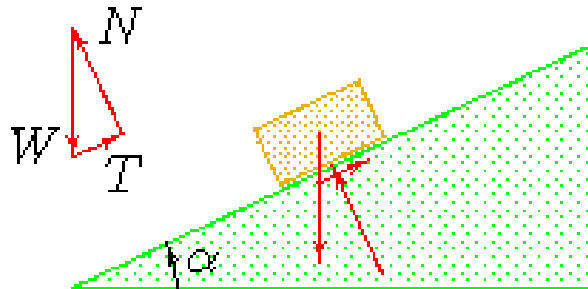
$$\frac{T/A}{W/A} = \frac{\tau}{\sigma} = \tan \phi = \mu$$



# Kriteria Keruntuhan

## Kriteria keruntuhan Coulomb

Keruntuhan pada Material diakibatkan oleh kombinasi kritis antara teg. Normal dan geser yang dinyatakan dalam bentuk:



Longsor terjadi manakala tegangan geser tanah lebih besar dari pada tegangan normal tanah

$T$  = tegangan geser  
 $W$  = berat tanah arah gravitasi  
 $N$  = tegangan Normal

$$\frac{T}{N} = \tan \alpha$$

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

$\sigma$  = Teg. Normal

# Kriteria Keruntuhan

## Kriteria keruntuhan Mohr

Keruntuhan pada Material diakibatkan oleh kombinasi kritis antara teg. Normal dan geser yang dinyatakan dalam bentuk:

$$\tau_f = f(\sigma)$$



## Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb

Keruntuhan pada Material diakibatkan oleh kombinasi kritis antara teg. normal dan geser serta sifat-sifat mekanis tanah yang dinyatakan dalam bentuk:

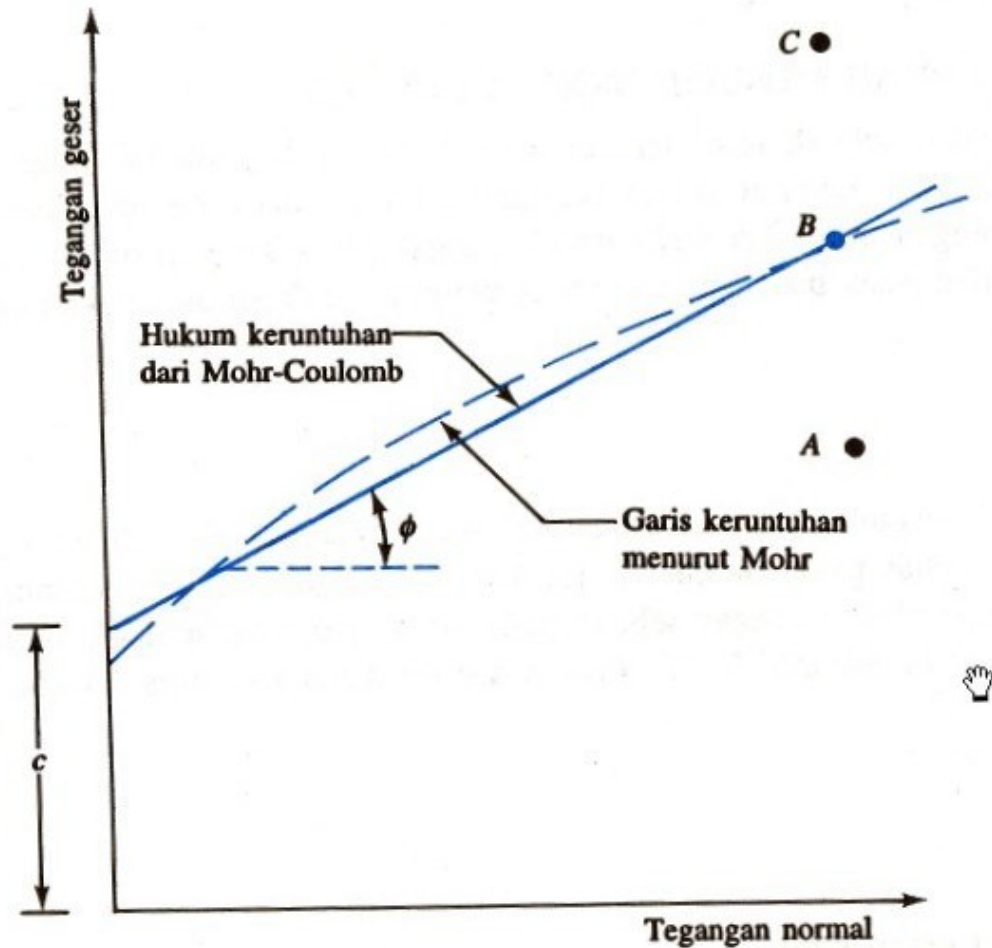
$$\tau_f = c + \sigma \tan\phi$$

$\tau_f$  = Teg. Geser pada runtuh

$c$  = Kohesi

$\phi$  = Sudut geser dalam

$\sigma$  = Teg. Normal



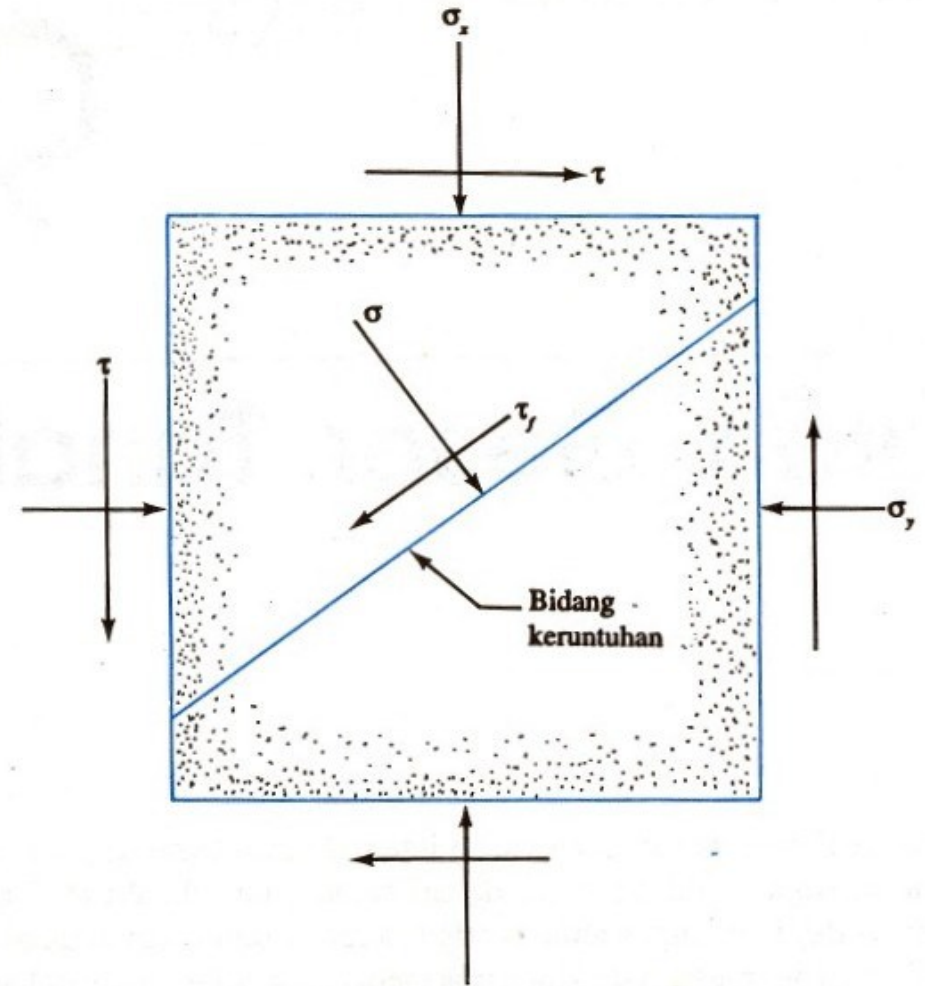
- A** Keruntuhan geser tidak akan terjadi pada massa tanah
- B** Keruntuhan geser akan terjadi karena keruntuhan geser telah terjadi pada massa tanah
- C** Teg, normal dan teg geser tidak akan terjadi karena keruntuhan geser telah terjadi terlebih dahulu pada bidang massa tanah

# Bidang Keruntuhan Akibat Geser

Teg. Normal dan teg geser pada bidang runtuh:

$$\sigma_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta$$

$$\tau_n = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\theta$$



## Kriteria keruntuhan Mohr-Coulumb:

$$\tau_f = c + \sigma \tan\phi$$

Pada saat runtuh  $\tau_f = \tau_n$

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\theta = c + \left[ \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta \right] \tan\phi$$

atau

$$\sigma_1 = \sigma_2 + \frac{\sigma_3 \tan\phi + c}{\frac{1}{2} \sin 2\theta - \cos^2 \theta \tan\phi} \sin 2\theta \dots \dots \dots (1)$$

Untuk harga-harga  $\sigma_3$  dan  $c$  tertentu, kondisi runtuh akan ditentukan oleh harga minimum dari tegangan utama besar  $\sigma_1$ , bila harga  $\sigma_1$  minimum, maka harga  $\frac{1}{2} \sin 2\theta - \cos^2 2\theta \tan \phi$  pada persamaan (1) haruslah maksimum, sehingga

$$\frac{d}{d\theta} \left( \frac{1}{2} \sin 2\theta - \cos^2 \theta \tan \phi \right) = 0$$

$$\cos^2 \theta - \sin^2 \theta + 2 \sin \theta \cos \theta \tan \phi = 0$$

Persamaan di atas menjadi:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$$

Bila harga  $\theta = 45 + \phi/2$  diinputkan ke dalam persamaan (1) dan kemudian disederhanakan akan menjadi:

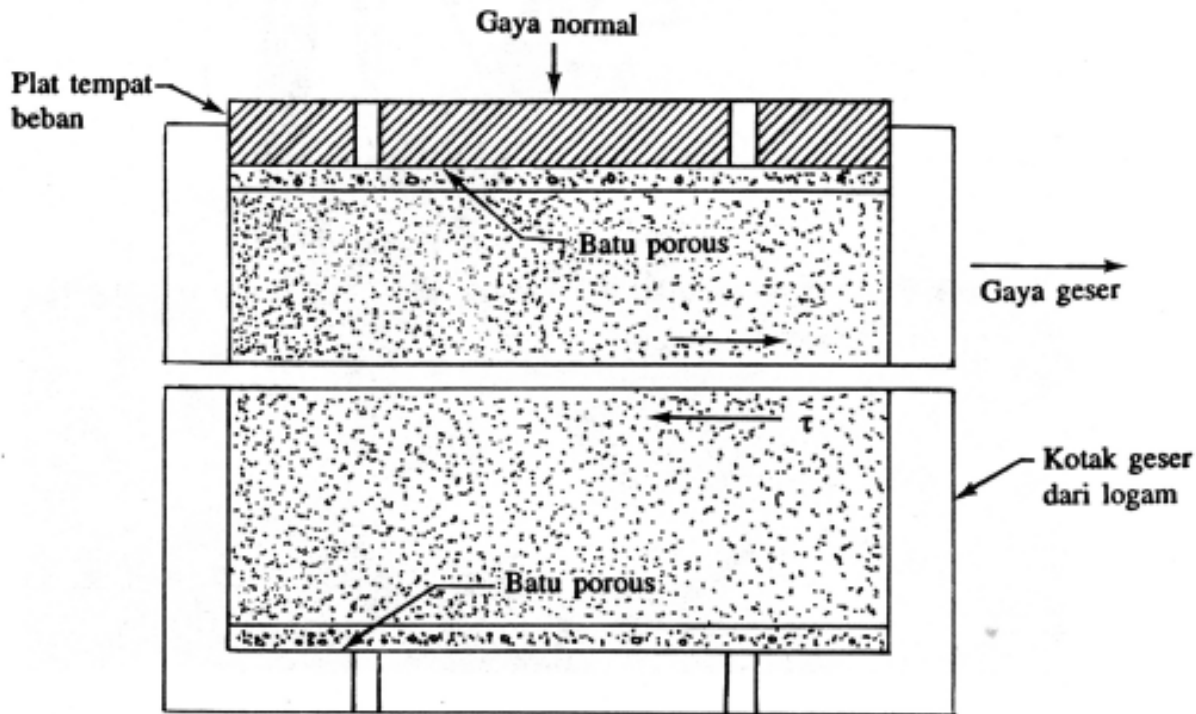
$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Akan tetapi persamaan (2) juga dapat dengan mudah diturunkan dengan menggunakan lingkaran Mohr dan ilmu ukur sederhana

## Beberapa cara penentuan (pengujian kekuatan Geser Tanah:

1. Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)
2. Uji Triaxial (Triaxial Test)
3. Uji Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compressive Strength Test)
4. Uji Vane Shear

# Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)



- $N_i$  : Beban Vertikal (normal)  
 $T_i$  : Gaya horisontal yang diperlukan untuk menggeser ring (tanah)  
 $A$  : luas penampang tanah  
 $S_i$  : lintasan yang diperlukan sampai tanah tergeser

Gambar 9-4 Diagram susunan alat uji geser langsung.



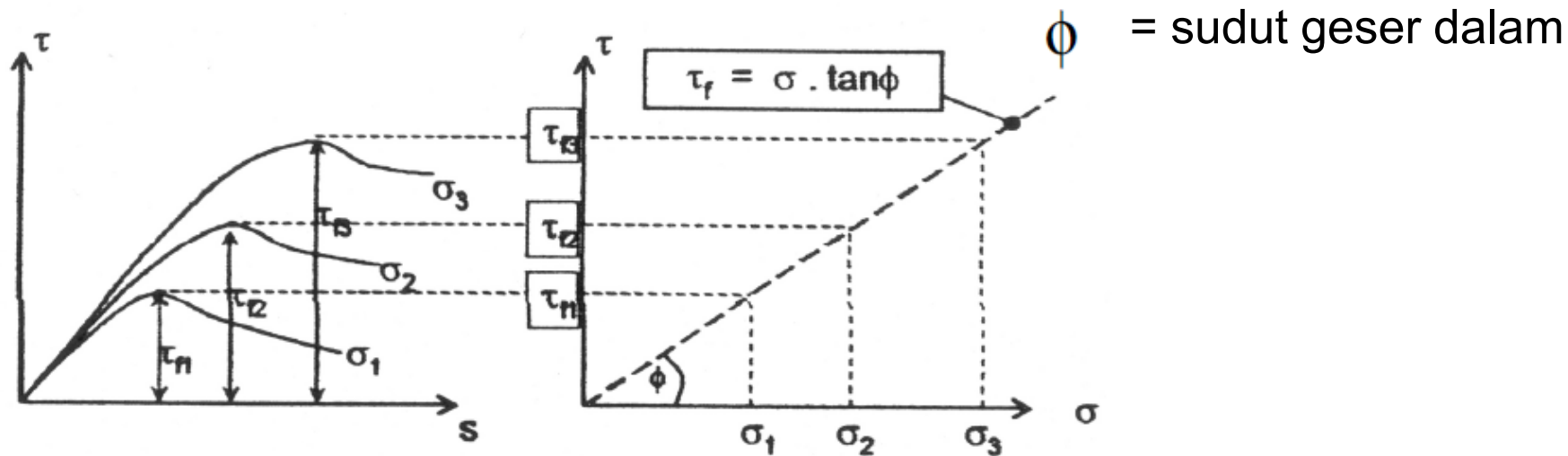
# Direct Shear Test pada Tanah Pasir

$$\text{Uji 1 : } \sigma_1 = \frac{N_1}{A} : \tau_1 = \frac{T_1}{A} : S_1$$

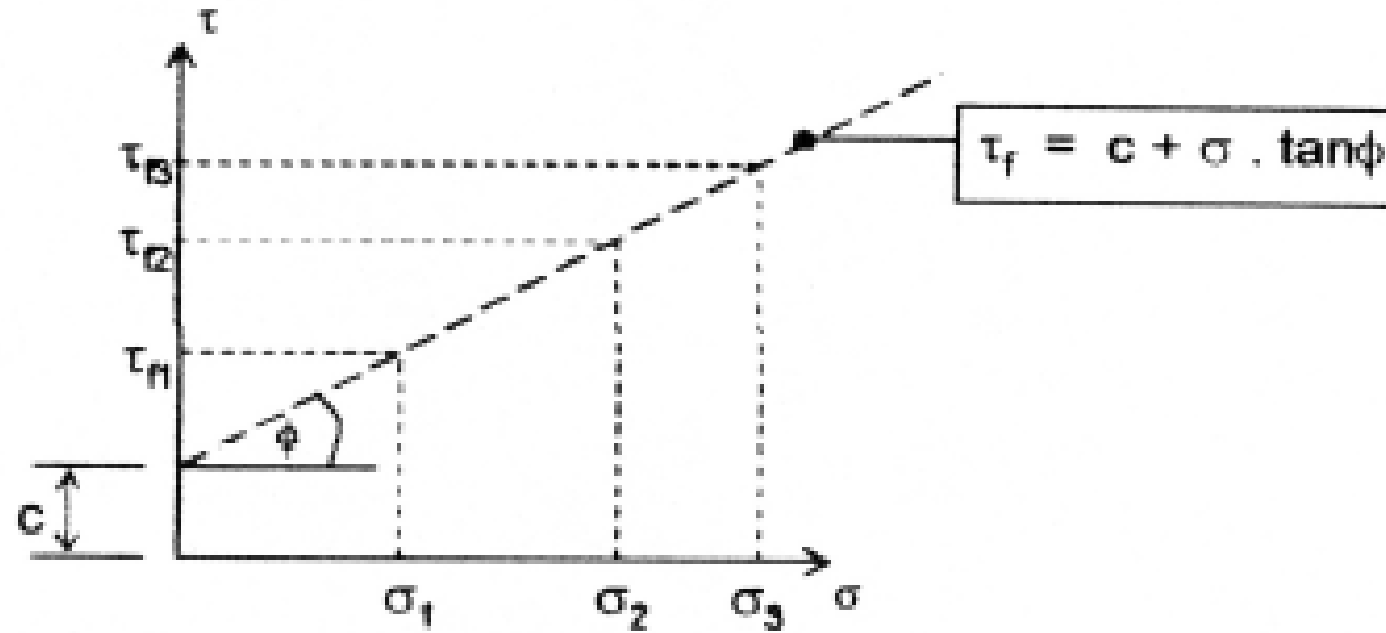
$$\text{Uji 1 : } \sigma_2 = \frac{N_2}{A} : \tau_2 = \frac{T_2}{A} : S_2$$

$$\text{Uji 1 : } \sigma_3 = \frac{N_3}{A} : \tau_3 = \frac{T_3}{A} : S_3$$

## Hasil Uji



# Direct Shear Test pada Tanah Lempung



$\phi$  : sudut geser dalam

$c$  : kohesi [ $\text{kN/m}^2$ ]

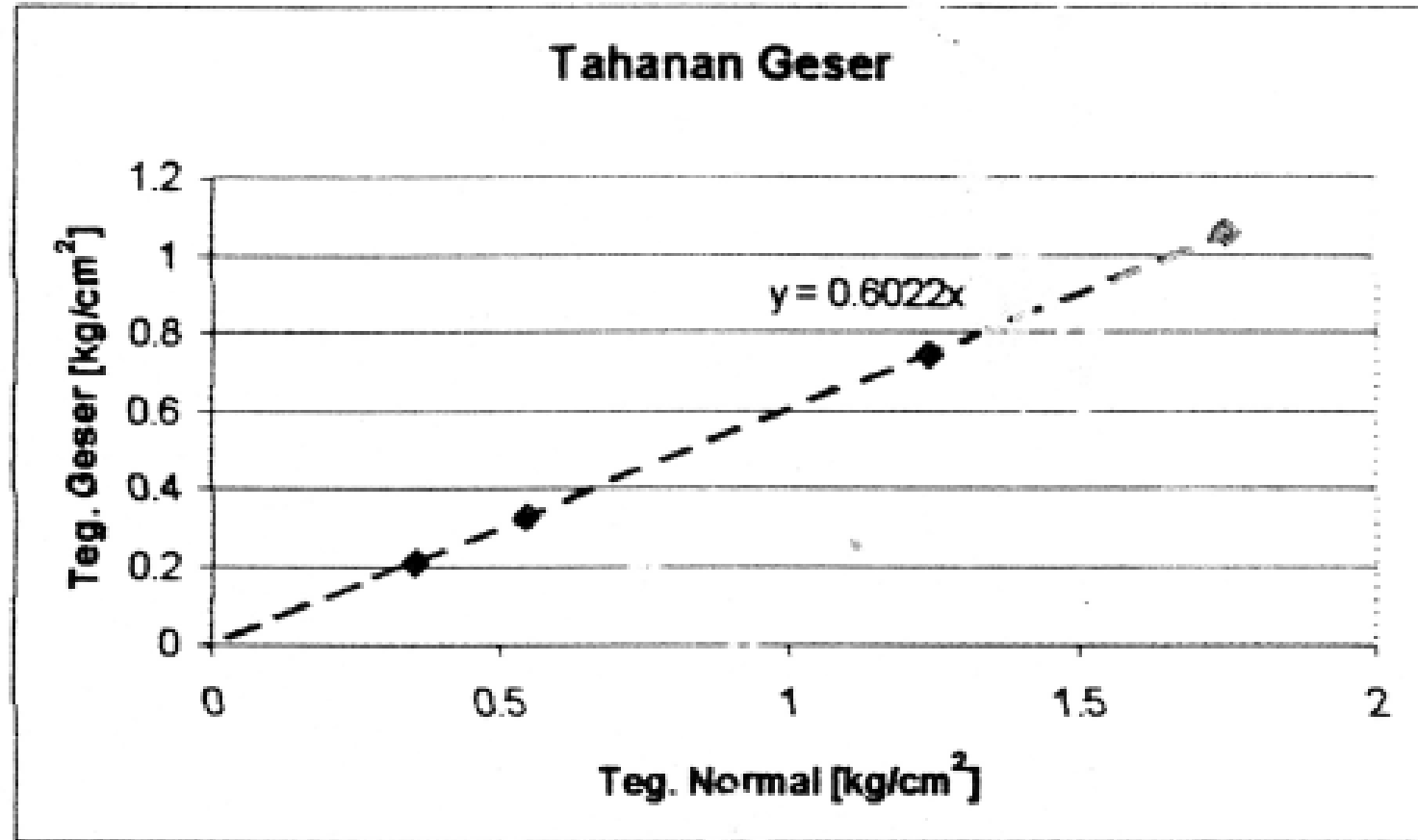
# Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)

## Contoh Tanah Pasir

Luas Sample:  $A = (5.08 \times 5.08) \text{ cm}^2$

No. Uji	Arah Normal		Arah Geser	
	Gaya	Tegangan	Gaya	Tegangan
	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>
1	9	0.348751	5.44	0.210924
2	14	0.542501	8.30	0.32166
3	32	1.240002	19.10	0.739993
4	45	1.743753	27.26	1.056638

# Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)



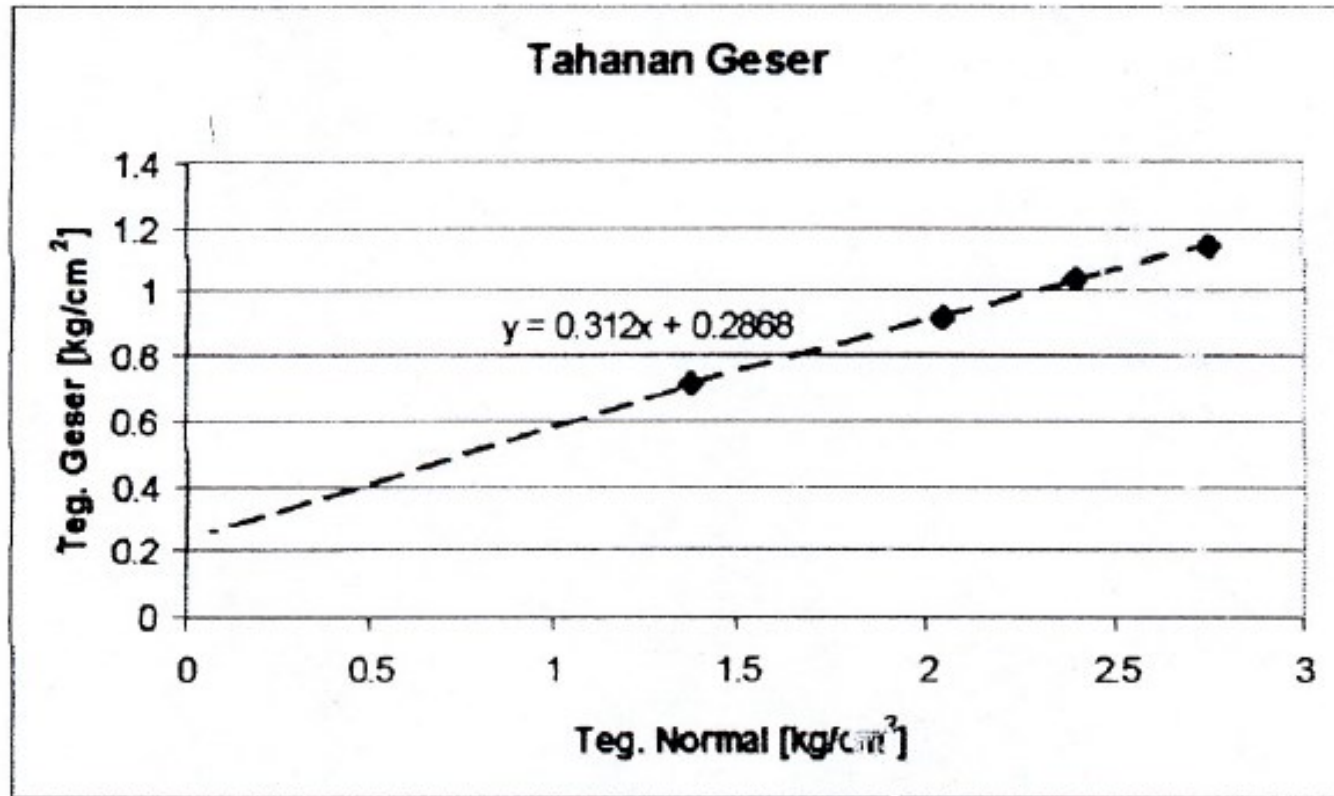
$$\Phi = \arctan(0,6022) = 31^\circ$$
$$c = 0$$

# Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)

## Contoh Tanah Pasir

Diameter Sample:  $D = 5.08 \text{ cm}$

No. Uji	Arah Normal		Arah Geser	
	Gaya	Tegangan	Gaya	Tegangan
	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>
1	27	1.374545	14.06	0.715782
2	40	2.036363	18.06	0.919418
3	47	2.392727	20.41	1.039054
4	54	2.749091	22.43	1.141891



$\phi = \text{atan}(0.312) = 17.32^\circ$
$c = 0.2868 \text{ kg/cm}^2$

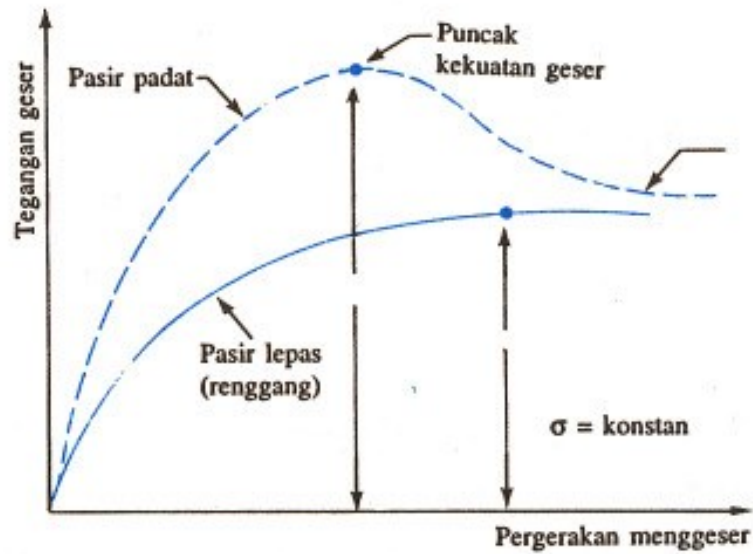
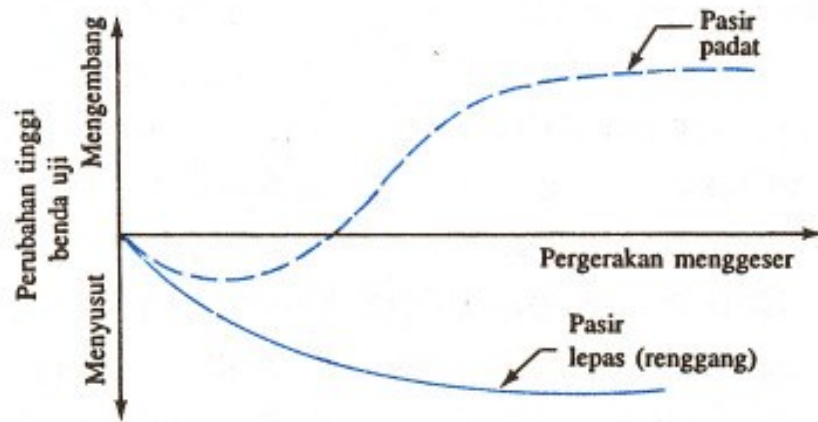



Diagram tegangan geser vs perubahan tinggi, benda uji karena pergerakan menggeser untuk tahanan pasir padat dan lepas (uji geser langsung)





Hal umum yang dapat ditarik dari gambar di atas berkaitan dengan variasi tegangan geser penghambat dan perpindahan geser, yaitu:

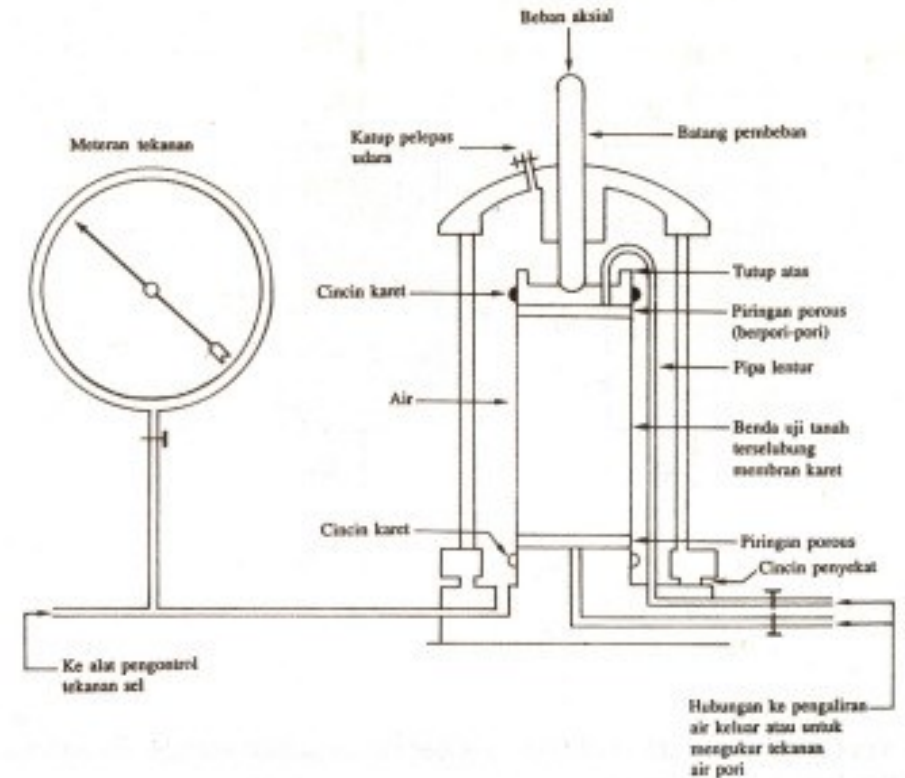
1. Pada pasir lepas (renggang), tegangan geser penahan akan membesar sesuai dengan membesarnya perpindahan geser sampai tegangan tadi mencapai tegangan geser runtuh. Setelah itu, besar tegangan geser akan kira-kira konstan sejalan dengan bertambahnya perpindahan geser.
2. Pada pasir padat, tegangan penghambat akan naik sejalan dengan membesarnya perpindahan geser hingga tegangan geser runtuh (maksimum)  $\tau_1$  tercapai. Harga  $\tau_1$  ini disebut sebagai kekuatan geser puncak (peak shear strength). Bila tegangan runtuh telah dicapai, maka tegangan geser penghambat yang ada akan berkurang secara lambat laun dengan bertambahnya perpindahan geser sampai pada suatu saat mencapai harga konstan yang disebut kekuatan geser akhir maksimum (ultimate shear strength).



# Uji Triaxial (Triaxial Test)

Tiga tipe standard dari uji triaxial yang biasanya dilakukan

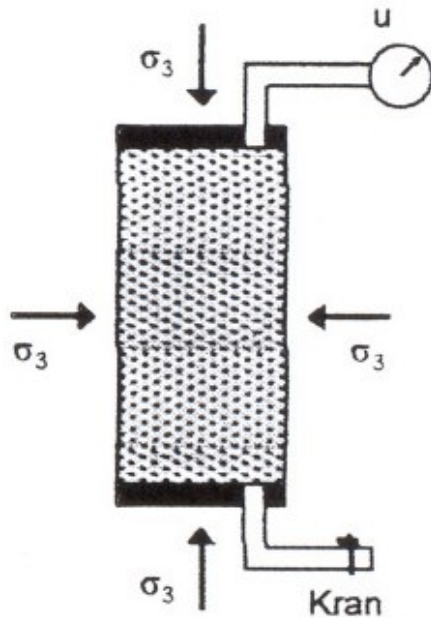
1. Consolidated-drained test atau drained test (CD test)
2. Consolidated-undrained test (CU test)
3. Unconsolidated-undrained test atau undrained test (UU test)



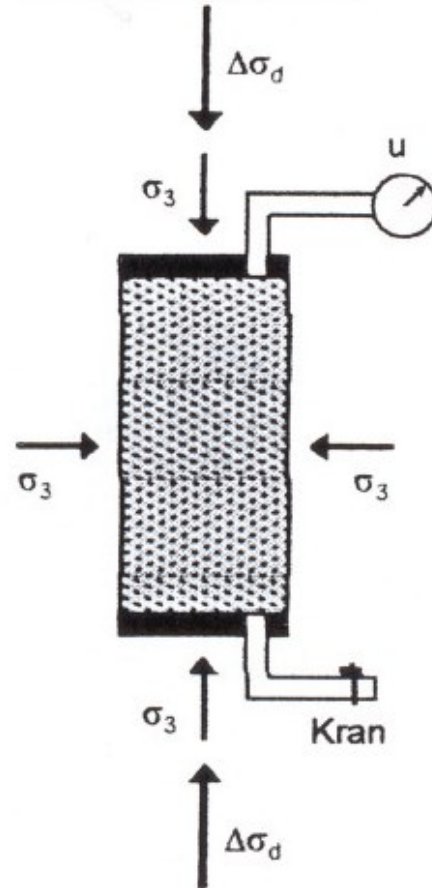
Gambar 9-11 Skema alat Triaksial (dari Bishop and Bjerrum, 1960).

# Prinsip Uji Triaxial

## Tahap 1: Confining Pressure



## Tahap 2: Shear Pressure



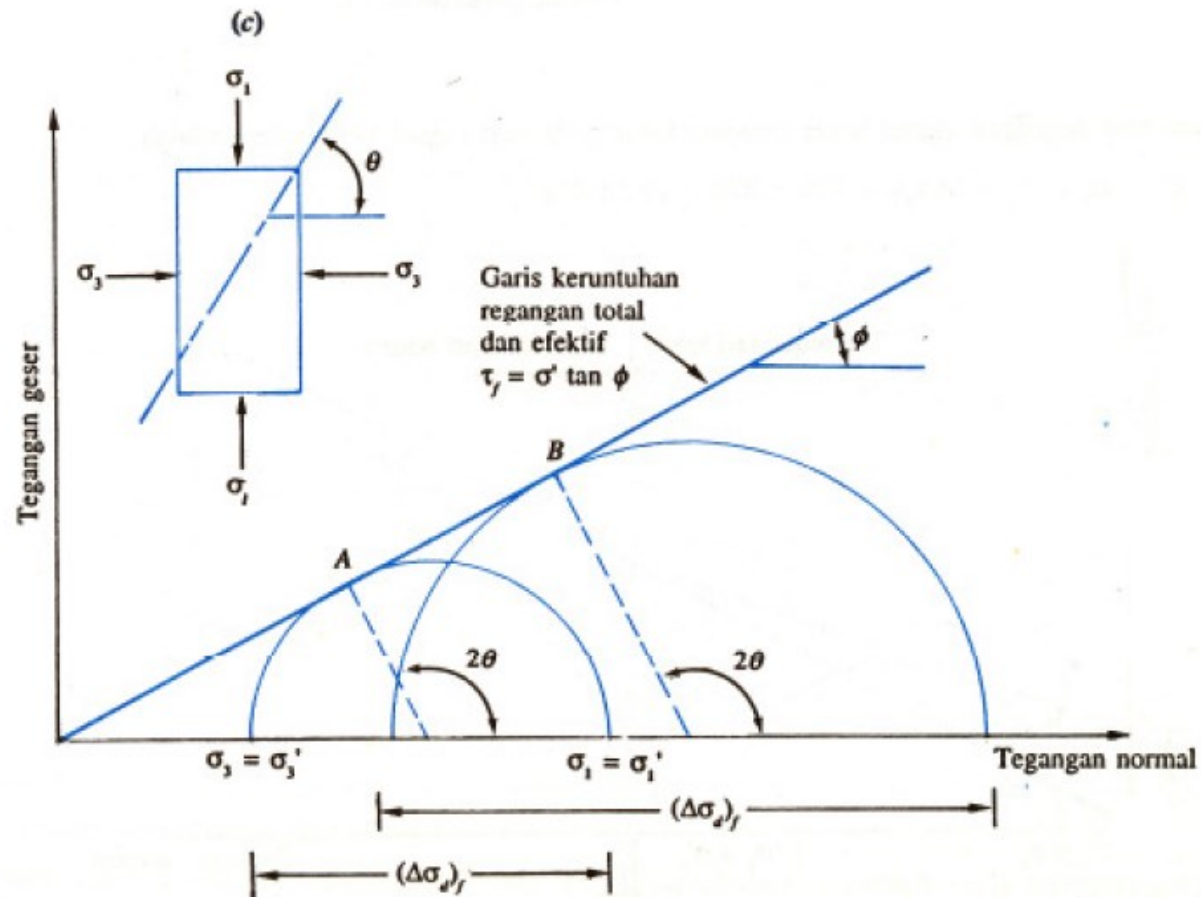
## Pemberian Beban:

$\sigma_3$  : konstan

$\Delta\sigma_d$  : bertahap sampai runtuh ( $\Delta\sigma_d$ )<sub>t</sub>

# Perbedaan Tipe Standard Pengujian Triaxial

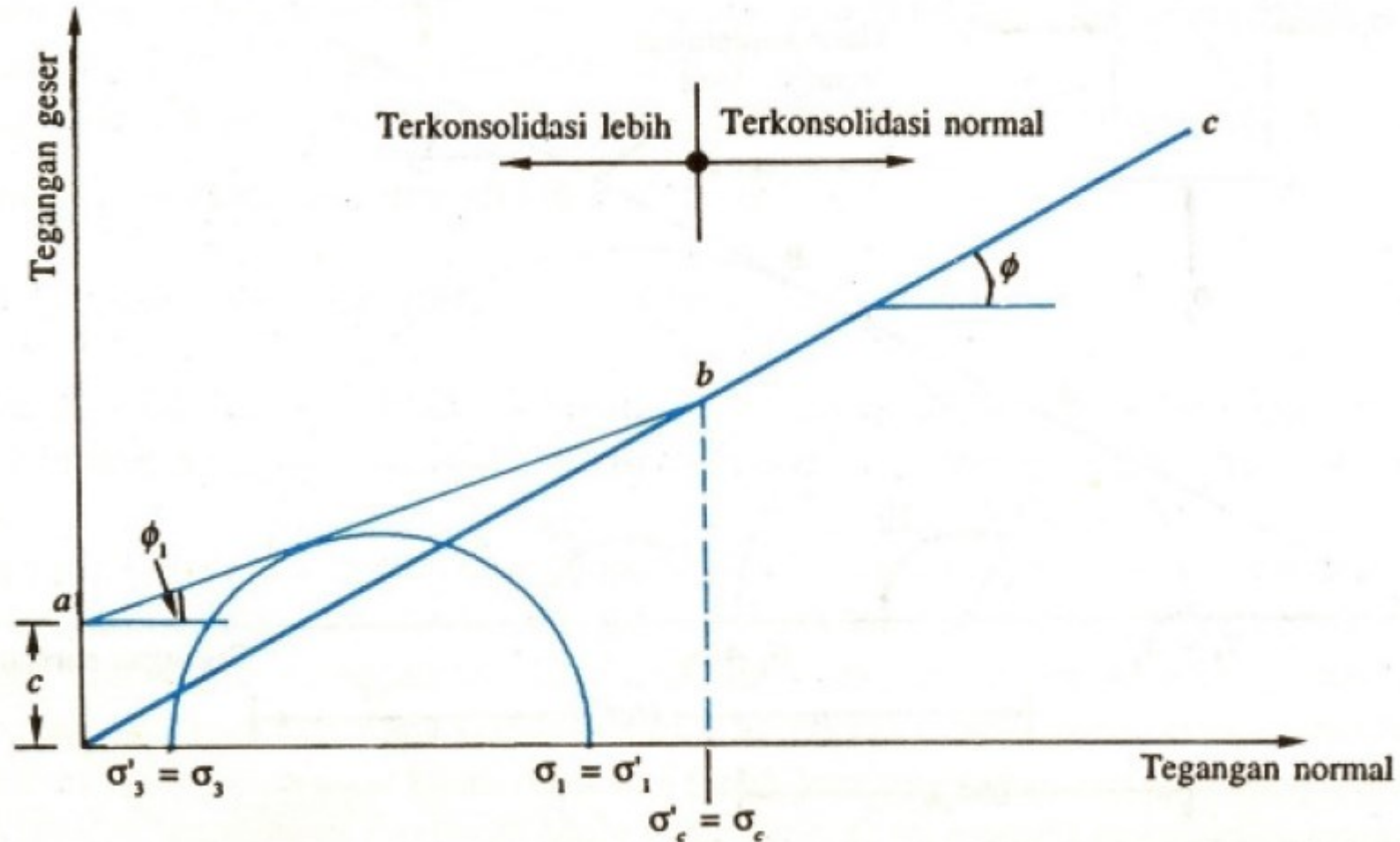
Jenis Uji	Confining Pressure		Shear Pressure	
	Kran	Teg. Air Pori (u)	Kran	Teg. Air Pori (u)
CD	Buka	$u = u_c = 0$	Buka	$u = u_c + \Delta u_d = 0$
CU	Buka	$u = u_c = 0$	Tutup	$u = u_c + \Delta u_d = 0$
UU	Tutup	$u = u_c$	Tutup	$u = u_c + \Delta u_d$



Gambar 9-14 Baris keruntuhan untuk tegangan efektif dari uji cara drained pada pasir dan lempung terkonsolidasi normal.

Garis keruntuhan untuk tegangan efektif dari uji CD pada pasir dan Lempung NC

# Hasil Uji Triaxial CD



Garis keruntuhan untuk tegangan efektif dari uji CD pada Lempung OC

# Contoh Uji Triaxial 1

Hasil uji triaxial cara air teralirkan terkonsolidasi (CD) pada tanah lempung NC adalah sebagai berikut:

$$\sigma_3 = 276 \text{ kN/m}^2$$

$$(\Delta\sigma_d)_f = 276 \text{ kN/m}^2$$

Tentukan:

- Sudut Geser,  $\phi$
- Sudut  $\theta$  (sudut antara bidang keruntuhan dengan bidang utama besar/major principal plane)

## Penyelesaian:

Untuk tanah NC, persamaan garis keruntuhannya adalah:

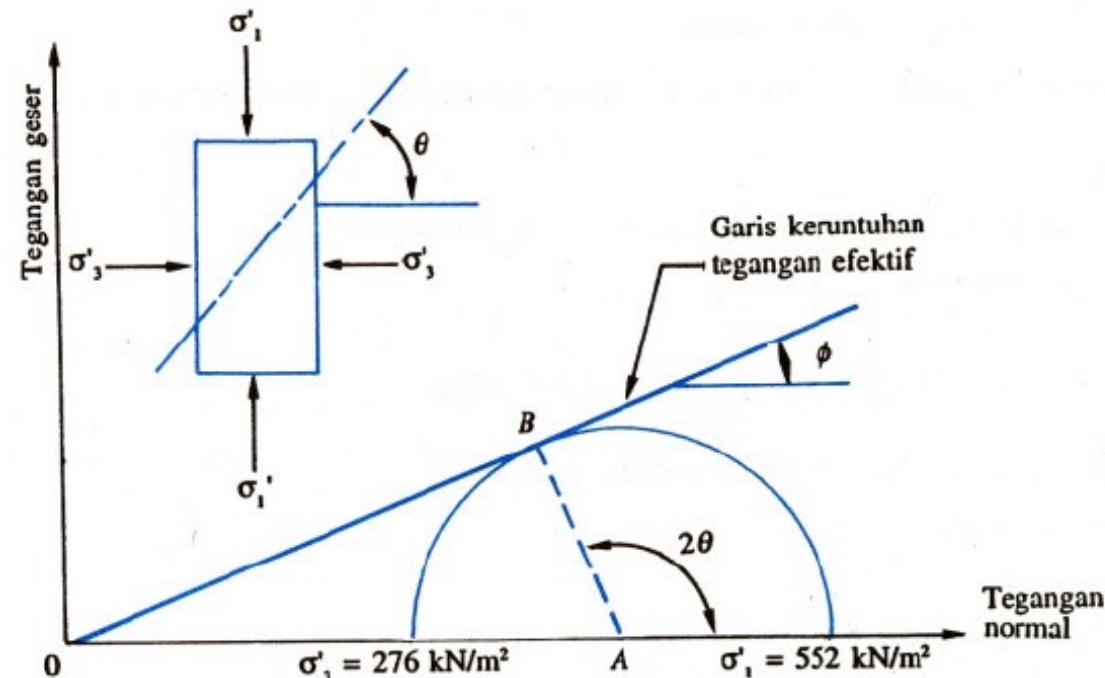
$$\tau_1 = \sigma' \tan \phi$$

Pada uji triaxial baik tegangan utama besar maupun kecil pada saat terjadi keruntuhan adalah:

$$\sigma'_1 = \sigma_1 + \sigma_3 + ((\Delta\sigma_d)_f) = 276 + 276 = 552 \text{ kN/m}^2$$

Dan

$$\sigma_3 = \sigma_3 = 276 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 9-16

### Representative values for angle of internal friction $\phi$

Soil	Type of test*		
	Unconsolidated-undrained, U	Consolidated-undrained, CU	Consolidated-drained, CD
Gravel			
Medium size	40–55°		40–55°
Sandy	35–50°		35–50°
Sand			
Loose dry	28–34°		
Loose saturated	28–34°		
Dense dry	35–46°		43–50°
Dense saturated	1–2° less than dense dry		43–50°
Silt or silty sand			
Loose	20–22°		27–30°
Dense	25–30°		30–35°
Clay	0° if saturated	3–20°	20–42°

\* See a laboratory manual on soil testing for a complete description of these tests, e.g., Bowles (1992).

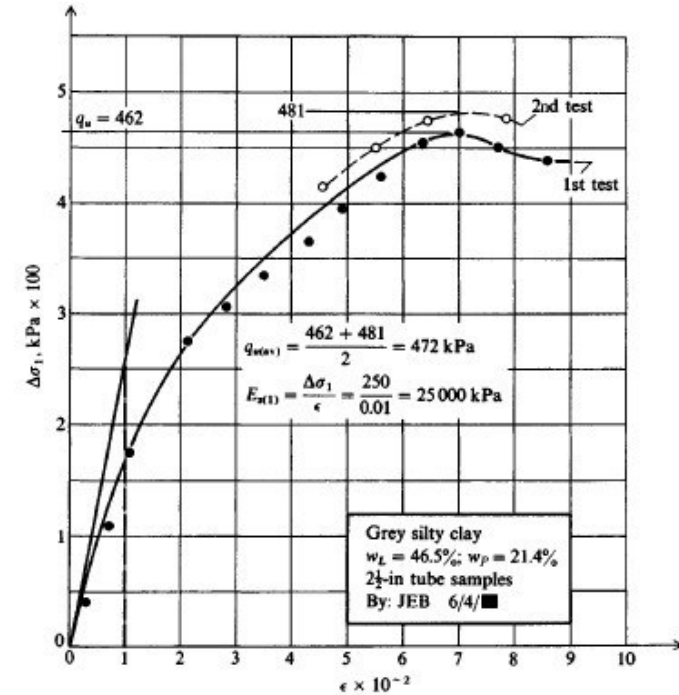
Notes:

1. Use larger values as  $\gamma$  increases.
2. Use larger values for more angular particles.
3. Use larger values for well-graded sand and gravel mixtures (GW, SW).
4. Average values for gravels, 35–38°; sands, 32–34°.

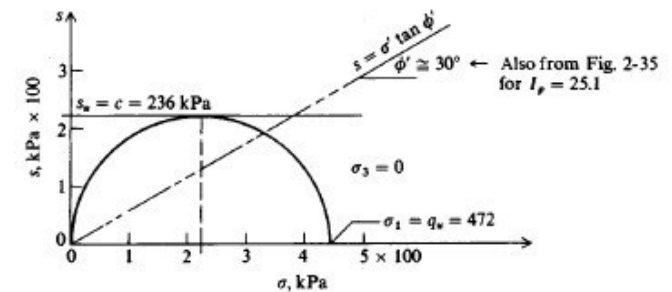


# Uji Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test)

$$\tau_f = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2} = c_u$$



(a) Stress-strain plot to obtain  $q_u$ . Stress  $\Delta\sigma_1$  is computed using equation shown on Fig. 2-23.



(b) Plot of Mohr's circle using average  $q_u$  from (a) above.