

ADVANCE SOIL MECHANIC

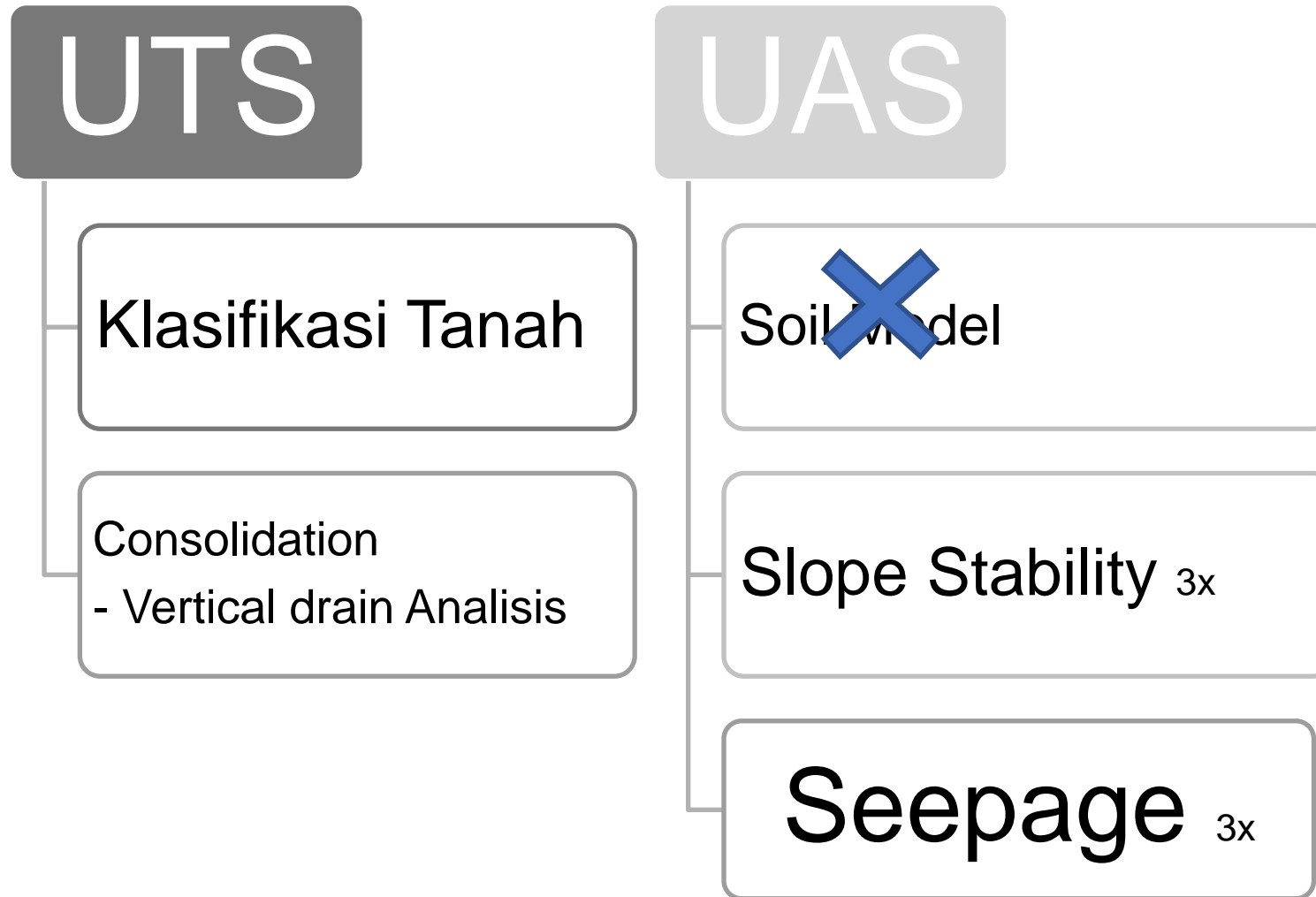
Slope Stability

Sherly Meiwa , ST., MT



Department of Civil Engineering
Universitas Komputer Indonesia
Bandung, 2020

Rencana Materi Pembelajaran



Penilaian

UTS	: 30%
UAS	: 30%
KUIS + Tugas	: 40%

Referensi

1. 2013, Prof I Wayan Sengara, Persentation : Workshop Sertifikasi Geotkenik Muda dan Madya Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)
2. 2001, W Abramson, Lee : Slope Stability and Stabilization Method
3. 2017, Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI) : Modul Workshop Sertifikasi G-1

Outline

1. Concept of Slope Stability
2. Input Soil Parameter
3. Calculation of Safety Factor

1. Concept of Slope Stability

Introduction

Stabilitas lereng merupakan salah satu aspek penting dalam analisis desain geoteknik. Untuk dapat melakukan analisis stabilitas lereng dengan baik, maka perlu diketahui dan dipahami metoda analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng ini memerlukan pemahaman mengenai cara perhitungan lereng secara mekanika serta penguasaan terhadap pemilihan parameter-parameter tahanan geser tanah yang bersesuaian dengan kondisi-kondisi yang ada pada lereng tersebut.

Kondisi yang perlu diperhatikan dalam analisis stabilitas lereng

1. Geometri lereng
2. Lapisan, komposisi dan karakteristik masing-masing lapisan tanah
3. Kondisi pembebanan dan kecepatan pembebanan
4. Kondisi tegangan awal
5. Over consolidation rasio
6. Lintasan tegangan
7. Kondisi muka air tanah
8. Kondisi tegangan air pori atau drainasenya

Analisis stabilitas lereng harus sesuai dengan kondisi-kondisi tertentu di lapangan yang dicerminkan dalam penggunaan **parameter-parameter** tahanan geser tanah yang **representatif**

Tujuan Analisis Stabilitas Lereng

1. Melakukan kajian potensi kelongsoran lereng yang melibatkan lereng-lereng baik lereng alami maupun lereng buatan
2. Melakukan analisis kelongsoran dan mengerti mekanisme keruntuhan yang terjadi dan memahami pengaruh faktor-faktor lingkungan dan design lereng
3. Melakukan analisis terhadap stabilitas lereng untuk kondisi jangka pendek (*during construction*) dan jangka panjang
4. Untuk memungkinkan melakukan *redesign* terhadap lereng yang telah longsor dan merencanakan dan mendesign Langkah-langkah preventif jika diperlukan
5. Untuk mempelajari efek dari beban seismik pada lereng atau tanggul

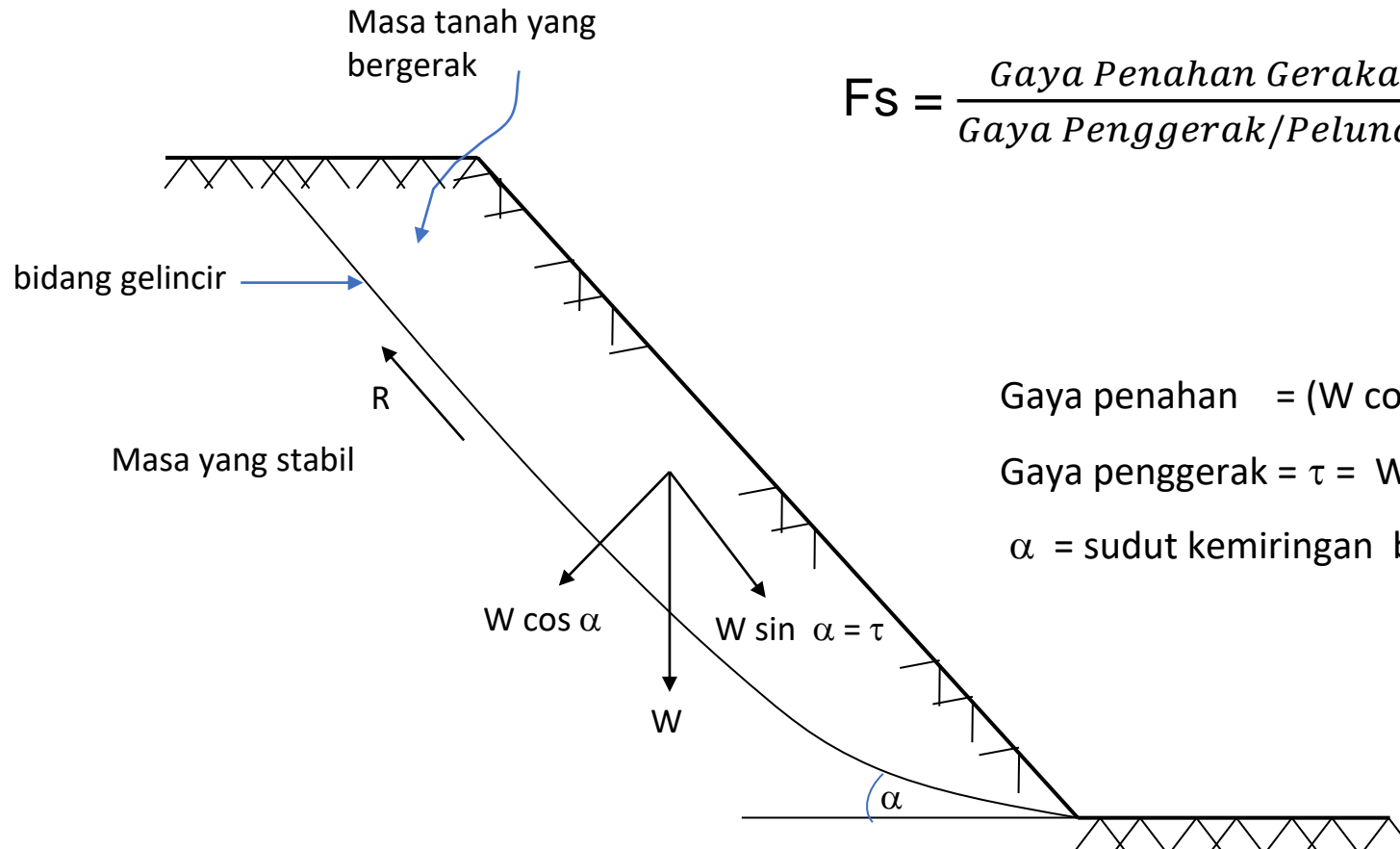
Macam-macam Lereng

1. Lereng alam
2. Lereng buatan : timbunan dan galian
3. landfills

Kapan terjadi Longsor?

Mekanisme Kelongsoran

Slope Movement terjadi akibat gaya yang bekerja melebihi batas tahanan tanah



$$F_s = \frac{\text{Gaya Penahan Gerakan}}{\text{Gaya Penggerak/Peluncur}}$$

Tahanan (Resistance) :
tahanan geser tanah : c, ϕ

Sumber gaya (driving force) :
- Gravity (berat sendiri)
- Climate
- Beban luar (statistic, dynamic)

$$\text{Gaya penahan} = (W \cos \alpha) \tan \phi + C$$

$$\text{Gaya penggerak} = \tau = W \sin \alpha$$

α = sudut kemiringan bidang gelincir

Penyebab Longsor / Sliding

1. Naiknya tegangan geser

- a. Hilangnya lateral support (erosi, galian, tidak adanya dinding penahan tanah, dsb)
- b. Beban/surcharge (berat bangunan, hujan, dsb)
- c. Gempa, ledakan, getaran mesin
- d. Tekanan lateral akibat swelling (swelling clays)

2. Turunnya tahanan geser tanah

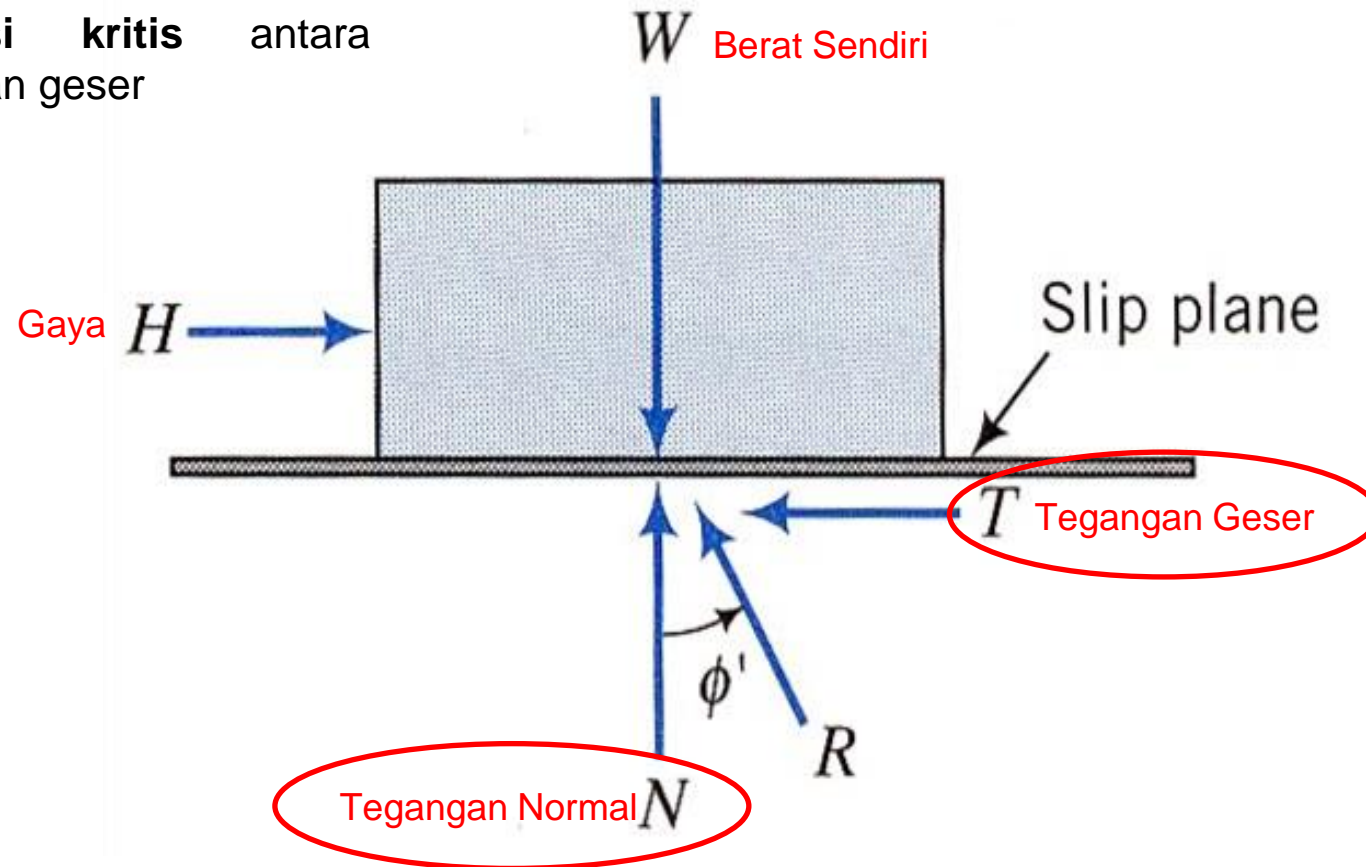
- a. Initial state : komposisi, texture, geometri lereng
- b. Pelapukan tanah
- c. Perubahan intergranular forces : tekanan air tanah, fractures

2. Input Soil Parameter

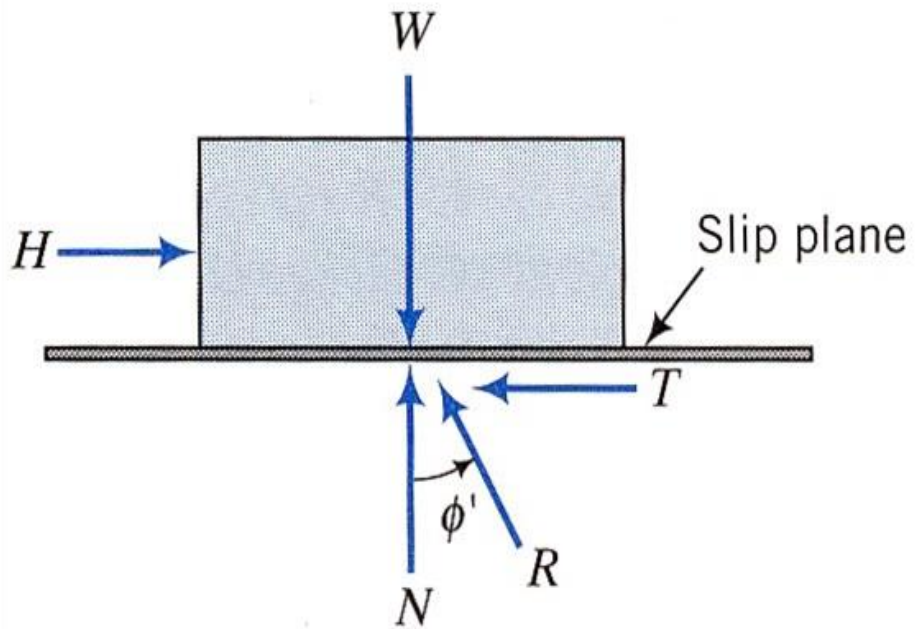
Kriteria Keruntuhan (Mohr-Coulomb)

Mohr (1980)

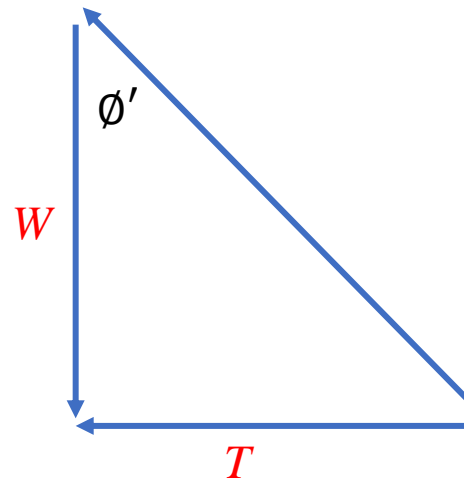
Keruntuhan terjadi pada suatu material akibat **kombinasi kritis** antara tegangan normal dan geser



Kriteria Keruntuhan (Mohr-Coulomb)



$$W = N$$



$$\tan \phi' = \frac{T}{W}$$

Dalam tegangan

$$\tan \phi' = \frac{T/A}{W/A}$$

$$\tan \phi' = \frac{\tau}{\sigma}$$

$$\tau = \sigma \tan \phi'$$

$$\tau = c + \sigma \tan \phi'$$

Kriteria Keruntuhan (Mohr-Coulomb)

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:

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

τ_f = Teg. Geser pada runtuh (Gaya/luas kN/m²)

c = Kohesi (Gaya/luas kN/m²)

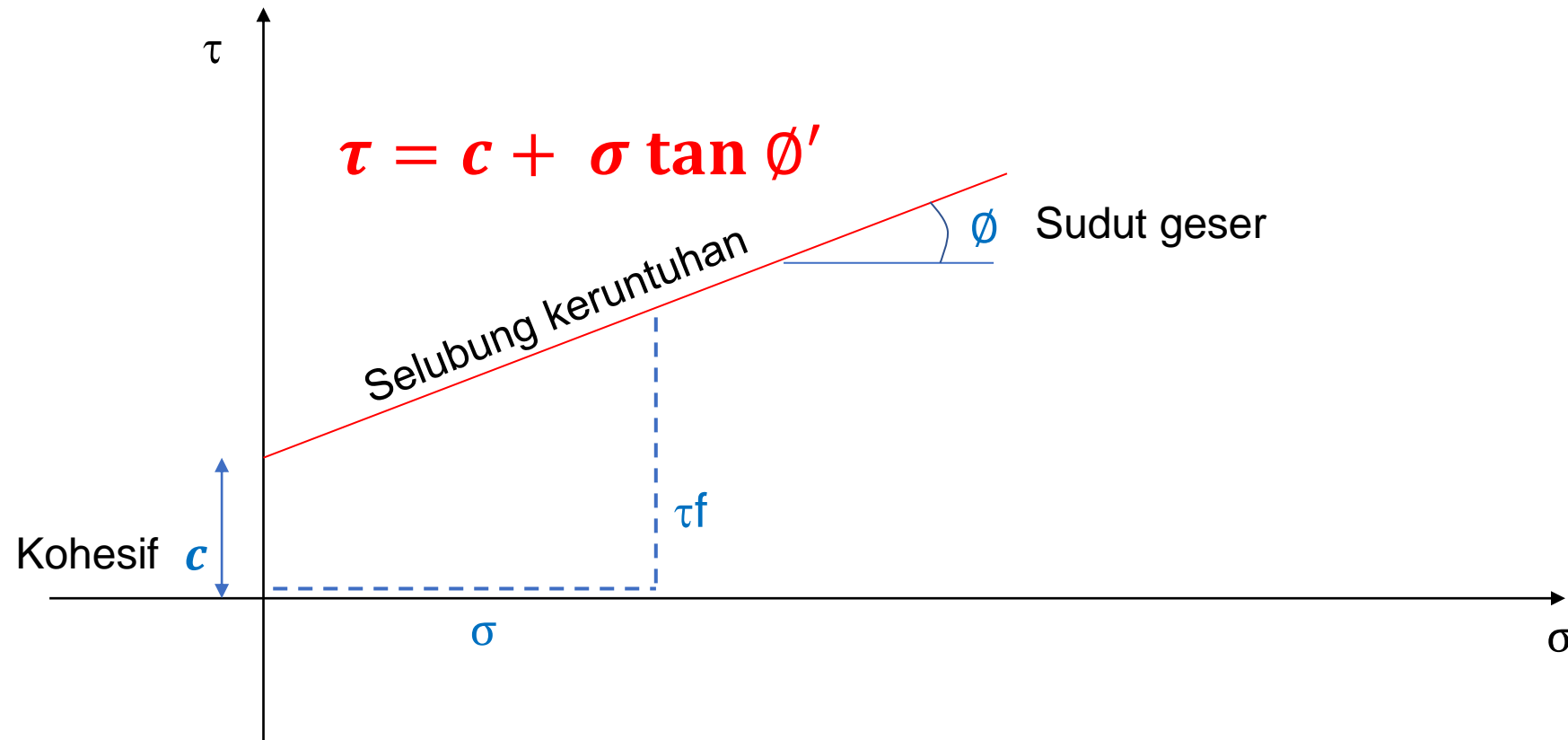
ϕ = Sudut geser dalam (degrees atau °)

σ = Teg. Normal (Gaya/luas kN/m²)

Kriteria Keruntuhan (Mohr-Coulomb)

(Kondisi tegangan **total**)

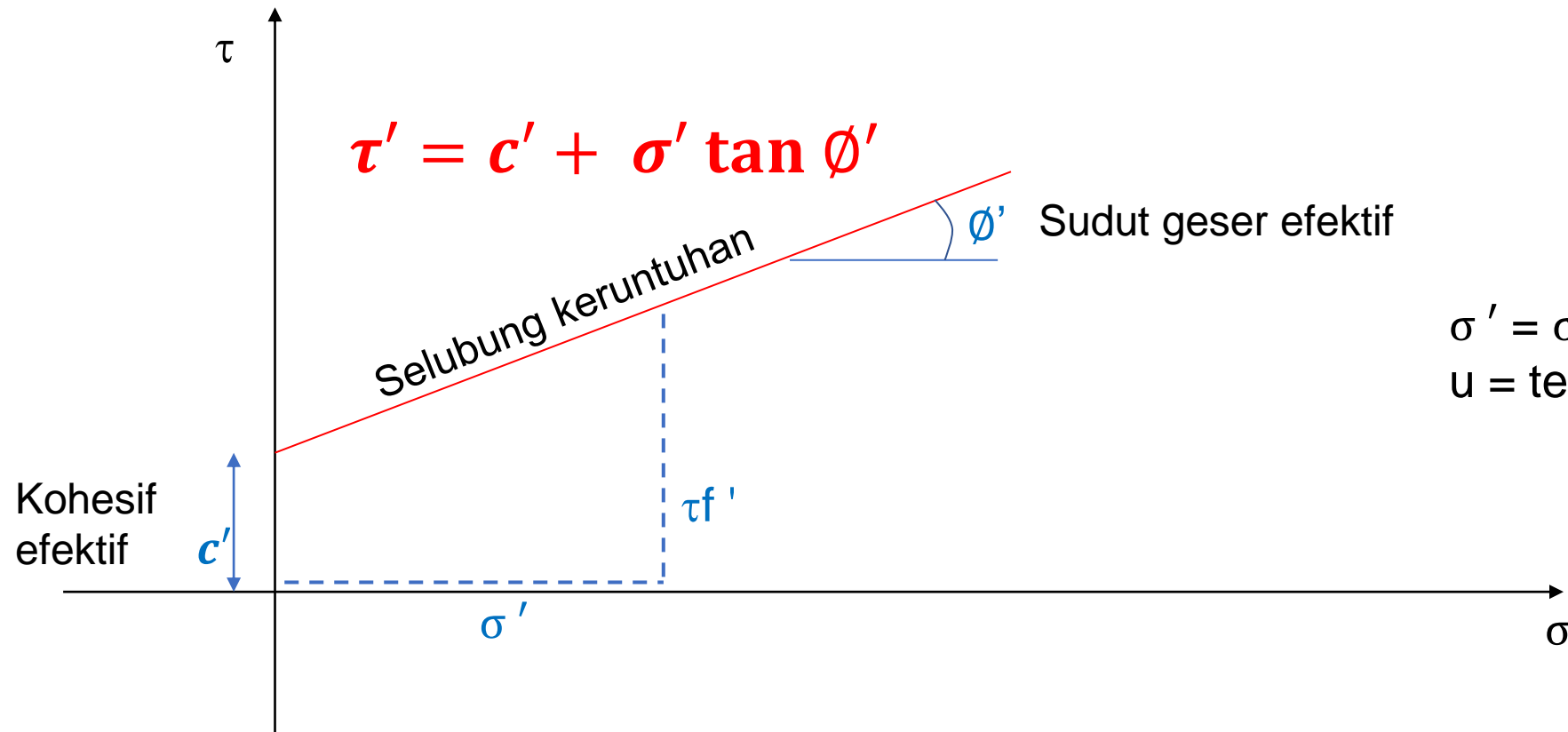
τ_f adalah tegangan geser maksimum tanah pada tegangan normal σ sebelum terjadi keruntuhan



Kriteria Keruntuhan (Mohr-Coulomb)

(Kondisi tegangan **efektif**)

τ_f 'adalah tegangan geser maksimum tanah pada tegangan normal efektif σ' sebelum terjadi keruntuhan

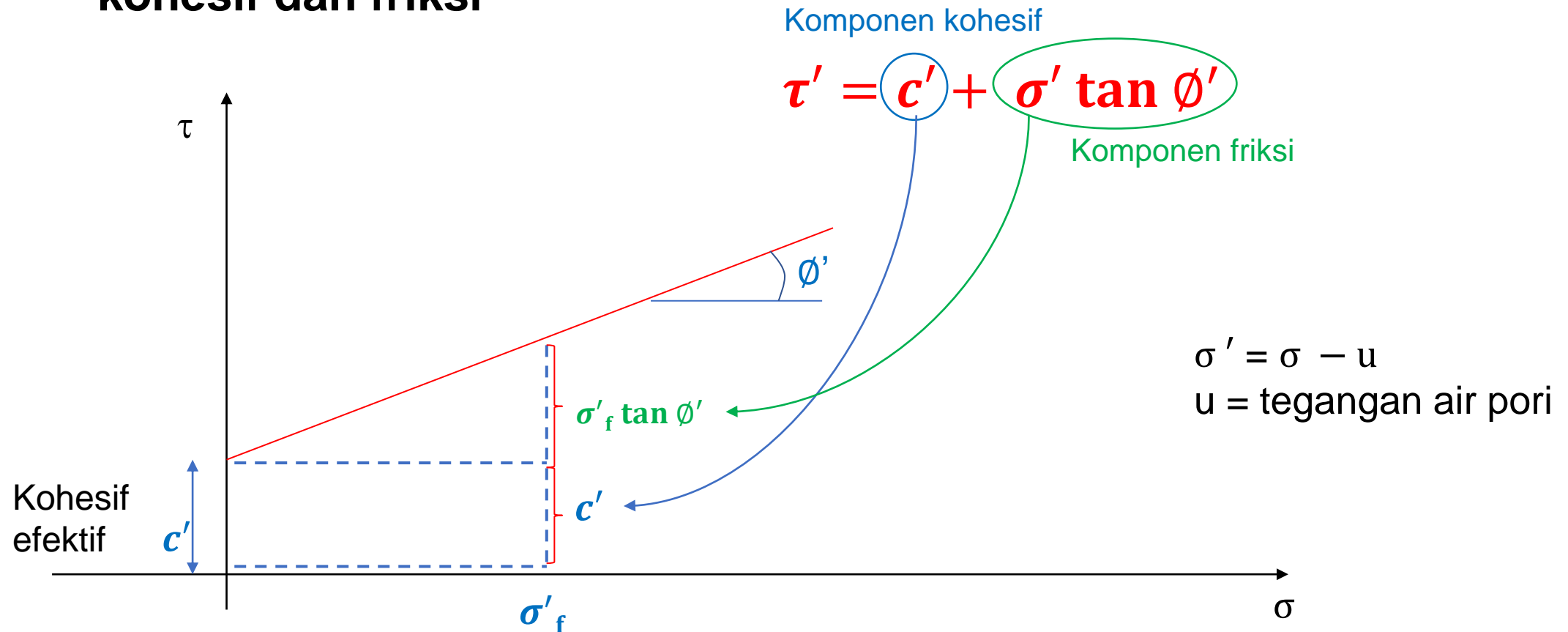


$$\sigma' = \sigma - u$$

$u =$ tegangan air pori

Kriteria Keruntuhan (Mohr-Coulomb)

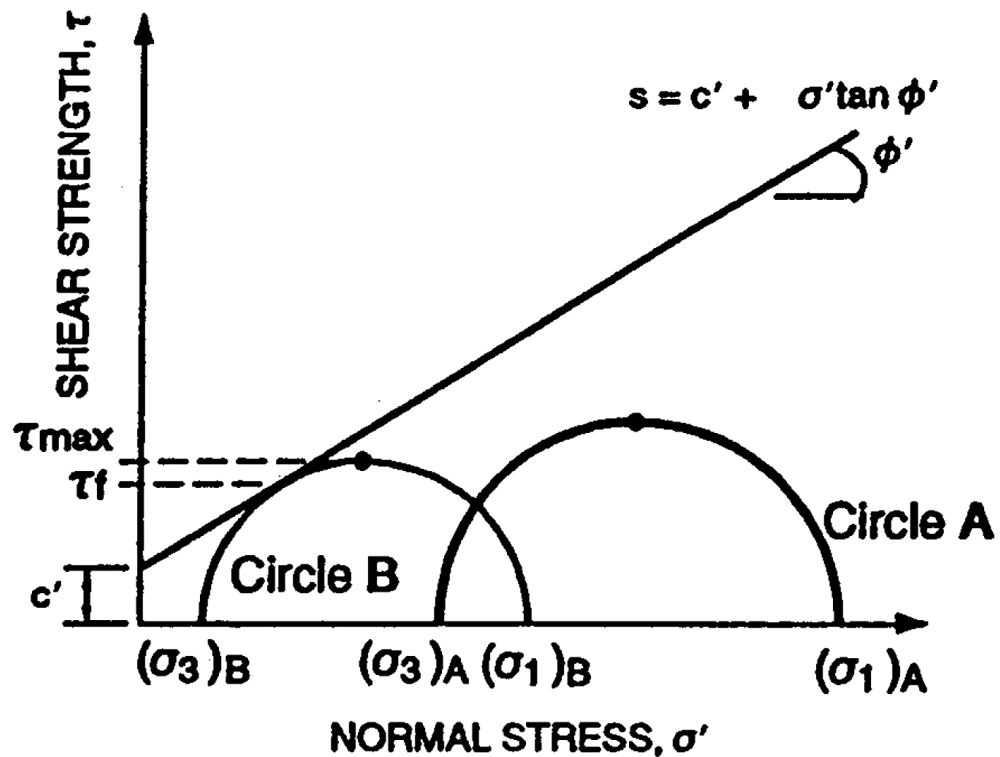
Kuat geser terdiri atas dua komponen:
kohesif dan friksi



c dan ϕ adalah parameter dalam kuat geser tanah. semakin tinggi nilainya, semakin besar kuat geser tanah tersebut.

Kriteria Keruntuhan (Mohr-Coulomb)

Stress Independent component (c)
Stress dependent component (ϕ)



Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb ditunjukkan oleh garis lurus yang dikenal dengan nama *Mohr-Coulomb failure envelope*. Garis ini menunjukkan batas kondisi stabil dan keruntuhan

Setiap tegangan yang berada di bawah garis adalah keadaan stabil. Sedangkan keruntuhan terjadi kalau tegangan menyentuh atau melewati garis keruntuhan Mohr-Coulomb.

Besaran-besaran c' dan ϕ' merupakan parameter-parameter tahanan geser tanah efektif yang merepresentasikan sifat-sifat atau besarnya tahanan geser dari tanah tersebut.

Pemilihan Parameter Tanah

Dua pendekatan yang biasa digunakan untuk analisis masalah geoteknik termasuk masalah stabilitas lereng. Kedua pendekatan ini adalah :

- a. Total Stress Approach*
- b. Effective Stress Approach*

Total Stress Approach

Keadaan dimana excess tekanan air pori belum terdisipasi, sehingga parameter tanah yang bersesuaian adalah tegangan total, yaitu parameter tahanan geser **undrained** (diperoleh dari test triaxial undrained)

Effective Stress Approach

Keadaan dimana excess tekanan air pori sudah terdisipasi, sehingga parameter tanah yang bersesuaian adalah tegangan efektif, yaitu parameter tahanan geser **drained** (diperoleh dari test triaxial *drained* atau *undrained* dengan pengukuran tekanan air pori)

Pendekatan yang harus dipakai dalam analisis stabilitas lereng berdasarkan pada kondisi tekanan air pori dari lereng yang akan dianalisis. Jika kita tidak tahu apakah kondisi total atau efektif yang menentukan keruntuhan lereng, maka kedua kasus perlu ditinjau dan desainnya ditentukan oleh keadaan yang lebih kritis.

Pemilihan Tipe Test Triaxial

Jenis Tanah	Jenis Konstruksi	Jenis Test dan Kekuatan Geser
Kohesif	Jangka Pendek (<i>Short Term/ end of construction</i>)	Test UU dan CU untuk <i>undrained strength</i> dengan level tegangan <i>in situ</i> yang sesuai
	Konstruksi Bertahap (<i>staged of construction</i>)	Test CU untuk <i>undrained strength</i> dengan level tegangan yang sesuai
	Jangka Panjang (<i>long term</i>)	Test CU dengan pengukuran pore pressure, atau tes CD untuk parameter kuat geser efektif
Granular	Semua jenis	Parameter strength ϕ' didapatkan dari tes lapangan atau <i>direct shear</i>
C- ϕ material	Jangka Panjang (<i>long term</i>)	Test CU dengan pengukuran <i>pore pressure</i> atau tes CD untuk parameter kuat geser efektif

(Lee, 1996)

Analisis stabilitas lereng tidak dapat dilakukan tanpa pengetahuan mengenai parameter kuat geser tanah yang digunakan.

Dua jenis kekuatan geser tanah yang digunakan di dalam analisis stabilitas adalah kuat geser *undrained* C_u dan kuat geser tanah drained c' dan ϕ' . Kuat geser undrained digunakan di dalam analisis tegangan total (*total stress analysis*) sedangkan kuat geser drained digunakan di dalam analisis tegangan efektif (*effective stress analysis*)

Kuat Geser *undrained* (undrained shear strength)

Natural deposit tanah lempung jenuh (saturated clay) yang terkena beban secara cepat relatif terhadap konsolidasi atau drainase yang terjadi dapat diasumsikan mengalami kondisi *undrained* yang ideal. Kadar air dan volumenya tetap constant selama pembebanan *undrained*. Dalam kondisi ini, kenaikan beban akan menyebabkan terjadinya tekanan air pori eksek (*excess pore water pressure*). Kuat geser yang bersesuaian dengan kondisi ini adalah kuat geser *undrained* C_u .

Kuat Geser *undrained* (undrained shear strength)

Apabila kondisi *undrained* dari suatu lempung jenuh dianalisis dengan menggunakan pendekatan tegangan total maka evaluasi tekanan air pori tidak diperlukan. Pada kondisi ini, analisis dengan metode $\phi=0$ diasumsikan dan kuat geser *undrained* C_u sama dengan nilai kohesi pada selubung keruntuhan Mohr-Coulomb untuk tegangan total. Dengan asumsi ini maka *undrained strength* dari lempung jenuh ini tidak dipengaruhi oleh perubahan *confining pressure* sepanjang kadar air tidak mengalami perubahan.

Kuat Geser *drained* (drained shear strength)

Berdasarkan prinsip tegangan efektif maksimum tahanan geser pada suatu tanah :

$$S = c' + (\sigma_n - u) \tan \phi'$$

Dimana :

S' = kuat geser drained tanah

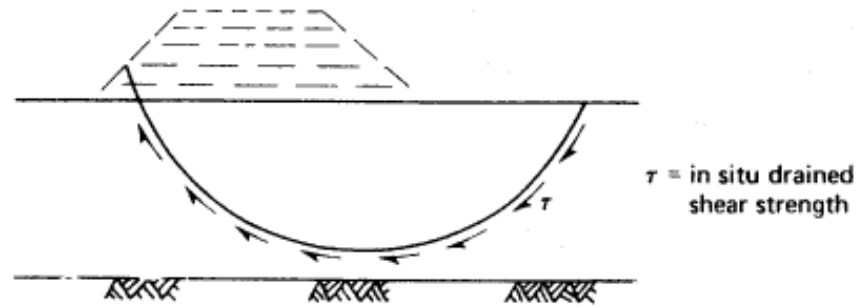
c' = kohesi efektif

σ_n = tegangan normal

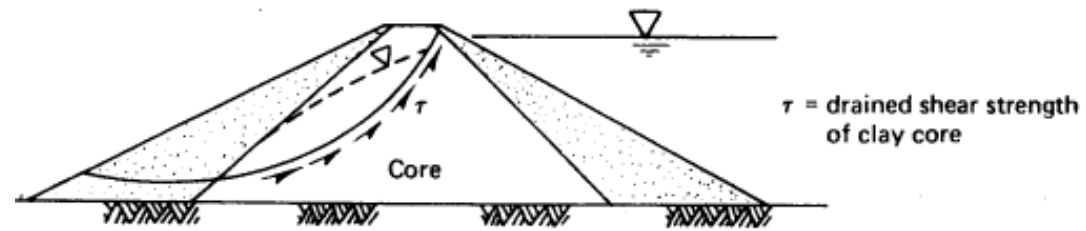
u = tekanan air pori

ϕ' = sudut geser dalam efektif

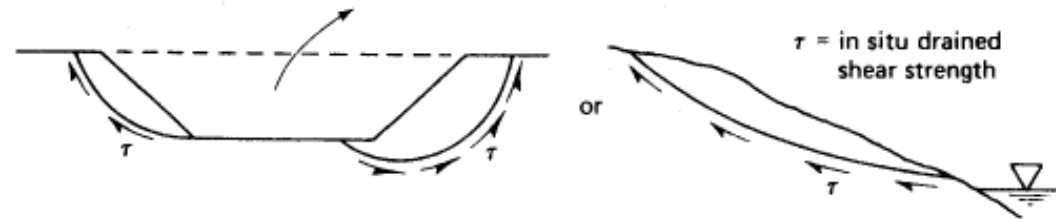
Pada umumnya tekanan air pori terdiri atas tekanan air pori awal, u_0 , dan perubahan tekanan air pori, Δu (*excess pore water pressure*), yang diakibatkan adanya perubahan beban



(a) Embankment constructed very slowly, in layers, over a soft clay deposit



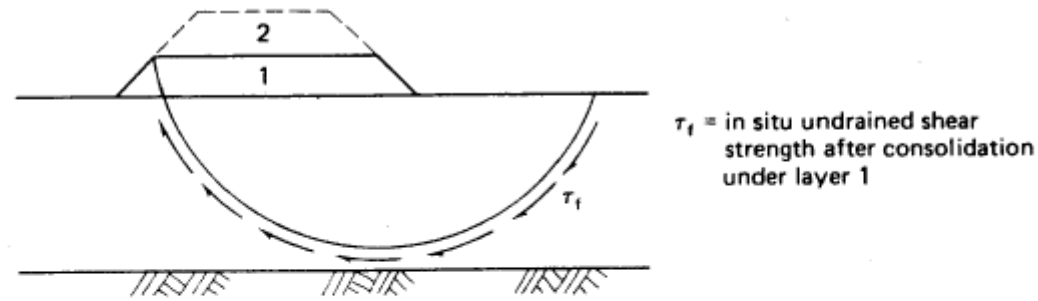
(b) Earth dam with steady-state seepage



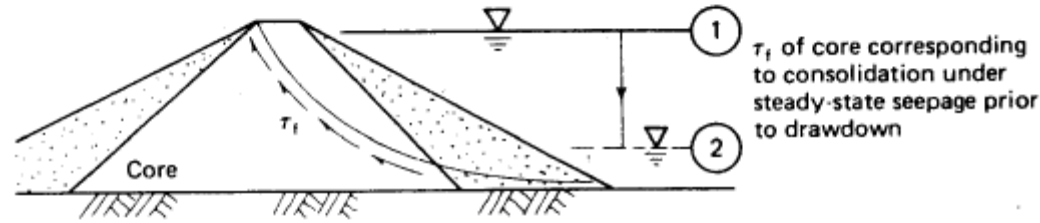
(c) Excavation or natural slope in clay

Fig. 11.28 Some examples of CD analyses for clays (after Ladd, 1971b).

(Holtz and Kovacs, 1981)



(a) Embankment raised (2) subsequent to consolidation under its original height, (1).



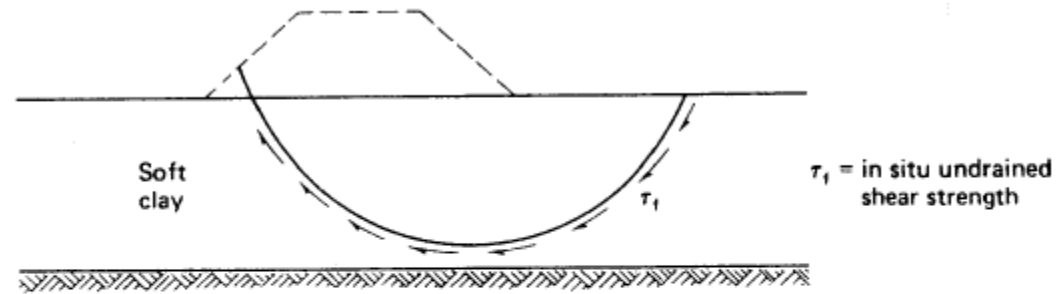
(b) Rapid drawdown behind an earth dam. No drainage of the core. Reservoir level falls from ① → ②.



(c) Rapid construction of an embankment on a natural slope.

Fig. 11.37 Some examples of CU analyses for clays (after Ladd, 1971b).

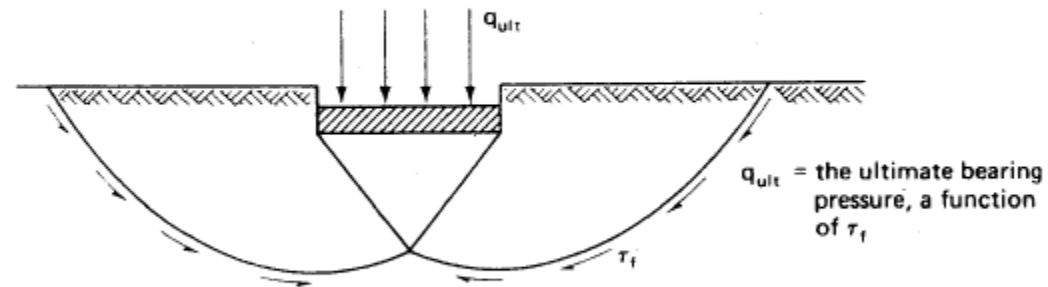
(Holtz and Kovacs, 1981)



(a) Embankment constructed rapidly over a soft clay deposit



(b) Large earth dam constructed rapidly with no change in water content of clay core



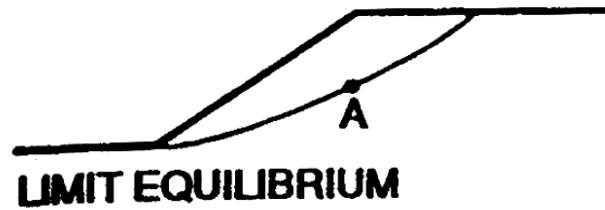
(c) Footing placed rapidly on clay deposit

Fig. 11.57 Some examples of UU analyses for clay (after Ladd, 1971b).

(Holtz and Kovacs, 1981)

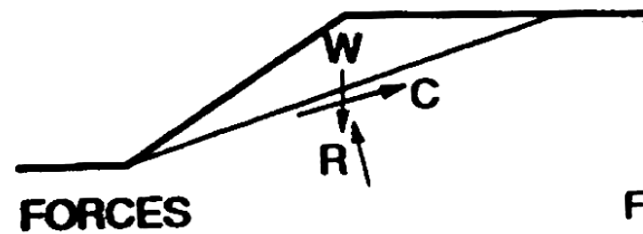
3. Calculation of Safety Factor

Faktor Keamanan

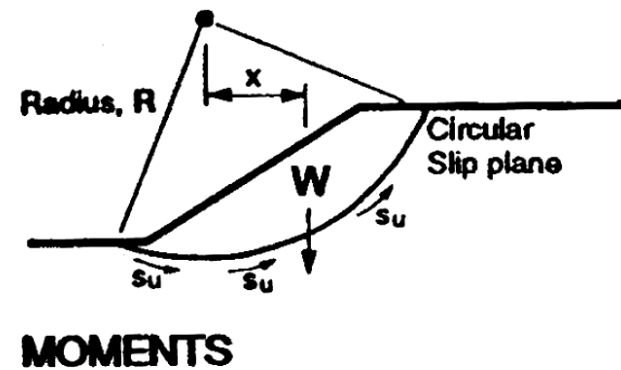


$$FOS = \frac{S_u}{T_{required}} \quad (\text{Total Stress})$$

$$FOS = \frac{c' + \sigma' \tan \phi'}{T_{required}} \quad (\text{Effective Stress})$$



$$FOS = \frac{\text{Summation of resisting force}}{\text{Summation of mobilized force}}$$



$$FOS = \frac{\text{Resisting moment}}{\text{Overturning moment}} = \frac{R \int s_u ds}{W x}$$

Beberapa metode yang ada di dalam analisis stabilitas lereng

Kesetimbangan gaya :

Ordinary method of slices

Simplified Bishop

Simplified Janbu

Corps of Engineers

Lowe dan Karafith

Generalized Janbu

Kesetimbangan Gaya dan Moment

Bishop's rigorous

Spencer

Sarma

Morgenstern-Price