

Kekuatan Tanah

Ardiansyah¹

¹Laboratorium Teknik Pengendalian Lingkungan Hayati
TEP-Universitas Jenderal Soedirman

Bahan Kuliah Hubungan Tanah Air Tanaman

Outline

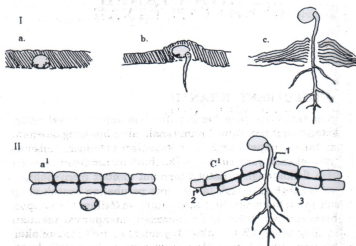
Keruntuhan Akibat Aktivitas Tanaman

- Bagian tanaman yang berada dalam tanah (akar, biji, batang dalam tanah) dapat tumbuh jika bagian tersebut mempunyai daya tembus.
- Adanya aktivitas tersebut menyebabkan perubahan bentuk tanah
- Perubahan yang sifatnya tetap/tidak dapat balik (*irreversible*) disebut *failure*
- Dalam beberapa penelitian ditemukan akar mempunyai tekanan 2.5 - 3 MPa, namun di lapangan bisa lebih kuat (bisa menembus aspal dll)
- *Failure* karena aktivitas tanaman dibagi menjadi :
 - *Tensile failure* (keruntuhan tarik)
 - *Shear failure* (keruntuhan geser)
 - *Compaction* (pemadatan)

Definisi Kekuatan Tanah

Definitions

Kekuatan tanah dapat diberi pengertian sebagai besarnya tekanan pada saat awal terjadi keruntuhan (*initial failure*)



Gambar 4.1

Macam-macam keruntuhan yang disebabkan pertumbuhan tanaman.

I. Biji ditanam dalam tanah (a) sampai tumbuh (c)

II. Tanah digambarkan sebagai tanah beragregasi.

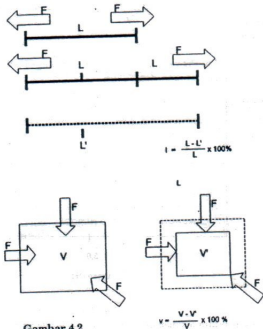
Pada saat keruntuhan (c'), terdapat 3 macam keruntuhan:

1. Keruntuhan tarik
2. Keruntuhan geser
3. Pemadatan.

Kurva Tegangan-Regangan

Pengertian Tegangan-Regangan

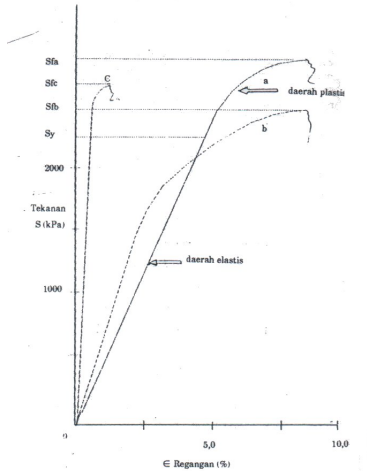
Untuk memudahkan kapan mulai terjadinya keruntuhan (*failure*) dibuat kurva tegangan-regangan



Gambar 4.2
Pengertian tentang regangan

- Regangan linier pada perubahan bentuk linier
- Regangan volume pada perubahan bentuk volume.

Kurva Tegangan-Regangan



Gambar 4.3

Hubungan antara tekanan dan regangan pada benda yang bersifat elastis sempurna (a), plastis (b) dan rapuh (brittle) (c).

Macam Kekuatan Tanah

Theorem

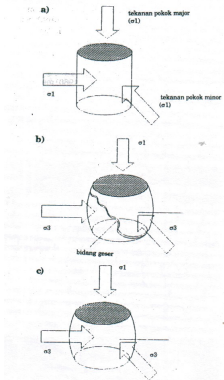
Karena ada 3 macam keruntuhan (tarik, geser, pemadatan), maka dalam mekanika tanah juga dikenal 3 macam kekuatan tanah yaitu :

- 1 Kekuatan Geser (*Shear Strength*)
- 2 Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)
- 3 Ketahanan terhadap pemadatan (*Compaction resistance*)

Kekuatan Geser

- Keruntuhan geser ditandai dengan terjadinya bidang keruntuhan geser yang mempunyai arah searah dengan tekanan pokok mayor (*major principle stress*) dengan sudut $\pm 45^\circ + 0$
- Pada tanah, model keruntuhan terjadi jika kandungan air tanah rendah atau tanah dalam keadaan kering
- Jika kandungan air cukup tinggi, tanah tidak pecah, tetapi ukuran garis tengah contoh yang diukur kekuatannya bertambah, dengan bertambahnya tekanan mayor
- Pertambahan garis tengah contoh ini merupakan bentuk yang sifatnya tetap, sehingga tekanan ini ditetapkan sebagai pengukur kekuatan geser tanah

Model Keruntuhan Geser



Gambar 4.4

Model keruntuhan geser pada :

- Kondisi awal uji coba
- Keruntuhan ditandai adanya bidang geser
- Tanah plastis, tidak terjadi bidang geser.

Teori Keruntuhan Geser

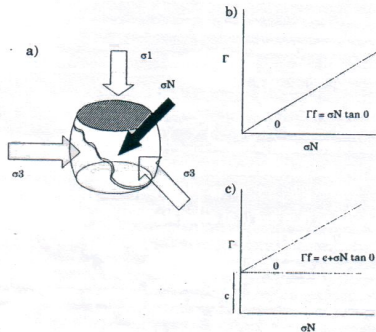
Theorem

*Teori Geser Maksimum (The Maximum Shear Theory) :
Keruntuhan terjadi jika tekanan geser yang diberikan mencapai
harga kritis dari ketahanan geser tanah.*

- $\tau F = f(\sigma N)$, dimana F = Tekanan geser (searah bidang geser) pada saat keruntuhan, N = tekanan normal (tegak lurus bidang keruntuhan)
- Pada tanah pasir dimana tidak ada ikatan antar partikel (kohesi), hubungan tersebut adalah : $\tau F = \sigma N \tan \phi$
- Untuk tanah-tanah yang mengandung liat, persamaan menjadi : $\tau F = C + \sigma N \tan \phi$
- Dimana ϕ = sudut gesekan tanah (*internal friction angle*) dan C adalah kohesi

Teori Keruntuhan Geser

Grafik untuk persamaan pada tanah pasir dan liat (slide sebelumnya)

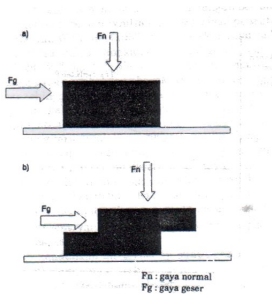


Gambar 4.5

- Hubungan antara tekanan normal dan tekanan geser pada bidang keruntuhan.
- Model hubungan antara tekanan normal dan tekanan geser tanah yang tidak mempunyai kohesi (tanah pasir).
- Model hubungan antara tekanan normal dan tekanan geser pada tanah yang mempunyai kohesi (tanah berlempung-tanah berliat).

Uji Geser Langsung (*Direct Shear Stress*)

Skema Uji Geser Langsung



Gambar 4.6

Skema uji kekuatan geser dengan cara geser langsung.

- Saat uji coba dimulai
- Setelah terjadi keruntuhan.

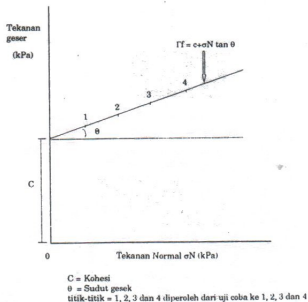
Uji Geser Langsung (*Direct Shear Stress*)

Prosedur Uji Geser Langsung

- Tanah disaring dengan saringan diameter 2 mm lalu dimasukkan ke *rammer* (alat pemadat tanah)
- Tanah dipadatkan
- Buat contoh tanah, masukkan ke alat kotak geser
- Beri beban normal (σN) sebanyak 3 macam, misalnya : $0.20 \frac{kg}{cm^2}$, $0.5 \frac{kg}{cm^2}$, dan $1.0 \frac{kg}{cm^2}$
- Beri beban geser dengan laju pembebanan sebesar 1%/menit
- Dari ketiga beban normal (σN) diperoleh tiga nilai tekanan geser (τF)
- Dibuat grafik garis lurus dan regresi linear, sehingga membentuk persamaan $\tau F = C + \sigma N \tan \phi$

Uji Geser Langsung (*Direct Shear Stress*)

Menghitung ϕ dan C dari uji *direct shear stress*



Gambar 4.7

Cara menghitung $\tan \theta$ dan C dari uji coba geser langsung.
Garis : $f = C + N \tan \theta$ diperoleh dengan menarik garis lurus melalui titik-titik : 1; 2; 3 dan 4.

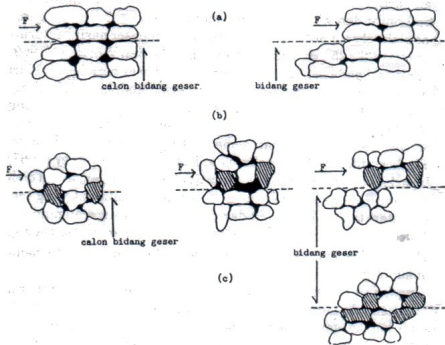
Sudut geser (ϕ) semakin besar, maka ketahanan geser?

Mengenai Ketahanan Geser

- Ketahanan geser ditimbulkan oleh partikel tanah berbentuk butir (kwarsa, debu) ataupun yang berbentuk lempengan (liat)
- Besar ketahanan geser dipengaruhi oleh : ukuran partikel, kandungan air, kekasaran permukaan, dan susunan partikel
- Nilai sudut geser semakin kecil dengan bertambahnya ukuran partikel
- Kandungan air pada partikel lempengan (*sheet minerals*) berfungsi sebagai pelumas, sedangkan pada partikel butiran berfungsi sebagai anti-pelumas (*antilubricant*).
- Pada tanah dengan kepadatan rendah, tidak ada posisi saling mengunci, sehingga sudut geser hanya ditimbulkan oleh kekasaran permukaan. (Kalau kepadatan tinggi?)

Mengenai Ketahanan Geser

Posisi saling mengunci antar partikel tanah



Gambar 4.8

Saling-mengunci mikro (a) hanya disebabkan oleh kekasaran permukaan, dan saling-mengunci makro (b). Perhatikan pada gambar (b), sebelum terjadi keruntuhan partikel-partikel penyusun tanah perlu mengatur kedudukannya sedemikian rupa sehingga dapat digeser, atau (c) harus terjadi pemecahan partikel.

Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Suatu benda dikatakan mempunyai keruntuhan tarik (*tensile strength*) jika benda terpisah, atau terpotong menjadi 2 bagian atau lebih secara sempurna

Definition

Kekuatan tarik adalah nilai tekanan tarik pada saat mulai terjadinya pemisahan

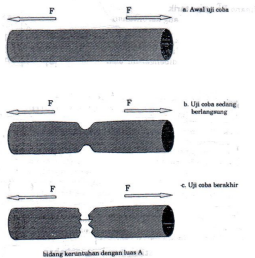
- Kekuatan tarik biasanya dianggap sebagai pengukur kohesi. Pada saat keruntuhan tarik, hanya gaya kohesi yang bekerja, tidak ada ketahanan gesekan.
- Semua kohesi dalam tanah digolongkan menjadi :
 - Kohesi sebenarnya : tarik menarik sementasi, elektrostatik dan elektromagnetik, ikatan valensi, dan adhesi
 - Kohesi semu : gaya kapiler dan gaya mekanis

Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Persamaan Kekuatan Tarik

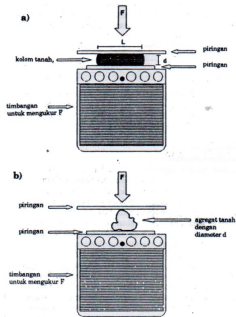
$$\sigma_T = \frac{F_T}{A}$$

F_T = Gaya Tarik, A = Luas Bidang Keruntuhan



Gambar 4.9
Keruntuhan dan kekuatan tarik pada uji coba tarik langsung.
Kekuatan tarik, $\tau = F/A$

Kekuatan Tarik



Gambar 4.11

Uji tarik tidak langsung (uji Braziliani) untuk:

a. Contoh tanah berbentuk Kolom: $\tau = \frac{F}{dL}$

b. Agregat tanah: $\tau = K \frac{4F}{d^2}$

Pemadatan Tanah

Definition

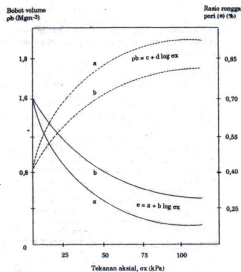
Pemadatan tanah dapat diberi batasan sebagai perubahan volume karena diberi tekanan. Karena perubahan volume ini tetap, maka pemadatan dapat digolongkan sebagai keruntuhan (*failure*)

- Namun dalam kompresi tersebut, ditemukan kesulitan menentukan kapan mulai terjadinya perubahan volume. Sebagai indikator pemadatan dapat digunakan perubahan volume, perubahan bobot jenis (ρ_b) atau perubahan rasio rongga pori (void ratio, $e = \frac{V_{void}}{V_{solid}}$)(sering digunakan)
- Pada tanah beragregasi dengan kandungan air tinggi, perubahan volume terjadi karena perubahan plastis
- Pada tanah beragregasi kering, kompresi terjadi jika ada pemecahan agregat, dan tekanan $>$ kekuatan tarik

Void Ratio (e) vs Tekanan Axial

Jika *void ratio* dihubungkan dengan tekanan axial, maka diperoleh persamaan :

$$e = a + b \log \sigma_x$$

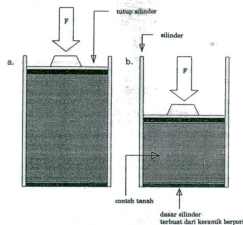


Gambar 4.12

Hubungan antara rasio rongga pori, e , dengan tekanan aksial (σ_x), dan berat volume tanah (ρ_b) dengan tekanan aksial (σ_x). Tanah (b) mempunyai ketahanan pemadatan lebih tinggi dibandingkan tanah (a).

Ketahanan Pemadatan

- Tanah dengan ρ_b tinggi mempunyai ketahanan pemadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah dengan ρ_b rendah
- Dalam pengukuran ketahanan pemadatan, contoh tanah dimasukkan ke dalam silinder, lalu diberikan tekanan aksial. Tekanan aksial ini adalah tekanan pokok mayor (σ_1)

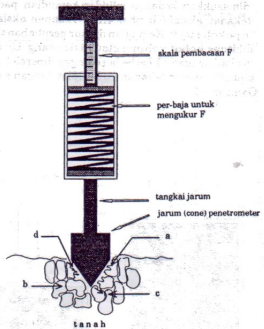


Gambar 4.13
Pengukuran kekuatan kompresif dengan silinder konsolidometer.
a. awal uji coba
b. akhir uji coba.

Penetrometer

- Jika jarum penetrometer atau akar tanaman menembus tanaman, maka tanah akan memberikan reaksi untuk menghambat
- Pada pergerakan jarum, tanah akan mengalami keruntuhan dalam bentuk geseran, padatan dan pemadatan sehingga ketahanan terhadap penetrasi yang diberikan oleh tanah adalah gabungan dari parameter gesekan tanah, tarikan, pemadatan, dan gesekan antara tanah dan logam
- Hasil pengukuran penetrometer dinyatakan dalam gaya atau tekanan yang melawan masuknya jarum pada kedalaman tertentu (ketahanan terhadap penetrasi)
- Ketahanan terhadap penetrasi disebut indeks penetrometer (Q_p), yang dinyatakan dalam persamaan : $Q_p = \frac{4F}{\pi d^2}$

Penetrometer



Gambar 4.14

Keruntuhan tanah pada uji coba penetrometer

- a. Keruntuhan tarik
- b. Keruntuhan geser
- c. Pemadatan
- d. Gesekan antara jarum dan tanah.