

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Tanah**

##### 3.1.1 Pengertian Tanah

Menurut Das (1988) tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel tersebut.

Menurut Wesley (1977) tanah merupakan kumpulan massa partikel-partikel yang membentuk struktur rangka. Secara umum, tanah terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antara butir-butir tersebut.

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Namun, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis (Hardiyatmo, 2002)

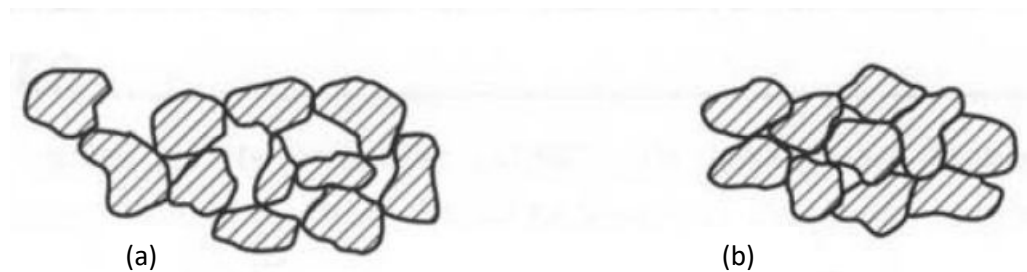
##### 3.1.2 Tanah Pasir

Pasir dan kerikil merupakan agregat tak berkohesi yang tersusun dari fragmen-fragmen sub-angulair atau angulair, agaknya berasal dari batuan atau mineral yang belum mengalami perubahan. Partikel berukuran sampai 1/8 inci dinamakan pasir, dan yang berukuran 1/8 inci sampai 8 inci disebut kerikil. Fragmen-fragmen bergaris tengah lebih besar dari 8 inci dikenal sebagai bongkah (*boulders*) (Terzaghi, 1987).

Karena pasir tidak memiliki kohesi, maka nilai (c) selalu 0 (nol). Nilai  $\phi$  tergantung terutama kepada kepadatan pasir tetapi dipengaruhi juga oleh gradasinya. Pasir yang padat mempunyai nilai  $\phi$  kira-kira antara 40° sampai 45°,

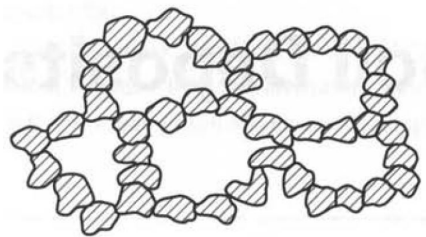
sedangkan pasir yang tidak padat mempunyai nilai  $\phi$  disekitar  $30^\circ$  (Wesley, 1977).

Struktur tanah tak berkohesi pada umumnya dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu struktur butir tunggal (*Single-grained*) dan struktur sarang lebah (*Honeycombed*). Pada struktur butir tunggal, butiran tanah berada dalam posisi stabil dan tiap-tiap butir bersentuhan antara satu dengan yang lain (dapat dilihat pada Gambar 3.1). Sedangkan pada struktur sarang lebah, membentuk lengkungan-lengkungan kecil hingga merupakan rantai butiran (Dapat dilihat pada Gambar 3.2) (Das, 1988).



**Gambar 3.1 Struktur Butir Tunggal. (a) tidak padat, (b) padat**

(Sumber : Das, 1988)



**Gambar 3.2 Struktur Sarang Lebah**

(Sumber : Das, 1988)

### **3.2. Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1988). Sistem klasifikasi yang sering digunakan adalah sistem klasifikasi *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan sistem *USCS* (*Unified Soil Classification System*).

#### **3.2.1 Sistem Klasifikasi *AASHTO***

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *public road administration system*. Pada sistem ini tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi *AASHTO* dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

**Tabel 3.1 Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO**

Klasifikasi umum	Material granuler (< 35% lolos saringan No.200)							Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
Analisis saringan (% lolos)											
2,00 mm (no. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Indeks grup (*Group Index*) adalah suatu angka yang digunakan untuk mengevaluasi mutu dari suatu tanah. Semakin tinggi nilai indeks grup (GI) maka semakin berkurang juga ketepatan penggunaan tanahnya. Sebagai contoh, tanah granuler diklasifikasikan kedalam klasifikasi kelompok A-1 sampai A-3, tanah A-1 merupakan tanah dengan gradasi baik sedangkan kelompok A-3 memiliki gradasi yang buruk. Sementara tanah kelompok A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan nomor 200) tetapi masih memiliki kandungan lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari kelompok A-4 sampai A-7 yaitu tanah lempung lanau . Indeks grup dapat dihitung dengan Persamaan 3.1 berikut.

$$GI = ( f - 35 ) [0,2 + 0,005(LL-40)] + 0,01(F-15)(PI-10) \quad (3.1)$$

Keterangan :

GI = Indeks grup (*Group Index*)

F = Prosentase butiran yang lolos ayakan No. 200

LL = Batas cair (*Liquid limit*)

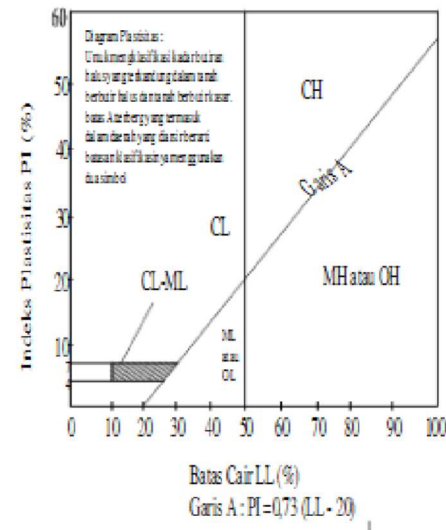
PI = Indeks plastisitas

### 3.2.2 Sistem Klasifikasi *USCS (Unified Soil Classification System)*

Pada sistem *USCS*, tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau atau lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Pada Tabel 3.2 dapat dilihat klasifikasi kelompok dan subkelompok yang ada.

Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Menurut USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama jenis			
tanah berbutir kasar Lebih dari 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil Gradasi baik dan campuran pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, C_c = \frac{(D_{20})^2}{D_{20} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg dibawah garis A atau $PI \leq 4$ bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol		
			GP	Kerikil Gradasi buruk dan campuran pasir kerikil, atau tidak mengandung butiran halus			
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung			
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung			
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir Gradasi baik, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, C_c = \frac{(D_{20})^2}{D_{20} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg dibawah garis A atau $PI \leq 4$ bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
			SP	Pasir Gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus			
		Pasir dengan butiran halus	SM	pasir berlanau, campuran pasir lanau			
			SC	pasir berlempung, campuran pasir-lempung			
	tanah berbutir halus > 50% lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung			Diagram Plastisitas: Untuk mengidentifikasi kadar butiran halus yang dituang dalam nama butiran halus dan nama butiran kasar, batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang ditunjukkan basement plastisitasnya menggunakan dua simbol
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (lean clays)			
			OL	lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
			MH	lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elasis.			
CH			lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)				
OH			lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi				
Lanau dan lempung batas cair > 50%		Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi		manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		



Sumber : Hardiyatmo (2002)

Simbol-simbol yang digunakan pada tabel diatas adalah.

G	= Kerikil ( <i>Gravel</i> )
S	= Pasir ( <i>Sand</i> )
C	= Lempung ( <i>Clay</i> )
M	= Lanau ( <i>Silt</i> )
O	= Lanau atau lempung organik ( <i>Organic silt or clay</i> )
Pt	= Tanah gambut dan tanah organik tinggi ( <i>Peat and highly organic soil</i> )
W	= Gradasi baik ( <i>well-graded</i> )
P	= Gradasi buruk ( <i>poorly-graded</i> )
H	= Plastisitas tinggi ( <i>High-plasticity</i> )
L	= Plastisitas rendah ( <i>Low-plasticity</i> )

### 3.3. Aspal Cair *Slow Curing* SC<sub>60-70</sub>

#### 1. Pengertian Aspal Cair *Slow Curing* SC<sub>60-70</sub>

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat (Sukirman, 1999). Aspal merupakan proses lanjutan dari hasil distilasi minyak bumi. Bensin, minyak tanah, solar merupakan hasil distilasi pada temperatur yang berbeda-beda.

*Cutback asphalt* yang biasa dikenal sebagai aspal cair merupakan aspal yang berasal dari campuran aspal semen yang dicampur dengan bahan pencair dari hasil destilasi minyak bumi. Aspal cair *slow curing* adalah aspal cair yang paling lama menguap. Aspal cair *slow curing* SC<sub>60-70</sub> adalah aspal semen yang dicampur atau dilarutkan dengan solar hingga mencapai angka viskositas 60 cm<sup>2</sup>/s sampai dengan 70 cm<sup>2</sup>/s.

#### 2. Komposisi Aspal

Aspal merupakan unsur hidrokarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Komposisi dari aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *maltene*. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam

*heptane*. Sedangkan *maltenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari resin dan oli. Resin merupakan cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal. Sedangkan oli yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan resin (Sukirman, 1999).

#### 3.4. Pemadatan Tanah (*Proctor Standart*)

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan salah satu cara mekanis. Cara mekanis yang dipakai untuk memadatkan tanah boleh bermacam-macam. Di lapangan bisa memakai cara menggilas, sedangkan di laboratorium digunakan cara memukul (Wesley, 1977).

*Proctor standart* adalah pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) dari sampel tanah.

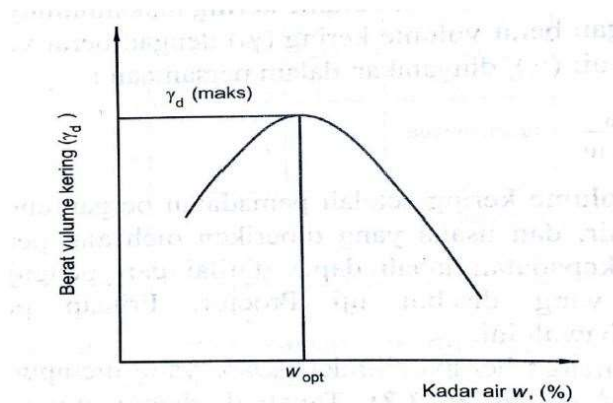
Kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya. Hubungan antara berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dan kadar air ( $w$ ), dinyatakan dalam Persamaan 3.2 Berikut.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + w} \quad (3.2)$$

Prinsip Uji Proctor Standar adalah tanah dipadatkan dalam sebuah cetakan silinder dengan diameter 101,6 mm dan volume 943,3 cm<sup>3</sup>. Tanah dalam cetakan dipadatkan menggunakan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm. Pemadatan tanah dilakukan dalam tiga lapisan dengan jumlah tumbukan tiap lapisan sebanyak 25 kali.

Grafik hasil uji proktor standar dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.





**Gambar 3.3 Grafik Hasil Uji *Proctor Standard*  
(Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Volume Tanah)**

(sumber : Das, 1988)

Dari grafik tersebut didapatkan hasil nilai kadar air yang terbaik (optimum) untuk mencapai berat volume kering terbesar (kepadatan maksimum).

### 3.5. Nilai Kuat Geser Tanah

Menurut Wesley (1977), keruntuhan geser (*shear failure*) dalam tanah diakibatkan gerak relatif antara butirnya, bukan karena butirnya sendiri hancur sehingga kekuatan tanah tergantung kepada gaya-gaya yang bekerja antara butirnya sehingga kekuatan geser tanah dapat dianggap dari dua komponen, yaitu.

1. Bagian yang bersifat kohesi yang tergantung kepada jenis tanah dan kepadatan butirnya.
2. Bagian yang mempunyai sifat gesekan yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.3 berikut.

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (3.3)$$

Keterangan :

$\tau_f$  = Kuat geser ( $\text{kg/cm}^2$ )

$c$  = Kohesi ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\phi$  = Sudut geser dalam ( $^\circ$ )

$\sigma$  = Tegangan normal ( $\text{kg/cm}^2$ )

Rumus diatas merupakan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb mengenai tegangan efektif.

Selain rumus diatas, nilai kuat geser juga dapat dinyatakan dalam tegangan utama ( $\sigma_1$ ) dan tegangan sel ( $\sigma_3$ ) seperti pada Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5 berikut.

$$\tau_f = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\sin 2\theta \quad (3.4)$$

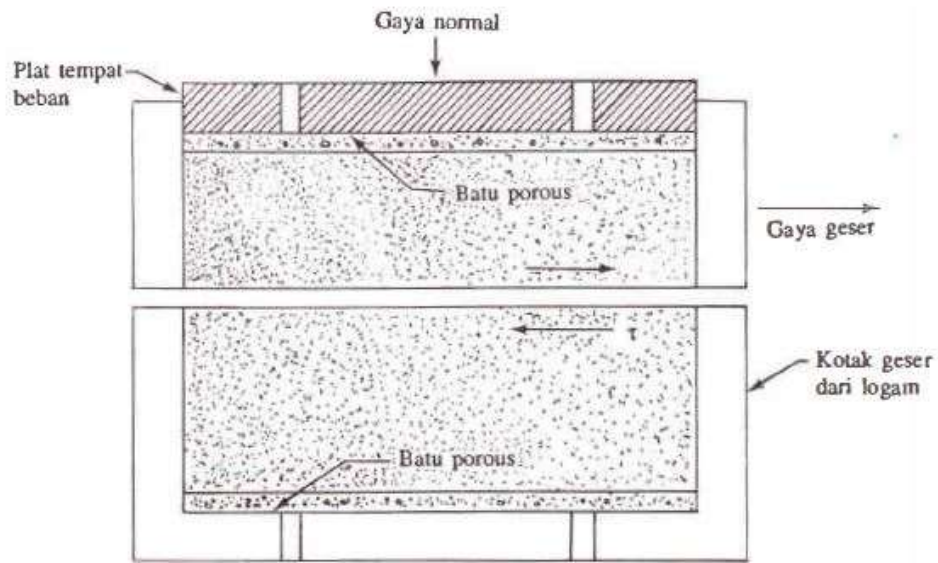
$$\theta = 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \quad (3.5)$$

### 3.5.1 Pengukuran Kuat Geser Tanah

Dalam mengukur kuat geser tanah, dapat dilakukan dua macam pengujian, yaitu.

#### 1. Uji Geser Langsung

Uji geser langsung merupakan pengujian tertua dalam bentuk yang paling sederhana untuk suatu susunan uji geser. Alat uji terdiri dari sebuah kotak logam berisi sampel tanah yang akan diuji. Sampel tanah tersebut berbentuk bujur sangkar ataupun lingkaran. Ukuran dari sampel tanah yang digunakan adalah sekitar 3 inci<sup>2</sup> sampai 4 inci<sup>2</sup> untuk luas penampangnya dan 1 inci untuk tingginya. Kotak uji tersebut terbagi menjadi dua sisi dalam arah horizontal. Gaya normal pada sampel tanah didapat dengan menaruh suatu beban mati diatas sampel. Beban mati tadi dapat menyebabkan tekanan pada sampel tanah sampai dengan 150 Psi (1034,2 KN/m<sup>2</sup>). Gaya geser yang akan diberikan dengan mendorong sisi kotak sebelah atas dilakukan sampai terjadi keruntuhan geser pada tanah (Das, 1995). Bentuk alat uji dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut



**Gambar 3.4 Susunan Alat Uji Geser Langsung**

(Sumber :Das, 1995)

Uji geser dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu tegangan geser terkendali dimana penambahan gaya geser dibuat konstan dan diatur, atau dengan cara tegangan terkendali dimana kecepatan geser yang diatur.

Tegangan normal dapat dihitung dengan Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7 sebagai berikut.

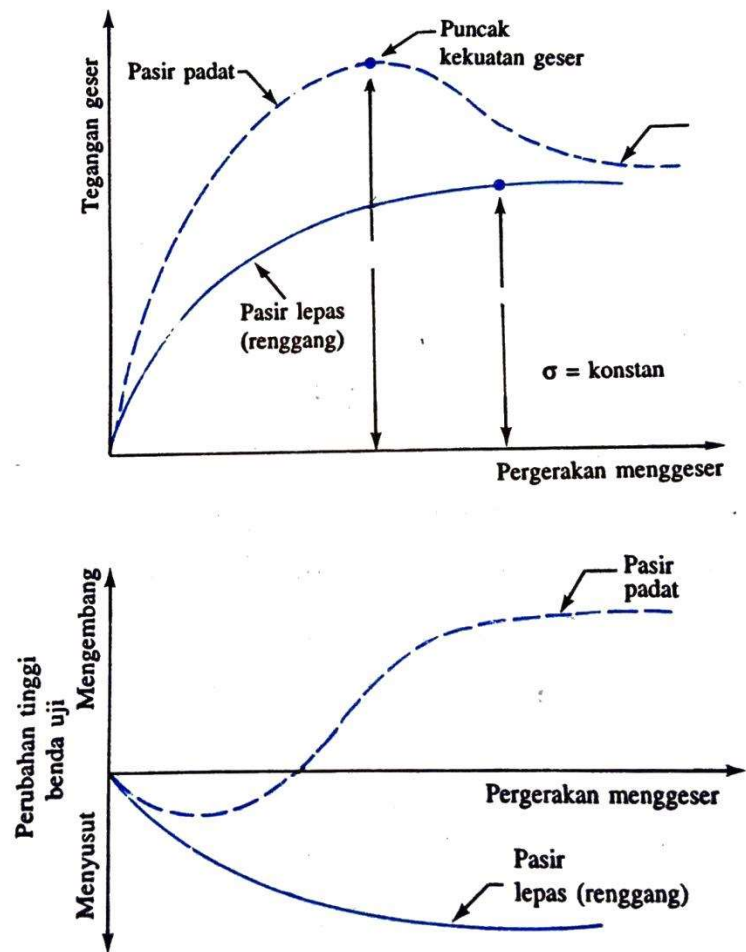
$$\sigma = \text{Tegangan normal} = \frac{\text{Gaya normal}}{\text{Luas penampang lintang sampel tanah}} \quad (3.6)$$

Tegangan geser yang melawan pergerakan geser dapat dihitung sebagai berikut.

$$\tau = \text{Tegangan geser} = \frac{\text{Gaya geser yang melawan gerakan}}{\text{Luas penampang lintang sampel tanah}} \quad (3.7)$$

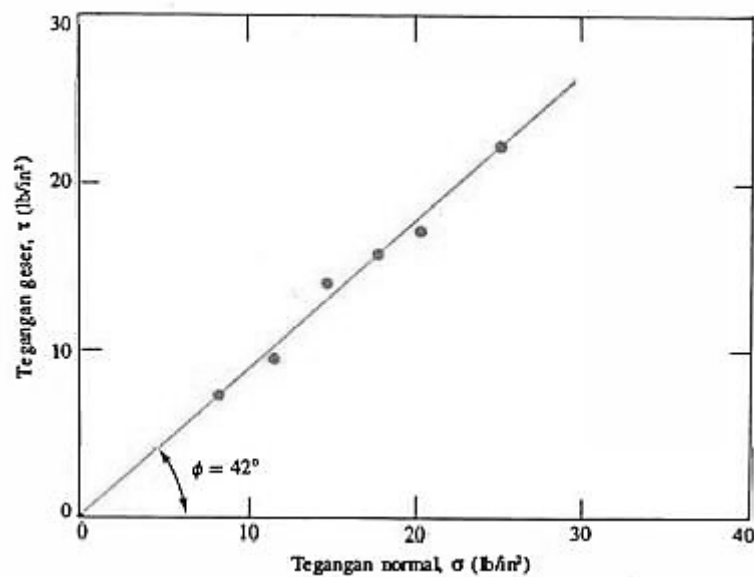
Pada Gambar 3.5 kita dapat melihat potongan grafik yang umum tentang hubungan antara tegangan geser dan perubahan ketinggian (tebal) dari sampel tanah akibat perpindahan geser tanah pasir lepas dan pasir padat. Pengamatan yang dihasilkan adalah berdasarkan uji regangan terkendali. Hal yang dapat ditarik dari Gambar 3.5 berhubungan dengan variasi tegan geser penghambat dan perpindahan geser yaitu.

- a. Pada pasir lepas, tegangan geser penahan akan membesar sesuai dengan membesarnya perpindahan geser sampai tegangan tadi mencapai tegangan geser runtuh ( $\tau_f$ ). Setelah itu, besar tegangan geser akan konstan sejalan dengan bertambahnya perpindahan geser.
- b. Pada pasir padat, tegangan geser penghambat akan naik sejalan dengan membesarnya perpindahan geser hingga tegangan geser runtuh (maksimum) tercapai ( $\tau_f$ ). Bila tegangan runtuh telah tercapai, maka tegangan geser penghambat yang ada akan berkurang secara lambat laun dengan bertambahnya perpindahan geser samai pada suatu saat mencapai harga konstan yang disebut kekuatan geser akhir maksimum (*ultimate shear strenght*).



**Gambar 3.5 Diagram Tegangan Geser Versus Perubahan Tinggi Benda Uji**

(Sumber : Das, 1995)



**Gambar 3.6 Grafik Hasil Uji Geser Langsung  
(Hubungan Antara Tegangan Geser dan Tegangan Normal)**

(Sumber : Das, 1995)

Pada Gambar 3.6 adalah grafik dari hasil uji geser langsung pada tanah pasir kering. Persamaan untuk harga rata-rata garis yang menghubungkan titik-titik dalam pengujian tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.8 dan Persamaan 3.9.

$$\tau_f = \sigma \tan \phi \quad (3.8)$$

Catatan :  $c = 0$  untuk pasir dan  $\sigma = \sigma'$

Jadi, besar sudut geser adalah.

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{\tau_f}{\sigma} \right) \quad (3.9)$$

Pada Tabel 3.3 dapat dilihat harga-harga yang umum dari sudut geser dalam kondisi drained untuk pasir dan lanau.

**Tabel 3.3 Harga-harga Umum dari Sudut Geser Dalam Kondisi *Drained* untuk Pasir dan Lanau**

<b>Tipe Tanah</b>	$\phi$ (°)
<b>Pasir : Butiran bulat</b>	
Renggang/lepas	27-30
Menengah	30-35
Padat	35-38
<b>Pasir : Butiran bersudut</b>	
Renggang/lepas	30-35
Menengah	35-40
Padat	40-45
<b>Kerikil bercampur pasir</b>	
Lanau	26-35

Sumber : Das (1995)

2. Uji Triaksial UU (*Unconsolidated-Undrained*)

Uji triaksial merupakan salah satu cara untuk mendapatkan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Terdapat dua cara untuk mendapatkan nilai ( $c$ ) dan ( $\phi$ ) tersebut yaitu dengan menggunakan lingkaran Mohr dan regresi linier.

Pada lingkaran Mohr, cara untuk mendapatkan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan nilai kohesi ( $c$ ) dilakukan pada sampel benda uji tanah campuran dengan jumlah 3 buah, yang digunakan untuk tegangan sel ( $\sigma_3$ ) 0,5 kg/cm<sup>2</sup>, 1 kg/cm<sup>2</sup>, 1,5 kg/cm<sup>2</sup> dengan Persamaan 3.10 dan Persamaan 3.11,

$$\Delta\sigma = P/A \quad (3.10)$$

$$\sigma_1 = \Delta\sigma + \sigma_3 \quad (3.11)$$

keterangan :

P = beban

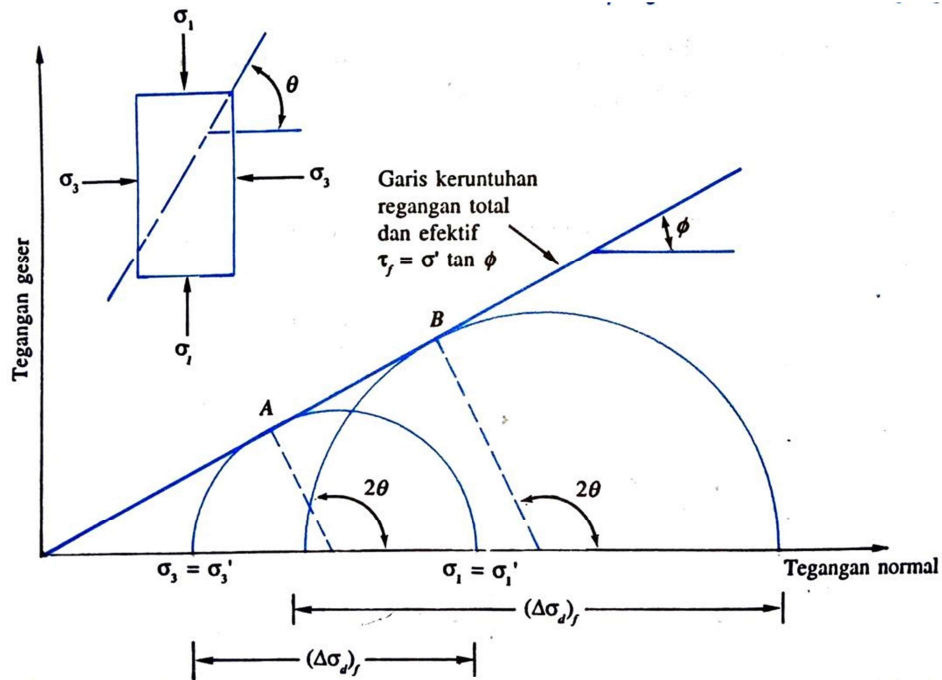
A = luas permukaan benda uji

$\Delta\sigma$  = tegangan deviator

$\sigma_1$  = tegangan total

$\sigma_3$  = tegangan sel

Dari rumus diatas maka dapat dibuat gambar lingkaran Mohr, dari lingkaran Mohr tersebut dapat ditarik garis singgung antar lingkaran dan didapat nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) seperti pada Gambar 3.7



**Gambar 3.7 Lingkaran Mohr**

(Sumber : Das, 1995)

Pada pengujian triaksial tipe UU, tidak diizinkan mengalirkan air dari dan ke benda uji selama memberikan tekanan sel  $\sigma_3$ , kemudian dibebani tegangan deviator ( $\Delta\sigma_d$ ) sampai runtuh. Karena pada pengujian air tidak diizinkan mengalir keluar, maka beban normal tidak ditransfer ke butiran tanahnya. Keadaan tanpa drainasi ini menyebabkan adanya kelebihan tekanan pori dengan tidak ada tahanan geser hasil perlawanan dari butiran tanahnya.

Untuk pengujian ini dapat dilihat pada Persamaan 3.12 dan Persamaan 3.13.

$$\text{Tegangan utama mayor total} = \sigma_3 + \Delta\sigma_{df} = \sigma_1 \quad (3.12)$$

$$\text{Tegangan utama minor total} = \sigma_3 \quad (3.13)$$

Persamaan kuat geser pada kondisi *undrained* dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.14 berikut.



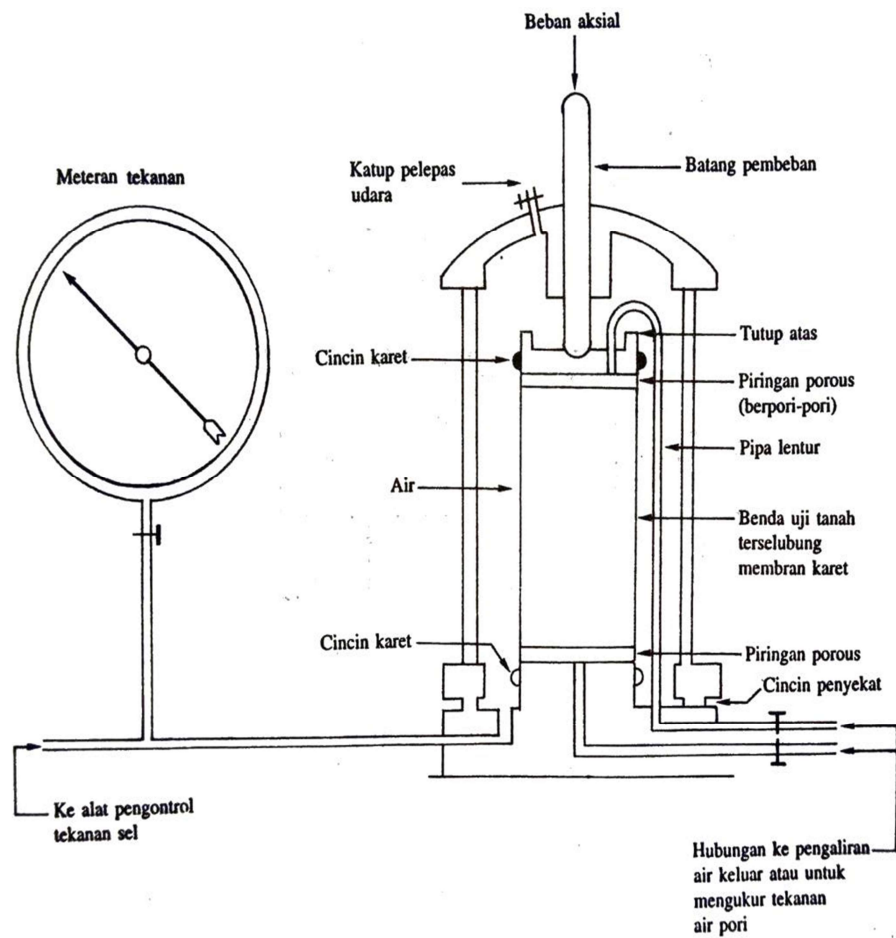
$$C_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\Delta\sigma_{df}}{2} = \frac{q_u}{2} \quad (3.14)$$

Keterangan :

$C_u$  = kohesi *undrained*

$\Delta\sigma_{df}$  = tegangan deviator

Alat pengujian triaksial dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut.



**Gambar 3.8 Alat Uji Triaksial**

(Sumber : Das, 1995)