

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

1. Definisi Tanah

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 (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995). Sementara definisi tanah menurut Terzaghi yaitu “tanah terdiri dari butiran-butiran hasil dari pelapukan massa batuan *massive*, dimana ukuran tiap butirnya dapat sebesar kerikil-pasir-lanau-lempung dan kontak antar butir tidak tersementasi.”

Craig (1991) tanah merupakan akumulasi partikel mineral atau ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan.

Verhoef (1994) tanah adalah kumpulan-kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air.

Dunn (1980) berdasarkan asalnya, tanah diklasifikasikan secara luas menjadi 2 macam yaitu :

- a. Tanah organik adalah campuran yang mengandung bagian-bagian yang cukup berarti berasal dari lapukan dan sisa tanaman dan kadang-kadang dari kumpulan kerangka dan kulit organisme.
- b. Tanah anorganik adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan secara kimia ataupun fisis.

Tanah (*soil*) menurut teknik sipil dapat didefinisikan sebagai sisa atau produk yang dibawa dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat digali tanpa peledakan dan dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (*sampling*) pada saat pemboran (Hendarsin, 2000).

Bowles (1991), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*), yaitu potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran ukuran 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut sebagai kerakal (*cobbles*) atau *pebbes*.
- b. Kerikil (*gravel*), yaitu partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*), yaitu batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm. Berkisar dari kasar (3 mm sampai 5 mm) sampai halus (< 1mm).

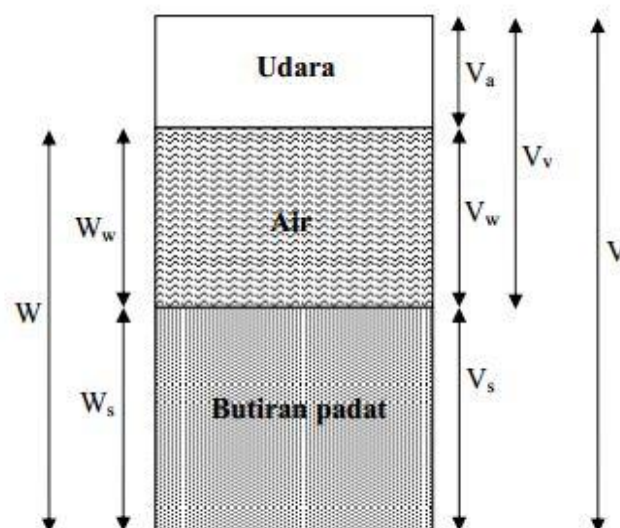
- d. Lanau (*silt*), yaitu partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm.
- e. Lempung (*clay*), yaitu partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm.
- f. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2. Komposisi Tanah

Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu :

- a. Butiran padat (*solid*)
- b. Air
- c. Udara

Tiga fase elemen tanah seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Tiga Fase Elemen Tanah

Hubungan volume-berat :

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a$$

Dimana :

V_s = volume butiran padat

V_v = volume pori

V_w = volume air di dalam pori

V_a = volume udara di dalam pori

Apabila udara dianggap tidak memiliki berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan dengan :

$$W = W_s + W_w$$

Dimana :

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*) dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*) sebagai berikut ini :

a. Angka Pori

Angka pori atau *void ratio* (e) adalah perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat, atau :

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

b. Porositas

Porositas atau *porosity* (n) adalah perbandingan antara volume pori dan volume tanah total, atau :

$$n = \frac{V_v}{V}$$

c. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan atau *degree of saturation* (S) adalah perbandingan antara volume air dengan volume pori, atau :

$$S = \frac{V_w}{V_v}$$

d. Kadar Air

Kadar air atau *water content* (w) adalah perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki, atau :

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

e. Berat Volume

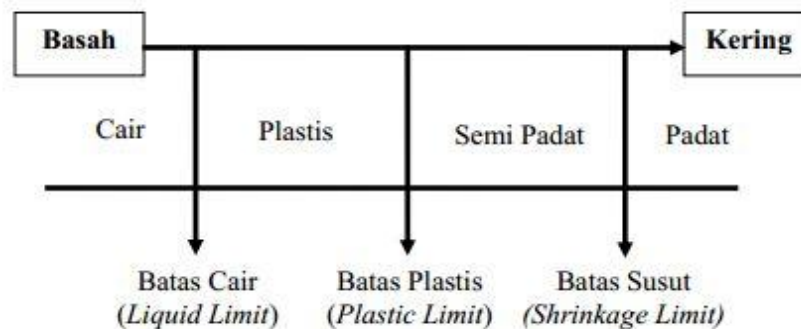
Berat volume (γ) adalah berat tanah per satuan volume, atau :

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

3. Batas-Batas Konsistensi Tanah

Seorang ilmuwan dari Swedia yang bernama *Atterberg* berhasil mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi, sehingga batas konsistensi tanah disebut dengan batas-batas *Atterberg*. Kegunaan batas-batas *Atterberg* dalam perencanaan adalah memberikan gambaran secara garis

besar akan sifat-sifat tanah yang bersangkutan. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek. Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk yaitu kekuatannya rendah, sedangkan kompresibilitas tinggi sehingga sulit dalam hal pematatannya. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat diklasifikasikan ke dalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi padat, plastis dan cair, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Batas-Batas Atterberg

- a. Batas cair (LL) adalah kadar air tanah antara keadaan cair dan keadaan plastis.
- b. Batas plastis (PL) adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis.
- c. Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dan batas plastis, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis, atau :

$$PI = LL - PL$$

Indeks plastisitas (PI) menunjukkan tingkat keplastisan tanah. Apabila nilai indeks plastisitas tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran

lempung. Klasifikasi jenis tanah menurut *Atterberg* berdasarkan nilai indeks plastisitas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Nilai Indeks Plastisitas Dengan Jenis Tanah

IP	Jenis Tanah	Plastisitas	Kohesi
0	Pasir	Non Plastis	Non Kohesif
< 7	Lanau	Rendah	Agak Kohesif
7 – 17	Lempung Berlanau	Sedang	Kohesif
> 17	Lempung Murni	Tinggi	Kohesif

Sumber : Bowles, 1989.

4. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah berfungsi untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Sistem klasifikasi dimaksudkan untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah dengan cara sistematis guna menentukan

kesesuaian terhadap pemakaian tertentu dan juga berguna untuk menyampaikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu dari tanah tersebut dari suatu daerah ke daerah lain dalam bentuk suatu data dasar.

Sistem klasifikasi tanah dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

a. Klasifikasi Berdasarkan Tekstur dan Ukuran

Sistem klasifikasi ini di dasarkan pada keadaan permukaan tanah yang bersangkutan, sehingga dipengaruhi oleh ukuran butiran tanah dalam tanah. Klasifikasi ini sangat sederhana di dasarkan pada distribusi ukuran tanah saja. Pada klasifikasi ini tanah dibagi menjadi kerikil (*gevel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) (Das,1993).

b. Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian

Pada sistem klasifikasi ini memperhitungkan sifat plastisitas tanah dan menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting. Pada saat ini terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang sering dipakai dalam bidang teknik. Kedua sistem klasifikasi itu memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas *Atterberg*.

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi yang sudah ada. Tetapi yang paling umum digunakan adalah :

a. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified (Unified Soil Classification System/USCS)*

Sistem klasifikasi tanah *unified* atau *Unified Soil Classification System (USCS)* diajukan pertama kali oleh *Prof. Arthur Cassagrande* pada tahun 1942 untuk mengelompokkan tanah berdasarkan sifat teksturnya dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation (USBR)* dan *United State Army Corps of Engineer (USACE)*. Kemudian *American Society for Testing and Materials (ASTM)* memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Menurut sistem ini tanah dikelompokkan dalam tiga kelompok yang masing-masing diuraikan lebih spesifik lagi dengan memberi simbol pada setiap jenis (Hendarsin, 2000), yaitu :

1) Tanah berbutir kasar, yaitu tanah yang mempunyai prosentase lolos ayakan No.200 < 50 %.

Klasifikasi tanah berbutir kasar terutama tergantung pada analisa ukuran butiran dan distribusi ukuran partikel. Tanah berbutir kasar dapat berupa salah satu dari hal di bawah ini :

- a) Kerikil (G) apabila lebih dari setengah fraksi kasar tertahan pada saringan No. 4.
- b) Pasir (S) apabila lebih dari setengah fraksi kasar berada diantara ukuran saringan No. 4 dan No. 200.

- 2) Tanah berbutir halus, adalah tanah dengan persentase lolos ayakan No. 200 > 50 %.

Tanah berbutir ini dibagi menjadi lanau (M), Lempung Anorganik (C) dan Tanah Organik (O) tergantung bagaimana tanah itu terletak pada grafik plastisitas.

- 3) Tanah Organik

Tanah ini tidak dibagi lagi tetapi diklasifikasikan dalam satu kelompok Pt. Biasanya jenis ini sangat mudah ditekan dan tidak mempunyai sifat sebagai bahan bangunan yang diinginkan. Tanah khusus dari kelompok ini adalah peat, humus, tanah lumpur dengan tekstur organik yang tinggi. Komponen umum dari tanah ini adalah partikel-partikel daun, rumput, dahan atau bahan-bahan yang regas lainnya.

Tabel 2. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Jenis Tanah	Simbol	Sub Kelompok	Simbol
Kerikil	G	Gradasi Baik Gradasi Buruk	W P
Pasir	S	Berlanau Berlempung	M C
Lanau	M		
Lempung	C	WL<50%	L
Organik	O	WL>50%	H
Gambut	Pt		

Sumber : Bowles, 1989.

Keterangan :

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik),

P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk),

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, $LL < 50$),

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, $LL > 50$).

Tabel 3. Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus : Kurang dari 5% lolos saringan no.200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC, 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$		
		Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW		Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
				SP		Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Pasir dengan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200		Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML		Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	<p>Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p> <p>Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$</p>	
				CL		Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)		
		OL		Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah				
		Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis				
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)					
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi					
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488					
Sumber : Hary Christady, 1996.								

b. Sistem klasifikasi AASHTO

Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dikembangkan pada tahun 1929 dan mengalami beberapa kali revisi hingga tahun 1945 dan dipergunakan hingga sekarang, yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO model M145). Sistem klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*).

Dalam sistem ini tanah dikelompokkan menjadi tujuh kelompok besar yaitu A1 sampai dengan A7. Tanah yang termasuk dalam golongan A-1 , A-2, dan A-3 masuk kedalam tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah yang lolos ayakan No.200, sedangkan tanah yang masuk dalam golongan A-4, A-5, A-6 dan A-7 adalah tanah lanau atau lempung. A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka revisi terakhir oleh AASHTO diabaikan (Sukirman, 1992). Percobaan yang dibutuhkan untuk mendapatkan data yang diperlukan adalah analisis saringan, batas cair, dan batas plastis.

Tabel 4. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASTHO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A-4	A-5		A-6	A-7 A-7-5* A-7-6**		
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36	Min 36		Min 36	Min 36		
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10		Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11		
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau			Tanah Berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

* untuk A-7-5 : $PI \leq LL - 30$

** untuk A-7-6 : $PI > LL - 30$

Sumber: Das (1995).

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1. Ukuran Butir

Kerikil : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada saringan diameter 2 mm (no. 10).

Pasir : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter

2 mm dan tertahan pada saringan diameter 0,0075 mm (no. 200)

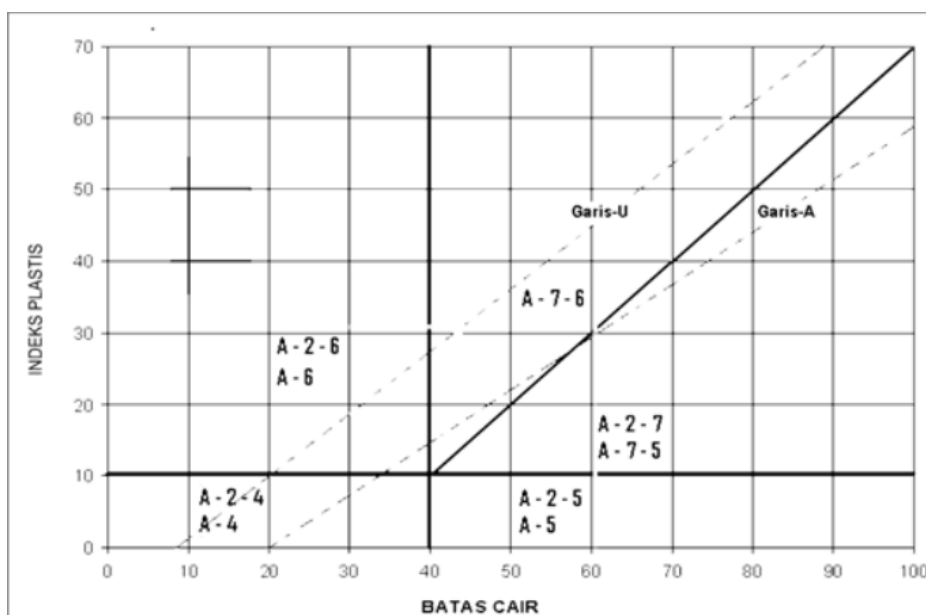
Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,075 (No. 200).

2. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis indeks plastisnya 11 atau lebih.

3. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) di temukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Data yang akan didapat dari percobaan laboratorium telah ditabulasikan pada Tabel 4. Kelompok tanah yang paling kiri kualitasnya paling baik, makin ke kanan semakin berkurang kualitasnya.



Gambar 3. Nilai-nilai batas *Atterberg* untuk subkelompok tanah. (Hary Christady, 1992).

Gambar 3 menunjukkan rentang dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah data kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.

B. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987).

Sifat khas yang dimiliki oleh tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif,

mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air.

Tanah lempung terdiri sekumpulan partikel-partikel mineral lempung dan pada intinya adalah hidrat aluminium silikat yang mengandung ion-ion Mg, K, Ca, Na dan Fe. Mineral-mineral lempung digolongkan ke dalam empat golongan besar, yaitu *kaolinit*, *smectit* (montmorillonit), *illit* (mika hidrat) dan *chlorite*. Mineral-mineral lempung ini merupakan produk pelapukan batuan yang terbentuk dari penguraian kimiawi mineral-mineral silikat lainnya dan selanjutnya terangkut ke lokasi pengendapan oleh berbagai kekuatan.

Tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi, dan mempunyai gaya geser yang kecil.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1999):

- a. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm.
- b. Permeabilitas rendah.
- c. Kenaikan air kapiler tinggi.
- d. Bersifat sangat kohesif.
- e. Kadar kembang susut yang tinggi.

C. Kuat Geser Tanah

1. Paramater Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah ditentukan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan. Seperti material teknik lainnya, tanah mengalami penyusutan volume jika menderita tekanan merata disekelilingnya. Apabila menerima tegangan geser, tanah akan mengalami distorsi dan apabila distorsi yang terjadi cukup besar, maka partikel-partikelnya akan terpeleset satu sama lain dan tanah akan dikatakan gagal dalam geser. Dalam hampir semua jenis tanah daya dukungnya terhadap tegangan tarik sangat kecil atau bahkan tidak mampu sama sekali.

Tanah tidak berkohesi, kekuatan gesernya hanya terletak pada gesekan antara butir tanah saja ($c = 0$), sedangkan pada tanah berkohesi dalam kondisi jenuh, maka $\phi = 0$ dan $S = c$.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth pressure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*).

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar seperti ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- a. Kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan pematatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada gesernya
- b. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya

Oleh karena itu kekuatan geser tanah dapat diukur dengan rumus :

$$\tau = c + (\sigma - u) \tan \varphi \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

τ : Kekuatan geser tanah

σ : Tegangan normal total

u : Tegangan air pori

c : Kohesi tanah efektif

φ : Sudut perlawanan geser efektif

Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain :

- a. Pengujian geser langsung (*Direct shear test*)
- b. Pengujian triaksial (*Triaxial test*)
- c. Pengujian tekan bebas (*Unconfined compression test*)
- d. Pengujian baling-baling (*Vane shear test*)

Dalam penelitian ini yang digunakan untuk menentukan kuat geser tanah adalah pengujian baling-baling atau pengujian geser kipas (*Vane shear test*) di lapangan dan Pengujian geser langsung (*Direct shear test*) sebagai uji kuat geser pembanding di laboratorium. Pengujian kuat geser

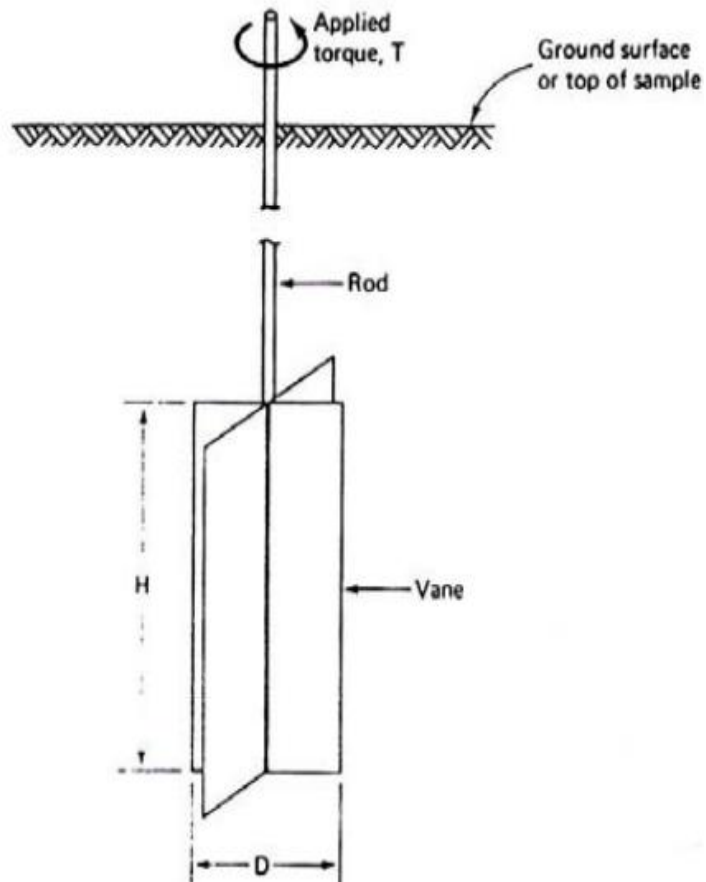
ini dilakukan untuk mendapatkan parameter kuat geser, tegangan normal dan kohesi tanah.

D. Uji *Vane Shear*

Uji *vane shear* dapat digunakan untuk mengevaluasi kuat geser tidak terdrainase (*undrained*) setempat dari lempung lunak-kaku dan lanau. Kekuatan geser dari tanah-tanah yang sangat plastis bisa diperoleh dari uji geser *vane* ini. Harga kekuatan geser tanah kondisi tidak terdrainase (*undrained*) yang didapat dengan alat *vane shear* juga tergantung kepada kecepatan pemutaran momen torsi.

Uji ini terdiri atas proses pemasukan baling ke dalam lempung dan pemutaran alat pemuntir pada sumbu vertikal, sesuai dengan standar SNI 06-2487 atau *ASTM D 2573*.

Alat *vane shear* biasanya terdiri dari empat pelat baja tipis dengan dimensi yang sama yang dilaskan ke sebuah batang putar seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat Uji *Vane Shear*

Kuat geser tidak terdrainase (*undrained*) dapat ditentukan dari persamaan :

$$S_u = \frac{T}{\pi \left[\frac{D^2 H}{2} + \frac{D^3}{6} \right]} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

S_u : kuat geser *undrained* (kg/m^2)

T : Bacaan torsi maksimum (kgm)

D : Diameter *vane* (m)

H : Tinggi *vane* (m)

F. Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Pengujian geser langsung merupakan salah satu jenis pengujian tertua dan sangat sederhana untuk menentukan parameter kuat geser tanah (*shear strength parameter*) kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Dalam pengujian geser langsung ini dapat dilakukan pengukuran secara langsung dan cepat untuk mendapatkan nilai kekuatan geser tanah dengan kondisi tidak terdrainase (*undrained*). Alat uji dari uji geser langsung lebih mudah dioperasikan dan lebih cepat, serta sampel mudah di buat. Pengujian ini pada awalnya hanya digunakan untuk jenis tanah non-kohesif, namun dalam perkembangannya dapat pula diterapkan pada jenis tanah kohesif.

Bidang keruntuhan geser yang terjadi dalam pengujian geser langsung adalah bidang yang dipaksakan, bukan merupakan bidang terlemah seperti yang terjadi pada pengujian kuat tekan bebas ataupun triaksial. Dengan demikian selama proses pembebanan horisontal, tegangan yang timbul dalam bidang geser sangat kompleks, hal ini sekaligus merupakan salah satu kelemahan utama dalam percobaan geser langsung. Nilai kekuatan geser tanah antara lain digunakan dalam merencanakan kestabilan lereng, serta daya dukung tanah pondasi, dan lain sebagainya.

Nilai kekuatan geser ini dirumuskan oleh Coulomb dan Mohr dalam persamaan berikut ini:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

τ = kekuatan geser maksimum (kg/cm^2)

c = kohesi (kg/cm^2)

σ = tegangan normal (kg/cm^2)

ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$)

Prinsip dasar dari pengujian ini adalah pemberian beban secara horisontal terhadap benda uji melalui cincin/kotak geser yang terdiri dari dua bagian dan dibebani vertikal dipertengahan tingginya, dimana kuat geser tanah adalah tegangan geser maksimum yang menyebabkan terjadinya keruntuhan. Selama pengujian pembacaan beban horisontal dilakukan pada interval regangan tetap tertentu (*Strain controlled*). Umumnya diperlukan minimal 3 (tiga) buah benda uji yang identik, untuk melengkapi satu seri pengujian geser langsung. Prosedur pembebanan vertikal dan kecepatan regangan geser akibat pembebanan horisontal, sangat menentukan parameter-parameter kuat geser yang diperoleh.