

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Tanah terbentuk dari terjadinya pelapukan batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat proses mekanis dan kimia. Pelapukan mekanis disebabkan oleh memuai dan menyusutnya batuan akibat perubahan panas dan dingin secara terus menerus yang akhirnya menyebabkan hancurnya batuan tersebut. Tiga bagian yang membentuk tanah, yaitu udara, air, dan partikel-partikel tanah itu sendiri kemudian membentuk suatu gumpalan yang mempunyai massa total tanah.

Tanah adalah kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat dimaksud diaduk dalam air (Terzaghi, 1987).

Tanah merupakan suatu benda alam yang tersusun dari padatan (bahan mineral dan bahan organik), cairan dan gas, yang menempati permukaan daratan, menempati ruang, dan dicirikan oleh salah satu atau kedua berikut: horison-horison, atau lapisan-lapisan, yang dapat dibedakan dari bahan asalnya sebagai hasil dari suatu proses penambahan, kehilangan, pemindahan dan transformasi energi dan materi, atau berkemampuan mendukung tanaman berakar di dalam suatu lingkungan alami (Soil Survey Staff, 1999).

Tanah didefinisikan sebagai suatu lapisan kerak bumi yang tidak menjadi satu dengan ketebalan beragam yang berbeda dengan bahan-bahan dibawahnya, juga tidak beku dalam hal warna, bangunan fisik, struktur susunan kimiawi, sifat biologi, proses kimiawi ataupun reaksi-reaksi (Sutedjo, 1988).

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat dan butiran mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk menjadi berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

Pengertian tanah menurut Bowles (1984), tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis unsur-unsur sebagai berikut:

1. Berangkal (*Boulder*) adalah potongan batuan batu besar, biasanya lebih besar dari 200mm-300mm dan untuk kisaran ukuran-ukuran 150mm-250mm, batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).
2. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074mm–5mm, yang berkisar dari kasar (3mm–5mm) sampai halus (< 1 mm).
3. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002mm–0,074mm.
4. Lempung (*clay*) adalah partikel yang berukuran lebih dari 0,002mm, partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi dari tanah yang kohesif.
5. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam, berukuran lebih dari 0,01mm.

Tanah didefinisikan sebagai suatu sistem tiga fase yang mengandung air, udara dan bahan-bahan mineral dan organik serta jasad-jasad hidup, yang karena pengaruh berbagai faktor lingkungan pada permukaan bumi dan kurun waktu, membentuk berbagai hasil perubahan yang memiliki ciri-ciri morfologi yang khas (Schoeder, 1972).

B. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok 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 tanah bertujuan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekutan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989).

Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-

satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi.

Adapun sistem klasifikasi tanah yang telah umum digunakan adalah:

1. Sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*)

Sistem ini 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*). Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

a. 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 & lempung : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,0075 mm (No.200).

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai Indeks Plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung

dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

- c. Apabila ditemukan batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentasi dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

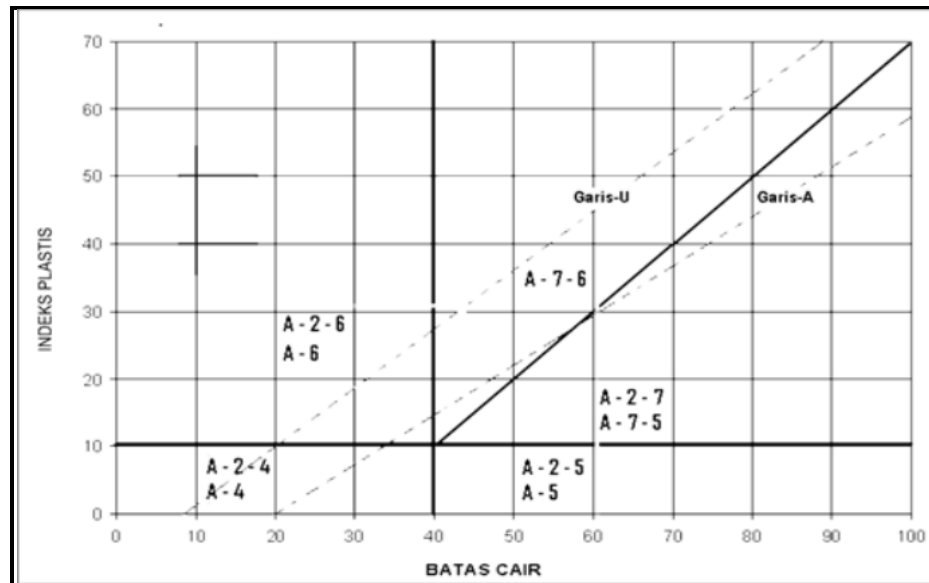
Sistem klasifikasi AASTHO membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah berbutir yang 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3. Tanah berbutir yang lebih dari 35 % butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung.

Untuk mengklasifikasikan tanah, maka data yang didapat dari percobaan laboratorium dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 2.1. Kelompok tanah dari sebelah kiri adalah kelompok tanah baik dalam menahan beban roda, juga baik untuk lapisan dasar tanah jalan. Sedangkan semakin ke kanan kualitasnya semakin berkurang.

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	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)						
Klasifikasi kelompok	A-4		A-5		A-6		A-7
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		Maks 41 Maks 10		Maks 40 Maks 11		Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau				Tanah Berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Gambar di bawah ini 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.



Gambar 2.1. Nilai-nilai batas *Atterberg* untuk subkelompok tanah. (Hary Christady, 1992).

2. Sistem *Unified Soil Classification System (USCS)*.

Dalam sistem ini, *Cassagrande* membagi tanah menjadi 3 (tiga) kelompok (Sukirman, 1992) yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), < 50% lolos saringan No. 200.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), > 50% lolos saringan No. 200.
3. Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa-sisa tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi Tanah USCS (Bowles, 1989)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	$w_L < 50 \%$	L
Organik	O	$w_L > 50 \%$	H
Gambut	Pt		

Dimana:

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 2.3. Klasifikasi tanah berdasarkan sistem *Unified*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
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	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	Batas-batas <i>Atterberg</i> 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	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Batas-batas <i>Atterberg</i> 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	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
				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		<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Sumber : Hary Christady, 1996.

C. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik & 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. Tanah ini juga memiliki permeabilitas lempung sangat rendah. Sifat fisika tanah lempung umumnya terletak diantara sifat tanah pasir dan liat. Pengolahan tanah tidak terlampau berat, sifat merembeskan airnya sedang dan tidak terlalu melekat.

Tanah lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (2 mikron). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung. Di sini tanah di klasifikasikan sebagai lempung hanya berdasarkan pada ukurannya saja. Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung (*clay mineral*).

1. Sifat-Sifat Umum Mineral Lempung :

a. Hidrasi

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar serta mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi. Lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya yang akan hilang pada temperature yang

lebih tinggi dari 60°C sampai 100°C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

b. Flokulasi dan Disversi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal (*amorphus*) maka daya negatif netto ion-ion H^+ di dalam air, gaya *Van der Waals*, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk flok (*flock*) yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sedimen yang sangat lepas. *Flokulasi* larutan dapat dinetralisir dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam ($ionH^+$), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat *flokulasi*. Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala *thixotropic* (*Thixopic*), dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

c. Aktivitas (A)

Hary Christady (2002) merujuk pada skempton (1953) mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara indeks plastisitas dengan persentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm. Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung.

Swelling potensial adalah kemampuan mengembang tanah yang dipengaruhi oleh nilai aktivitas tanah. Setiap tanah lempung memiliki nilai aktivitas yang berbeda-beda. Tabel 2.4 mengidentifikasi tingkat aktivitas tanah dalam 4 kelompok, yaitu:

Tabel 2.4. Kelompok aktivitas tanah dan nilai Swelling

No.	Aktivitas Tanah	Nilai Swelling Potensial
1	Rendah	$\leq 1,5\%$
2	Sedang	$> 1,5\%$ dan $\leq 5\%$
3	Tinggi	$> 5\%$ dan $\leq 25\%$
4	Sangat Tinggi	$> 25\%$

(Sumber : R.F CRAIG, 1989)

d. Pengaruh Zat Cair

Air yang tidak murni secara kimiawi adalah fase air yang berada di dalam struktur tanah lempung. Pada pengujian di Laboratorium untuk batas *Atterberg*, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Untuk dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi maka dilakukan pemakaian air suling yang relative bebas ion.

Air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. Satu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (dipolar). Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetraklorida (CCl_4) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

e. Sifat-Sifat Fisik Tanah

Sifat-sifat fisik tanah berhubungan erat dengan kelayakan pada banyak penggunaan tanah. Kekokohan dan kekuatan pendukung, kapasitas penyimpanan air, plastisitas semuanya secara erat berkaitan dengan kondisi fisik tanah. Hal ini berlaku pada tanah yang digunakan sebagai bahan struktural dalam pembangunan jalan raya, bendungan, dan pondasi untuk sebuah gedung, atau untuk sistem pembuangan limbah (Hendry D. Foth, Soenartono A. S, 1994).

Untuk mendapatkan sifat-sifat fisik tanah, ada beberapa ketentuan yang harus diketahui terlebih dahulu, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kadar Air
2. Berat Volume
3. Analisa Saringan
4. Berat Jenis
5. Batas *Atterberg*
6. Hidrometer

f. Sifat Kembang Susut (*Swelling*)

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang membahayakan bangunan.

Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu:

- a. Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.
- b. Kadar air.
- c. Susunan tanah.

- d. Konsentrasi garam dalam air pori.
- e. Sementasi
- f. Adanya bahan organik, dll.

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang. Tanah Lempung mempunyai beberapa jenis diantaranya tanah lempung berlanau, tanah lempung plastisitas rendah dan tanah lempung berpasir.

D. Lempung Berpasir

Pasir merupakan partikel penyusun tanah yang sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*. Sifat-sifat yang dimiliki tanah pasir adalah sebagai berikut (Das, 1991):

1. Ukuran butiran antara 2 mm – 0,075 mm.
2. Bersifat non kohesif.
3. Kenaikan air kapiler yang rendah, antara 0,12 – 1,2 m.
4. Memiliki nilai koefisien permeabilitas antara 1,0 – 0,001 cm/det.
5. Proses penurunan sedang sampai cepat.

Pada tanah lempung berpasir persentase didominasi oleh partikel lempung dan pasir walaupun terkadang juga terdapat sedikit kandungan kerikil ataupun lanau. Identifikasi tanah lempung berpasir dapat ditinjau dari ukuran butiran, distribusi ukuran butiran dan observasi secara visual. Sedangkan untuk batas konsistensi tanah digunakan sebagai data pendukung identifikasi karena batas konsistensi

tanah lempung berpasir disuatu daerah dengan daerah lainnya akan berbeda tergantung jenis dan jumlah mineral lempung yang terkandung di dalamnya. Suatu tanah dapat dikatakan lempung berpasir bila lebih dari 50% mengandung butiran lebih kecil dari 0,002 mm dan sebagian besar lainnya mengandung butiran antara 2 – 0,075 mm. Pada Sistem Klasifikasi *Unified* (ASTM D 2487-66T) tanah lempung berpasir digolongkan pada tanah dengan simbol CL yang artinya tanah lempung berpasir memiliki sifat kohesi sebagian karena nilai plastisitasnya rendah ($PI < 7$).

E. Kuat Tekan

1. Definisi Kuat Tekan tanah

Kuat tekan bebas adalah harga tegangan aksial maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji silindris (dalam hal ini sampel tanah lempung) sebelum mengalami keruntuhan geser atau pada saat regangan aksial mencapai 20%.

Derajat kepekaan/sensitivitas (S_t) adalah rasio antara kuat tekan bebas dalam kondisi asli (*undisturbed*) dan dalam kondisi teremas (*remolded*).

$$S_t = \frac{q_u (\text{undisturbed})}{q_u (\text{remolded})}$$

Dimana:

S_t : Derajat kepekaan

q_u (undisturbed) : Kuat tekan bebas dalam kondisi asli

q_u (remolded) : Kuat tekan bebas dalam kondisi teremas

2. Teori Kuat Tekan Tanah

Nilai kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength*) didapat dari pembacaan proving ring dial yang maksimum.

$$q_u = \frac{k \cdot R}{A}$$

dimana:

q_u : Kuat tekan bebas

k : Kalibrasi proving ring

R : Pembacaan maksimum

A : Luas penampang contoh tanah pada saat pembacaan R

F. Tahanan Geser Tanah

1. Definisi Kuat Geser Tanah

Pengujian ini dimaksudkan untuk memperoleh tahanan geser tanah pada tegangan normal tertentu. Tujuannya adalah untuk mendapatkan kuat geser tanah. Suatu beban yang dikerjakan pada suatu masa tanah akan selalu menghasilkan tegangan dengan intensitas yang berbeda-beda di dalam zona berbentuk bola lampu di bawah beban tersebut (Bowles, 1993).

Kuat geser tanah sebagai perlawanan internal tanah terhadap persatuan luas terhadap keruntuhan atau pengerasan sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud (Das, 1994).

2. Teori Kuat Geser Tanah

Menurut teori Mohr (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = f(\sigma)$$

dimana:

τ = Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (*failure*)

σ = Tegangan normal pada saat kondisi tersebut

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hary Cristady, 2002). Coulomb (1776) mendefinisikan $f(\sigma)$ seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

dengan:

τ = Kuat geser tanah (kN/m^2)

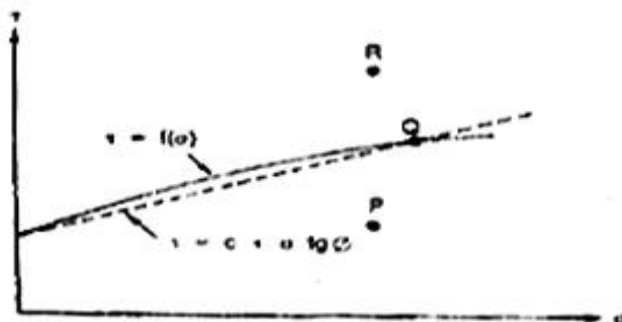
c = Kohesi tanah (kN/m^2)

Φ = Sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek internal (derajat)

Σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)

Garis keruntuhan (*failure envelope*) menurut Coulomb (1776) berbentuk garis lengkung seperti pada gambar 2.2 dimana untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan kekuatan geser

(Das,1995). Tanah, seperti halnya bahan padat, akan runtuh karena tarikan maupun geseran. Tegangan tarik dapat menyebabkan retakan pada suatu keadaan praktis yang penting. Walaupun demikian, sebagian besar masalah dalam teknik sipil dikarenakan hanya memperhatikan tahanan terhadap keruntuhan oleh geseran.



Gambar 2.2. Garis keruntuhan menurut Mohr dan Hukum keruntuhan Mohr – Coulomb (Hary Cristady, 2002)

Jika tegangan-tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan-tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangan yang terjadi mencapai titik R, bahan sudah mengalami keruntuhan. Tegangan-tegangan efektif yang terjadi di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori.

G. Korelasi Kuat Tekan Bebas Terhadap Kuat Geser Langsung

Korelasi kuat tekan bebas terhadap kuat geser langsung ini dapat diketahui dengan cara mengukur kuat tekan bebas tanah, sehingga dapat mengetahui kekuatan geser tanah (C). Uji kuat tekan bebas merupakan cara untuk memperoleh kuat geser

tanah kohesif yang cepat dan ekonomis. Keterbatasan pada pengujian ini adalah tidak bisa dilakukan pada tanah yang dominan pasir.

1. Kuat tekan bebas (qu):

Nilai kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength*), q_u . Di dapat dari pembacaan ring dial maksimum.

$$q_u = \frac{k \times R}{A}$$

2. Kuat geser undrained (C):

Kuat geser undrained (C) adalah setengah dari kuat tekan bebas.

$$C = \frac{q_u}{2}$$

Tabel 2.5. konsistensi dan korelasi *Unconfined Compression Strength* terhadap *Shear Strength* pada tanah kohesif (lempung)

Konsistensi	Shear Strength (Kg/Cm ²)	UCS (Kg/Cm ²)
Very soft	< 0,12	< 0,25
Soft	0,12 – 0,25	0,25 – 0,50
Medium	0,25 – 0,50	0,50 – 1,00
Stiff/firm	0,50 – 1,00	1,00 – 2,00
Very stiff	1,00 – 2,00	2,00 – 4,00
Hard	> 2,00	> 4,00

Dari : Lambe dan Whitman, 1979

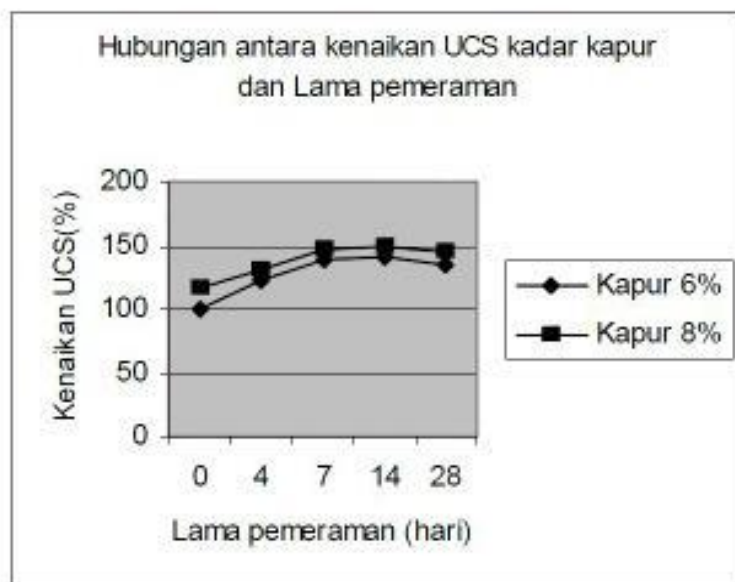
Dari tabel 2.5 dapat dilihat hubungan kuat tekan bebas terhadap kuat geser langsung, yaitu semakin besar nilai kuat tekan bebas, semakin besar pula nilai kuat geser pada tanah tersebut. Nilai kuat geser langsung yaitu setengah dari nilai kuat tekan bebas.

H. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pengujian kuat geser langsung dan kuat tekan antara lain:

A. Penelitian kuat tekan bebas

Pada penelitian yang telah dilakukan (Hatmoko, J.T dan Lulie Y, 2007) yang berjudul UCS Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Abu Ampas Tebu Dan Kapur didapat grafik hubungan UCS kadar kapur dan lama pemeraman.



Gambar 2.3. Hubungan antara kenaikan UCS kadar kapur dan lama pemeraman (Hatmoko, J.T dan Lulie Y, 2007)

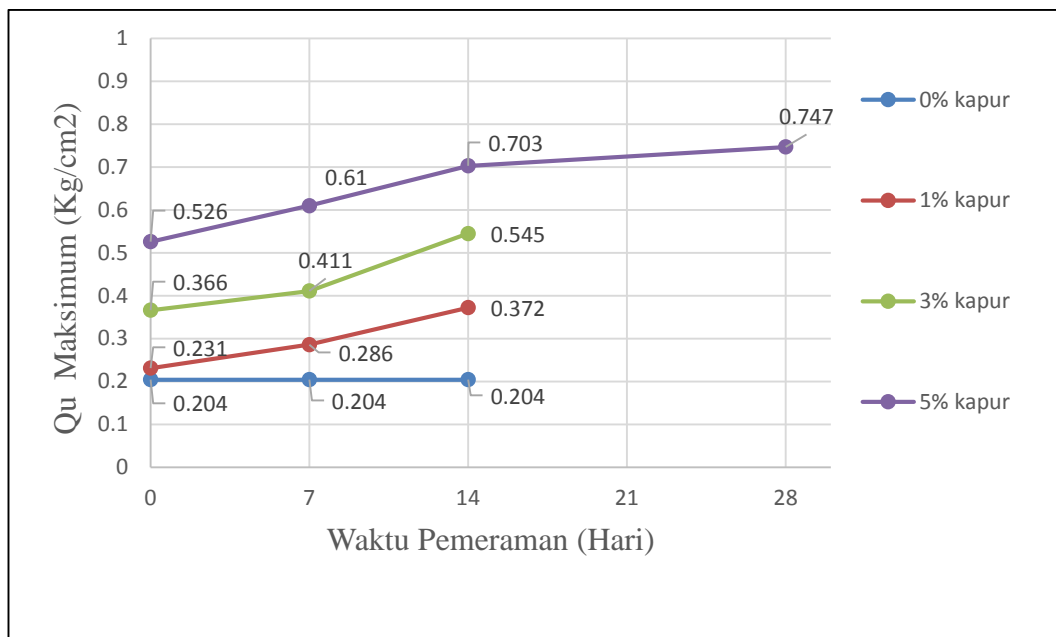
Dapat disimpulkan pengujian kuat tekan bebas tanah lempung dicampur kapur dengan variasi 6% dan 8%, selalu mengalami kenaikan hingga pemeraman 28 hari.

Pada penelitian yang dilakukan (Ghazali F, 2010) yang berjudul Pengaruh Penambahan Kapur Ca(OH)_2 Pada Tanah Lempung (*Clay*) Terhadap Plastisitas Dan Nilai CBR Tanah Dasar (*Subgrade*) Perkerasan Jalan diperoleh hasil pengujian kuat tekan bebas tanah lempung yang dengan kapur.

Tabel 2.6. Hasil penelitian terhadap kuat tekan bebas berbagai variasi penambahan kapur dan waktu pemeraman.

No	Penambahan Kapur (%)	Waktu Pemeraman (Hari)	UCS (Kg/cm ²)
1	1	0	0,231
		7	0,286
		14	0,372
2	3	0	0,366
		7	0,411
		14	0,545
3	5	0	0,526
		7	0,610
		14	0,703
		28	0,747

Sumber (Ghazali F, 2010)



Gambar 2.4. Perbandingan nilai kuat tekan bebas maksimum tanah lempung yang telah di campur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan berbagai variasi kadar kapur dan waktu pemeraman (Ghazali F, 2010)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa kuat tekan bebas tanah asli yang dicampur dengan kapur selalu naik dengan naiknya kadar kapur di dalam tanah serta lamanya pemeraman. Kenaikan nilai kuat tekan bebas (Q_u) maksimum terjadi pada penambahan kapur 5% dengan masa pemeraman 14 hari, yaitu dari 0.204 kg/cm^2 menjadi 0.703 kg/cm^2 .

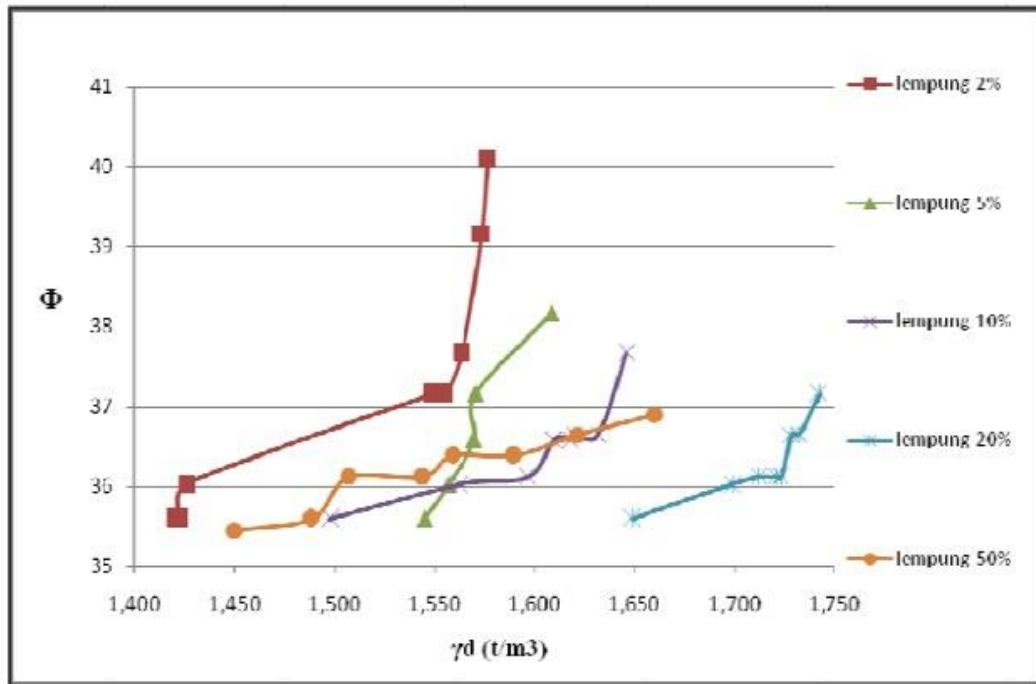
B. Penelitian kuat geser langsung

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Anita Widianti pada tahun 2007 dengan judul Kekuatan Geser Campuran Tanah-Kapur-Abu Sekam Padi dengan Inklusi Kadar Serat Karung Plastik yang Bervariasi ini bertujuan untuk menganalisis seberapa besar kontribusi inklusi serat plastik pada kadar tertentu terhadap parameter kuat geser campuran tanah dengan kapur-abu sekam padi, yang meliputi kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ) dengan variasi 0,1% ; 0,2% ; 0,4% ;

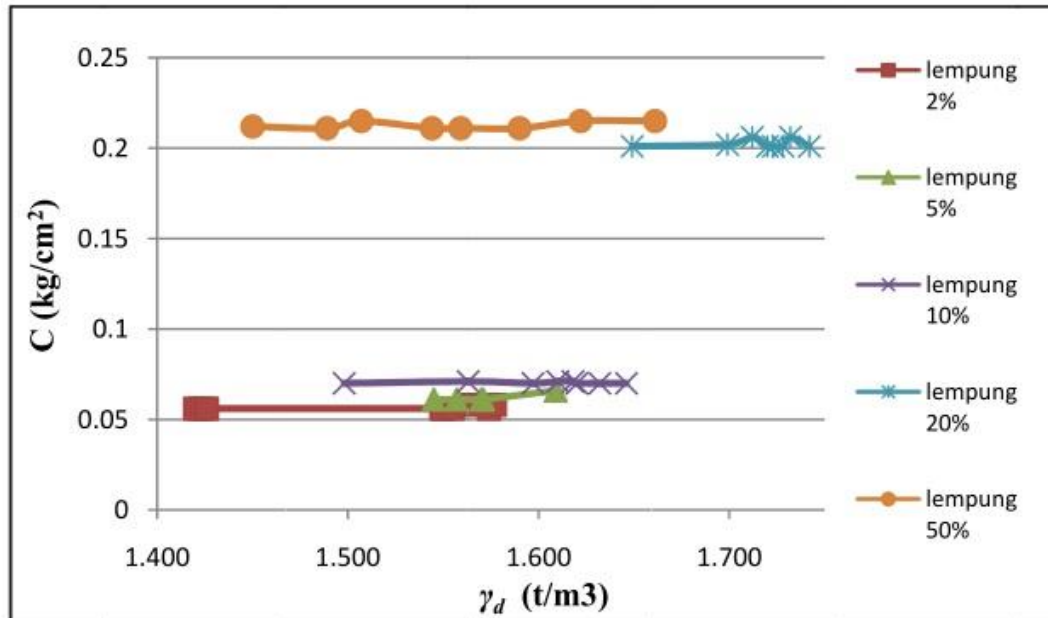
0,8 % ; dan 1,2 %. Secara umum, sudut gesek dalam dan kuat geser tanah hasil pengujian mengalami peningkatan. Kenaikan sudut gesek dalam sebesar 282,74% dari sudut gesek dalam tanah asli, kenaikan nilai kohesi sebesar 123,18% dari kohesi tanah asli, dan kenaikan kuat geser sebesar 178,63% dari kuat geser tanah asli (pada $\sigma = 12,59 \text{ kN/m}^2$).

Dr. Lusmelia Afriani, 2008 melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan tanah pasir pada tanah lempung. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan material pasir pada tanah lunak akan meningkatkan besarnya berat volume tanah campur pasir, dengan peningkatan rata-rata sebesar 5,94 %. Sedangkan nilai kohesi dari tanah lunak campur pasir akan menurun dibanding tanah lempung murni, dengan penurunan rata-rata sebesar 25,07 %. Peningkatan nilai sudut geser dalam dan lempung lunak yang dicampur dengan pasir rata-rata sebesar 67,03 %. Mengingat hasil diatas dapat disimpulkan bahwa nilai daya dukung tanah lunak akan semakin meningkat jika dilakukan penambahan campuran dengan pasir, hal ini terlihat dan meningkatnya sudut geser dalam yang signifikan.

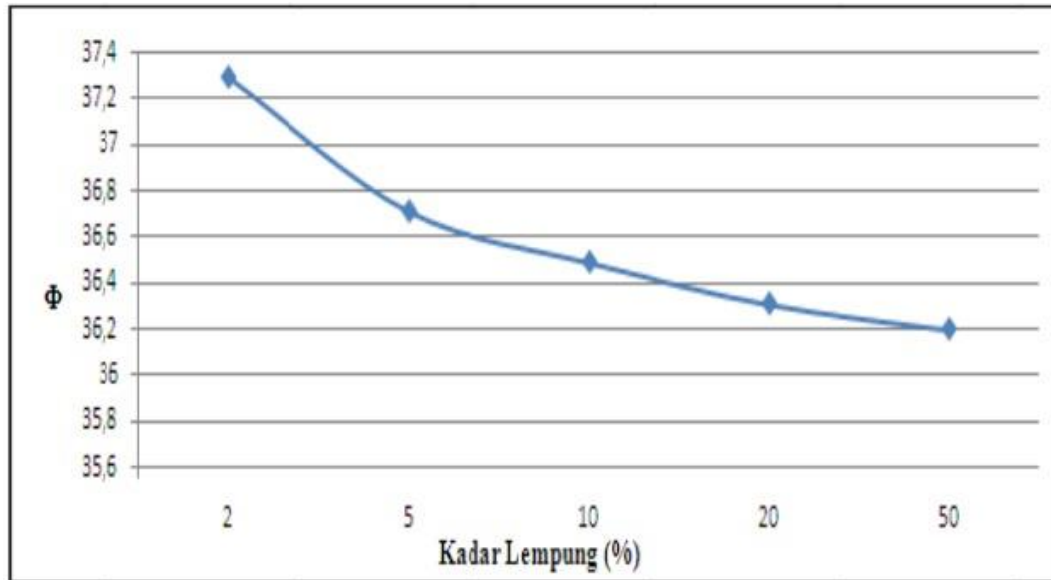
Selanjutnya pada penelitian terdahulu dengan judul Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung Pada Tanah Pasir Pantai Terhadap Kekuatan Geser Tanah yang dilakukan oleh Abdul Hakam , Rina Yuliet , Rahmat Donal (2010). Hasil analisa hasil pengujian kuat geser langsung pada kondisi basah dengan pemadatan menggunakan proctor standar untuk tanah pasir dengan variasi kadar lempung.



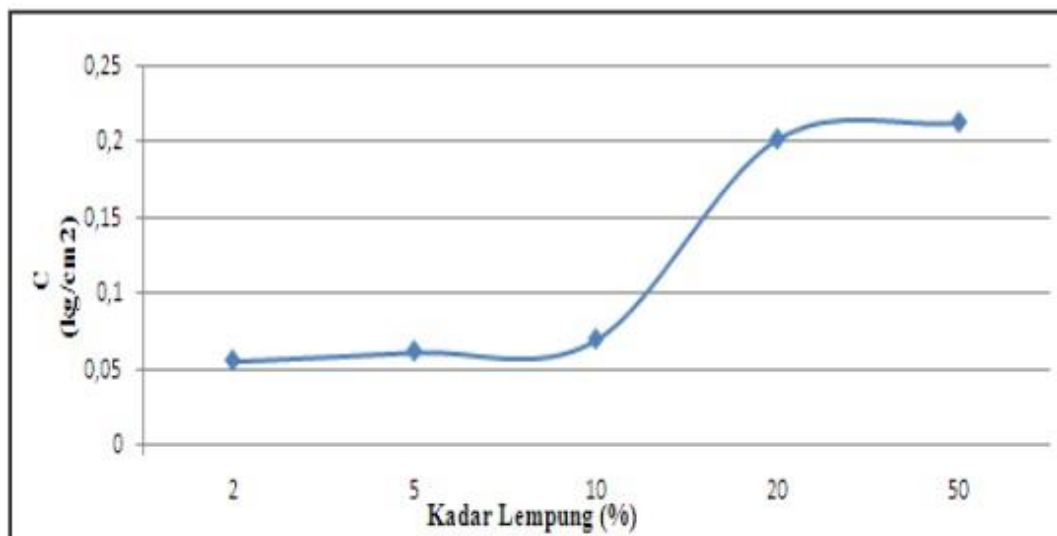
Gambar 2.5. Hubungan Sudut Geser Tanah dengan Kepadatan Kering (Abdul Hakam , Rina Yuliet , Rahmat Donal, 2010)



Gambar 2.6. Hubungan Nilai Kohesi Tanah dengan Kepadatan Kering (Abdul Hakam , Rina Yuliet , Rahmat Donal, 2010)



Gambar 2.7. Hubungan Sudurt Geser Tanah dengan % Lempung (Abdul Hakam , Rina Yuliet , Rahmat Donal, 2010)



Gambar 2.8. Hubungan Kohesi dengan Lempung(Abdul Hakam , Rina Yuliet , Rahmat Donal, 2010)

Berdasarkan hasil diatas dapat dianalisa bahwa semakin besar kadar lempung maka nilai sudut geser dalam semakin berkurang dan nilai kohesi semakin tinggi.