BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah Lempung

Menurut Terzaghi (1987) Lempung adalah 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 tidak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah. Istilah "*gumbo*" digunakan, khususnya di Amerika bagian barat, Untuk lempung yang keadaan plastisnya ditandai dengan wujudnya yang bersabun atau seperti terbuat dari lilin, serta amat keras. Pada kadar air yang lebih tinggi (basah) lempung tersebut bersifat lengket.

3.2 Lempung Lunak

Menurut Das, Braja M (1985) mengklasifikasikan lempung berdasarkan kadar air. Seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kalsifikasi Tanah Lempung Berdasarkan Kadar Air

Tanah tipe lempung	Kadar air, w (%)
Kaku	21
Lembek	30 - 50
Lunak*	90 – 120

*Batas cair > 50%

3.3 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah yang ada mempunyai beberapa versi, hal ini disebabkan karena tanah memiliki sifat-sifat yang bervariasi. Adapun beberapa metode klasifikasi tanah yang ada antara lain :

1. Klasifikasi tanah berdasarkan pemakaian
   a. Sistem klasifikasi USCS

3.3.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Pemakaian

Klasifikasi tanah secara umum adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya.

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem yang mengatur jenis-jenis tanah yang berbeda-beda, tetapi mempunyai sifat-sifat serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Dengan adanya sistem klasifikasi ini akan menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang rinci. Klasifikasi ini pada umumnya didasarkan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butirandan plastisitas. Namun semuanya tidak memberikan penjelasan yang tegas tentang kemungkinan pemakaianya.

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

Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh *Cassagrande* dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps Engineers*. Sistem ini telah dipakai dengan

sedikit modifikasi oleh *U.S. Bureau of Reclamation* dan *U.S Corps of Engineers* dalam tahun 1952. Dan pada tahun 1969 American *Society for Testing and Material* telah menjadikan sistem ini sebagai prosedur standart guna mengklasifikasikan tanah untuk tujuan rekayasa.

Sistem USCS membagi tanah ke dalam dua kelompok utama :

a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils)* adalah tanah yang lebih dan 50 % bahannya tertahan pada ayakan No. 200. Tanah butir kasar terbagi atas kerikil dengan simbol G (*gravel*), dan pasir dengan simbol S (*sand*).
b. Tanah butir halus (*fine-grained soils)* adalah tanah yang lebih dan 50 % bahanya lewat saringan No. 200. Tanah butir halus terbagi atas lanau dengan simbol M (*silt*), lempung dengan simbol C (*clay*), serta lanau dan lempung organik dengan simbol O, bergantung pada tanah itu terletak pada grafik plastisitas. Tanda L untuk plastisitas rendah dan tanda H untuk plastisitas tinggi.

Adapun simbol-simbol lain yang digunakan dalam klasifikasi tanah ini adalah :

W : well graded (tanah dengan gradasi baik)

P : poorly graded (tanah dengan gradasi buruk)

L : low plasticity (plastisitas rendah) (LL < 50)

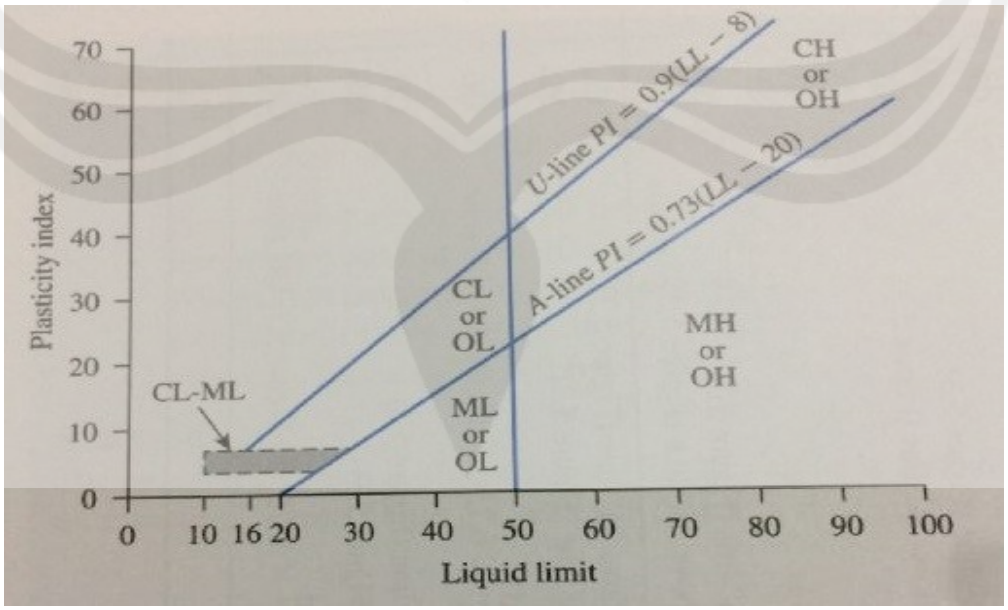
H : high plasticity (plastisitas tinggi) (LL > 50)

Adapun menurut *Bowles,* 1991 kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified* diperlihatkan pada Tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

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		

Klasifikasi sistem tanah USCS secara visual dilapangan sebaiknya dilakukan pada setiap pengambilan contoh tanah. Hal ini berguna disamping untuk dapat menentukan pemeriksaan yang mungkin perlu ditambahkan juga sebagai pelengkap klasifikasi yang dilakukan dilaboratorium agar tidak terjadi kesalahan tabel .



(Sumber : Braja M DAS, 2010)

Gambar 3.1 Grafik Plastisitas

Tabel 3.3 Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Criteria for assigning group symbols				Group symbol
Coarse-grained soils More than 50% of retained on No. 4 sieve	**Gravels** More than 50% of coarse fraction retained on No. 4 sieve	Clean Gravels Less than 5% fines[a]	$C_u \geq 4$ and $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW
			$C_u < 4$ and/or $1 > C_c > 3^c$	GP
		Gravels with Fines More than 12% fines[a,d]	$PI < 4$ or plots below "A" line (Figure 5.3)	GM
			$PI > 7$ and plots on or above "A" line (Figure 5.3)	GC
	Sands 50% or more of coarse fraction passes No. 4 sieve	Clean Sands Less than 5% fines[b]	$C_u \geq 6$ and $1 \leq C_c \leq 3^c$	SW
			$C_u < 6$ and/or $1 > C_c > 3^c$	SP
		Sands with Fines More than 12% fines[b,d]	$PI < 4$ or plots below "A" line (Figure 5.3)	SM
			$PI > 7$ and plots on or above "A" line (Figure 5.3)	SC
Fine-grained soils 50% or more passes No. 200 sieve	**Silts and clays** Liquid limit less than 50	Inorganic	$PI > 7$ and plots on or above "A" line (Figure 5.3)[e]	CL
			$PI < 4$ or plots below "A" line (Figure 5.3)[e]	ML
		Organic	$\frac{\text{Liquid limit — oven dried}}{\text{Liquid limit — not dried}} < 0.75$; see Figure 5.3; OL zone	OL
	Silts and clays Liquid limit 50 or more	Inorganic	PI plots on or above "A" line (Figure 5.3)	CH
			PI plots below "A" line (Figure 5.3)	MH
		Organic	$\frac{\text{Liquid limit — oven dried}}{\text{Liquid limit — not dried}} < 0.75$; see Figure 5.3; OH zone	OH
Highly Organic Soils	Primarily organic matter, dark in color, and organic odor			Pt

[a] Gravels with 5 to 12% fine require dual symbols: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

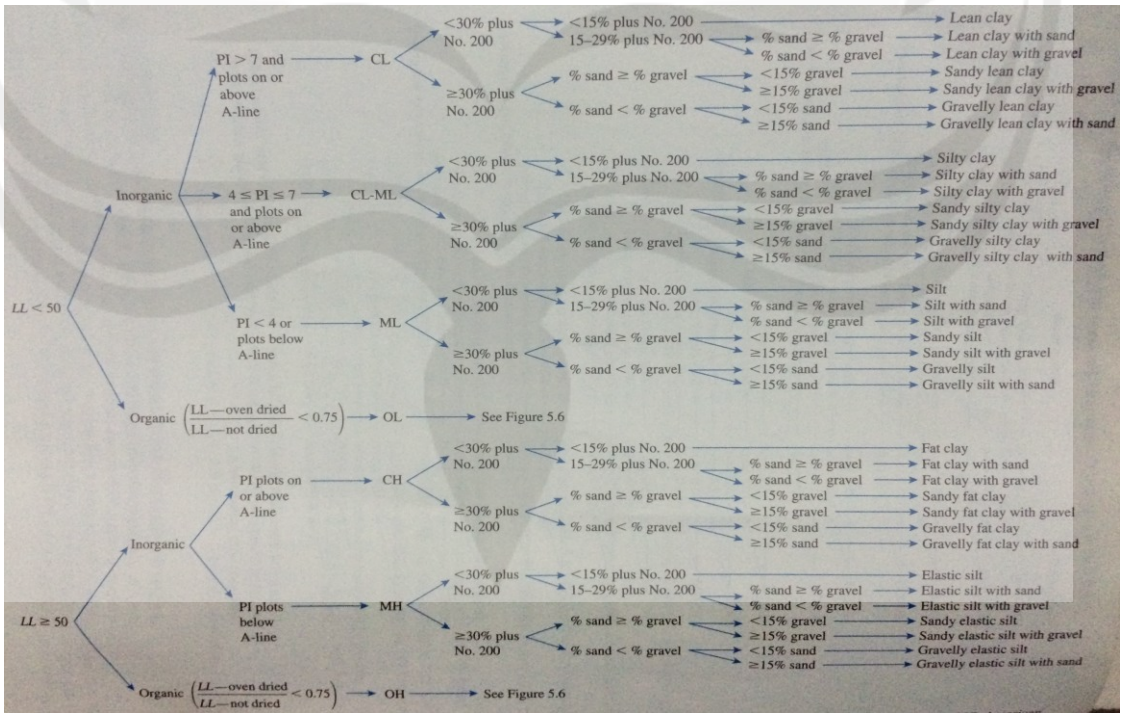
[b] Sands with 5 to 12% fines require dual symbols: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

[c] $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$

[d] If $4 \leq PI \leq 7$ and plots in the hatched area in Figure 5.3, use dual symbol GC-GM or SC-SM.

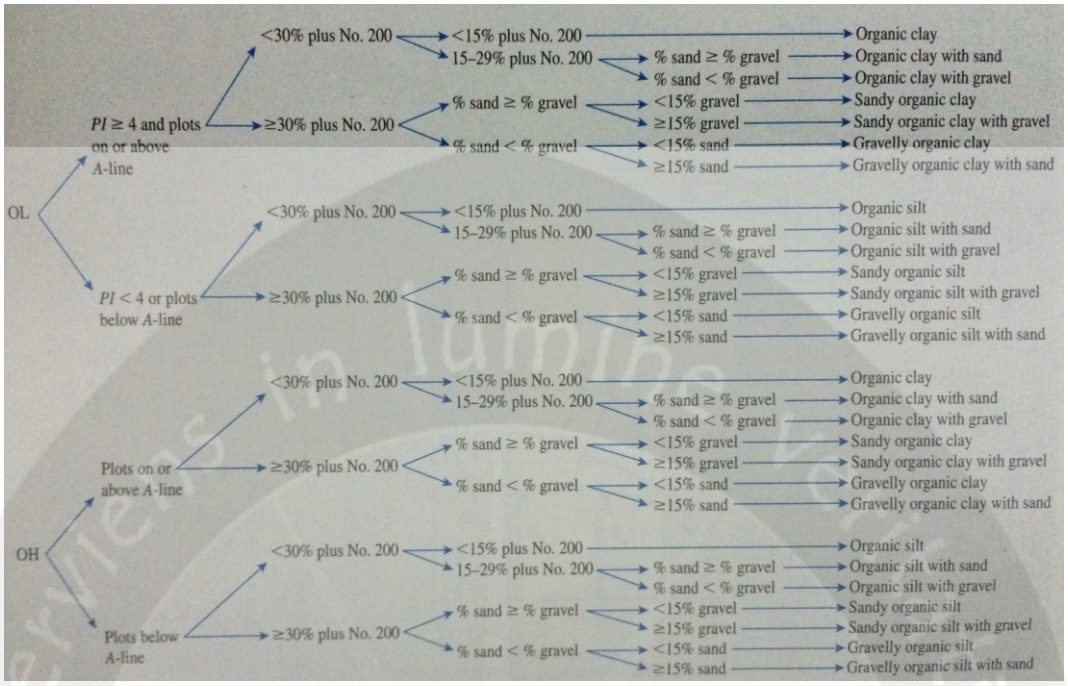
[e] If $4 \leq PI \leq 7$ and plots in the hatched area in Figure 5.3, use dual symbol CL-ML.

(Sumber : Braja M DAS, 2010)



(Sumber : Braja M DAS, 2010)

Gambar 3.2 Nama Grup untuk inorganic Silty dan Clayey Soils



(Sumber : Braja M DAS, 2010)

Gambar 3.3 Nama Grup untuk organic Silty dan Clayey Soils

3.4 Penurunan Tanah

Tujuan dari analisis sebuah penurunan tanah adalah menentukan besarnya penurunan sebuah struktur atau pembagian planimetri penurunan dan juga mencari selang waktu terjadinya penurunan itu hingga selesai.

Menurut Sosrodarsono dan Nakazawa (1990) penurunan tanah sendiri terbagi menjadi tiga macam yaitu:

1. Penurununan langsung (segera)
2. Perununan karena konsolidasi primer
3. Penurunan sangat perlahan sehubung dengan panjangnya waktu yang dibutuhkan untuk penurunan itu sendiri (konsolidasi sekunder)

Karena tanah pondasi tersusun dari berbagai lapisan maka jumlah penurunan adalah jumlah keseluruhan penurunan yang terjadi pada lapisan – lapisan.

Besarnya penurunan total yang terjadi pada tanah lunak dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$St = \mathrm{Si} + \mathrm{Scp} + \mathrm{Scs} \qquad (3\text{-}1)$$

Keterangan : St = Penurunan total

Si = Penurunan segera

Scp = Penurunan konsolidasi primer

Scs = Penurunan konsolidasi sekunder

Penurunan segera berhubungan dengan sifat elastis tanah tanpa adanya perubahan kadar air (air tidak terperas keluar), tahap awalnya biasanya langsung terjadi begitu beban diberikan dan biasanya berkisar antara 0 – 7 hari yang mana biasanya terjadi pada tanah lanau, pasir dan tanah liat dengan derajat kejenuhan kurang dari 90% (Tsujanto, 2012).

Untuk beban terbagi rata dengan luasan flexible pada lapisan dengan tebal terbatas, besarnya penurunan segera dapat dihitung dengan rumus:

$$\mathrm{Si} = \frac{q_n \cdot B}{E} (1 - \mu^2)\, \mathrm{Ip} \qquad (3\text{-}2)$$

Keterangan : S_i = Penurunan segera

q_n = Besarnya tegangan kotak

B = Lebar pondasi

E = Modulus elastik

μ = Angka poison

Ip = Koefisien pengaruh untuk penurunan akibat beban terbagi rata pada luasan fleksibel berbentuk empat persegi panjang.

Dengan nilai *Ip* (faktor pengaruh) tergantung dari lokasi titik yang ditinjau dimana penurunan akan dihitung, bentuk dan kekuatan fondasi. Untuk fondasi fleksibel, nilai *Ip* dapat dihitung dengan menggunakan rumus Faddum :

$$Ip = \frac{1}{4\pi}\left\{\frac{2mn\sqrt{(m^2+n^2+1)}}{m^2+n^2+1+m^2n^2}\ x\ \frac{(m^2+n^2+2)}{(m^2+n^2+1)} + arctg\ \frac{2mn\sqrt{(m^2+n^2+1)}}{m^2+n^2+1-m^2n^2}\right\} \quad (3\text{-}3)$$

Dengan :

$$m = \frac{B}{z} \quad ; \quad n = \frac{L}{z}$$

Keterangan : B = Lebar fondasi

L = Panjang fondasi

z = Kedalaman fondasi

Tabel 3.4 Perkiraan Rasio Poisson (*Bowles, 1977*)

Macam Tanah	**μ**
Lempung jenuh	0,40 – 0,50
Lempung tak jenuh	0,10 – 0,30
Lempung berpasir	0,20 – 0,30
Lanau	0,30 – 0,35
Pasir padat	0,20 – 0,40
Pasir kasar (e = 0,4-0,7)	0,15
Pasir halus (e = 0,4-0,7)	0,25
Batu	0,10 – 0,40
Loess	0,10 – 0,30
Beton	0,15

(Sumber: Hary Christady, Mekanika Tanah 2, 2010)

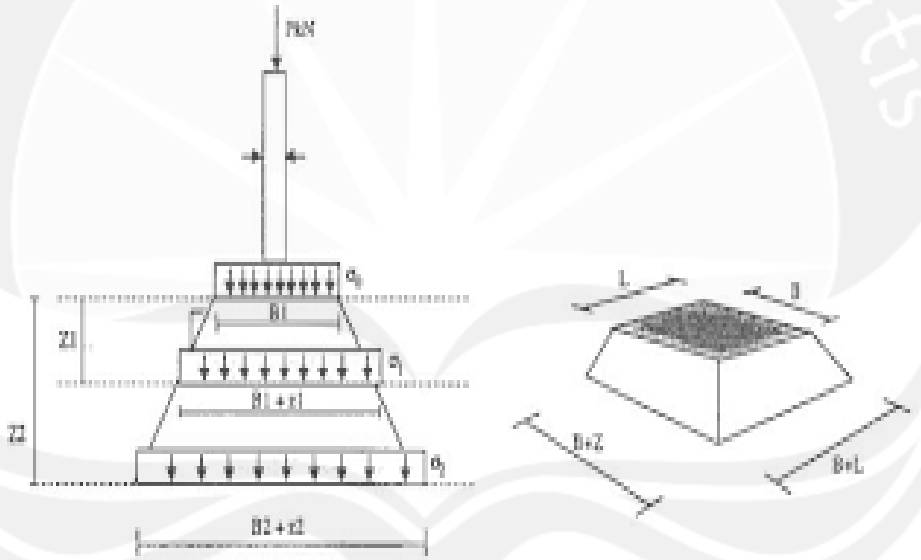
Tabel 3.5 Tabel Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

Jenis Tanah	**E (kg / cm^2)**
LEMPUNG • Sangat Lunak • Lunak • Sedang • Berpasir	 3 – 30 20 – 40 45 – 90 300 – 425
PASIR • Berlanau • Tidak Padat • Padat	 50 – 200 100 - 250 500 – 1000
PASIR DAN KERIKIL • Padat • Tidak Padat	 800 – 2000 500 - 1400
LANAU	20 – 200
LOSES	150 – 600
CADAS	1400 - 14000

(Sumber: Bowles, 1997)

3.5 Distribusi Tegangan Dalam Tanah

Berbagai cara telah digunakan untuk menghitung tambahan tegangan akibat beban pondasi. Semuanya menghasilkan kesalahan bila nilai banding z/B bertambah. Salah satu cara pendekatan kasar yang sangat sederhana untuk menghitung tambahan tegangan akibat beban dipermukaan diusulkan oleh Boussinesq. Caranya dengan membuat garis penyebaran beban 2V : 1H (2 vertikal : 1 horisontal) seperti diperlihatkan gambar 3.1. (Hardiyatmo, 2002).



Gambar 3.4 Distribusi Tegangan Tanah dengan Cara Pendekatan

3.6 Pondasi Cerucuk

Pondasi Cerucuk adalah salah satu jenis pondasi yang biasanya diaplikasikan di daerah dengan kondisi tanah yang kurang stabil dimana umumnya dengan jenis tanah lumpur ataupun tanah gambut dengan elevasi muka air yang cukup tingggi. Cerucuk dalam defenisinya adalah susunan tiang kayu dengan

diameter antara 8 - 15 cm yang dimasukkan atau ditancapkan secara vertikal kedalam tanah yang ditujukan untuk memperkuat daya dukung terhadap beban diatasnya. Dalam konstruksinya ujung atas dari susunan cerucuk disatukan untuk menyatukan kelompok susunan kayu yang disebut dengan kepala cerucuk. Kepala cerucuk dapat berupa pengapit dan tiang - tiang kayu, matras, kawat pengikat, papan penutup atau balok poer.

Perlunya pemberian pondasi cerucuk didasarkan atas :

1. Daya dukung tanah yang cukup rendah,
2. Kesulitan saaat konstruksi, dimana untuk mengerjakan pondasi dalam saat konstruksi akan mengalami kesulitan oleh ketinggian elevasi muka air tanah yang cukup tinggi.
3. Untuk perencanaan kedalaman dan jarak antara tiang pancang harus dilakukan berdasarkan pemeriksaan tanah.

3.7 Pemakaian Cerucuk Pada Tanah

Dalam kaitannya perkuatan tanah dengan pemakaian tiang untuk mendistribusikan beban secara vertikal (lewat tahanan lekat) di dalam lapisan atau dengan mentransfer beban menjadi material yang buruk sampai didukung oleh tanah yang cukup kuat (tahanan ujung).

Dalam hal ini mungkin dapat dipergunakan *Friction Pile* yaitu tiang yang tertahan oleh pelekatan antara tiang dengan tanah. Tiang semacam ini disebut juga tiang terapung (*Floating Piles*). Istilah *floating pile* dipakai untuk pondasi di atas

tanah yang lembek dimana berat bangunan diatur supaya kurang lebih sama dengan berat tanah yang digali.

Selanjutnya pemakaian cerucuk bertujuan untuk :

1. Meningkatkan daya dukung tanah
2. Mengurangi terjadinya penurunan pondasi
3. Menghindari terjadinya gelinciran, karena cerucuk dapat menahan gaya geser lebih besar daripada tanah, selain itu cerucuk merupakan suatu tulangan penguat sehingga akan mampu menahan gerakan-gerakan tersebut.