

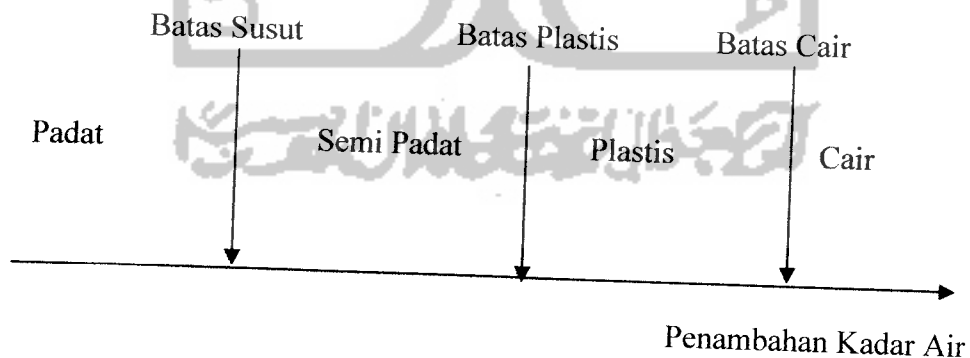
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batas-batas Atterberg

Tanah yang butiran halus biasanya memiliki sifat plastis. Sifat plastis tersebut merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk tanah setelah bercampur dengan air pada volume yang tetap. Tanah tersebut akan berbentuk cair, plastis, semi padat atau padat tergantung jumlah air yang bercampur pada tanah tersebut.

Batas Atterberg memperlihatkan terjadinya bentuk tanah dari benda padat hingga menjadi cairan kental sesuai dengan kadar airnya. Dari test batas Atterberg akan didapatkan parameter batas cair, batas plastis, batas lengket dan batas kohesi yang merupakan keadaan konsistensi tanah. Batas-batas Atterberg dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Batas-batas Atterberg

Sumber : Bowles, J E, (1984)

3.1.1 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai presentase kadar air yang dibutuhkan untuk menutup celah selebar 12,7 mm pada dasar cawan, sesudah 25 kali pukulan, menggunakan alat Casagrande.

3.1.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas Plastis (*PL*) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara tanah keadaan plastis dengan keadaan semi padat, yaitu persentase kadar air tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

$$PL = \left(\frac{W_p - W_k}{W_k} \right) \times 100 \% \dots \dots \dots (3.1)$$

PL = Batas plastis tanah

Wp = Berat tanah basah kondisi plastis

Wk = Berat tanah kering

3.1.3 Indeks Plastisitas

Indeks Plastisitas merupakan interval kadar air, yaitu tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisan tanahnya. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanah gemuk.

Nilai indeks plastisitas dapat dihitung dengan persamaan 3.5 berikut :

$$IP = LL - LP \dots \dots \dots (3.2)$$

IP = Indeks plastis

LL = Batas cair

PL = Batas plastis

Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg terdapat dalam Tabel 3.1. berikut ini :

Tabel 3.1. Batasan Indeks Plastisitas menurut Atterberg

INDEKS PLASTISITAS %	SIFAT	MACAM TANAH	NILAI KOHESI
0	Nonplastis	Pasir	Nonkohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>7	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Hardiyatmo. H.C (1992)

3.1.4 Batas susut (*Shrinkage Limit*)

Batas Susut (*SL*) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara tanah keadaan semi padat dengan keadaan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanahnya.

Tingkatan plastis tanah dapat ditentukan berdasar indek plastisitasnya.

Indek Plastisitas (*PI*) adalah selisih batas cair dan batas plastis.

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots (3. 3)$$

Adapun nilai batas Atterberg dari mineralogi tanah lempung dapat dilihat pada Tabe; 3.2. berikut :

Tabel 3.2 Harga-harga Batas Atterberg untuk Mineral Lempung

Mineral	Batas Cair	Batas Plastis	Batas Kerut
Montmrollonite	100-900	50-100	8.5-1.5
Nontronite	37-72	19-27	
Illite	60-120	35-60	15-17
Kaolinite	30-110	25-40	25-29
Halloysite terhidrasi	50-70	7-60	
Halloysite	35-55	30-45	
Attapulgite	160-230	100-120	
Chlorite	44-47	36-40	
Allophane	200-250	130-1470	

Sumber : Das B.M (1994)

3.2 Klasifikasi Tanah

Umumnya penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Sistem klasifikasi tanah adalah suatu pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok- kelompok dan subkelompok-kelompok pemakaiannya.

Ada tiga (3) macam cara klasifikasi tanah yang umum digunakan yaitu :

1. Klasifikasi tanah dengan cara *Unified System*
2. Klasifikasi tanah berdasarkan USCS
3. Klasifikasi tanah dengan cara AASHTO

3.2.1 Klasifikasi tanah dengan cara *Unified System*

Klasifikasi berdasarkan *Unified system*, tanah dikelompokkan menjadi tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% lolos saringan no.200. Selanjutnya tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub kelompok. Sistem klasifikasi dalam *Unified system* dapat dilihat dalam Tabel 3.1.



-Tabel 3.3 Klasifikasi tanah system Unified (Suyono Sosrodarsono, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, 1990, hal 3)

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% butiran lebih dari 4,75 mm)	Kerikil banyak (sedikit atau tak ada butiran halus)	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus	GW
		Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	GP
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempong	GM
		Kerikil berlempong, campuran kerikil pasir-lempong	GC
Pasir lebih dari 50% (sedikit atau tak ada butiran halus)	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	SW
		Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	SP
	Pasir lebih dari 50% (sedikit atau tak ada butiran halus)	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	SM
		Pasir berlempong, campuran pasir-lempong	SC
Tanah berbutir halus 50% atau lebih (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk butiran atau pasir halus berlanau atau berlempong	ML
		Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung lunak ('lean clays')	CL
		Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	OL
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	MH atau OH
Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')		CH	
Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	OH		
Tanah dengan kadar organik tinggi	P _t	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	P _t

Simbol	Indeks Plastisitas P _t (%)	Batas Cair U _L (%)	Garis A P _t = 0,73 (U _L - 20)
ML	0 - 7	40	
CL	7 - 17	40	
OL	17 - 30	40	
CH	30 - 60	40	
MH atau OH	60 - 100	40	

Diagram plastisitas Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berlabel sebagai klasifikasi menggunakan dua simbol.

Kurang dari 5% kemasakan no 200 GW, GP, 5% kemasakan no 200 GM, 5% kemasakan no 200 GC, SM, SC, 12% kemasakan no 200

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus

Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau P_t < 4

Batas-batas Atterberg di atas garis A atau P_t > 4

Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau P_t < 4

Batas-batas Atterberg di atas garis A atau P_t > 4

Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW

Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW

Bisa-batas Atterberg berada di daerah arsur dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol

Bisa-batas Atterberg berada di daerah arsur dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol

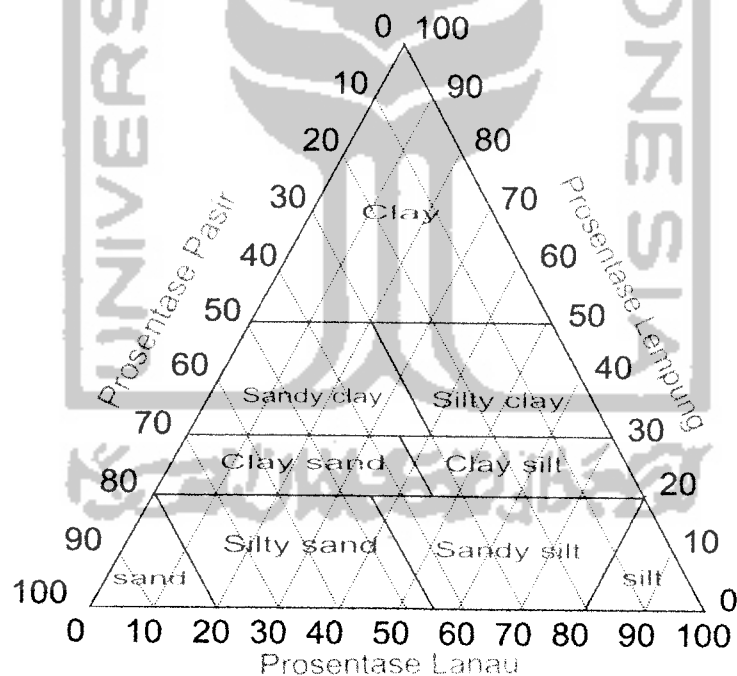
Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

3.2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan USCS

Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada dalam tanah. Pada umumnya tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Dalam klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misal lempung berpasir (*sandy clay*), lempung berlanau (*silty clay*) dan seterusnya.

Gambar 3.1 menunjukkan system klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, system ini didasarkan pada ukuran batas dari ukuran tanah, yaitu:

1. Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai 0,05 mm
2. Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai 0,002 mm
3. Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dar 0,002 mm



Gambar 3.1 Klasifikasi Tanah berdasarkan USCS

3.2.3 Klasifikasi tanah berdasarkan AASTHO

Sistem klasifikasi tanah AASTHO dikembangkan pada tahun 1929 dan sudah mengalami beberapa perbaikan, sedangkan yang berlaku untuk saat ini yaitu ASTM Standar no. D-3282, AASHTO metode M145 yang diperkenalkan pada tahun 1945 (Braja M. Das, I, 1995).

Tabel 3.4 Klasifikasi AASHTO untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya

(Braja M. Das, 1995).

Klasifikasi umum	material granuler (<35% lolos saringan no.200)				Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1 A-1-a-A-1- b	A-3	A-2 A-2-4 A-2-5		A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Analisis saringan (% lolos)								
2.00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-
0.425 mm (no.40)	30 maks	51 maks	-	-	51 min	51 min	51 min	51 min
0,075 mm (no.200)	15 maks	10 maks	35 maks	35 maks	10 maks	10 maks	10 maks	10 maks
Sifat fraksi lolos saringan no.40								
Batas Cair (LL)	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis(PI)	6 maks	np	10 maks	10 maks	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (GI)	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	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir		tanah berlanau		tanah berlempung	
Penilaian umum Sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik				sedang sampai buruk			

Catatan : Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk PL>30 klasifikasinya A-7-5

Untuk PL<30 klasifikasinya A-7-6

np = non plastis

3.2.4. Sifat bahan *Clean set Cement* (CS-10)

Clean set cement adalah suatu jenis bahan kimia yang diproduksi oleh pabrik. Berfungsi untuk memperbaiki dan menstabilkan tanah lunak dan endapan lumpur. Adapun komposisi bahan penyusun dari *Clea set cement* terdapat pada tabel 3.3

Tabel 3.5. Komposisi *Clean set cement* (PT. Indo Clean Set Cement)

Komponen	% berat
SiO ₂	18,56
Al ₂ O ₃	5,24
Fe ₂ O ₃	3,08
CaO	61,56
MgO	1,95
SO ₃	7,74

3.3 Pengujian CBR

Uji CBR dipakai untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang akan dipakai pada pembuatan perkerasan jalan raya. Nilai CBR selanjutnya dipakai untuk penentuan tebal perkerasannya. Uji ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement*, Amerika serikat pada tahun 1930.

Prinsip pengujian CBR adalah dengan menembus sample tanah dengan kepadatan tertentu dalam suatu tabung menggunakan alat penekan standar. Alat penembus/penetrasi yang digunakan adalah sebuah piston berpenampang bulat dengan luas 3 in². Kecepatan penetrasi dilakukan secara konstan sebesar 0,05 in per menit.

Nilai CBR (dinyatakan dalam persentase) dihitung berdasarkan perbandingan antara beban penetrasi suatu piston CBR pada suatu bahan uji

dengan beban penetrasi bahan standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR dihitung pada kedalaman penetrasi 0,1 in dan 0,2 in.

Kekuatan *subgrade* dipengaruhi oleh kadar airnya. Biasanya semakin meningkat kadar air didalam *subgrade* akan menjadi semakin kecil nilai CBR-nya.

Untuk memperhitungkan pengaruh air terhadap kekuatan *subgrade* kelak setelah dioperasikan, maka tanah sample pada pengujian CBR biasanya direndam dalam air selama 4 hari untuk mengamati pengembangan volume sample dan pengurangan nilai CBR akibat perendaman.

Nilai CBR yang diperoleh kemudian dipakai untuk mempertimbangkan tebal perkerasan yang akan dibuat diatas lapisan tersebut. Semakin besar nilai CBR-nya, maka tebal perkerasannya akan semakin tipis. Di atas suatu bahan dengan nilai CBR tertentu, tebal perkerasan tidak boleh kurang dari suatu angka tertentu.

3.4 Pengujian UCS (*Unconfined Compression Strength*)

Kuat Tekan Bebas adalah besarnya tekanan axial yang diperlukan untuk menekan suatu silinder sample tanah hingga 20 % untuk mengetahui kuat tekan bebas dari sample tanah. Pengujian tekan bebas akan diperoleh secara langsung nilai kuat tekan bebas (q_u) dan sudut pecah (α), sedangkan sudut gesek dalam (φ) dan kohesi (c) didapat persamaan 3.8 dan 3.9 :

$$\varphi = 2(\alpha - 45^\circ) \dots \dots \dots (3.4)$$

$$c = \frac{q_u}{2 \operatorname{tg} \alpha} \dots \dots \dots (3.5)$$

Benda uji berbentuk silinder dengan tinggi antara 2 sampai 3 kali diameter yang ditempatkan pada alat tekan bebas kemudian diberi beban tekanan dengan kecepatan deformasi 1,5 mm tiap detik. Kemudian data hasil pengujian dibuat grafik hubungan antara tekanan dan deformasi yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan bebas tanah. Pengujian ini identik dengan pengujian triaxial dengan cara terkonsolidasi dan atau tanpa terkonsolidasi.

Nilai kuat tekan bebas (q_u) untuk beberapa jenis tanah lempung dapat dilihat tabel 3.4 berikut :

Tabel 3.6 Nilai Kuat Tekan Bebas

No.	Kondisi Tanah Lempung	q_u (kg/cm ²)
1	Lempung Keras	> 4,00
2	Lempung Sangat kaku	2,00 – 4,00
3	Lempung kaku	1,00 – 2,00
4	Lempung sedang	0,50 – 1,00
5	Lempung lunak	0,25 – 0,50
6	Lempung sangat lunak	< 0,25

Sumber : Hardiyatmo (1992)

3.5 Pengujian Geser Langsung

Alat uji kuat geser langsung menggunakan kotak geser dari besi yang berfungsi sebagai tempat benda uji kuat geser, benda uji dapat berbentuk bujur sangkar atau lingkaran. Pengujian dilakukan dengan menempatkan contoh tanah kedalam kotak geser dengan ukuran benda uji 6 x 6 cm, dengan tinggi 2 cm dan luas 36 cm². Kotak geser terdiri dari dua bagian sama sisi dengan arah horisontal. Gaya normal pada benda uji tanah didapat dengan menaruh suatu benda di atasnya, beban mati tadi menyebabkan tekanan pada benda uji 0,25 kg/cm², 0,5 kg/cm² dan 1 kg/cm². Gaya geser diberikan dengan mendorong sisi kotak sebelah atas sampai terjadi keruntuhan geser pada tanah. Uji geser langsung dilakukan beberapa kali

pada sebuah benda uji tanah dengan beberapa macam tegangan normal. Harga tegangan normal dan harga tegangan yang didapat dengan melakukan pengujian dapat digambarkan dengan beberapa grafik untuk menentukan harga parameter kuat geser.

Tegangan normal dapat dihitung dengan persamaan 3.1

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

Tegangan geser yang ,relawan pergerakan geser dapat dihitung dengan persamaan 3.11.

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

