

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan material, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel tersebut mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbon dioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia lainnya. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut (*transported soil*). (Hary Cristady Hardiyatmo : 2012)

Tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batu yang besar, biasanya berukuran 250 mm-300 mm dan untuk ukuran 150 mm -250 mm.
- b. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm-150 mm.
- c. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm-5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 mm-5 mm sampai halus yang berukuran  $< 1$  mm.
- d. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm - 0,0074 mm.
- e. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kosehi pada tanah yang kohesif.

f. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

(Bowles : 1991)

Tanah sebagai mineral yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Tanah terjadi sebagai produk pecahan dari batuan yang mengalami pelapukan mekanis atau kimiawi. Pelapukan mekanis terjadi apabila batuan berubah menjadi fragmen yang lebih kecil tanpa terjadi suatu perubahan kimiawi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi, yaitu pengaruh iklim, eksfoliasi, erosi oleh angin dan hujan, abrasi, serta kegiatan organik. Sedangkan pelapukan kimiawi meliputi perubahan mineral batuan menjadi senyawa mineral yang baru dengan proses yang terjadi antara lain seperti oksidasi, larutan (*solution*), pelarut (*leaching*).  
( Braja M. Das : 1995 )

## **2.2. Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakaiannya.

(Braja M. Das : 1995)

Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah dasar serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut.

Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar.

Klasifikasi tanah juga berguna 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, 1991).

### **2.2.1 Sistem Klasifikasi Kesatuan Tanah (*Unified Soil Classification System*)**

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh Prof. Arthur Cassagrande (1942) untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineers*.

Pada sistem USCS, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan No.200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan No.200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam jumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam Tabel 2.1. Simbol-simbol yang digunakan tersebut adalah :

*G* = kerikil (*gravel*)

*S* = pasir (*sand*)

*C* = lempung (*clay*)

*M* = lanau (*silt*)

*O* = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

*Pt* = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)

*W* = gradasi baik (*well-graded*)

*P* = gradasi buruk (*poor-graded*)

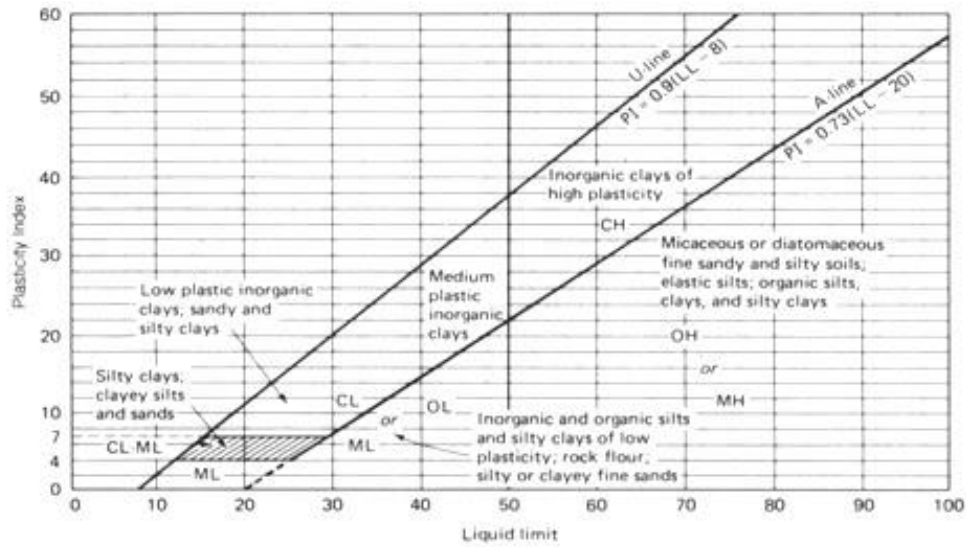
*H* = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)

*L* = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Klasifikasi umum		Simbol klasifikasi	Nama jenis	Kriteria klasifikasi	
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50% tertahan pada ayakan 75 $\mu$	50% atau lebih bagian kasar dari butiran kasar tertahan pada ayakan 4,76 mm	Kerikil bersih	GW	Kerikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, campuran kerikil dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus	$U_c = D_{60}/D_{10}$ $U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ lebih besar dari 4 bernilai antara 1-3
			GP	Kerikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, campuran kerikil dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus	
		Kerikil berbutir halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil, pasir dan lanau	Tidak sesuai dengan kriteria GW.
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil, pasir dan lempung	Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4 Batas Atterberg terletak di atas garis A dan Index Plastisitas > dari 7
	50% atau lebih pasir kasar dari butiran kasar lolos melalui ayakan 4,76 mm	Pasir bersih	SW	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, pasir dari pecahan kerikil, tanpa atau sedikit butiran halus	$U_c = D_{60}/D_{10}$ $U_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ lebih besar dari 6 bernilai antara 1-3
			SP	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, pasir dari pecahan kerikil, tanpa atau sedikit butiran halus	
		Pasir berbutir halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir dan lanau	Tidak sesuai dengan kriteria SW
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir dan lempung	Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4 Batas Atterberg terletak di atas garis A atau Index Plastisitas > dari 7
					Bila batas Atterberg berada pada daerah yang diarsir dari diagram di bawah ini, dipakai 2 simbol sehubungan dengan batasan penggolongan
					Bila batas Atterberg berada pada daerah yang diarsir dari diagram di bawah ini, dipakai 2 simbol sehubungan dengan batasan klasifikasi
Tanah berbutir halus lebih dari 50% lolos ayakan 75 $\mu$	Lanau dan lempung LL $\leq$ 50	ML	Lanau inorganik, pasir sangat halus, debu padas, pasir halus berlanau atau berlempung	<p>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 berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol</p>	
		CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah atau sedang, lempung dari kerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung dengan viskositas rendah		
	Lanau dan lempung LL > 50	OL	Lanau organik dengan plastisitas rendah dan lempung berlanau organik		
		MH	Lanau inorganik, pasir halus atau lanau dari mika atau ganggang (diatomae), lanau elastis		
		CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung dengan viskositas tinggi		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi		
					ML dan OL
					MH dan OH
Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut, lumpur hitam dan tanah berkadar organik tinggi lainnya	Dapat dibedakan dengan mata dan tangan ASTM lihat D 2488-66T.		

(sumber : [www.ilmutekniksipil.com](http://www.ilmutekniksipil.com))



(sumber : [www.ilmutekniksipil.com](http://www.ilmutekniksipil.com))

**Gambar 2.1 Diagram Plastisitas (ASTM)**

**Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS**

Jenis Tanah	Prefiks	Sub kelompok	Sufiks
		Gradasi Baik	W
Kerikil	G	Gradasi Buru	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	wL < 50%	L
Organik	O	wL < 50%	H
Gambut	Pt		

(sumber : Bowles, 1991)

### 2.2.2 Klasifikasi Sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*)

Sistem klasifikasi ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem klasifikasi AASHTO yang dipakai saat ini diberikan dalam Tabel 2.3 dan Tabel 2.4. Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7.

Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos saringan No.200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos saringan 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. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1. Ukuran butir :

Kerikil : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada saringan No. 20 (2 mm).

Pasir : bagian tanah yang lolos saringan No.10 (2 mm) dan yang tertahan pada saringan No.200 (0,075 mm)

Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos saringan No.200

2. Plastisitas :

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas [*Plasticity Index (PI)*] sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.

3. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan 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.

Apabila sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasikan tanah, maka data dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai.

Gambar 2.2 menunjukkan suatu gambar dari senjang batas cair (*liquid limit, LL*) dan indeks plastisitas (*PI*) untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 dan A-7.

**Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO)**

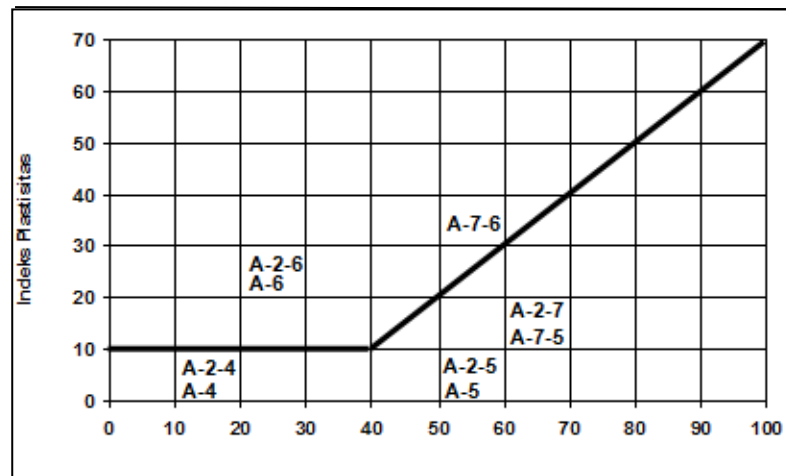
Klasifikasi Umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No. 200)						
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-a1	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
% Lolos Saringan Saringan							
No. 10	≤ 50						
No. 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51				
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Karakteristik fraksi Lolos No. 40							
Batas Cair				≤ 40	≤ 41	≤ 40	≤ 41
Indeks Plastisitas	≤ 50		N.P	≤ 10	≤ 10	≤ 11	≤ 10
Indeks Kelompok	0		0	0		≤ 4	
Jenis-jenis Bahan Pendukung Utama	Fragmen batu pasir dan kerikil		pasir halus	kerikil dan pasir berlanau atau berlempung			
Tingkatan umum sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik						

(sumber : Das, 1995)

**Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO)**

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler	Tanah mengandung Lanau-Lempung				
	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7	
Kelompok	A-2-7				A-7-5b	A-7-5c
	Persen Lolos Saringan					
No. 10						
No. 20						
No. 200	35 max	36	36	36 min	36	36 min
Batas Cair 2	41 min	40	41	40 min	40	41 min
Indeks Plastisitas 3	11 min	10 min	10	10 min	10	11 min
Fraksi Tanah	Kerikil, pasir		Lanau		Lempung	
Kondisi Kuat	Sangat baik		Kurang baik hingga jelek			

(sumber : Das, 1995)



(sumber : Das, 1995)

**Gambar 2.2 Rentang dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk kelompok tanah**

Indeks kelompok (*group index*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan :

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

Dimana :

GI = indeks kelompok (*group index*)

F = persentase butiran lolos saringan No.200

LL = batas cair (*liquid limit*)

PI = indeks plastisitas

Bila nilai indeks kelompok (GI) semakin tinggi maka semakin berkurang ketepatan penggunaan tanahnya untuk suatu konstruksi.



### **2.3 Fenomena Tanah Lempung Ekspansif**

Permukaan mineral lempung tanah biasanya mengandung muatan elektronegatif yang memungkinkan terjadinya reaksi pertukaran kation. Muatan ini merupakan hasil dari satu atau lebih dari reaksi yang berbeda.

Lempung dalam suspensi dapat menarik kation-kation, ion-ion positif tersebut tidak teragih secara seragam dalam seluruh media dispersi, mereka ditahan pada atau dekat permukaan lempung sebagian kation tersebut bebas untuk dipertukarkan dengan kation lain. Dengan demikian muatan negatif pada permukaan lempung ditutupi oleh sekumpulan ekuivalen dari ion lawan bermuatan positif dengan kerapatan terbesar dekat permukaan dan semakin berkurang kerapatannya dengan bertambahnya jarak dari permukaan partikel. Menurut Das. Braja M. (1988) bahwa tingkat kerapatan ion lawan dilapisan kedua merupakan fungsi jarak, semakin jauh jaraknya dari tepi permukaan partikel lempung semakin kecil tingkat kerapatan ion.

### **2.4 Pemasatan (*Compaction*)**

Pemasatan adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara : tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah tersebut.

Tingkat pemasatan diukur dari berat volume kering yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah atau pelumas pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat atau padat. Untuk usaha pemasatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat.

Kadar air yang ditingkatkan terus secara bertahap pada usaha pemasatan yang sama, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume juga akan meningkat secara bertahap pula.

Adanya penambahan kadar air justru cenderung menurunkan berat volume kering dari tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut kemudian menempati ruang-ruang pori dalam tanah yang sebetulnya dapat ditempati oleh partikel-partikel padat dari tanah. Kadar air dimana berat volume kering maksimum tanah dicapai disebut kadar air maksimum. Selain kadar air, faktor-faktor yang mempengaruhi pemadatan adalah jenis tanah dan usaha pemadatan.

Jenis tanah yang diwakili oleh distribusi ukuran butiran, bentuk butiran, berat spesifik bagian padat tanah. Selain itu jumlah serta jenis mineral yang ada pada tanah mempunyai pengaruh besar terhadap harga berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dari tanah tersebut. Pada kadar air yang lebih rendah, adanya tegangan tarik kapiler pada pori-pori tanah mencegah kecenderungan partikel tanah untuk bergerak dengan bebas untuk menjadi lebih padat. Kemudian tegangan kapiler tersebut akan berkurang dengan bertambahnya kadar air sehingga partikel-partikel menjadi mudah bergerak dan menjadi lebih padat.

Bila usaha pemadatan persatuan volume tanah berubah. Kurva pemadatan juga akan berubah tetapi harap dicatat bahwa tingkat kepadatan suatu tanah tidak langsung sebanding (proporsional) dengan usaha pemadatannya.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pemadatan, antara lain :  
Kadar air mempunyai pengaruh besar terhadap derajat kepadatan yang dicapai oleh tanah tertentu. Selain kadar air, faktor yang sangat mempengaruhi kepadatan adalah :

a. Pengaruh macam tanah

Macam tanah, seperti distribusi ukuran butir, bentuk butir, berat jenis dan macam mineral yang terdapat dalam tanah sangat berpengaruh pada berat volume maksimum dan kadar air optimumnya.

b. Pengaruh usaha pemadatan

1. Jika energi pemadatan ditambah, maka berat volume kering tanah juga bertambah.
2. Jika energi pemadatan ditambah, kadar air optimum berkurang.

## **2.5 CBR (*California Bearing Ratio*)**

CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama secara umum.

Pengujian CBR bertujuan untuk menentukan harga CBR tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. Pengujian CBR ini juga bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah.

Percobaan CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. CBR Rendaman (*Soaked*)
2. CBR Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

Pengujian CBR tanpa rendaman sejauh ini selalu menghasilkan daya dukung tanah lebih besar dibandingkan dengan CBR rendaman, karena makin tinggi nilai CBR tanah (*subgrade*) maka lapisan perkerasan di atasnya akan semakin tipis dan semakin kecil nilai CBR (daya dukung tanah rendah), maka akan semakin tebal lapisan perkerasan di atasnya sesuai beban yang akan dipikul.

## **2.6 Kadar Air**

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kadar air yang hilang dan kadar air yang masih tersimpan di dalam tanah.