



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

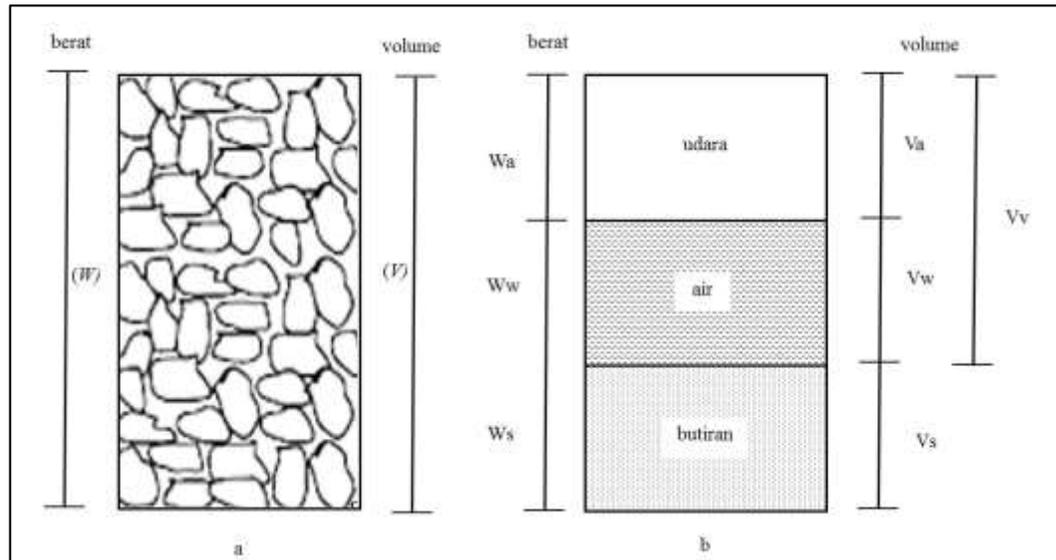
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, 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. Tanah memiliki beberapa sebutan seperti batu (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), sebutan tersebut dapat digunakan tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut (Das et al., 1995).

Segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering, hanya akan terdiri dari dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tanah yang tidak jenuh terdapat tiga bagian yaitu butiran padat (*soil*), air pori (*water*), dan pori-pori udara. Berikut adalah diagram fase tanah yang ditunjukkan dalam gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah

(Sumber: Buku Mekanika Tanah I Hary Cristady Hardiyatmo, 1993)

Didalam Gambar 2.1a memperlihatkan elemen tanah yang mempunyai volume (V) dan berat total (W), sedangkan pada Gambar 2.1b memperlihatkan hubungan berat dengan volumenya. Didalam diagram fase tanah menunjukkan hubungan berat dengan volumenya seperti berat udara, kejenuhan, porositas, angka pori, kadar air, berat butiran atau berat volume, dan berat jenis (Soedarmo & Purnomo, 1993).

2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengaturan yang membagi beberapa jenis tanah kedalam kelompok dan subkelompok berdasarkan penggunaannya. Klasifikasi tanah merupakan bahasa yang digunakan untuk menjelaskan sifat-sifat umum tanah secara terperinci.

Klasifikasi tanah pada awalnya menggunakan metode pengamatan secara langsung atau secara kasat mata (*visual identification*) dengan cara mengamati tekstur tanah. Lalu metode ukuran butiran tanah dan plastisitas juga digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah. Metode ini digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasi tanah. Berikut adalah sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan:

2.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur (USDA/ *United States Departement Of Agriculture*)

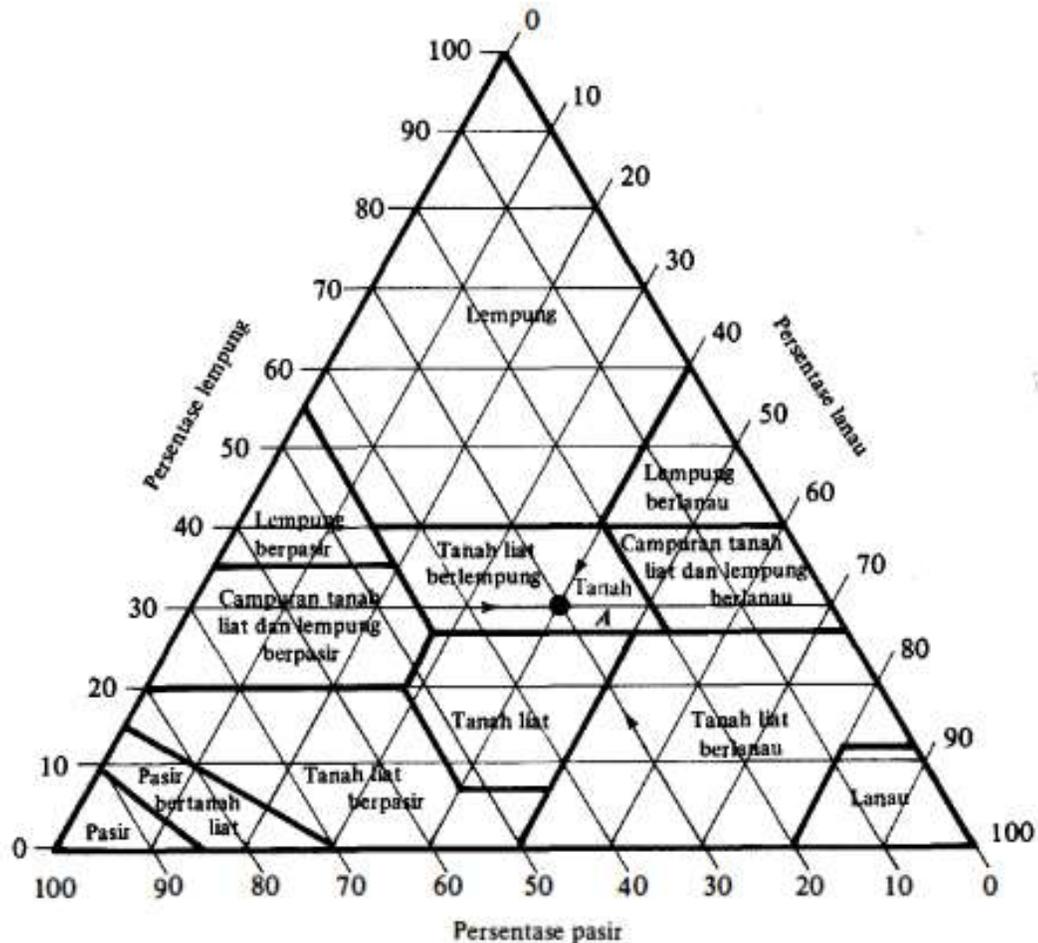
Tekstur tanah merupakan keadaan permukaan tanah yang bersangkutan, yang dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butiran yang ada didalam tanah. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (*sandy clay*), lempung berlanau (*silty clay*), dan seterusnya.

Beberapa sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu, sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah dikembangkan oleh Departemen Petanian Amerika (USDA). Sistem ini didasarkan pada ukuran butiran tanah seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.

Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm

Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm

Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm



Gambar 2.2 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)

(Sumber: Buku Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Braja M. Das 1995)

2.2.2 Klasifikasi Berdasarkan USCS (*Unified Soil Classification System*)

Klasifikasi sistem tanah ini ditemukan oleh Casagrande pada tahun 1942 lalu dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE). Sistem ini

mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu sebagai berikut:

1. Tanah bebutir kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu: tanah kerikil dan pasir di mana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir-halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah di mana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Adapun simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS yaitu:

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) ($LL > 50$)

Sistem USCS di tunjukkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Umum	
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi-baik & campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil dengan butiran halus	GP Kerikil bergradasi-buruk & campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
			GM Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	
		GC Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
			SP Pasir bergradasi-buruk & pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Pasir dengan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
			SC Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
		Tanah Berbutir Halus 50% atau lolos ayakan No. 200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
				CL Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clay</i>)
OL Lanau - organik & lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah				
Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%	MH Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
	CH Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clay</i>)			
	OH Lempung organik dengan plastisitas 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		

(Sumber: Buku Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis, Braja M. Das 1995)

2.2.3 Klasifikasi Berdasarkan AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting*)

Klasifikasi berdasarkan AASHTO dikembangkan pada tahun 1929, merupakan klasifikasi yang berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk pekerjaan perkerasan jalan. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah dikelompokkan dalam 7 kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7 yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-I-a	A-I-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos)							
No. 10	Maks 50						
No. 40	Maks 30	Maks 50	Maks 51				
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40							
Batas cair (<i>LL</i>)				Maks 40	Maks 41	Maks 40	Min 41
Indeks plastisitas (<i>PI</i>)		Maks 6	NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
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						

(Sumber: Buku Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis, Braja M. Das 1995)

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi AASHTO (Lanjutan)

Klasifikasi umum	Tanah lanau - lempung (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	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 (<i>LL</i>) Indeks plastisitas (<i>PI</i>)	Maks 40 Maks 10	Maks 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			

(Sumber: Buku Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Braja M. Das 1995)

2.3 Sifat Fisis Tanah

Tanah memiliki beberapa sifat, salah satunya sifat fisis tanah. Sifat fisis tanah umumnya memiliki parameter-parameter fisis yang terdapat didalam tanah, yaitu sebagai berikut:

1. Kadar air (w), adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s) dalam tanah tersebut, dinyatakan dalam persen.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots (i)$$

Tanah lempung diklasifikasikan menurut kadar airnya yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Lempung Berdasarkan Kadar Air

Tipe Tanah Lempung	Kadar Air, w (%)
Kaku	21
Lembek	30 – 50
Lunak	90 – 120

(Sumber: Braja M. Das 1985)

2. Porositas (n), adalah perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V). Nilai n dapat dinyatakan dalam persen atau desimal.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots (ii)$$

3. Angka pori (e), didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s), biasanya dinyatakan dalam desimal.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots (iii)$$

4. Berat volume lembab atau basah (γ_b), adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total tanah (V).

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (iv)$$

5. Berat volume kering (γ_d), adalah perbandingan antara berat butiran (W_s) dengan volume total (V) tanah.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots (v)$$

6. Berat volume butiran padat (γ_s), adalah perbandingan antara berat butiran padat (W_s) dengan volume butiran padat (V_s).

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots (vi)$$

7. Berat jenis tanah (*specific gravity*) (G_s) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s), dengan berat volume air (γ_w) pada temperatur.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (vii)$$

Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.5 Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau anorganik	2,62 - 2,68
Lempung organik	2,58 2,65
Lempung anorganik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

(Sumber: Hardiyatmo 1993)

8. Derajat kejenuhan (S), adalah perbandingan volume air (V_w) dengan volume total rongga pori tanah (V_v). Biasanya dinyatakan dalam persen.

$$S(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \dots\dots\dots (viii)$$

Bila tanah dalam keadaan jenuh air, maka $S = 1$. Berikut adalah tabel yang menunjukkan berbagai macam derajat kejenuhan tanah untuk maksud klasifikasi.

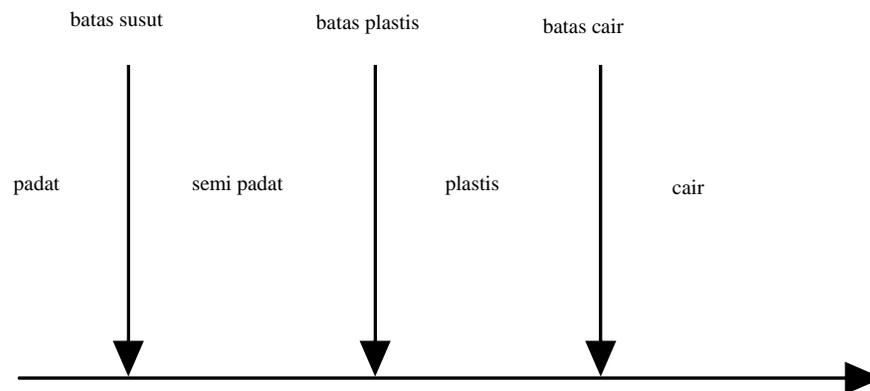
Tabel 2.6 Derajat Kejenuhan dan Kondisi Tanah

Keadaan Tanah	Derajat Kejenuhan S
Tanah kering	0
Tanah agak lembab	> 0 – 0,25
Tanah lembab	0,26 – 0,50
Tanah sangat lembab	0,51 – 0,75
Tanah basah	0,76 – 0,99
Tanah jenuh air	1

(Sumber: Buku Mekanika Tanah I, Hary Christady Hardiyatmo 1993)

9. Batas-batas *Atterberg*

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk (Soedarmo & Purnomo, 1993).



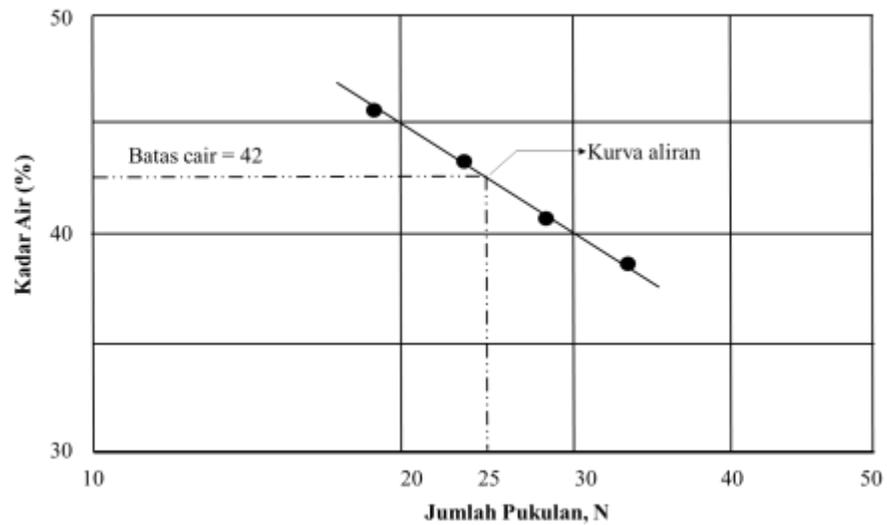
Gambar 2.3 Batas-batas Atterberg

(Sumber: Buku Mekanika Tanah I Hary Cristady Hardiyatmo, 1993)

Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Konsistensi bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Sembarang pengurangan kadar air menghasilkan berkurangnya tebal lapisan kation yang menyebabkan bertambahnya gaya tarik partikel. Bila tanah dalam kedudukan plastis, besamya jaringan gaya antar partikel akan sedemikian hingga partikel bebas menggelincir antara satu dengan yang lain, dengan kohesi yang tetap terpelihara. Pengurangan kadar air menghasilkan pengurangan volume tanah. *Atterberg* (1911), memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*). Kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif ditunjukkan dalam Gambar 2.3 (Soedarmo & Purnomo, 1993).

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari Uji *Cassagrande* (1948). Contoh tanah dimasukkan dalam cawan. Tinggi contoh dalam cawan kira-kira 8 mm. Alat pembuat alur (*grooving tool*) dikerukkan tepat di tengah-tengah cawan hingga menyentuh dasarnya. Kemudian, dengan alat penggetar, cawan di ketuk-ketukkan pada landasan dengan tinggi jatuh 1 cm. Persentase kadar air yang dibutuhkan untuk menutup celah sepanjang 12,7 mm pada dasar cawan, sesudah 25 kali pukulan, didefinisikan sebagai batas cair tanah tersebut. Karena sulitnya mengatur kadar air pada waktu celah menutup pada 25 kali pukulan, maka biasanya percobaan dilakukan beberapa kali, yaitu dengan kadar air yang berbeda dengan jumlah pukulan yang berkisar antara 15 sampai 35. Kemudian, hubungan kadar air dan jumlah pukulan digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan (Soedarmo & Purnomo, 1993).



Gambar 2.4 Kurva Aliran (*flow curve*) untuk Penentuan Batas Cair Lempung Berlanau (*silty clay*)

(Sumber: Buku Mekanika Tanah I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) 1995)

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana tanah apabila digulung sampai dengan diameter 1/8 in (3,2 mm) menjadi retak-retak. Batas plastis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah. Cara pengujiannya adalah sangat sederhana, yaitu dengan cara menggulung massa tanah berukuran elipsoidal dengan telapak tangan di atas kaca datar.

Indeks plastisitas [*plasticity index* (PI)] adalah perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah, atau PI (*Plasticity Index*) = LL (*Liquid Limit*) – PL (*Plastic Limit*) (Das et al., 1995). Berikut adalah tabel nilai indeksitas menurut Bowles (1991).

Tabel 2.7 Nilai Indeks Plastisitas

PI	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, 1984)

c. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Suatu tanah akan menyusut apabila air yang dikandungnya secara perlahan-lahan hilang dalam tanah. Dengan hilangnya air secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan di mana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume. Kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana perubahan volume suatu massa tanah berhenti didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Uji batas susut (*ASTM Test Designation D-427*) dilakukan di laboratorium dengan menggunakan suatu mangkok porselin yang mempunyai diameter kira-kira 1,75 in (44,4 mm) dan tinggi kira-kira 0,5 in (12,7 mm). Bagian dalam dari mangkok dilapisi dengan vaselin (*petroleum jelly*), kemudian diisi dengan tanah basah sampai penuh. Permukaan tanah di dalam mangkok kemudian diratakan dengan menggunakan penggaris yang bersisi lurus sehingga permukaan tanah tersebut menjadi sama tinggi dengan sisi mangkok. Berat tanah basah di dalam mangkok ditentukan. Tanah di dalam

mangkok kemudian dikeringkan di dalam oven. Volume dari contoh tanah yang telah dikeringkan ditentukan dengan cara menggunakan air raksa (Das et al., 1995).

2.4 Jenis Tanah

Ukuran dari partikel tanah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut (Das et al., 1995).

- a. Kerikil (*gravels*) adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadang-kadang juga mengandung partikel-partikel mineral *quartz*, *feldspar*, dan mineral-mineral lain.
- b. Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.
- c. Lanau (*silts*) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika.
- d. Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan

merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Partikel lempung berukuran kurang dari 0,002 mm (2 mikron).

2.5 Tanah Laterit

Menurut klasifikasi tanah USDA (*United States Departement of Agriculture Scientifique*) tanah laterit terbentuk di daerah tropis atau sub tropis dengan tingkat pelapukan tinggi pada batuan basa sampai batuan ultrabasa yang didominasi oleh kandungan logam besi. Tanah ini mengandung mineral-mineral lempung yang relatif tinggi utamanya *illite* dan *montmorilonite*, sehingga potensi kerusakannya relatif besar jika dilakukan pekerjaan konstruksi pada tanah seperti ini (*Soil Survey Staff, 1998*).

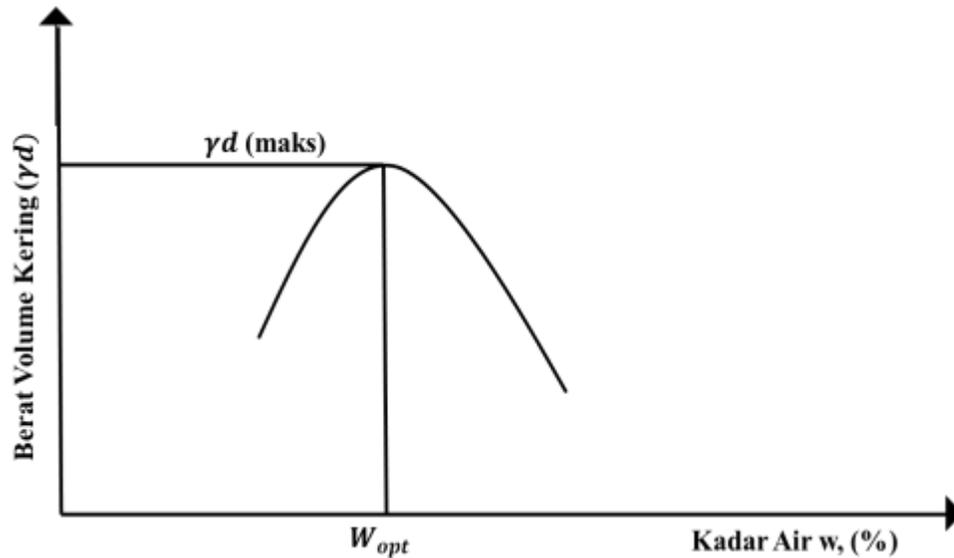


Gambar 2.5 Tanah Laterit
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Tanah laterit dikenal juga sebagai tanah merah. Tanah laterit atau tanah merah merupakan tanah yang mempunyai warna merah hingga warna kecoklatan yang terbentuk pada lingkungan yang lembab, dingin, dan mungkin juga genangan- genangan air. Untuk informasi yang lebih mendetail dari tanah ini adalah mempunyai profil tanah yang dalam, mudah menyerap air, memiliki kandungan bahan organik yang sedang dan juga memiliki pH atau tingkat keasaman netral (Lapian, 2019).

2.6 Pemadatan

Peristiwa bertambahnya berat volume kering oleh beban dinamis disebut pemadatan. Pemadatan dengan beban dinamis, proses bertambahnya berat volume kering tanah sebagai akibat pemadatan partikel yang diikuti oleh pengurangan volume udara dengan volume air tetap tidak berubah. Saat air ditambahkan pada pemadatan, air ini melunakkan partikel-partikel tanah. Partikel-partikel tanah menggelincir satu sama lain dan bergerak pada posisi yang lebih rapat.



Gambar 2.6 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering

(Sumber: Buku Mekanika Tanah II Hary Cristady Hardiyatmo, 1993)

Menurut Proctor (1993) dia telah mengamati bahwa ada hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Dimana pada berbagai jenis tanah terdapat suatu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimum. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) dinyatakan dalam rumus berikut:

$$(\gamma_d) = \frac{\gamma_b}{1+w}$$

Derajat pemadatan suatu tanah diukur dalam berat volume kering. Pada saat pemadatan air berfungsi sebagai pelunak (*softening agent*). Pada mulanya saat kadar air 0% berat volume sama dengan berat volume kering. Jika kadar air bertambah maka berat volume akan bertambah pula, tapi pada batas tertentu (OMC dan MDD) apabila kadar air ditambah lagi berat volume akan menurun. Hal ini disebabkan apabila sudah padat diberi air lagi partikel tanah akan

bergerak dan rongga akan diisi air. Dari pengujian pemadatan (*moisture density testing*), dapat dicari hubungan antara kadar air dan berat volume kering. Berdasarkan grafik hubungan ini, dapat diperoleh kadar air optimumnya.

2.7 Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Uji tekan bebas termasuk hal yang khusus dari uji *triaxial unconsolidated-undrained* (tak terkonsolidasi-tak terdrainase) (Hardiyatmo, 2003). Uji tekan bebas lebih sesuai untuk benda uji dari tanah lempung. Dalam uji tekan bebas, tekanan di sekeliling $\sigma_3 = 0$. Gaya aksial diberikan secara cepat di atas benda uji hingga runtuh. Dalam uji tekan bebas, kuat geser tidak bergantung pada tegangan sel jika benda uji benar-benar jenuh air dan tidak terdrainase. Dimana q_u adalah kuat tekan bebas. Maka tegangan geser:

$$\tau_f = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2} = c_u$$

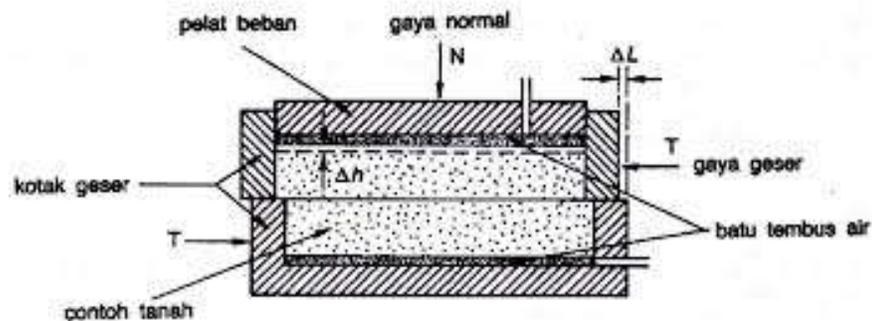
Menurut Lambe (1951) tipikal kekuatan geser tanah di tunjukkan dalam tabel berikut.

Konsistensi Tanah Lempung	Kekuatan Geser Tanah (kg/cm²)
Sangat Lunak	< 0,12
Lunak	0,12 – 0,24
Medium	0,24 – 0,48
Kaku	0,48 – 0,96
Sangat Kaku	0,96 – 1,92
Keras	> 1,92

(Sumber: Lambe, 1951)

2.8 Uji Kuat Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Menurut Hardiyatmo, 1993 peralatan pengujian meliputi kotak geser dari besi, yang berfungsi sebagai tempat benda uji. Kotak geser tempat benda uji dapat berbentuk bujursangkar maupun lingkaran dengan luas kira-kira 19,35 cm² sampai 25,8 cm² dengan tinggi 2,54 cm (1"). Kotak terpisah menjadi 2 bagian yang sama. Tegangan normal pada benda uji diberikan dari atas kotak geser. Gaya geser diterapkan pada setengah bagian atau dari kotak geser, untuk memberikan geseran pada tengah-tengah benda uji.



Gambar 2.7 Alat Uji Geser Langsung

(Sumber: Buku Mekanika Tanah II Hary Cristady Hardiyatmo, 1993)

Pada benda uji yang kering, kedua batu tembus air (*porous*) tidak diperlukan. Selama pengujian, perpindahan (ΔL) akibat gaya geser dari setengah bagian atau kotak geser dan perubahan tebal (Δh) benda uji dicatat. Alat uji geser langsung dapat berbentuk bujur sangkar. Kotak pengujian dapat bervariasi dari yang luasnya 100 × 100 mm sampai 300 × 300 mm. Kotak geser dengan ukuran yang besar digunakan untuk uji tanah dengan butiran yang berdiameter lebih besar.

2.9 Siklus Basah Kering

Perubahan cuaca mengakibatkan terjadinya siklus pembasahan dan pengeringan secara berulang-ulang, sehingga tanah akan mengalami perubahan volume tanah akibat perubahan kadar air dan menurunnya faktor-faktor pendukung parameter tanah (Wardani & Rustamaji, 2017).

Secara alamiah, siklus pengeringan-pembasahan yang berulang secara terus menerus sepanjang waktu akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada kekuatan tanah. Proses pengeringan (*drying*) adalah suatu kondisi dimana kadar air di dalam suatu pori-pori tanah mengalami penurunan. Sebaliknya, proses pembasahan (*wetting*) adalah suatu kondisi dimana terjadi peningkatan kadar air di dalam pori-pori suatu massa tanah (Pratito et al., 2014).

Menurut Maekawa dan Miyakita, 1991 bahwa jumlah siklus pengeringan dan pembasahan berulang akan mengurangi kekuatan geser tanah sampai pada jumlah siklus tertentu. Harga parameter kekuatan geser tanah dapat ditentukan dengan pengujian dilaboratorium dengan melakukan uji *triaxial*, *direct shear*, kuat tekan bebas, dan uji *vane shear test*.