

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Parameter Tanah

3.1.1 Berat Jenis

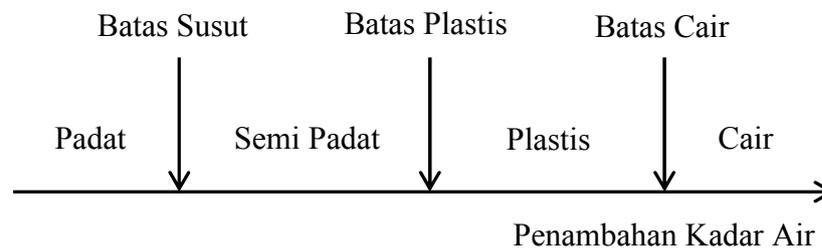
Berat jenis tanah merupakan nilai yang tidak bersatuan (Muntohar, 2009). Untuk menentukan tipikal tanah, dapat dilihat dari Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai berat jenis untuk tipikal tanah (Hardiyatmo, 2002)

Macam Tanah	Berat Jenis
kerikil	2,65 - 2,68
pasir	2,65 - 2,68
lanau organik	2,62 - 2,68
lempung organik	2,58 - 2,65
humus	1,37
gambut	1,25 - 1,80

3.1.2 Batas-batas Konsistensi (*Atterberg Limits*)

Atterberg, (1911), memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*) (Hardiyatmo, 2002). Pada dasarnya tanah mempunyai 4 kondisi, yaitu kondisi cair, kondisi plastis, kondisi semi padat dan kondisi padat. Batas antara kondisi cair ke plastis disebut batas cair dan batas antara kondisi plastis ke semi padat disebut batas plastis sedangkan batas antara semi padat ke padat disebut batas susut (*shrinkage limit*). Gambaran mengenai kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Batas-batas *Atterberg* (Hardiyatmo, 2002)

Batasan mengenai Indeks Plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh *Atterberg* dalam Tabel 3.2.

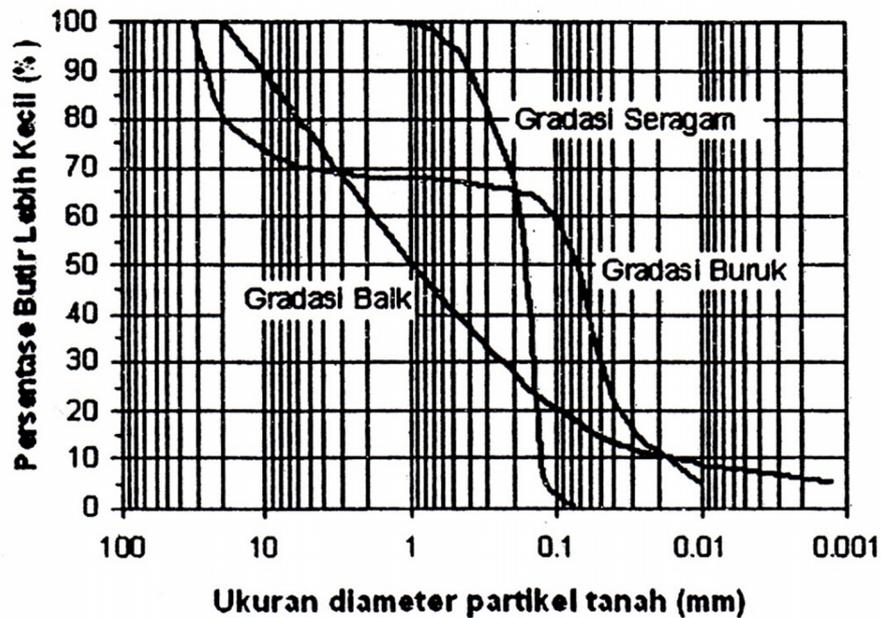
Tabel 3.2 Nilai Indeks plastisitas dan macam tanah (Hardiyatmo, 2002)

PI (%)	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non kohesif
<7	Plastis Rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastis Sedang	Lempung Berlanau	kohesif
>17	Plastis Tinggi	Lempung	kohesif

3.1.3 Ukuran Butir Tanah

Untuk menentukan rentang ukuran partikel tanah ada dua metode, yaitu analisis saringan dan analisis pengendapan atau analisis hidrometer. Biasanya analisis saringan digunakan untuk butir kasar (lolos saringan no. 4 sampai no. 200), sedangkan analisis hidrometer digunakan untuk butir yang lebih kecil.

Tanah bergradasi baik memiliki rentang distribusi ukuran partikel yang relatif lebih luas yang menghasilkan kurva distribusi yang lurus dan panjang. Untuk tanah yang seragam, distribusi partikel-partikelnya memiliki ukuran yang relatif sama, sedangkan tanah yang bergradasi buruk memiliki distribusi ukuran partikel yang terputus yang mana tidak terdapat ukuran partikel antara butir kasar dan halus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 (Muntohar, 2009).



Gambar 3.2 Bentuk-bentuk kurva distribusi ukuran partikel tanah (Muntohar, 2009)

Terdapat dua definisi koefisien yang dapat memberikan petunjuk karakteristik tanah berdasarkan distribusi partikelnya, yaitu : koefisien keseragaman (C_U) dan koefisien kelengkungan (C_C).

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots \dots \dots (3.1)$$

$$C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan ,

C_U = koefisien keseragaman (*Coefficient of uniformity*),

C_C = koefisien kelengkungan (*Coefficient of curvature*),

D_{60} = 60% dari berat butiran total berdiameter lebih kecil dari ukuran butir tertentu,

D_{30} = 30% dari berat butiran total berdiameter lebih kecil dari ukuran butir tertentu,

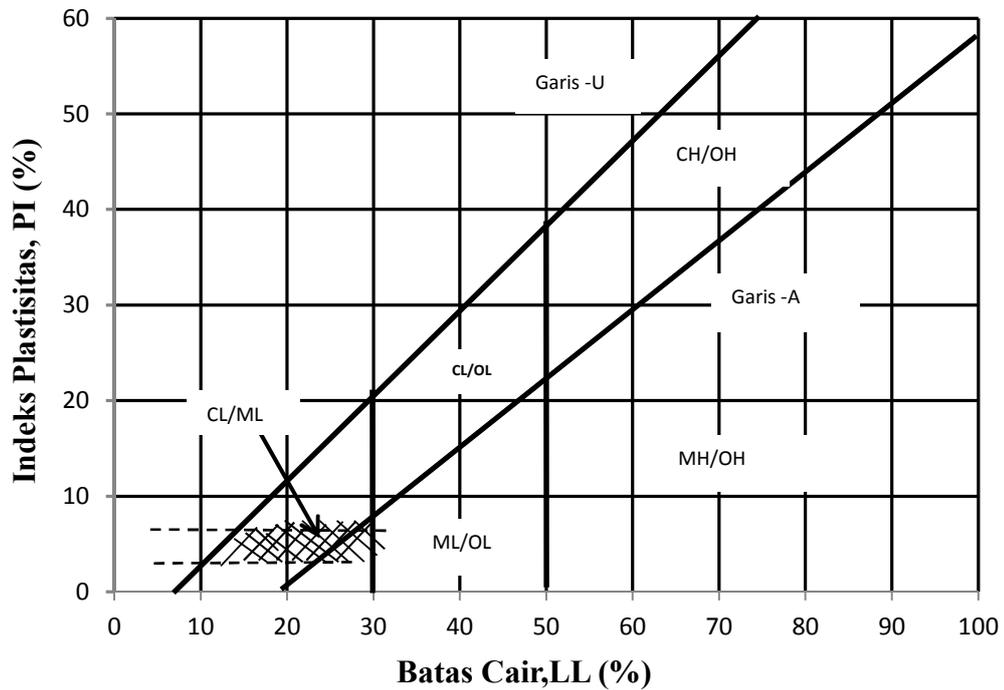
D_{10} = 10% dari berat butiran total berdiameter lebih kecil dari ukuran butir tertentu.

Tanah bergradasi baik jika tanah mempunyai koefisien gradasi $1 < C_c < 3$ dengan $C_u > 4$ untuk kerikil dan $C_u > 6$ untuk pasir, selanjutnya tanah disebut bergradasi sangat baik, bila $C_u > 15$ (Hardiyatmo, 2002).

3.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah adalah *Unified Soil Classification System* (USCS). Sistem ini didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitasnya. Disamping itu, terdapat sistem lainnya yang juga dapat digunakan dalam mengidentifikasi tanah yang dibuat oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials Classification* (AASHTO), *British Soil Classification System* (BSCS), dan *United State Departement of Agriculture* (USDA) (Muntohar, 2009).

Klasifikasi tanah sistem USCS diajukan pertama kali oleh *Casagrande* dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE). *American Society for Testing and Material* (ASTM) telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik (Muntohar, 2009). Menurut USCS, klasifikasi untuk tanah berbutir halus dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Tabel 3.3.



Gambar 3.3 Plastisitas untuk klasifikasi tanah menurut *USCS*.

(Muntohar, 2009)

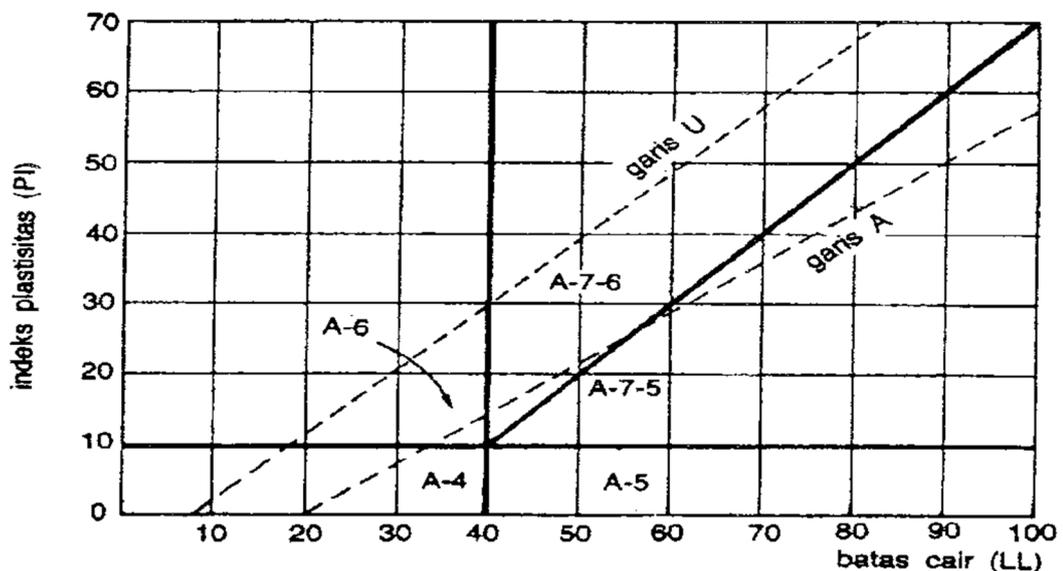
Tabel 3.3 Klasifikasi tanah berbutir halus menurut *USCS* (Muntohar, 2009)

Jenis	Simbol	Nama Klompok	kriteria
Lanau lempung dengan batas cair, LL < 50 % ^z	ML	Lanau inorganik dan pasir sangat halus atau pasir halus berlanau atau berlempung	PI < 4 atau berada di bawah garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 3.3)
	CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berkerkil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (<i>clean clay</i>)	PI > 7 dan berada pada atau di atas garis - A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 3.3)
	CL-ML	Lanau berlempung inorganik, dengan pasir halus atau sedikit kerkil.	PI berada dalam daerah yang diarsir dalam Gambar 3.3
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.	PI berada dalam daerah OL dalam Gambar 3.3 dan LL(oven dried) / LL(ovendried) < 0,75

Tabel 3.3 Klasifikasi tanah berbutir halus menurut *USCS* (Lanjutan) (Muntohar, 2009)

Lanau dan Lempung dengan batas cair $LL > 50\%$	MH	Lanau inorganik atau pasir halus <i>diatomae</i> , lanau elastis	PI berada di bawah garis - A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 3.3)
	CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>fat clay</i>)	PI berada di atas garis - A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 3.3)
	OH	Lempung Organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	PI berada dalam daerah OH dalam gambar 3.3 dan $LL_{(oven\ dried)} / LL_{(ovendried)} < 0,75$
Tanah organik	Pt	Gambut (<i>peat</i>), dan tanah lain kandungan organik tinggi	Kadar organik Tinggi

AASHTO membuat sistem klasifikasi yang berguna untuk menentukan kualitas tanah pada pekerjaan jalan, yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya. Dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Tabel 3. 4.



Gambar 3.4 Plastisitas untuk klasifikasi tanah AASHTO.
(Hardiyatmo, 2002)

Garis A dari Casagrande dan garis U digambarkan bersama-sama (*Unified*). Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas

plastisnya/(PL). untuk $PL \geq 30$ klasifikasinya A-7-5 sedangkan $PL < 30$ klasifikasinya A-7-6.

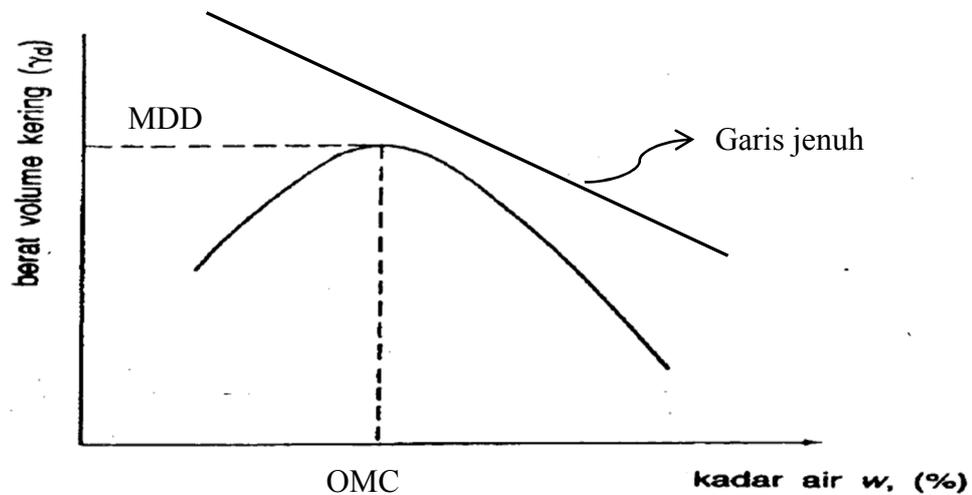
Tabel 3.4 Sistem Klasifikasi AASHTO (Hardiyatmo, 2002)

Klasifikasi umum	Material Granuler ($< 35\%$ lolos saringan no. 200)							Tanah-tanah Lanau - Lempung			
	A - 1		A - 3	A - 2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Klompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisis Saringan (% lolos)											
2,00 mm (no. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastisitas (PI)	6 maks		Non plastis	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks Klompok (G)	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 halus	Kerikil berlanau atau lempung dan pasir				Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat Baik sampai Baik							Sedang sampai Buruk			

3.3 Pemadatan Tanah

Tanah dapat divisualisasikan sebagai suatu struktur yang tersusun dari partikel padat dengan rongga-rongga berada diantara partikel padat tersebut. Rongga-rongga ini biasanya akan terisi oleh udara atau zat gas lainnya dan air atau zat cair lainnya. Bila tanah mengalami pemadatan akibat energi mekanis yang berulang maka akan terjadi pengurangan volume rongga yang terisi oleh udara. Dengan demikian, pemadatan dapat diartikan sebagai proses memampatnya (*densification*) tanah akibat berkurangnya volume dari fase udara (Muntohar, 2009).

Bila kadar air ditambah berangsur-angsur dan digunakan usaha pemadatan, maka berat dari partikel padat tanah dalam satu unit volume meningkat berangsur-angsur. Penambahan kadar air setelah melebihi berat maksimum, maka cenderung mengurangi berat volume kering (Muntohar, 2009).



Gambar 3.5 Hubungan kadar air dengan berat volume kering.
(Hardiyatmo, 2002)

3.4 *California Bearing Ratio (CBR).*

Menurut Sukirman, (1999, dalam Muda, 2011) harga CBR adalah nilai daya dukung tanah yang telah dipadatkan dengan pemadatan pada kadar air tertentu dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai 100% dalam memikul beban lalu lintas.

Nilai tekanan penetrasi pada penetrasi 0,1 inch (2,54 mm) terhadap penetrasi standar 1000 psi (6,9 MPa) seperti pada Persamaan 3.3. Sedangkan nilai tekanan pada penetrasi 0,2 inch (5,08 mm) terhadap penetrasi standar 150 psi (10,3 MPa) seperti pada Persamaan 3.4.

$$\text{CBR } 0,1'' = \left(\frac{P_{0,1''}}{1000} \right) \times 100 \text{ psi} \quad \text{atau} \quad \left(\frac{P_{0,1''}}{6,9} \right) \times 100 \text{ MPa} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$\text{CBR } 0,2'' = \left(\frac{P_{0,2''}}{1500} \right) \times 100 \text{ psi} \quad \text{atau} \quad \left(\frac{P_{0,2''}}{10,3} \right) \times 100 \text{ MPa} \dots \dots \dots (3.4)$$

Menurut Ditjen Bina Marga (1976) dalam Muda (2011), nilai CBR dan kualitas *Subgrade* jalan dapat diklasifikasikan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Nilai CBR tanah dasar (Ditjen Bina Marga, 1976, dalam Muda, 2011)

Nilai CBR	CBR Tanah Dasar (Kualitas untuk <i>Subgrade</i>)
> 24 %	Amat Baik
8 – 24 %	Baik
5 – 8 %	Sedang
3 – 5 %	Buruk
2 – 3 %	Amat Buruk

CBR diuji pada 2 kondisi yaitu kondisi terendam dan kondisi tidak terendam. Kondisi terendam adalah kondisi yang sering dialami di lapangan. Sehingga dalam perhitungan konstruksi, harga CBR rendaman yang digunakan sebagai dasar perhitungan karena pada kenyataannya air selalu mempengaruhi bangunan. CBR rendaman berhubungan dengan pengujian pengembangan (Muda, 2011). Untuk menghitung prosentase pengembangan (S) diberikan pada persamaan 3.5.

$$S = \frac{\delta}{H} \times 100 \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan,

S = pengembangan tanah (%),

δ = deformasi benda uji (mm),

H = tinggi benda uji awal (mm).

Snethen (1984, dalam Muda, 2011) menyarankan potensi pengembangan yang diterapkan harus mempertimbangkan adanya beban luar. Dengan menggunakan kriteria Snethen klasifikasi pengembangan tanah dapat diperlihatkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Klasifikasi Pengembangan Tanah (Snethen, 1984, dalam Muda, 2011)

Potensi Pengembangan (%)	Klasifikasi Pengembangan
< 0,5	Rendah
0,5 – 1,5	Sedang
> 1,5	Tinggi