

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tanah**

Tanah adalah bagian dari kerak bumi yang tersusun atas bahan organik dan mineral. Proses terbentuknya tanah sangat berkaitan dengan faktor pembentuk tanah, dimana faktor pembentuk tanah akan mempengaruhi jenis-jenis tanah.

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersedimentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das,1985). Tanah berasal dari pelapukan batuan dan berbentuk butiran. Maka dari itu tanah memiliki kriteria dan berbagai macam jenis sesuai dengan ukuran butirannya.

##### **3.1.1 Pasir**

Pasir merupakan agregat tak berkohesi yang tersusun dari fragmen-fragmen, berasal dari mineral atau batuan yang belum mengalami perubahan. Partikelnya sampai berukuran 1/8 inci dinamakan pasir. Fraksi kasar, yang ditunjukkan oleh pasir dibentuk oleh butiran yang biasanya terutama tersusun dari kuarsa. Masing-masing butiran mungkin berbentuk angular, subangular, atau bulat. Sebagian pasir mengandung persentase sangat tinggi serpihan mika yang membuatnya sangat elastis. (Terzaghi, 1987)

### **3.1.2 Lempung**

Tanah lempung menurut dari proses pembentukannya merupakan hasil pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian lagi prosesnya berasal dari geothermal. Pelapukan batuan atau terurainya batuan yang terjadi akibat proses kimia dan mekanis dapat menghasilkan ukuran butiran yang berbeda-beda. Butiran tanah yang berukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) berbetuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika disebut tanah lempung (Terzaghi,1987).

Tanah lempung memiliki ukuran lebih kecil dari 0,002 mm, memiliki sifat permeabilitas yang rendah, kapilaritas tinggi, butirannya saling mengikat atau kohesif, memiliki sifat kembang susut yang tinggi(dipengaruhi oleh basah dan kering), dalam keadaan kering akan tampak retak-retak sedangkan dalam keadaan basah akan mengembang volumenya bertambah, dan proses konsolidasi lambat. Mineral tanah lempung adalah senyawa aluminium silikat yang terdiri dari dua unsur yaitu *silika tetrahedra* dan *aluminium oktahedra*.

### **3.2 Klasifikasi tanah**

Klasifikasi tanah atau sistem klasifikasi tanah merupakan sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda namun mempunyai sifat serupa dikelompokkan berdasarkan pemakaiannya dipengaruhi oleh ukuran butir. Dari

ukuran butir yang berbeda dapat dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu kerikil (*gravels*), pasir (*sand*), lanau (*silts*), dan lempung (*clays*).

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang dipakai dengan memperhitungkan ukuran butir dan batas-batas Atteberg. Kedua sistem klasifikasi tersebut yaitu Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dan Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*).

Klasifikasi tanah menurut USCS adalah klasifikasi tanah yang umum digunakan. Dalam klasifikasi USCS terdapat dua kelompok besar tanah yaitu ;

- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% tanah lolos ayakan No. 200. Dalam kelompok ini digunakan dua simbol yaitu G untuk *gravel* atau krikil dan S untuk *sand* atau pasir.
- 2) Tanah berbutir halus (*fine grained soil*) yaitu tanah yang dimana 50% beratnya lolos ayakan No. 200. Dalam kelompok ini digunakan simbol M untuk lanau, C untuk (*clay*) atau lempung, O untuk lanau-lempung organik, dan PT untuk tanah gambut serta tanah dengan kadar organik tinggi.

Simbol-simbol yang digunakan:

- W = *well graded* (tanah bergradasi baik)
- P = *poorly graded* (tanah bergradasi buruk)
- L = *low plasticity* (plastisitas rendah  $LL < 50$ )
- H = *high plasticity* (plastisitas tinggi  $LL > 50$ )

**Tabel 3.1** Klasifikasi Tanah menurut USCS

Divisi utama		Simbol Kelompok	Nama umum			
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No 20	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
			GP	Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butir halus		
		Kerikil dengan 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 dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		
			SC	Pasir berlempug campuran pasir-lempung		
			Tanah berbutir Halus 50% atau lebih 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(lean clays)
OL	Lanau-organik dan 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 anorganikdengan plastisitas tinggi, lempung"gemuk" (fat clays)				
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi				
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Peat (gambut),muck dan tanah-tanah lainnya dengan kandungan organik tinggi			

(Sumber: Das, 1985)

**Tabel 3.2** Klasifikasi Tanah menurut USCS

Klasifikasi berdasarkan persentase butir halus Kurang dari 5% lolos ayakan No. 200 GW, GP, SW, SP Lebih dari 12% lolos ayakan No. 200 GM, GC, SM, SC 5% sampai 12% lolos ayakan No. 200 Klasifikasi perbatasan yang memerlukan penggunaan dua simbol.		Kriteria klasifikasi		
		$C_u = D_{60}/D_{10}$	Lebih besar dari 4	
$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	Antara 1 dan 3			
Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW				
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$		Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda		
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI < 7$				
$C_u = D_{60}/D_{10}$	Lebih besar dari 6			
$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	Antara 1 dan 3			
Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW				
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$		Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda		
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI < 7$				

  

(Sumber : Das 1985)

Kedua sistem klasifikasi baik AASTHO maupun USCS didasarkan pada tekstur plastisitas tanah. Kedua sistem tersebut membagi tanah dalam dua kategori pokok yaitu berbutir kasar (*coarse grained*) dan berbutir halus (*fine grained*) yang dipisahkan oleh ayakan No. 200. Namun yang lebih umum digunakan yaitu sistem klasifikasi USCS.

Selain dari itu terdapat teori klasifikasi tanah menggunakan nilai pengujian berat jenis menurut Hardiyatmo (1992).

**Tabel 3.3** Klasifikasi Tanah Berdasarkan Berat Jenis

<b>Macam Tanah</b>	<b>Berat Jenis</b>
Kerikil	2,65-2,68
Pasir	2,65-2,68
Lanau Tak Organik	2,62-2,68
Lempung Organik	2,58-2,65
Lempung Tak Organik	2,68-2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25-1,80

(Sumber: Hardiyatmo, 1992)

### **3.4 Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)**

*Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)* berbentuk seperti butiran/pasir merupakan residu pembakaran pada tanur (*furnace*) dari proses pemurnian baja atau produk samping dari pabrik baja seperti PT Krakatau Steel (Persero) Tbk. dan anak perusahaannya PT Krakatau Posco. Unsur pembentuk

GBFS adalah kapur, silika dan alumina memiliki komposisi kimia hampir sama dengan bahan mineral alami termasuk bahan hidrasi seperti Semen Portland.

**Tabel 3.4** Hasil Pengujian Kimia *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS)

No	Parameter	Oksida	Hasil Uji	Lh (ppm)	Referen PTSI
1	Kalium Oksida	CaO	45,2%	-	(CaO+MgO+SiO <sub>2</sub> )>65%
2	Silikon Oksida	SiO <sub>2</sub>	34,80%	-	
3	Aluminium Oksida	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,79%	-	
4	Sulfur Oksida	SO <sub>3</sub>	1,74%	-	
5	Ferri Oksida	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,34%	-	
6	Magnesium Oksida	MgO	0,99%	-	
7	Titanium Oksida	TiO <sub>2</sub>	0,55%	-	
8	Kalium Oksida	K <sub>2</sub> O	0,38%	-	
9	Mangan Oksida	MnO	0,25%	-	
10	Natrium Oksida	Na <sub>2</sub> O	0,22%	-	
11	Barium Oksida	BaO	0,08%	-	
12	Phospor Oksida	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05%	-	
13	Stronsium Oksida	SrO	0,04%	-	
14	Zirconium Oksida	ZrO <sub>2</sub>	0,04%	-	
15	Chromium Oksida	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01%	<250 (0,025%)	
16	Zinc Oksida	ZnO	30ppm	<500 (0,050%)	
17	Work Index		21,68 kWh/ton	-	
18	Berat Volume (fresh)		1,106 kg/liter	-	-
19	Berat Volume (powder)		0,963 kg/liter	-	-
20	Kadar Air		4,0 %	-	<15%

(Sumber: [krakatausemenindonesia.com](http://krakatausemenindonesia.com), 2013)

Penggunaan dan Aplikasi *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) dapat digunakan sebagai agregat yakni penggantipasir pada bahan bangunan, serta dapat menjadi bahan pengganti semen sebagai bahan campuran semen portland.

### **3.5 Stabilisasi tanah**

Stabilisasi tanah merupakan usaha untuk memperbaiki sifat tanah secara teknis dengan menggunakan bahan-bahan tertentu. Pekerjaan ini dilakukan dengan mencampur tanah dengan bahan lain sehingga sifat fisik dan mekanis tanah dapat lebih baik. Stabilisasi tanah memiliki tujuan utama yaitu untuk mengubah sifat tanah yang berpengaruh cukup besar seperti daya dukung, kadar air, dan sifat kembang susut.

Beberapa cara dilakukan untuk proses stabilisasi tanah yaitu cara sederhana adalah pemadatan. Cara lain yang memerlukan biaya lebih besar yaitu pencampuran dengan bahan penstabil tanah. Bahan yang dapat mengubah sifat mekanis, fisik, atau kimia tanah.

### **3.6 Pemadatan tanah**

Maksud dari pengujian pemadatan adalah untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan (berat volume kering) tanah agar dapat diketahui kadar air optimum dan kepadatan maksimum. Ada dua jenis pemadatan yang digunakan yaitu:

- 1) Pemadatan *modified* pemadatan menggunakan penumbuk dengan berat 1,8kg, diameter 10,29cm, dan tinggi jatuh penumbuk 30cm. Pemadatan dilaksanakan dalam 3 lapis. Biasanya digunakan dalam pekerjaan lapangan terbang dan jalan raya.



2) Pemadatan *standard* pemadatan menggunakan penumbuk standar dengan berat 3,882kg, diameter 10,29cm, dan tinggi jatuh penumbuk 30cm. Pemadatan dilaksanakan dalam 3 lapis. Biasanya digunakan dalam pekerjaan bendungan, tanggul saluran, dan pekerjaan pondasi.

Manfaat dari pemadatan tanah adalah:

- 1) memperbaiki beberapa sifat teknik tanah,
- 2) menaikkan kuat geser tanah (menaikkan nilai sudut gesek *intern* ( $\phi$ ) dan kohesi (C) = memperkuat tanah),
- 3) mengurangi kompresibilitas = mengurangi penurunan oleh beban,
- 4) mengurangi permeabilitas = mengurangi nilai koefisien permeabilitas (k),
- 5) mengurangi sifat kembang susut tanah (lempung),
- 6) menaikkan kepadatan (kerapatan).

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

Salah satu pengujian tanah untuk menentukan nilai CBR dari suatu tanah yang dapat dilakukan di Laboratorium ataupun di Lapangan. Nilai CBR merupakan perbandingan (%) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston penampang bulat seluas 3 inch<sup>2</sup> dengan kecepatan penetrasi 0,05 inch/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus suatu bahan standar tertentu. Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi di Laboratorium atau di Lapangan dengan rencana empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Hal ini digunakan sebagai metode perencanaan perkerasan lentur (flexible pavement) suatu jalan. Tebal suatu

bagian perkerasan ditentukan oleh nilai CBR. Beberapa contoh tanah yang dapat digunakan untuk menentukan nilai CBR nya adalah; tanah tanpa direndam terlebih dahulu, tanah setelah direndam dalam air selama 4 hari, tanah yang telah dipadatkan secara pemadatan tertentu, dan tanah asli dari lapangan. Namun sebelumnya tanah harus dilakukan pengujian pemadatan untuk menentukan kadar air optimalnya.

Berdasarkan cara mendapatkan sampel tanahnya, CBR dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu;

1) CBR Lapangan

Digunakan untuk memperoleh nilai CBR tanah asli sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan yang lapisan tanahnya tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan dilakukan pada saat kondisi kadar air tanah tinggi atau pada saat musim hujan.

2) CBR Lapangan Rendaman

Digunakan untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di Lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan yang maksimum. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi, daerah yang badan jalannya sering terendam air pada saat musim penghujan dan kering saat musim kemarau. Pengambilan contoh tanah dalam tabung yang ditekan masuk kedalam tanah dikeluarkan dan direndam dalam air selama beberapa hari, baru dilakukan pengujian CBR.

### 3) CBR Laboratorium

Contoh tanah yang sudah melewati tahapan pengujian pemadatan. Daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut dipadatkan. CBR ini disebut dengan CBR Laboratorium karena disiapkan di Laboratorium. Dalam sampelnya CBR Laboratorium dibedakan menjadi dua yaitu; CBR Laboratorium rendaman dan CBR Laboratorium tanpa rendaman.