

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Stabilisasi Tanah**

Terzaghi, 1987 mendefinisikan bahwa tanah lempung merupakan agregat partikel – partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pelapukan unsur – unsur kimiawi penyusun batuan dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah. Istilah “*gumbo*” digunakan, khususnya di Amerika bagian barat untuk lempung yang keadaan plastisnya ditandai dengan wujudnya yang bersabun atau seperti terbuat dari lilin, serta amat keras. Pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (*koheusif*) dan sangat lunak.

Tanah lempung didefinisikan sebagai golongan partikel berukuran 0,002 mm (= 2 mikron). Namun demikian, di beberapa kasus partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (ASTM D-653).

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah. Menurut Bowles (1984) apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu

tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan.

Proses stabilisasi itu antara lain :

1. Pergantian tanah asli : mengganti tanah dengan tanah yang baik atau sesuai spesifikasi.
2. Perbaikan gradasi butiran.
3. Stabilisasi dengan bahan kimia.
4. Stabilisasi dengan pemadatan.

### **3.1.1. Kapur**

Kapur dihasilkan dari pembakaran Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) atau batu kapur alam (*natural limestone*) dengan pemanasan  $\pm 980^\circ \text{C}$  karbon dioksidanya dilepaskan sehingga tinggal kapurnya saja ( $\text{CaO}$ ). Kalsium oksida yang diperoleh dari proses pembakaran tersebut dikenal dengan *quick lime*. Kapur dari hasil pembakaran bila ditambahkan dengan air akan mengembang dan retak – retak. Banyaknya panas yang keluar selama proses ini akan menghasilkan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Proses ini disebut *slaking* adapun hasilnya disebut *slaked lime* atau *hydrated lime*.

Bila kalsium hidroksida ini dicampur dengan air akan diperoleh mortel kapur. Mortel kapur di udara terbuka menyerap karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dengan proses kimia akan menghasilkan  $\text{CaCO}_3$  yang bersifat keras dan tidak larut dalam air. Pada reaksi hidrasi ini akan dihasilkan kapur bebas atau kapur padam

(Ca(OH)<sub>2</sub>). Kapur padam ini bila direaksikan/ ditambah silikat atau aluminat akan membentuk suatu gel sebagai bahan ikat.

Kapur yang digunakan untuk bahan stabilisasi harus memenuhi ketentuan sesuai dengan tabel 4.1 sebagai berikut.

**Tabel 3.1** Ketentuan kapur sebagai bahan stabilisasi tanah

Unsur	Kapur	
	Kapur Kembang (CaO)	Kapur Padam (Ca(OH) <sub>2</sub> )
Magnesium dan Kalsium Oksida	> 92%	>95%
Karbon dioksida	< 3% < 10%	< 5% < 7%
Kehalusan butir	-	< 12% (2 micron)

Sumber : SNI 03-3437-1994

### 3.1.2. Fly Ash

SNI 03-6414-2002 mendefinisikan abu terbang (*fly ash*) adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozzolanik. *Fly ash* dan *bottom ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik.

**Tabel 3.2** Klasifikasi *Fly Ash*

PROPERTIS	JENIS FLY ASH	
	F	C
Kandungan $SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3$ , min %	70	50
Kandungan Sulfur Trioxide ( $SiO_3$ ), max %	5	5
CaO, %	<10	>10
Loss On Ignition, %	6	6

Sumber : ASTM 618-94a, 1994

### 3.2. Klasifikasi Tanah

#### 1. Klasifikasi tanah berdasar *UNIFIED SYSTEM*

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti untuk bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. Sistem ini biasa digunakan untuk desain lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan.

Klasifikasi berdasarkan Unified System (Das. Braja. M, 1988), tanah dikelompokkan menjadi :

- a. Tanah butir kasar (*coarse-grained-soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana  $\leq 50\%$  berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S.

G = Kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil.

S = Pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*) yaitu tanah dimana  $\geq 50\%$  berat total contoh tanah lolos ayakan no.200.

M = Lanau (*silt*) anorganik

C = Lempung (*clay*) anorganik

O = Lanau organik dan lempung organik.

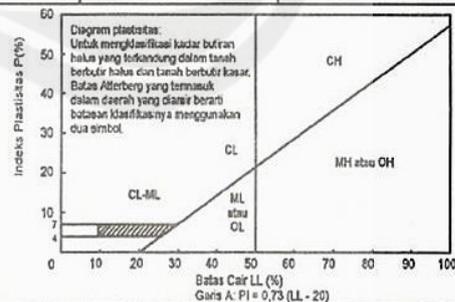
PT = Tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah dengan kadar organik tinggi

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, perlu memperhatikan faktor-faktor berikut ini :

- a) Prosentase butiran yang lolos ayakan no.200 (fraksi halus).
- b) Prosentase fraksi kasar yang lolos ayakan no.40.
- c) Koefisien keseragaman (*Uniformity coefficient*,Cu) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient*,Cc) untuk tanah dimana 0-12% lolos ayakan no.200.
- d) Batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan no.40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan no.200).

**Tabel 3.3** Simbol klasifikasi tanah berdasarkan *Unified System*

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis	
Tanah berbutir kasar 50% butiran lelehan saringan no. 200 (0.075 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung	
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4.75 mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, Kurang dari 5% lolos saringan no. 200; GM; GP; SW; SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200; GM; GC; SM; SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200; Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel.			$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW  Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$  $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3  Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW  Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0.075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
CL			Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai 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 > 50%		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.	
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')		
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi		
Tanah dengan kadar organik tinggi	P <sub>t</sub>	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi.	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	



2. Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials Classification*) berguna untuk

menentukan kualitas tanah guna perencanaan timbunan jalan, subbase dan subgrade. Sistem ini mengklasifikasikan tanah kedalam delapan kelompok, A-1 sampai A-8, namun kelompok tanah A-8 tidak diperlihatkan tetapi merupakan gambut atau rawa yang ditentukan berdasarkan klasifikasi pada tabel 4.4.

**Tabel 3.4** Klasifikasi tanah untuk lapisan tanah dasar jalan raya (AASHTO)

General Classification	Granular materials (35% or less of total sample passing No. 200)						
Group Classification	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Sieve Analysis % passing No. 10 No.40 No.200	50 max 30 max 15 max	50 max 25 max	51 min 10 max	35 min	35 max	35 max	35 max
Characteristic of fraction passing No. 40 Liquid Limit Plasticity Index	6 max		- NP	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11min	41 min 11 min
Usual Types of significant Constituent materials	Stone fragments, gravel, and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand			
General subgrade rating	Excellent to good						

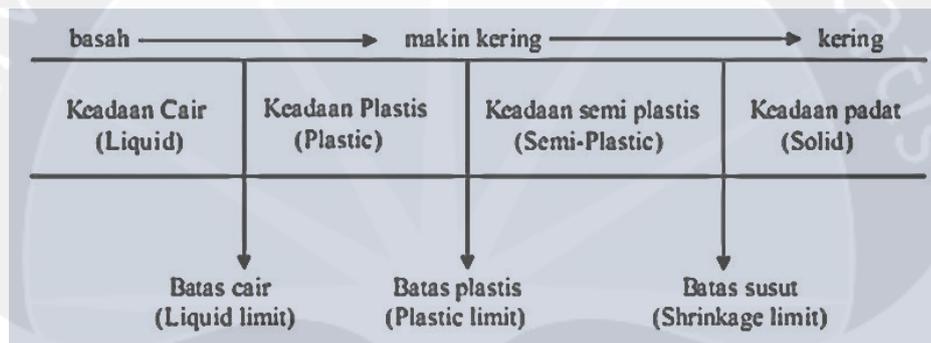
General Classification	Silty-Clay materials (more than 35% passing No. 200)			
Group Classification	A-4	A-5	A-6	A-7
				A-7-5 A-7-6
Sieve Analysis % passing No. 10 No.40 No.200	36 min	36 min	36 min	36 min
Characteristic of fraction passing No. 40 Liquid Limit Plasticity Index	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min
Usual Types of significant Constituent materials	Silty Soils		Clayey Soils	
General subgrade rating	Fair to poor			

*Plasticity index of A-7-5 subgrade is equal to or less than LL minus 30*

*Plasticity index of A-7-6 subgrade is greater than LL minus 30*

### 3.3. Batas – Batas Konsistensi Atterberg

Batas – batas atterberg bertujuan untuk memberikan secara garis besar akan sifat-sifat tanah. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek. Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk yaitu kekuatannya rendah, sedangkan kompresibilitas tinggi sehingga sulit dalam hal pematatannya. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat diklasifikasikan ke dalam empat keadaan dasar, yaitu :



**Gambar 3.1** Batas – batas *atterberg*

Batas – batas konsistensi tanah terdiri dari :

1. Batas cair (*Liquid Limit = LL*)
2. Batas plastis/kenyal (*Plastic Limit = PL*)
3. Batas susut/mengerut (*Shrinkage Limit = SL*)

Batas cair (*Liquid Limit = LL*), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair (*liquid*) dan keadaan plastis (*plastic*), yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair ditentukan dengan pengujian cassagrande yang merupakan presentase kadar air yang dibutuhkan untuk menutup celah sepanjang 127 mm pada dasar cawan sesudah 25 kali ketukan, kemudian diplot kedalam

grafik . Batas plastis (*Plastic limit = PL*) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu kadar air pada saat tanah digulung – gulung dan terjadi retak pada diameter  $\pm 3$  mm. Indeks Plastisitas (*Plasticit Index = PI*) menunjukkan sifat keplastisan tanah, yaitu merupakan selisih antaar batas cair dan batas plastis.

#### 3.4. Pemadatan ( AASHTO T-99-74 / ASTM d-689-70 / PB-0111-76)

Pengujian pemadatan mengetahui hubungan kadar air dan kepadatan tanah sehingga diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum tanah. Secara umum pemadatan berfungsi sebagai berikut :

- a) Meningkatkan kekuatan tanah.
- b) Mengurangi besarnya penurunan tanah.
- c) Mengurangi permeabilitas.
- d) Mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air.

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya, apabila diketahui berat tanah basah didalam suatu cetakan yang telah ditentukan volumenya, maka berat volume basah ( $\gamma$ ) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\gamma = \frac{\text{berat tanah basah dalam cetakan}}{\text{volume cetakan}} \quad \dots(3-1)$$

Hubungan berat volume kering dengan berat volume basah dan kadar air dinyatakan dalam persamaan :

$$\gamma = \frac{\gamma}{1 + w} \quad \dots(3-2)$$

Dari hasil pengujian pmdataan dapat diinterpretasikan dalam bentuk kurva, dari kurva dapat menunjukkan kadar air yang terbaik untuk mencapai berat volume kering dengan harga tertinggi atau mencapai kepadatan maksimum. Kadar air pada keadaan ini disebut dengan kadar air optimum (*Optimum Moisture Contents = OMC*).

### 3.5. Kuat Tekan Bebas

Salah satu parameter yang dipakai untuk menentukan kekuatan geser tanah adalah pengujian kuat tekan bebas tanah (*Unconfined Compression Test*). Percobaan kuat tekan bebas di laboratorium dilaksanakan untuk mengetahui besarnya kuat geser tanah lempung jenuh air (kohesif).

Kuat tekan bebas adalah besarnya tekanan aksial yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan perpendekan tanah sampai 20% apabila sampai dengan perpendekan 20% tanah tidak pecah. Tekanan aksial yang bekerja pada tanah dapat dituliskan kedalam persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \dots(3-3)$$

Keterangan :

P = Gaya beban yang bekerja

A = Luas penampang tanah

### 3.6. CBR (California Bearing Ratio)

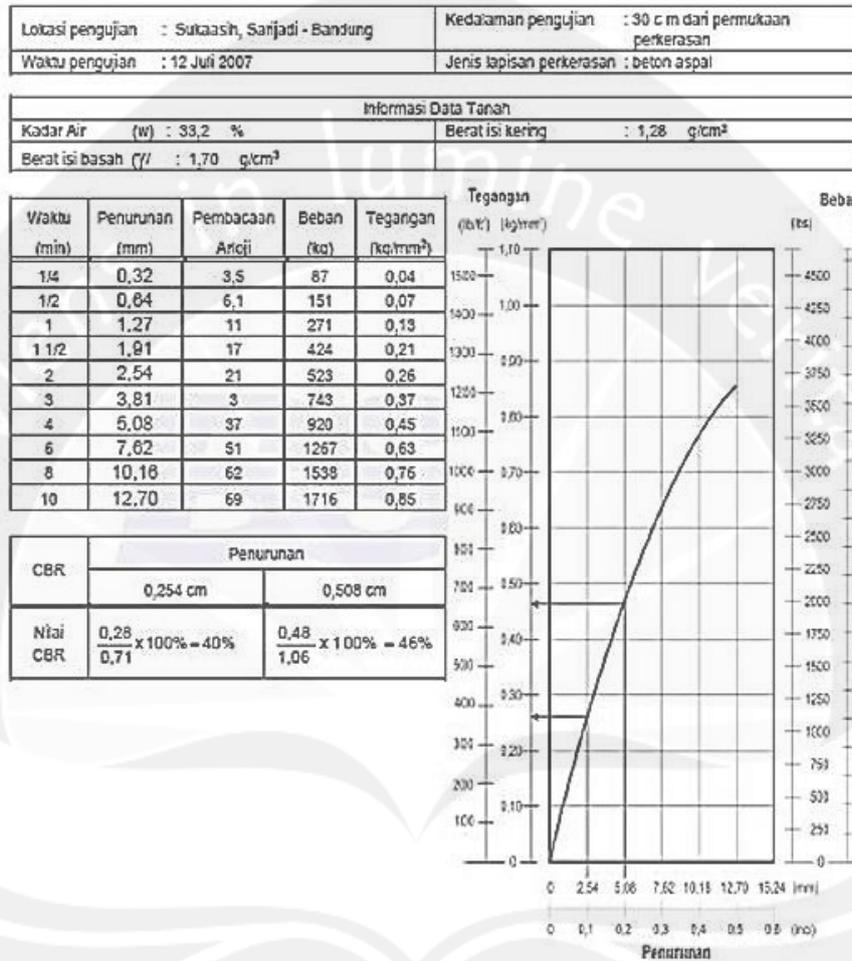
Harga CBR adalah perbandingan antara kekuatan bahan yang bersangkutan dengan kekuatan bahan yang dianggap standar. Harga CBR dinyatakan dalam persen (%) dan cara yang digunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar adalah suatu percobaan penetrasi yang disebut percobaan CBR. Dimana hasil percobaan tersebut dapat digambarkan pada suatu grafik untuk mendapatkan tebal perkerasan dari suatu nilai CBR tertentu. Percobaan CBR mempunyai dasar teoritis dan grafik tabel perkerasan terhadap nilai CBR. Harga CBR yang dicari yaitu harga CBR dilaboratorium.

$$\text{Harga CBR (\%)} = \frac{\text{Beban}_{0,1''}}{3 \times 1000} \times 100 = a_1 \% \quad \dots(3-4)$$

$$\text{Harga CBR (\%)} = \frac{\text{Beban}_{0,2''}}{3 \times 1500} \times 100 = b_1 \% \quad \dots(3-5)$$

Nilai CBR diambil yang terbesar antara  $a_1$  dan  $b_1$ .

**Lampiran E**  
**(informatif)**  
**Contoh isian formulir penentuan nilai CBR**



**Gambar 3.2** Contoh perhitungan dan grafik CBR

Sumber : <https://lauwtjunnji.weebly.com/cbr-lapangan.html>