

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Tanah dalam pengertian teknik secara umum didefinisikan sebagai bahan butiran berupa mineral-mineral padat, tidak tersementasi dan memungkinkan untuk bercampur dengan bahan-bahan organik dan zat cair serta udara yang mengisi ruangan kosong diantara butiran-butiran tanah tersebut (*Braja M Das, 1988*). Selain itu tanah juga didefinisikan sebagai himpunan beraneka ragam mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bed rock*), (*Hardiyatmo, C.H.Mekanika Tanah 1, 1992*). Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Istilah pasir, lempung, lanua atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran lebih dari satu macam ukuran partikelnya. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi, dapat bercampur dengan butiran-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik.

3.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda, yang mempunyai sifat serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya.

1. Berdasarkan Sudut Pandang Teknis (*LD. Wesley, 1977*), tanah dapat digolongkan menjadi:
 - a. Batu kerikil (*gravel*),
 - b. Pasir (*sand*),
 - c. Lanau (*silt*),
 - d. Lempung (*clay*).

2. Berdasarkan Ukuran Butir, tanah dibedakan seperti Tabel di bawah ini.

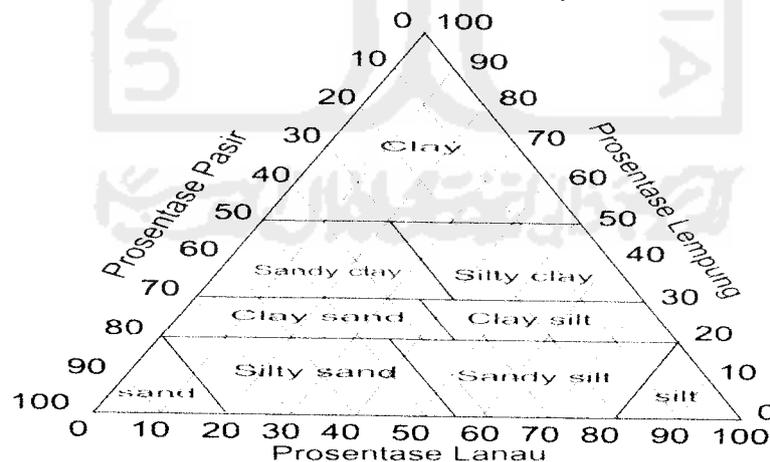
Tabel 3.1 Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butir (*L. D. Wesley, 1977*).

No	Macam Tanah	Batas-batas Ukuran
1	Berakal (<i>Boulder</i>)	>8 inchi (20 cm)
2	Kerakal (<i>Cobblestone</i>)	3 inchi – 8 inchi (8 – 20 cm)
3	Batu Kerikil (<i>Gravel</i>)	2 mm – 8 mm
4	Pasir Kasar (<i>Course Sand</i>)	0.6 mm – 2 mm
5	Pasir Sedang (<i>Med Sand</i>)	0.2 mm – 0.6 mm
6	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	0.06 mm – 0.2 mm
7	Lanau (<i>Silt</i>)	0.002 mm – 0.06 mm
8	Lempung (<i>Clay</i>)	< 0.002 mm

3. Berdasarkan *Unified Soil Classification (USCS)*

Sistem ini diperkenalkan oleh Cassagrande tahun 1942 yang selanjutnya disempurnakan oleh *Unites States Bureau Of Reclamation (USBR)* tahun 1952. Sistem ini mengelompokkan tanah dalam dua kelompok besar, yaitu:

1. Tanah Berbutir Kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu: tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200.
2. Tanah Berbutir Halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200.



Gambar 3.1 Grafik klasifikasi tekstural segitiga USCS

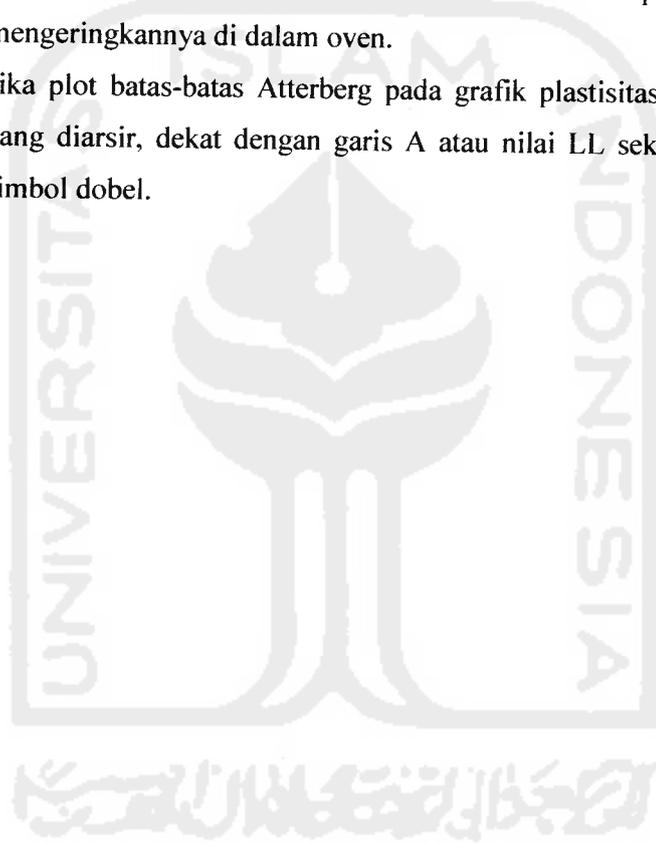
Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2003

4. Berdasarkan System Klasifikasi Unified

Sistem klasifikasi berdasarkan hasil-hasil percobaan laboratorium yang paling banyak dipakai secara meluas adalah sistem *Unified Soil Classification*. Ada dua golongan besar, tanah-tanah yang berbutir kasar < 50 % melalu saringan No. 200 dan tanah-tanah berbutir halus > 50 % melalui saringan No. 200. Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah sistem Unified adalah sebagai berikut (*Hardiyatmo, H.C. 1955, Hal 39*) :

1. Tentukan apakah tanah berupa butiran halus atau butiran kasar secara visual atau dengan cara menyaringnya dengan saringan No. 200.
2. Jika tanah berupa butiran kasar :
 - a) Saring tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butirannya.
 - b) Tentukan persen butiran lolos saringan no. 4. Bila persentase butiran yang lolos kurang dari 50 %, klasifikasikan tanah tersebut sebagai kerikil. Bila persen butiran yang lolos lebih dari 50 %, klasifikasikan sebagai pasir.
 - c) Tentukan jumlah butiran yang lolos saringan no. 200. Jika persentase butiran yang lolos kurang dari 5 %, pertimbangkan bentuk grafik distribusi butiran dengan menghitung C_u dan C_c . Jika termasuk bergradasi baik, maka klasifikasikan sebagai GW (bila berkrikil) atau SW (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila berkrikil) atau SP (bila pasir).
 - d) Jika presentase butiran tanah yang lolos saringan no. 200 di antara 5 sampai 12 %, tanah akan mempunyai symbol dobel dan mempunyai sifat keplastisan (GW – GM, SW – SM dan sebagainya).
 - e) Jika presentase butiran tanah yang lolos saringan no. 200 lebih besar 12 %, harus diadakan pengujian batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no. 40. Kemudian, dengan menggunakan diagram plastisitas, tentukan klasifikasinya (GM, GC, SM, SC, GM – GC atau SM – SC).
3. Jika tanah berbutir halus :
 - a) Kerjakan pengujian batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no. 40. Jika batas cair lebih

- dari 50 %, klasifikasikan sebagai H (plastisitas tinggi) dan jika kurang dari 50 %, klasifikasikan sebagai L (plastisitas rendah).
- b) Untuk H (plastisitas tinggi), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas dibawah garis A, tentukan apakah tanah organik (OH) atau anorganik (MH). Jika plotnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai CH.
- c) Untuk L (plastisitas rendah), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukan klasifikasi tanah tersebut sebagai organik (OL) atau anorganik (ML) berdasar warna, bau, atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.
- d) Jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL sekitar 50, gunakan simbol dobel.



Tabel 3.2 Klasifikasi tanah sistem *Unified*

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar, 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0.075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \text{ antara 1 dan 3}$		
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
		Pasir lebih dari 50% fraksi kasar saringan no. 4 (4.75 mm)	SW		Pasir gradasi baik, pasir berkerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \text{ antara 1 dan 3}$
			SP		Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
	SM		Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$		
	SC		Pasir berlanau, campuran pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$		
	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus yang lolos dari 50% 0.075 mm dan no. 200: GM, GP, SW, SP lebih dari 50% dan no. 40 dan no. 200: GM, GC, SM, SC 5% - 12% lolos saringan no. 200. Batas-batas klasifikasi yang mempunyai simbol double					
				Batas-batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai double simbol		

5. Berdasarkan System Klasifikasi 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. Karena sistem ini ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut, penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya.

Sistem Klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris.

Pada sistem ini tanah dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

1. Bahan granular, jika yang lolos ayakan # 200 < 35% (kelompok A-1 sampai A-3).
2. Bahan lanau lempung, jika lolos ayakan # 200 > 35%.

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

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan :

GI : indeks kelompok (*group index*).

LL : batas cair (%).

PI : indeks plastisitas (%).

F : persen material lolos saringan No.200 (0,0075 mm).

Indeks kelompok yang diperoleh, nilainya dibulatkan ke angka utuh terdekat. Jika negatif dianggap nol. Khusus kelompok A-2-6 dan A-2-7 nilai indeks kelompok dihitung dari rumus diatas dari bagian PI saja. Makin rendah indeks kelompok bahan tersebut makin baik untuk *subgrade*. Sistem klasifikasi AASHTO, dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Kedudukan kadar air transisi bervariasi pada berbagai jenis tanah. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada air tertentu disebut konsistensi.

Atterberg (1991), memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan airnya. Batas-batas tersebut adalah sebagai berikut :

1. Batas cair (*Liquid limit*)

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, dimana untuk nilai-nilai di atasnya tanah akan bersifat sebagai cairan kental (campuran tanah tanpa air tanpa kuat geser yang dapat diukur).

2. Batas plastis (*Plastic limit*)

Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air dimana tanah dengan diameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

$$PL = \left(\frac{W_p - W_k}{W_k} \right) \times 100 \% \dots \dots \dots (3.5)$$

PL = batas plastisitas tanah.

W_p = berat tanah basah kondisi plastisitas.

W_k = berat tanah kering.

3. Batas susut (*Shrinkage limit*)

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanahnya.

Batas susut dinyatakan dalam persamaan:

$$SL = \left(\frac{V_o}{W_o} - \frac{1}{G_s} \right) \times 100 \% \dots \dots \dots (3.6)$$

SL = batas susut tanah.

V_o = volume benda uji kering.

W_o = berat benda uji kering.

G_s = berat jenis tanah.

4. Indeks plastisitas (*Plasticity index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas akan merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisan tanahnya. Jika tanah mempunyai interval kadar air didaerah plastis yang kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis yang besar disebut tanah gemuk.

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots (3.7)$$

Dengan :

PI = indek plastisitas.

LL = batas cair.

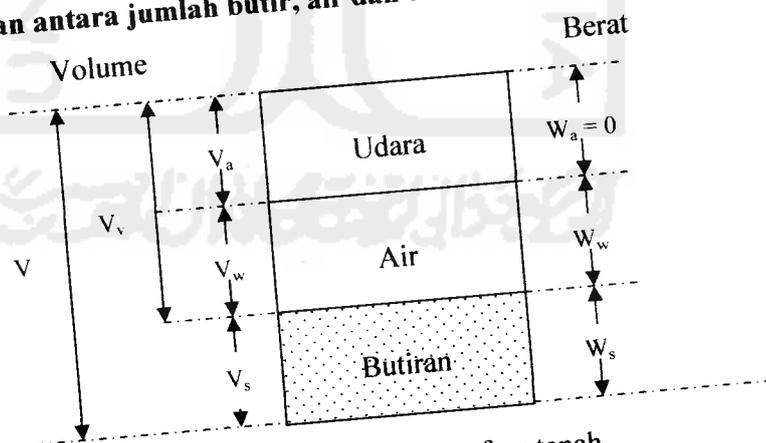
Pl = batas plastisitas.

Tabel 3.5 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam tanah	koheisi
0	Non plastis	Pasir	Non plastis
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: mekanika tanah, H.C. Hardiyatmo, 2002

3.5 Hubungan antara jumlah butir, air dan udara dalam tanah



Gambar 3.4 Diagram fase tanah

Sumber : Hardiyatmo, H.C. 2002, Teknik Pondasi 1

Dalam hal ini:

- V = Isi (*volume*) (cm^3)
- V_w = Isi air (*volume of water*) (cm^3)
- V_v = Isi pori/rongga (*volume of void*) (cm^3)
- V_s = Isi butir-butir padat (*volume of solid*) (cm^3)
- W = Berat Tanah (*weight*) (gr)
- W_a = Berat udara (*weight of air*) ≈ 0
- W_w = Berat air (*weight of water*) (gr)
- W_s = Berat butir-butir padat (*weight of solid*) (gr)

Dari gambar tersebut dapat diperoleh rumus-rumus sebagai berikut :

1. Kadar air (*Moisture content/water content*)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat partikel padat dalam tanah, yaitu :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.2)$$

2. Angka pori (*Void ratio*)

Angka pori adalah perbandingan volume pori dan volume partikel padat, yaitu

$$e = \frac{V_v}{V_s} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

3. Porositas (*Porosity*)

Porositas adalah perbandingan antara volume pori dengan volume keseluruhannya.

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

$$n = \frac{e}{1+e} \dots\dots\dots(3.5)$$

4. Derajat kejenuhan (*Degree of saturation*)

$$S_r = \frac{V_w}{V_r} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.6)$$

5. Berat isi tanah alami / asli (*Natural density*)

Berat isi tanah alami adalah perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan isi tanah seluruhnya, yaitu :

$$\gamma = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm}^3 \text{)} \dots\dots\dots(3.7)$$

6. Berat volume kering (*Dry density*)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \text{ (gr/cm}^3 \text{)} \dots\dots\dots(3.8)$$

7. Berat volume jenuh (*Saturated density*)

$$\gamma_{sat} = \frac{W_w + W_s}{V} \text{ (gr/cm}^3 \text{)} \dots\dots\dots(3.9)$$

8. Berat volume basah (*Submerged / wet density*)

$$\gamma_b = \frac{W_w + W_s}{V} \text{ (gr/cm}^3 \text{)} \dots\dots\dots(3.10)$$

3.6 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah dasar bertujuan untuk merubah struktur tanah atau sifat tanah sehingga dapat memenuhi persyaratan dalam meningkatkan daya dukung tanah. Tanah yang tidak memenuhi persyaratan tersebut mungkin bersifat sangat lepas, mempunyai sifat rembesan yang tinggi, daya dukung sangat rendah atau sifat-sifat lain yang membuat tanah tersebut tidak sesuai digunakan sebagai tanah dasar.

Bowles (1986) menyatakan bahwa stabilitas tanah dapat dilakukan dengan salah satu cara berikut :

1. Meningkatkan kepadatan tanah
2. Menambahkan material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi tanah dan atau tahanan gesek yang timbul.
3. Menambahkan material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah)
5. mengganti tanah-tanah yang buruk.

Stabilisasi tanah dasar bukan hanya perbaikan tanah yang tidak memenuhi syarat, akan tetapi sering juga dimanfaatkan untuk meningkatkan mutu dari

tanah dasar yang sebenarnya sudah tergolong baik. Secara garis besar stabilitas tanah dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu : Stabilisasi Mekanik, Stabilisasi Fisik, dan Stabilisasi Kimia (*Ingels dan Metcalf, 1972*). *Stabilisasi mekanik* adalah suatu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah tanpa mempengaruhi sifat-sifat fisik tanah itu sendiri. Cara ini berupa pemadatan, penambahan atau penggantian dengan tanah lain, peledakan dengan alat peledak (*explosive*) dan tekanan statis. *Stabilisasi fisik* adalah merubah sifat-sifat fisik dari tanah dengan cara pemanasan (*heating*), pendinginan (*cooling*), dan menggunakan arus listrik (*electricity*). Salah satu jenis stabilisasi fisik yang sering dipakai adalah pemanasan. *Stabilisasi kimia* adalah stabilisasi dengan cara penambahan bahan kimia padat atau cair pada tanah sehingga mengakibatkan perubahan sifat-sifat dari tanah tersebut, misalnya mencampur tanah lempung dengan kapur, semen dan lain-lain.

3.7 Kapur

Kapur banyak dijumpai di Indonesia, karena hampir seluruh wilayah di Indonesia memiliki daerah penghasil kapur. Kapur termasuk bahan bangunan yang penting. Di Indonesia, kapur sudah lama dikenal sebagai bahan ikat dalam pembuatan tembok, pilar dan sebagainya. Kapur sering didapat dalam bentuk kapur tohor (CaO) maupun kapur padam [Ca(OH)_2]. Sifat-sifat kapur sebagai bahan ikat antara lain plastis, mudah dan cepat mengeras, daya ikat baik (*Tjokrodimulyo, 1992*).

Kapur diperoleh dengan proses pembakaran batu kapur (Kalsium karbonat CaCO_3). Apabila dibakar pada suhu tertentu akan mengeluarkan gas yang disebut dengan Karbon dioksida (CO_2), dan menjadi Kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida ini kemudian dicampur dengan sedikit air yang akan menyebabkan terserapnya air dan mengembang sehingga menghasilkan serbuk kapur yang dikenal sebagai kalsium hidroksida [Ca(OH)_2].

3.8 Stabilisasi Dengan Kapur

Kapur merupakan bahan yang memiliki sifat adhesif, sehingga cukup baik digunakan sebagai bahan perekat untuk bangunan-bangunan yang berkaitan dengan teknik sipil. Di samping itu kapur masih relatif banyak tersedia dialam dengan harga yang cukup murah.

Mutu kapur diukur dari persentase dari jumlah oksida (Ca atau Mg) yang ada dikapur. Jenis yang baik digunakan untuk stabilisasi tanah (*soil lime stabilization*) adalah *hydrated lime* atau kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) dan *quiclime* atau kalsium oksida (CaO) (Ingels dan Metcalf, 1972).

Berdasarkan penyelidikan Ingels dan Metcalf (1972), stabilisasi tanah dengan menggunakan kapur menghasilkan nilai kuat tekan bebas yang meningkat sesuai dengan bertambahnya kadar kapur, biasanya sampai sekitar 8% dari berat kering tanah. Setelah penambahan melebihi 8%, laju peningkatan nilai kuat tekan bebas berkurang sampai tidak ada penambahan kekuatan lagi (*konstan*).

Untuk stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan kapur, Ingels dan Metcalf (1972) merekomendasikan penggunaan kadar kapur (Ca(OH)_2) antara 2%-8% tergantung jenis tanahnya (Tabel 3.6).

Tabel 3.6 Rekomendasi kadar kapur untuk berbagai jenis tanah lempung (Ingels dan Metcalf, 1972).

Jenis Lempung	Kadar Kapur
• Lempung berkerikil gradasi baik	~ 3 %
• Lempung berpasir	~ 5%
• Lempung berlanau	2% - 4%
• Lempung keras	3% - 8%
• Lempung sangat keras	3% - 8%

Sumber : Soil Stabilization, 1972

3.9 Konsolidasi dan Penurunan

Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, proses

tersebut dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air pori keluar dari rongga tanah. (H. C. Hardiyatmo, 2002).

Ada beberapa cara untuk mempercepat prose konsolidasi diantaranya adalah dengan cara :

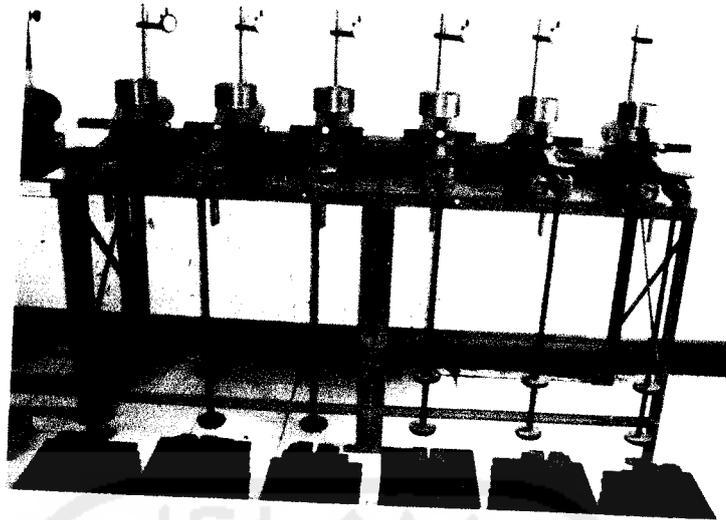
- a) Kolom Pasir
- b) Kolom Kapur
- c) Kolom Geotekstil
- d) Dengan Cara Pembebanan

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab yang lain.

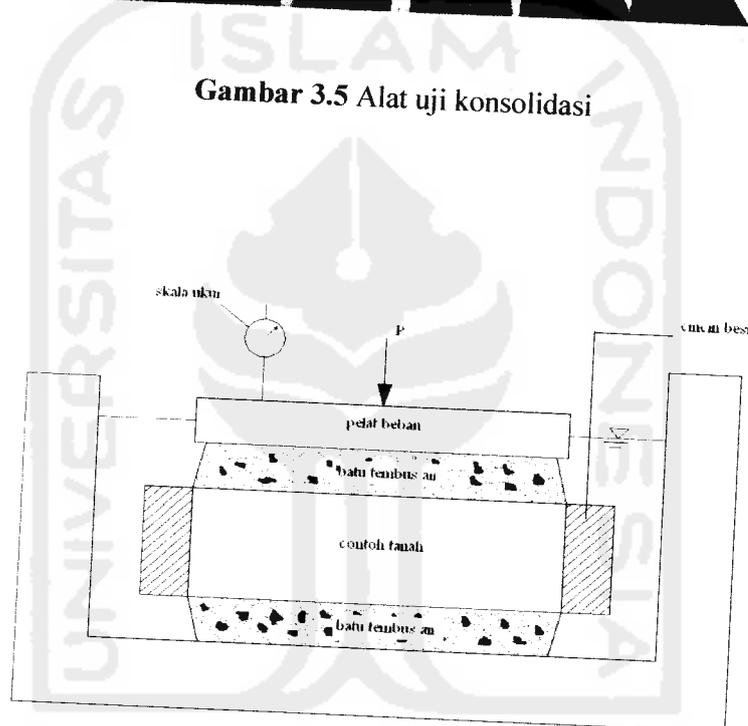
Menurut Das 1988, Secara umum, penurunan (*settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.
2. Penurunan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.

Uji konsolidasi dilakukan di laboratorium dengan alat oedometer atau konsolidometer. Gambar skematis alat ini dapat dilihat pada gambar 3.5. Beban P diterapkan di atas benda uji, dan penurunan diukur dengan arloji pembacaan (*dial gauge*). Beban diterapkan dalam periode 24 jam, dengan benda uji selalu terendam air didalam sel tempat benda uji. Ilustrasi sel tempat benda uji konsolidasi dapat kita lihat pada gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.5 Alat uji konsolidasi

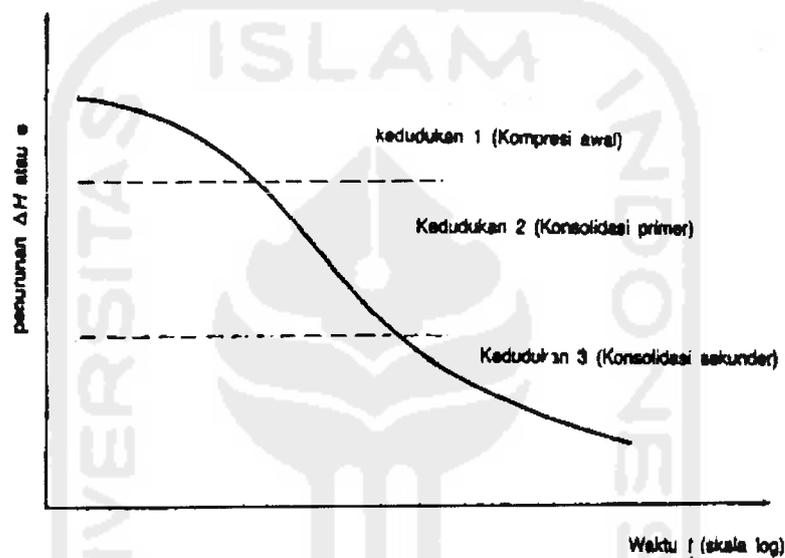


Gambar 3.6 Ilustrasi sel tempat benda uji konsolidasi

Penelitian Leonard (1962) menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh jika penambahan beban adalah dua kali beban sebelumnya, dengan urutan besar beban : 0,25; 0,50; 1; 2; 4; 8; 16 kg/cm².

Untuk tiap penambahan beban, deformasi dan waktu dicatat, kemudian diplot pada grafik semi logaritmis. Gambar 3.7 dibawah memperlihatkan sifat khusus dari grafik hubungan antara penurunan (ΔH) dan logaritma waktu ($\log t$).

Kurva bagian atas (kedudukan 1), merupakan bagian dari kompresi awal yang disebabkan oleh pembebanan awal dari benda uji. Bagian garis lurus (kedudukan 2), menunjukkan proses konsolidasi primer. Bagian garis lurus terendah (kedudukan 3), menunjukkan proses konsolidasi sekunder.



Gambar 3.7 Sifat khusus grafik hubungan ΔH atau e terhadap $\log t$

Sumber: H. C. Hardiyatmo, 2003

Indeks pemampatan (C_c) adalah kemiringan dari bagian lurus grafik e - $\log P$ untuk dua titik yang terletak pada bagian lurus dari grafik dalam gambar 3.11, nilai C_c dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_1 - \log P_2} = \frac{\Delta e}{\log (P_2/P_1)} \dots\dots\dots(3.11)$$

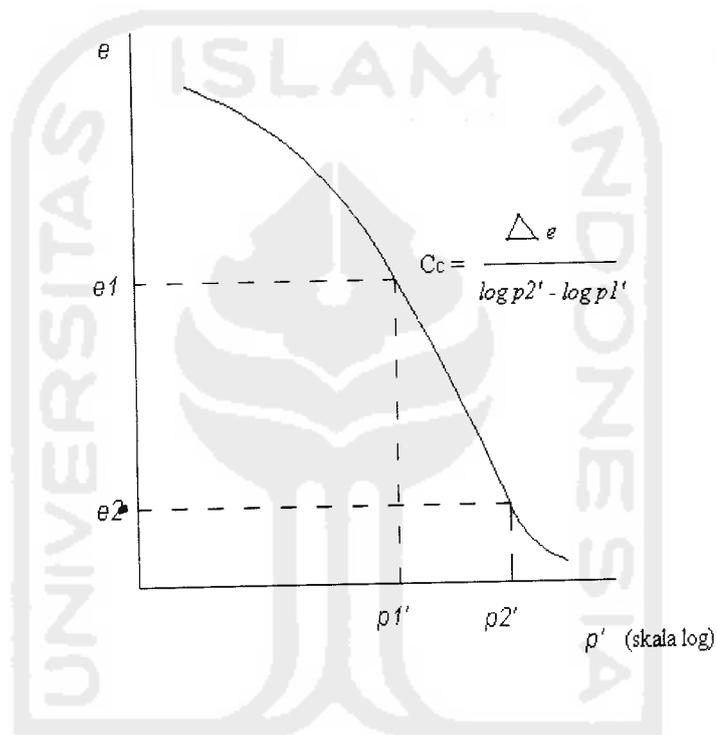
Untuk tanah *normally consolidated*, Terzaghi dan Peck (1967) (H.C Hardiyatmo, 1994), memberikan hubungan angka kompresi C_c sebagai berikut :

$$C_c = 0,009 (LL - 10) \dots\dots\dots(3.12)$$

Dengan LL adalah batas cair (*liquid limit*). Persamaan ini dapat digunakan untuk tanah lempung tak organik yang mempunyai sensitivitas rendah rendah sampai sedang dengan kesalahan 30% (rumus ini seharusnya tidak digunakan untuk sensitivitas lebih dari 4).

Terzaghi dan Peck juga memberikan hubungan untuk tanah lempung dibentuk kembali (*remold*).

$$C_c = 0,007 (LL - 10) \dots\dots\dots(3.13)$$



Gambar 3.8 Indeks pemampatan C_c

Sumber: H. C. Hardiyatmo, 1994

Analisis konsolidasi dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

Tinggi efektif (tebal bagian padat) :

$$H_t = \frac{W_k}{A \cdot G_s} \dots\dots\dots(3.14)$$

Angka pori awal (e_0):

$$e_0 = \frac{H_0 - H_1}{H_t} = \frac{\Delta H}{H_t} \dots\dots\dots(3.15)$$

Angka pori pada saat pembebanan:

$$e_1 = \frac{H_1 - H_t}{H_t} \text{ atau } e_1 = e_0 - \Delta e \dots\dots\dots(3.16)$$

Derajat kejenuhan sebelum dan sesudah pengujian :

$$Sr = \frac{Ws \cdot Gs}{e} \times 100\% \dots\dots\dots(3.17)$$

Koefisien konsolidasi:

$$Cv = \frac{0,848(d/2)^2}{t_{90}} \dots\dots\dots(3.18)$$

Tebal rata-rata :

$$d = \frac{1}{2} (H_1 - H_2) \dots\dots\dots(3.19)$$

Keterangan :

W_k = berat kering.

G = berat jenis.

H_0 = tebal sampel mula-mula.

H_1 = tebal sampel pada awal setiap beban.

H_2 = tebal sampel pada akhir pembebanan.