

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

1. Pengertian tanah

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauizek dkk (2018), Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan.

Menurut Das (1995), 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 di antara partikel-partikel padat tersebut).

Menurut Hardiyatmo (1992) dalam Apriliyandi (2017), tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya.

Menurut Bowles (1989) dalam Fauizek dkk (2018), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- b. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.

- c. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1995). Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989 dalam Adha 2014).

Dalam ilmu mekanika tanah terdapat dua sistem klasifikasi yang umum dikelompokkan . kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah :

- a. Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASHTO)

Sistem ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini telah mengalami beberapa perbaikan, yang berlaku saat ini adalah yang

diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (American Society for Testing and Materials (ASTM) Standar No. D-3282, AASHTO model M105).

Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud dan tujuan aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut : Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1) Ukuran Butir

Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).

Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).

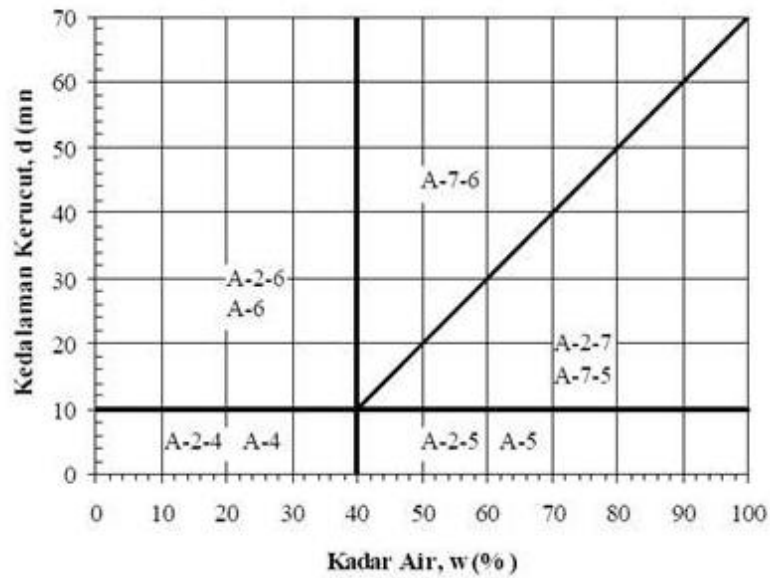
Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

2) Plastisitas

Plastisitas merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk pada volume konstan tanpa retak – retak atau remuk. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat.

Tingkat keplastisan suatu tanah umumnya ditunjukkan dari nilai indeks plastisitas, yaitu selisih nilai batas cair dan batas plastis

suatu tanah. Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih



Gambar 2. Grafik Plastisitas untuk Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (sumber : AASHTO)

- 3) Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam sampel tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase tanah yang dikeluarkan harus dicatat.

Apabila dalam sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasi tanah, maka data dari uji di cocokan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 1 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai (Das, 1995)

Tabel 1. Klasifikasi tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35 atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah lanau-lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5* A-7-6*
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	≤ 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 batas cair (LL)	---	---	---	≤ 41	≥ 41	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≤ 41	≤ 40	≥ 41
Indeks elastisitas (PI)	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan dasar tanah	Baik sekali sampai baik							sedang sampai jelek			

Keterangan : * Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$

** Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

sumber : Das, 1995

b. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)
Klasifikasi ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995). Pada sistem ini pada garis besarnya membedakan tanah atas tiga kelompok besar, yaitu :

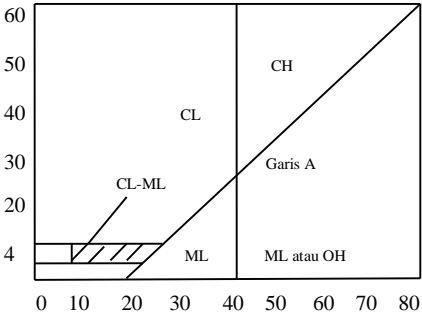
- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 50% lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal **G** untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan **S** untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
- 2) Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal **M** untuk lanau anorganik, **C** untuk lempung anorganik, dan **O** untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol **Pt** digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.
- 3) Tanah organik (Gambut/Humus), secara laboratorium dapat ditentukan jika perbedaan batas cair tanah contoh yang belum dioven dengan yang telah dioven sebesar $> 25\%$.

Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah **W** – untuk gradasi baik (*Wells graded*), **P** – gradasi buruk (*poorly graded*), **L** – plastisitas tinggi (*low plasticity*) dan **H** – plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam klasifikasi USCS sebagai berikut :

- 1) Persentase lolos ayakan No. 200 dan lolos ayakan No. 4.
- 2) Koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien gradasi (C_c).
- 3) Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI).

Tabel 2. Sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
		Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
				SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	Pasir dengan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 	
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)		
OL			Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$		MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)			
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang 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	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Sumber : Hary Christady, 1996

Adapun menurut Bowles (1991) dalam Septayani (2016), kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) diperlihatkan pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	LL < 50 %	L
Organik	O	LL > 50 %	H
Gambut	Pt		

(Sumber : Bowles, 1991)

Keterangan :

G = Untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil (*Gravelly Soil*)

S = Untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir (*Sandy soil*)

M = Untuk lanau anorganik (*inorganic silt*)

C = Untuk lempung inorganik (*inorganic clay*)

O = Untuk lanau dan lempung organik (*organic*)

Pt = Untuk gambut (*peat*) dan tanah dengan kandungan organik tinggi

W = Untuk gradasi baik (*well graded*)

P = Gradasi buruk (*poorly graded*)

L = Plastisitas rendah (*low plasticity*)

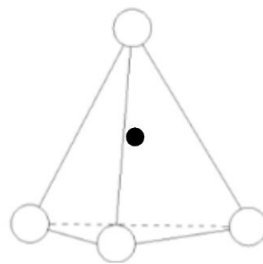
H = Plastisitas tinggi (*high plasticity*)

LL = Batas Cair (*Liquid Limit*)

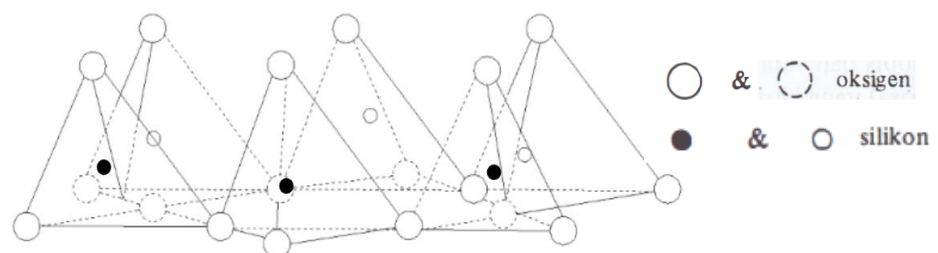
B. Tanah Lempung

Menurut Bowles (1991) dalam Septiyani (2016), tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif. Namun menurut Chen (1975) dalam Aziz & Safitri (2015), bahwa suatu mineral lempung tidak dapat dibedakan melalui ukuran partikel saja, sebagai contoh partikel *quartz* dan *feldspar*, meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil namun tidak bisa disebut tanah lempung karena umumnya partikel-partikel tersebut tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah. Perubahan sifat fisik dan mekanis tanah lempung dikendalikan oleh kelompok mineral yang mendominasi tanah tersebut.

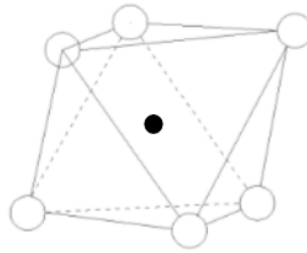
Menurut Das (1995) mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu silika tetrahedra dan aluminium oktahedra. Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari komposisi susunan satuan struktur dasar atau tumpuan lembaran serta macam ikatan antara masing-masing lembaran.



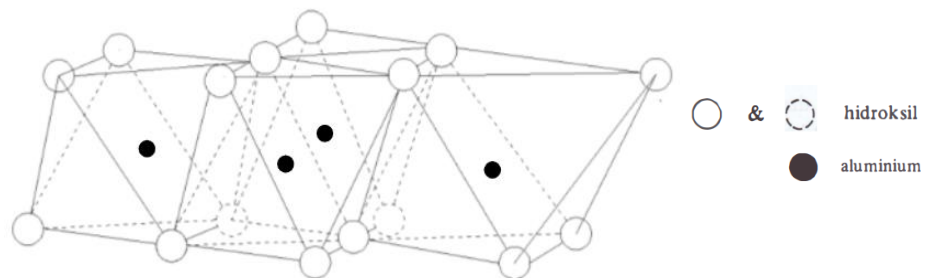
Gambar 3. *Single silika tetrahedral*
(sumber : Das, 1995)



Gambar 4. *Isometrik silika sheet*
(sumber : Das, 1995)



Gambar 5. *Single alluminium oktahedron*
(sumber : Das, 1995)



Gambar 6. *Isometrik oktahedral sheet*
(sumber : Das, 1995)

Menurut Wesley (1977) dalam Sutrisno (2013), tanah lempung terdiri dari butir-butir yang sanget kecil yang ukuranya kurang dari 0,002 mm serta menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.

Sifat tanah lempung yang mudah diamati menurut Terzaghi (1987) dalam Khoiriyah (2015), adalah jika tanah lempung dalam keadaan kering maka akan sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan, selain itu permeabilitas tanah lempung juga sangat rendah. Sedangkan menurut Hardiyatmo (1992) dalam Herman (2016), sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat.

C. Stabilisasi Tanah

Sebagai salah satu hal penting dalam mendukung sebuah konstruksi tetap aman, tanah sebagai penahan beban haruslah memiliki daya dukung yang cukup untuk menahan beban dari konstruksi. Stabilisasi tanah adalah proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan atau memodifikasi struktur lapisan tanah agar dapat menaikkan daya dukung tanah, mempertahankan kekuatan geser dan mengurangi terjadinya deformasi tanah. Menurut Bowles (1991) dalam Jatmiko (2014), beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilkan tanah adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tahanan gesek yang terjadi.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
5. Mengganti tanah yang buruk.

D. Penurunan

Daya dukung tanah dalam menahan beban tergantung dari jenis tanah yang ada. Semua jenis tanah jika dibebani maka tanah akan mengalami penurunan (*Settlement*). Penurunan yang terjadi dalam tanah disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air di dalam tanah tersebut. Jumlah dari penurunan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanah. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi (Das, 1995).

Pada tanah berpasir yang sangat tembus air (*permeable*), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori keluar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah, berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapis tanah itu karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir keluar dengan cepat, maka

penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi secara bersamaan (Das, 1995).

Hal ini berbeda dengan lapis tanah lempung jenuh air yang *compressible* (mampu mampat). Koefisien rembesan lempung sangat kecil dibandingkan dengan koefisien rembesan kolom pasir sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara lambat dalam waktu yang sangat lama. Untuk tanah lempung perubahan volume yang di Seabkan oleh keluarnya air dari dalam pori (yaitu konsolidasi) akan terjadi sesudah penurunan segera. Penurunan konsolidasi biasanya jauh lebih besar dan lebih lambat serta lama dibandingkan dengan penurunan segera (Das, 1995).

Oleh karena itu harus dilakukan usaha perbaikan tanah agar tidak terjadi penurunan konsolidasi kembali saat konstruksi bangunan mulai dibangun bahkan setelah selesai dibangun di atasnya, sehingga risiko kerusakan struktur bangunan karena penurunan tanah yang terlalu besar dapat dihindari.

E. Konsolidasi (Consolidation Settlement)

Menurut Soedarmo (1993), konsolidasi adalah proses pengecilan volume secara bertahap dan perlahan-lahan pada tanah jenuh maksimal dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Proses tersebut berlangsung terus-menerus sampai kelebihan tekanan angka pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total benar-benar hilang. 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 lain. Beberapa atau semua faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan.

Menurut Das (1995), 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.

Bilamana suatu lapisan tanah lempung yang mampu mampat (*compressible*) diberi penambahan tegangan, maka penurunan (*settlement*) akan terjadi dengan segera. Selain itu dengan mudahnya tanah lempung mengalami kembang susut, hal ini tidak menguntungkan bagi konstruksi yaitu daya dukung yang rendah serta kompresibilitas yang tinggi.

Oleh karena itu harus dilakukan usaha perbaikan tanah agar tidak terjadi penurunan konsolidasi kembali saat konstruksi bangunan mulai dibangun bahkan setelah selesai dibangun di atasnya, sehingga risiko kerusakan struktur bangunan karena penurunan tanah yang terlalu besar dapat dihindari.

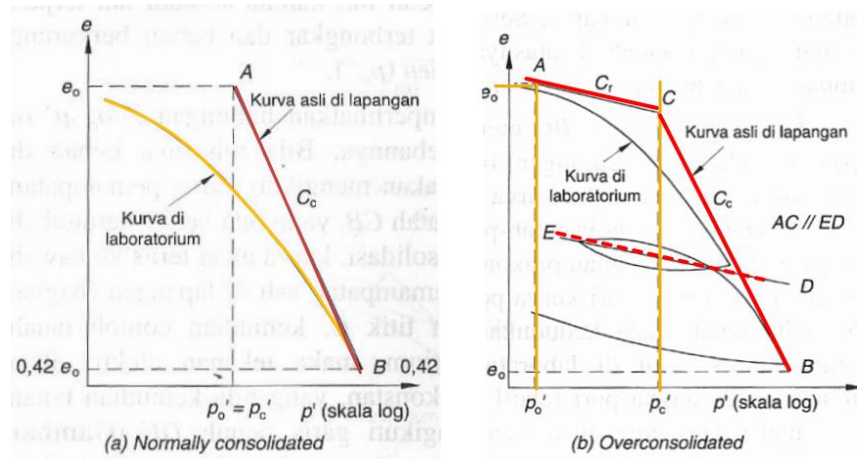
Bahan dan alat dalam pengujian konsolidasi berdasarkan ASTM D 2435-96 adalah sebagai berikut :

1. Bahan-bahan:
 - a. Sampel tanah asli (*undisturbed sample*) yang diambil melalui tabung contoh atau tabung uji CBR lapangan.
 - b. Air bersih secukupnya.
2. Peralatan yang digunakan:
 - a. *Frame* alat konsolidasi dan Consolidometer
 - b. Cincin (cetakan) benda uji.
 - c. *Extruder*.
 - d. Batu pori dan bola baja.
 - e. Piringan (plat penekan).
 - f. *Stopwatch*.
 - g. *Dial gauge* deformasi ketelitian 0,01 mm.
 - h. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
 - i. Pisau pemotong

j. Cawan

k. Oven

Menurut Hardiyatmo (2012), dalam proses konsolidasi yang sesungguhnya adalah terjadinya perubahan volume sesuai waktu dan besar tekanannya.



Gambar 7. (a) *normally consolidated* (NC) (b) *overconsolidated* (OC)

(sumber : Hardiyatmo, 2012)

Penurunan konsolidasi dapat dinyatakan dalam persamaan :

1. Untuk tanah terkonsolidasi normal *normally consolidated* (NC)

$$S_c = C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{P_1'}{P_0'}$$

2. Untuk tanah terkonsolidasi lebih *overconsolidated* (OC)

- a. Bila $(P_0 + \Delta P) < P_c$

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{P_1'}{P_0'}$$

- b. Bila $(P_0 + \Delta P) > P_c$

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{P_c'}{P_0'} + C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{P_1'}{P_c'}$$

- c. Bisa juga dengan persamaan

$$S = M_v \times H \times \Delta p$$

d. Indeks pemampatan kembali

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta p}$$

e. Indeks pengembangan kembali

$$C_r = \frac{\Delta e}{\Delta p}$$

Keterangan :

Sc & S = konsolidasi / penurunan

Cr = indeks pemampatan kembali

Cc = indeks pemampatan

e_0 = angka pori awal

H = kedalaman lapisan tanah

P_c = tekanan *overburden* efektif mula - mula

P_0' = perubahan tekanan prakonsolidasi

Δp = selisih tegangan

Δ_e = selisih angka pori

M_v = koefisien perubahan volume

Menurut Hardiyatmo (1994) dalam Rochmah (2017), kecepatan konsolidasi yang rendah pada tanah-tanah lempung, lanau, dan tanah yang mudah mampat lainnya, dapat dipercepat dengan menggunakan metode drainase yang ditanam secara vertikal. Metode drainase vertikal ini memberikan lintasan air pori yang lebih pendek ke arah horizontal. Jarak arah horizontal yang lebih pendek menyebabkan bertambahnya kecepatan proses konsolidasi beberapa kali lebih besar. Selain itu permeabilitas tanah ke arah horizontal yang beberapa kali lebih besar mempercepat laju konsolidasi.

Menurut Hardiyatmo (2012), drainase vertikal yang telah digunakan sampai saat bisa dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Drainase pasir vertikal

Tipe *sand drain* biasanya terdiri dari lubang bor vertikal berisi pasir dengan gradasi tertentu yang mampu menembus lapisan lempung jenuh

relatif tebal. Diameter lubang pasir bervariasi, antara 45 cm sampai 60 cm. Diameter yang terlalu kecil dapat menyebabkan pembengkokan akibat gesekan antara kolom pasir dengan dinding bagian dalam pipa *mandrel*.

2. Drainase vertikal pracetak atau *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

PVD merupakan material bahan cetakan pabrik, terdiri dari selubung luar (geoteksstil nir-anyam) dan inti plastik. Selubung plastik PVD berfungsi sebagai pemisah aliran air terhadap tekanan tanah di sekitarnya sedangkan inti plastik berfungsi sebagai penahan selubung filter dan untuk memberikan aliran longitudinal di sepanjang PVD.

Menurut Hardiyatmo (1994) dalam Mitayani (2017), Penurunan konsolidasi yang terjadi pada tanah lempung disebabkan karena adanya beban yang bekerja di atas permukaan tanah, sehingga pada tanah lempung untuk mencapai waktu konsolidasi 90% memerlukan waktu yang lama. Lamanya penurunan tergantung dari faktor waktu (T_v), panjang drainase, dan koefisien konsolidasi.

Faktor waktu dapat di hitung dengan persamaan berikut ini :

$$t_n = \frac{d^2}{C_v} \times T_v$$

Dimana :

t_n = waktu untuk mencapai derajat konsolidasi $n\%$

T_v = faktor waktu

C_v = koefisien konsolidasi

d = panjang lintasan drainase

d = panjang lintasan drainase

($d=H$ jika drainase 1 arah)

($d=0,5H$ untuk drainase 2 arah)

H = tebal tanah lempung

Menurut Das (1995), Variasi derajat konsolidasi rata-rata terhadap Faktor waktu yang berlaku untuk keadaan di mana tegangan air pori awal (U_0) homogen sama untuk seluruh kedalaman lapisan yang mengalami konsolidasi.

Tabel 4. Variasi faktor waktu (T_v) terhadap derajat konsolidasi (U%)

Derajat Konsolidasi U%	Faktor waktu T_v
0	0
10	0.008
20	0.031
30	0.071
40	0.126
50	0.197
60	0.287
70	0.403
80	0.567
90	0.848
100	∞

(Sumber: Das 1995)

F. Pengujian Kadar air

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah yaitu perbandingan antara berat air dengan berat tanah kering. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2216.

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-2216, yaitu :

1. Menimbang cawan yang akan digunakan dan memasukkan benda uji ke dalam cawan dan menimbanginya.
2. Memasukkan cawan yang berisi sampel ke dalam *oven* dengan suhu 110°C selama 24 jam.
3. Menimbang cawan berisi tanah yang sudah di *oven* dan menghitung persentase kadar air.

Perhitungan :

$$1. \text{ Berat air (Ww)} = W_{cs} - W_d$$

$$2. \text{ Berat tanah kering (Ws)} = W_{ds} - W_c$$

$$3. \text{ Kadar air } (\omega) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

W_c = Berat cawan yang akan digunakan.

W_{cs} = Berat benda uji + cawan.

W_{ds} = Berat cawan yang berisi tanah yang sudah di oven.

G. Pengujian Batas *Atterberg*

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-4318.

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-4318, antara lain :

- a. Mengayak sampel tanah yang sudah dihancurkan dengan menggunakan saringan No. 40.
- b. Mengatur tinggi jatuh mangkuk *casagrande* setinggi 10 mm.
- c. Mengambil sampel tanah yang lolos saringan No. 40, kemudian diberi air sedikit demi sedikit dan aduk hingga merata, kemudian dimasukkan ke dalam mangkuk *cassagrande* dan meratakan permukaan adonan sehingga sejajar dengan alas.
- d. Membuat alur tepat di tengah-tengah dengan membagi benda uji dalam mangkuk *cassagrande* tersebut dengan menggunakan *grooving tool*.
- e. Memutar tuas pemutar sampai kedua sisi tanah bertemu sepanjang 13 mm sambil menghitung jumlah ketukan dengan jumlah ketukan harus berada di antara 10–40 kali.
- f. Mengambil sebagian benda uji di bagian tengah mangkuk untuk pemeriksaan kadar air dan melakukan langkah kerja yang sama untuk benda uji dengan keadaan adonan benda uji yang berbeda sehingga diperoleh 4 macam benda uji dengan jumlah ketukan yang berbeda yaitu 2 buah di bawah 25 ketukan dan 2 buah di atas 25 ketukan.

Perhitungan :

- a. Menghitung kadar air masing-masing sampel tanah sesuai jumlah pukulan.
- b. Membuat hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada grafik semi logritma, yaitu sumbu x sebagai jumlah pukulan dan sumbu y sebagai kadar air.
- c. Menarik garis lurus dari keempat titik yang tergambar.
- d. Menentukan nilai batas cair pada jumlah pukulan ke-25.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

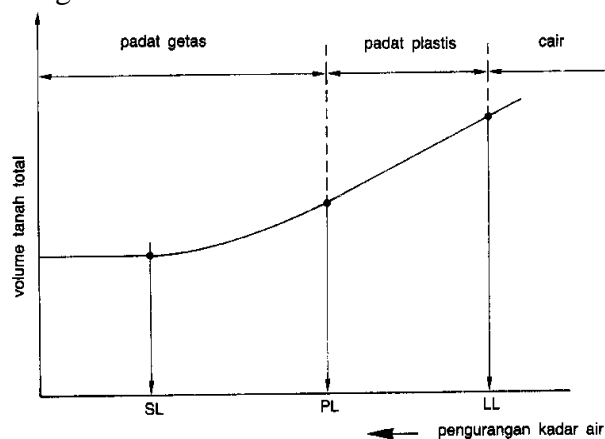
Batas plastis di perlukan tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Nilai batas plastis adalah nilai dari kadar air rata-rata sampel. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-4318.

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-4318 :

- a. Mengayak sampel tanah yang telah dihancurkan dengan saringan No.40
- b. Mengambil sampel tanah kira-kira sebesar ibu jari kemudian digulung-gulung di atas plat kaca hingga mencapai diameter 3 mm sampai retak-retak atau putus-putus.
- c. Memasukkan benda uji ke dalam cawan kemudian ditimbang
- d. Menentukan kadar air benda uji.

Perhitungan :

- a. Nilai batas plastis (PL) adalah kadar air rata-rata dari ketiga benda uji.
- b. Indeks Plastisitas (PI) adalah harga rata-rata dari ketiga sampel tanah yang diuji, dengan rumus: $PI = LL - PL$



Gambar 8. Hubungan volume tanah dengan kadar air dalam batas
atterberg

(Sumber : Das, 1995)

H. Pengujian Berat Volume (*Unit Weight*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah. Pengujian berdasarkan ASTM D 2167.

Bahan-bahan: Sampel tanah

Peralatan:

1. Ring contoh.
2. Pisau.
3. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

Perhitungan:

1. Berat ring (W_c).
2. Volume ring bagian dalam (V).
3. Berat ring dan tanah (W_{cs}).
4. Berat tanah (W) = $W_{cs} - W_c$.
5. Berat Volume (γ) = $\frac{W}{V}$ (gr/cm³ atau t/m³)

I. Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini mencakup penentuan berat jenis tanah dengan menggunakan botol *picnometer*. Tanah yang diuji harus lolos saringan No. 40. Bila nilai berat jenis dan uji ini hendak digunakan dalam perhitungan untuk uji *hydrometer*, maka tanah harus lolos saringan No. 200 (diameter = 0.074 mm). Uji berat jenis ini menggunakan standar ASTM D-854.

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-854, antara lain :

1. Menyiapkan benda uji secukupnya dan memasukannya ke dalam oven pada suhu 60°C sampai dapat digemburkan atau dengan pengeringan matahari.

2. Mendinginkan tanah dengan Desikator lalu menyaring dengan saringan No. 40 dan apabila tanah menggumpal ditumbuk lebih dahulu.
3. Mencuci labu ukur dengan air suling dan mengeringkannya.
4. Menimbang labu tersebut dalam keadaan kosong.
5. Mengambil sampel tanah.
6. Memasukkan sampel tanah ke dalam labu ukur dan menambahkan air suling sampai menyentuh garis batas labu ukur.
7. Mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang terperangkap di dalam butiran tanah dengan menggunakan pompa vakum.
8. Mengeringkan bagian luar labu ukur, menimbang dan mencatat hasilnya dalam temperatur tertentu.

Perhitungan :

$$GS = \frac{W2 - W1}{(W4 - W1) - (W3 - W2)}$$

Dimana :

Gs = Berat jenis

W1 = Berat *picnometer* (gram)

W2 = Berat *picnometer*, dan tanah kering (gram)

W3 = Berat *picnometer*, tanah, dan air (gram)

W4 = Berat *picnometer*, dan air bersih (gram)

Tabel 5. Berat jenis tanah

Macam tanah	Berat jenis
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, 2002

J. Pengujian Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles, 1991). Usaha pemadatan tersebut akan menyebabkan volume tanah akan berkurang, volume pori berkurang namun volume butir tidak berubah. Hal ini bisa dilakukan dengan cara menggilas atau menumbuk. Manfaat dari pemadatan tanah adalah memperbaiki beberapa sifat teknik tanah, antara lain:

1. Memperbaiki kuat geser tanah yaitu menaikkan nilai sudut geser tanah (θ) dan kohesi (C)
2. Mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban.
3. Mengurangi permeabilitas yaitu mengurangi nilai k.
4. Mengurangi sifat kembang susut tanah (lempung).

Tanah lempung yang dipadatkan dengan cara yang benar akan dapat memberikan kuat geser tinggi. Stabilitas terhadap sifat kembang susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya. Lempung padat mempunyai permeabilitas yang rendah dan tanah ini tidak dapat dipadatkan dengan baik pada waktu sangat basah (jenuh).

Pemadatan tanah bertujuan untuk menentukan kepadatan maksimum tanah dengan cara tumbukan yaitu dengan mengetahui hubungan antara kadar air dengan kepadatan tanah. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-1557. Adapun langkah kerja pengujian pemadatan tanah, antara lain :

1. Pencampuran
 - a. Mengambil tanah sebanyak 15 kg lalu dijemur.
 - b. Setelah kering tanah yang masih menggumpal dihancurkan dengan tangan atau palu kayu
 - c. Butiran tanah yang telah terpisah diayak dengan saringan No. 4.
 - d. Butiran tanah yang lolos saringan No. 4 dipindahkan atas 6 bagian, masing-masing 2,5 kg, masukkan masing-masing bagian ke dalam plastik dan ikat rapat-rapat.

- e. Mengambil sebagian butiran tanah yang mewakili sampel tanah untuk menentukan kadar air awal.
- f. 6 sampel yang telah ditimbang 2,5 kg kemudian setiap sampel tersebut diberi air suling mulai dari 150 cc, 200 cc, 300 cc, 400 cc, 500 cc dan 600 cc. Sampel tersebut dicampurkan hingga merata kemudian dimasukkan lagi ke dalam plastik dan tunggu hingga 24 jam

2. Pemadatan tanah

- a. Menimbang *mold* standar beserta alas.
- b. Memasang *collar* pada *mold* , lalu meletakkannya di atas papan.
- c. Mengambil salah satu sampel yang telah ditambahkan air sesuai dengan penambahannya.
- d. Menggunakan *modified proctor* , tanah dibagi kedalam 6 bagian. Bagian pertama dimasukkan kedalam *mold* , ditumbuk 25 kali sampai merata. Dengan cara yang sama dilakukan pula untuk bagian kedua, ketiga, keempat, kelima dan keenam sehingga bagian keenam mengisi sebagian *collar* (berada sedikit diatas bagian *mold*).
- e. Melepaskan *collar* dan meratakan permukaan tanah pada *mold* dengan menggunakan pisau pemotong.
- f. Menimbang *mold* berikut alas dan tanah di dalamnya.
- g. Mengeluarkan tanah dari *mold* dengan *extruder* , ambil bagian tanah (alas dan bawah) dengan menggunakan 2 cawan untuk pemeriksaan kadar air (w).
- h. Mengulangi langkah kerja b.2 sampai b.7 untuk sampel tanah lainnya, maka akan didapatkan 6 data pemadatan tanah.

Perhitungan :

a. Kadar Air :

- 1) Berat cawan + berat tanah basah = W_1 (gr)
- 2) Berat cawan + berat tanah kering = W_2 (gr)
- 3) Berat air = $W_1 - W_2$ (gr)
- 4) Berat cawan = W_c (gr)
- 5) Berat tanah kering = $W_2 - W_c$ (gr)

$$6) \text{ Kadar air } (w) = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_C} \times 100$$

b. Berat Isi

1) Berat *mold* = W_m (gr)

2) Berat *mold* + sampel = W_{ms} (gr)

3) Berat tanah (W) = $W_{ms} - W_m$ (gr)

4) Volume *mold* = V (cm³)

5) Berat volume = W/V (gr/cm³)

6) Kadar air (w)

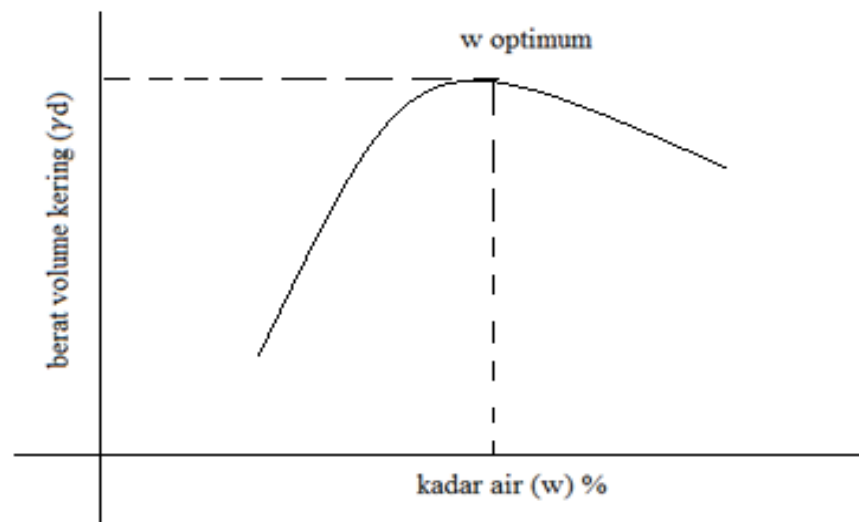
7) Berat volume kering (γ_d)

$$\gamma_d \times \frac{\gamma}{1+w} \times 100 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

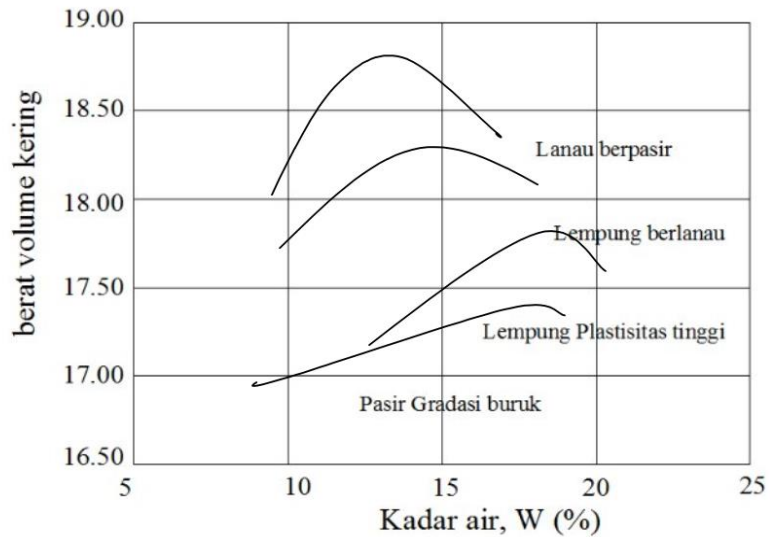
8) Berat volume *zero air void* (γ_z)

$$\gamma_z \times \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + G_s \times w} \times 100 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Kadar air yang memberikan berat kering yang maksimal disebut kadar air optimum. Untuk tanah berbutir halus dalam mendapatkan kadar air optimum digunakan batas plastisnya. Kurva hubungan antara kadar air (w) sebagai absis dan berat volume tanah kering sebagai ordinat, puncak kurva sebagai nilai (γ_d maksimum), kurva yang digunakan adalah kurva dari uji pemadatan tanah (*proctor standart*). Dari titik puncak ditarik garis vertikal memotong absis, pada titik ini adalah kadar air optimum seperti yang terlihat pada Gambar x.



Gambar 9. Grafik hubungan berat volume kering dengan kadar air



Gambar 10. Bentuk umum grafik pemadatan 4 jenis tanah (ASTM D-698)

K. Pengujian Hidrometri (Distribusi Ukuran Butir)

Menurut Das (1995), Analisis hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah dalam air. Tujuan pengujian analisis hidrometer adalah untuk mengetahui presentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang lolos saringan No. 200 (\varnothing 0,075 mm). Pengujian hidrometer dilakukan dalam silinder pengendap yang terbuat dari gelas dan memakai sampel tanah yang kering oven.

Bahan-bahan :

- a. 50 gram sampel tanah
- b. Air suling
- c. Campuran Reagen atau *Natrium Hexametaphosphate*

Peralatan yang diperlukan:

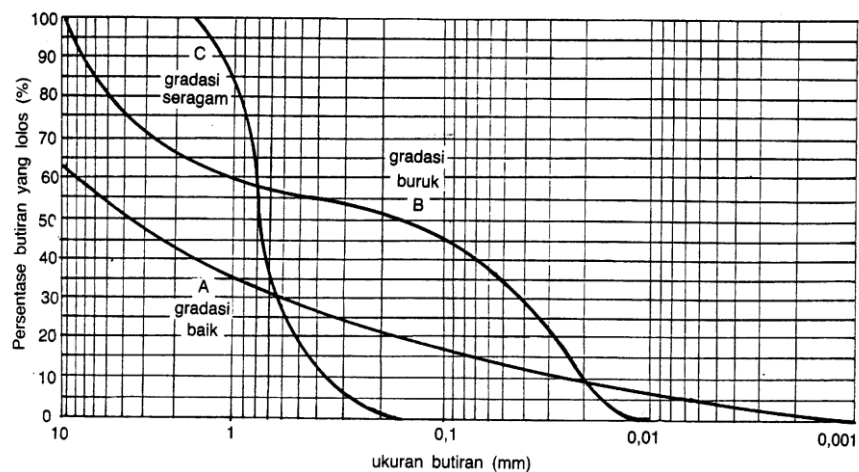
- Silinder pengendap atau tabung gelas ukur
- Oven
- Termometer
- Alat hidrometer jenis ASTM 152H

Perhitungan:

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{30\eta}{(G_s - 1)\gamma_w}} \times \sqrt{\frac{L(cm)}{t(menit)}}$$

- Dimana :
- v = Kecepatan mengendap
 - η = Kekentalan air
 - γ_w = Berat volume air
 - γ_s = Berat volume partikel tanah
 - D = Diameter Partikel
 - G_s = Berat jenis tanah
 - K = Fungsi dari G_s yang tergantung temperatur uji
 - t = Waktu pengendapan



Gambar 11. Grafik pembagian ukuran butir
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

L. Pengujian California Bearing Ratio

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara *California Bearing Ratio* (CBR). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). Istilah CBR menunjukkan suatu perbandingan (*ratio*) antara beban yang diperlukan untuk menekan piston logam (luas penampang 3 *sqinch*) ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban yang diperlukan pada penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama (Canonica, 1991).

Terdapat 3 cara dalam pengujian CBR yaitu :

1. Pemeriksaan CBR Laboratorium mengacu pada AASHTO T-193 74 dan ASTM- 1883-73.
2. Pemeriksaan CBR lapangan atau CBR *inpalce* atau *field inplace*.
3. Pemeriksaan CBR lapangan rendaman atau *undistuebed soaked* CBR.

Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan fondasi jalan adalah penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2”, yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$1. \text{ Nilai CBR penetrasi } 0,1'' = \frac{A}{1000} \times 100\%$$

$$2. \text{ Nilai CBR penetrasi } 0,2'' = \frac{A}{1500} \times 100\%$$

Keterangan :

A pembacaan *dial* pada saat penetrasi 0,1” dengan satuan psi

B pembacaan *dial* pada saat penetrasi 0,2” dengan satuan psi

Kekuatan tanah dasar biasanya bergantung pada kadar airnya. Semakin tinggi kadar airnya maka semakin kecil kekuatan nilai CBR dari tanah tersebut. Namun, hal itu tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dipadatkan dengan kadar air rendah untuk mendapatkan nilai CBR yang tinggi, karena kadar air tidak tahan konstan pada nilai rendah itu. Setelah pembuatan jalan maka air akan meresap ke dalam tanah dasar, sehingga kekuatan dan CBR turun sampai kadar air mencapai nilai yang konstan. Kadar air konstan inilah yang disebut kadar air keseimbangan. Batas-batas kadar air dan berat isi

kering dapat ditentukan dari hasil percobaan laboratorium yaitu percobaan pemadatan dan CBR (Munsil, 2018)

M. Pengujian Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah adalah uji kuat tekan bebas. Yang dimaksud dengan kekuatan tekan bebas adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20 %. Percobaan kuat tekan bebas di laboratorium dilakukan pada sampel tanah dalam keadaan asli maupun buatan (*remoulded*) (Fadilla & Roesyanto, 2014).

N. Penelitian Yang relevan

Aldrian (2016), menjelaskan tentang pengujian penurunan tanah menggunakan drainase vertikal. Pembuatan drainase vertikal tiap-tiap pengujian yaitu dengan diameter 4.75 cm dan 2.54 cm dengan menggunakan pasir sebagai media drainasenya. Dari hasil pengujian penurunan total tanah tanpa drainase adalah sebesar 0.365 cm selama 5 hari dan dengan metode perhitungan adalah 2.60 cm selama 15 hari. Untuk drainase dengan diameter 2.54 cm, penurunan tanah adalah sebesar 0.423 cm selama 5 hari dan dengan metode perhitungan adalah sebesar 2.51 selama 20 hari. Sedangkan drainase dengan diameter 4.75 cm penurunannya adalah sebesar 0.697 cm selama 5 hari dan dengan metode perhitungan adalah sebesar 2.49 selama 15 hari.

Listyawan, dkk (2015), menjelaskan tentang pengaruh kolom pasir terhadap konsolidasi tanah lempung lunak. Hasil penelitian ini menunjukkan stabilisasi tanah Lempung lunak dengan menggunakan kolom pasir dapat mempercepat proses konsolidasi, di mana nilai koefisien konsolidasi (C_v) pada tanah tanpa kolom pasir memiliki nilai C_v sebesar $0.00655 \text{ cm}^2/\text{detik}$, sedangkan tanah dengan menggunakan kolom pasir diambil sampel tanah dengan jarak 16.67 cm memiliki nilai C_v sebesar $0.00667 \text{ cm}^2/\text{detik}$, dan untuk kolom pasir dengan sampel berjarak berjarak 50 cm memiliki nilai C_v terkecil yaitu sebesar $0.00397 \text{ cm}^2/\text{detik}$.

Trisatria (2018), menjelaskan pengaruh variasi kolom pasir sebagai drainase vertikal dua arah pada tanah lunak. Hasil dari penelitian ini penambahan drainase vertikal dengan variasi kolom kelompok meningkatkan penurunan sebesar 3.99 mm, sedangkan drainase vertikal kolom tunggal meningkatkan penurunan sebesar 3.03 mm. Selain itu drainase vertikal dengan variasi kolom kelompok memiliki kecepatan 31.54% lebih cepat dibanding drainase vertikal dengan variasi kolom tunggal.

Resmawan (2016) melaporkan tentang pengaruh campuran pasir dan limbah karbit terhadap parameter penurunan tanah lempung menggunakan uji CBR dan konsolidasi dengan pemadatan laboratorium. Hasil dari penelitian ini adalah penambahan bahan campuran 0%; 5%; 10%; 15% didapat hasil C_v secara berurutan sebesar 0.42 cm²/menit; 0.14 cm²/menit; 0.09 cm²/menit dan 0.02 cm²/menit. Dari data C_v tersebut, penambahan bahan tambah dapat mengurangi penurunan tanah yang terjadi.