

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tanah

Definisi tentang tanah yang dipergunakan oleh seorang insinyur sipil bersifat kesepakatan dan berbeda dengan definisi yang digunakan oleh seorang ahli geologi, ahli ilmu tanah, ataupun orang awam. Seorang insinyur sipil menganggap tanah termasuk semua bahan, organik dan anorganik, yang ada di atas lapisan batuan tetap (Dunn dkk., 1980).

Dalam pengertian teknik secara umum, Das B.M (1988) mendefinisikan tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat mineral mineral padat yang dapat terikat secara kimia, antara satu sama lain dari bahan – bahan organik yang telah melapuk yang berpartikel padat yang disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong diantara partikel – partikel padat tersebut. Peranan tanah ini sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan karena tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada diatasnya, oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan untuk mendukung konstruksi harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan.

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas, yang terletak di atas batuan dasar. Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikelpartikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya. Proses II-2 pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah (Hardiyatmo, 1995).

Tanah (soil) adalah kumpulan (agregat) butiran mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat dimaksud diaduk dalam air, sedangkan batuan merupakan agregat mineral yang satu sama lainnya diikat oleh gaya-gaya kohesif yang permanen dan kuat (Terzaghi dan Peck, 1967).

2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah merupakan pengelompokan berbagai jenis tanah kedalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk mengonfirmasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah yang lain berupa data dasar, seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya.

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

2.2.1 Sistem klasifikasi American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)

Sistem ini mulai dikembangkan pada tahun 1929 sebagai Public Road Administration Classification System. Sistem ini telah mengalami beberapa perubahan, sistem yang berlaku pada saat ini yaitu yang diajukan oleh Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of 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). Sistem ini membagi tanah kedalam tujuh kelompok utama

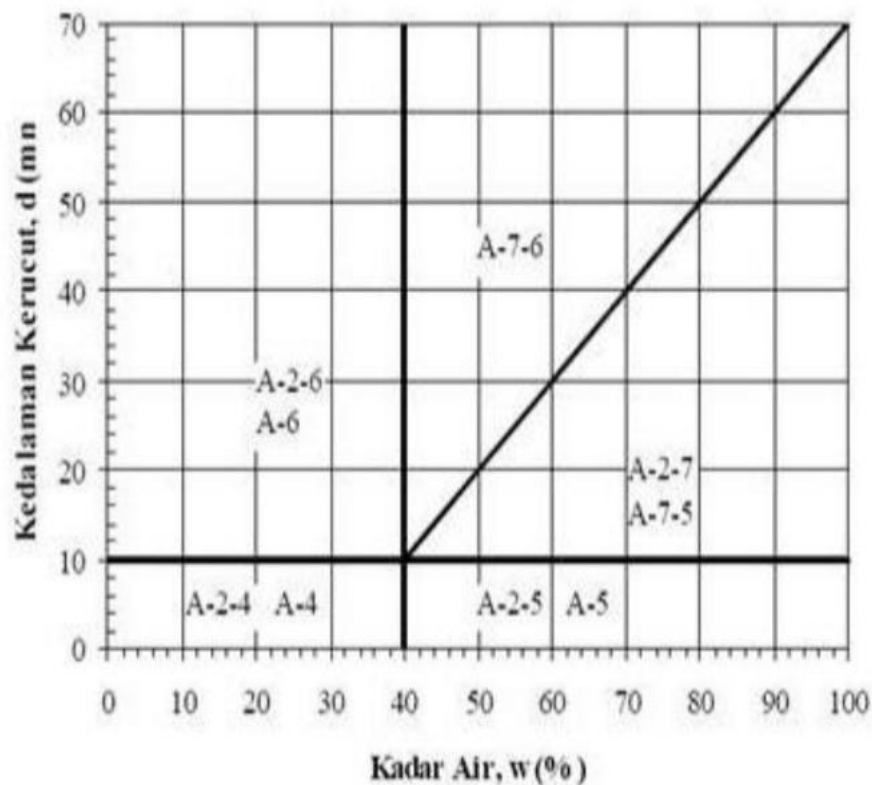
yaitu A-1 sampai dengan A-7, A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah yang lolos ayakan No. 200. Tanah dimana lebih dari 35% butiran tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

a. Ukuran Butir

Kerikil bagian tanah yang lolos ayakan 75 mm dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2mm), Pasir bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075mm), Lanau dan Lempung bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

b. Plastisitas

Plastisitas merupakan bentuk penyesuaian pada tanah terhadap volume konstan tanpa retak atau remuk, yang bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, dan padat. Tingkat keplastisan tanah umumnya ditunjukkan dari nilai indeks plastisitas dimana selisih nilai batas cair dan batas plastis suatu tanah.



Grafik 2. 1 plastisitas untuk Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

(sumber: AASHTO)

- a. Jika terdapat batuan yang berukuran lebih besar dari 75 mm pada sampel tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan tersebut terlebih dahulu dikeluarkan dengan presentase tanah yang dikeluarkan harus dicatat. Apabila dalam sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasi tanah, maka data dari uji di cocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 1 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan sampai ditemukan angka-angka yang sesuai.

Klasifikasi Umum	Tanah Lanau – Lempung (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7-5* A - 7-6**
Analisis ayakan (& lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan no. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Max 40 Max 10	Max 41 Max 10	Max 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sebagai bahan dasar	Biasa sampai Jelek			

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

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

(Sumber :Braja M. Das, 1995)

2.2.2 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)

Klasifikasi ini pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995). Sistem ini pada garis besarnya membedakan tanah atas tiga jenis kelompok, yaitu :

- 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*) tanah berkerikil dan S untuk pasir (*sand*) tanah berpasir.
- Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50% lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol dari kelompok ini dimulai dari 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.

- c. Tanah organik (Gambut/Humus), secara laboratorium dapat ditentukan jika perbedaan batas cair tanah contoh yang belum di oven dengan yang telah di oven 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 yaitu sebagai berikut:

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

Tabel 2. 2 klasifikasi Unifed Soil Classification

(Sumber:AASHTO)

Pembagian Jenis			Nama Jenis	Simbol
Tanah Berbutir Kasar	Kerikil Lebih dari setengah fraksi kasar	Kerikil bersih, (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit pasir halus.	Gw

Tanah Berbutir Halus Lebih dari setengah materialnya lebih	Pasir Lebih dari setengah fraksi kasaih halus dari ayakan no 4		Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit pasir halus.	GP
		Kerikil dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Kerikil lanauan, kerikil campur pasir atau lanau.	GM
			Kerikil lempungan, kerikil campur pasir atau lempung.	GC
		Pasir bersih (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	Pasir, pasir kerikil bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit bahan halus	SW
			Pasir, pasir kerikil bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit bahan halus	SP
		Pasir dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Pasir kelanauan, pasir campur lanau.	SM
			Pasir kelempungan, pasir campur lempung.	SC
	Lanau dan Lempung	Batas cair kurang dari 50 %	lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batu, pasir halus kelanauan atau kelempungan atau lanau kelempungan sedikit plastis.	ML
			Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikil, lempung pasir, lempung	CL

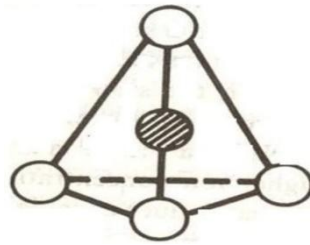
			lanauan, lempung humus.	
			Lempung organik dan lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah.	OL
		Batas cair lebih dari 50 %	Lempung anorganik, tanah pasiran halus atau tanah lanauan mengandung mika atau diatome lanau elastis.	MH
			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung ekspansif	CH
			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, lanau organik.	OH
Tanah Organik		Gambut dan tanah organik lainnya.	Pt	

(Sumber :Braja M. Das, 1995)

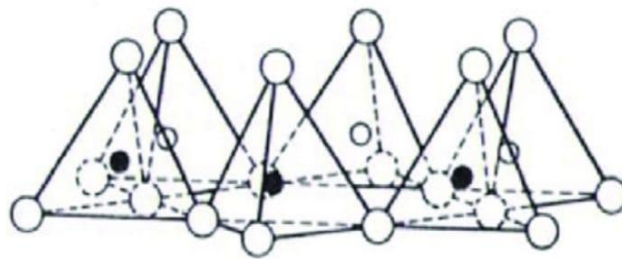
2.3 Tanah Lempung dan Lunak

Tanah lempung lunak merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0.002 mm. partikel ini merupakan sumber utama pada tanah kohesif, meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil namun tidak bisa disebut tanah lempung karena umumnya partikel tersebut tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis pada tanah. Perubahan sifat fisik dan mekanis tanah lempung dikendalikan oleh kelompok mineral yang mendominasi tanah tersebut (Herdiana, 2018).

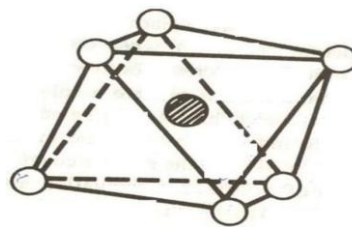
Mineral lempung adalah senyawa alumunium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu silika tetrahedra dan alumunium oktahedra. Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari komposisi susunan suatu struktur dasar atau tumpuan lembaran serta macam ikatan antara masing-masing lembaran (SENTOSA, 2021).



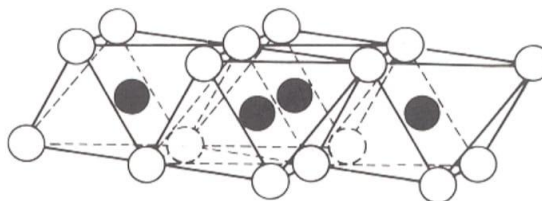
Gambar 2. 1 Single silika tetrahedral



Gambar 2. 2 Isometrik silika sheet



Gambar 2. 3 Single alumunium oktahedron



Gambar 2. 4 Isometrik oktahedral sheet

Berdasarkan mineralogi tanah dapat dibagi pada struktur mineralnya, untuk tanah lempung terdapat tiga kelompok struktur mineral tanah yaitu:

1. Kelompok kaolinite, yang umumnya tidak mempunyai sifat ekspansif.
2. Kelompok Mica-lite, termasuk illite dan vermiculite yang sedikit dapat bersifat ekspansif.
3. Kelompok Smectite, termasuk Montmorillonite inilah yang disebut tanah yang ekspansif.

Definisi tanah lempung menurut para ahli:

1. Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikronomis sampai dengan sub mikrokonis yang bersal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Pada keadaan kering tanah lempung sangat keras dan bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang tinggi tanah bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak.
2. Tanah lempug merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam keadaan basah.
3. Pada tanah lempung memiliki sifat-sifat 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.

2.4 Sifat Tanah Lempung

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0.002 mm

2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Bersifat sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat

2.5 Stabilitas Tanah

Sebagai salah satu hal penting dalam mendirikan suatu konstruksi agar stabil, tanah sebagai landasan beban harus memiliki daya dukung tanah yang baik agar mampu menahan beban yang ada di atasnya. Stabilisasi tanah adalah proses untuk memperbaiki keadaan tanah dengan menambahkan atau memodifikasi struktur lapisan tanah agar dapat memperbaiki daya dukung tanah, serta mempertahankan kekuatan geser dan mengurangi terjadinya deformasi tanah. Beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilkan tanah adalah sebagai berikut (Febriantama et al., 2016) :

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

Beberapa metode stabilisasi menurut Ingles Matcalf (1992) sebagai berikut:

1. Stabilisasi mekanis adalah stabilisasi yang bertujuan untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum. Stabilisasi mekanis dilakukan menggunakan peralatan mekanis, diantaranya mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan (*pounder*), ledakan (*explosive*), *preloading*, tekan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan dan sebagainya.
2. Stabilsasi fisik merupakan stabilisasi yang bertujuan mengubah sifat-sifat tanah dengan cara pemanasan (*heating*), pendingin (*cooling*) dan menggunakan arus listrik pada proses stabilisasi tanah.
3. Stabilisasi kimiawi merupakan stabilisasi yang dilakukan dengan menambahkan bahan kimia tambahan pada tanah sehingga terjadi reaksi kimia antara tanah dan bahan tambah yang mengubah sifat-sifat tanah tersebut. Penambahan atau pencampuran bahan kimia yang sering dilakukan pada umumnya menggunakan Portland Cement, kapur, aspal, clean set cement, dan bahan tambah lainnya.

Dari penjelasan diatas menjelaskan secara umum tujuan stabilisasi adalah untuk meningkatkan karakteristik tanah sehingga mampu menerima beban struktural yang ada diatasnya.

2.6 Sifat Fisik Tanah

Kondisi tanah lempung pda setiap daerah tentunya berbeda-beda, sehingga diperlukan pengujian sifat fisik tanah lempung. Tanah lempung yang akan digunakan merupakan tanah lempung yang memiliki gangguan pada daya dukung tanahnya (*disturbed*), dimana tanah ini didapatkan dengan cara menggali tanah kemudian tanah dimasukkan kedalam karung, kemudian dibawah ke laboratorium unuk dikeringkan. setelah sampel tanah dikeringkan kemudian tanah ditumbuk dan di ayak

menggunakan ayakan berdiameter 4.75 mm. Setelah tanah yang akan di uji sudah siap selanjutnya dilakukan uji sifat fisik tanah (Hardayatmo, dkk. 2018). Untuk mengetahui sifat fisik tanah dilakukan beberapa pengujian yang meliputi:

2.6.1 Kadar Air

Untuk mengetahui kadar air yang terkandung pada tanah dapat dilakukan dengan melakukan pengujian kadar air. Kadar air tanah merupakan perbandingan antara berat air (W_w) dalam satuan tanah dengan berat kering tanah (W_s).

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots \dots \dots \text{Pers. 1}$$

Dimana :

W = Kadar Air (%)

W_w = Berat Air (gram)

W_s = Berat Tanah (gram)

2.6.2 Berat Volume

Untuk mengetahui berat volume kering pada sampel tanah dapat dilakukan dengan uji berat volume tanah. Dengan membandingkan berat tanah kering dan volume total tanah menggunakan rumus :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

Dimana :

γ_d = Berat Volume Kering Tanah

W_s = Berat Kering Tanah (gram)

V = Volume Tanah Total (Tanah + Air) (cm^3)

2.6.3 Berat Jenis

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis suatu tanah dengan menggunakan *piknometer*. Berat jenis tanah adalah suatu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu, biasanya pada suhu 25°C. Rumus untuk mencari berat jenis yaitu :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots \dots \dots \text{Pers. 2}$$

Dimana :

γ_s = Berat Volume Butiran Padat

γ_w = Berat Volume Air

G_s = Berat Jenis Tanah

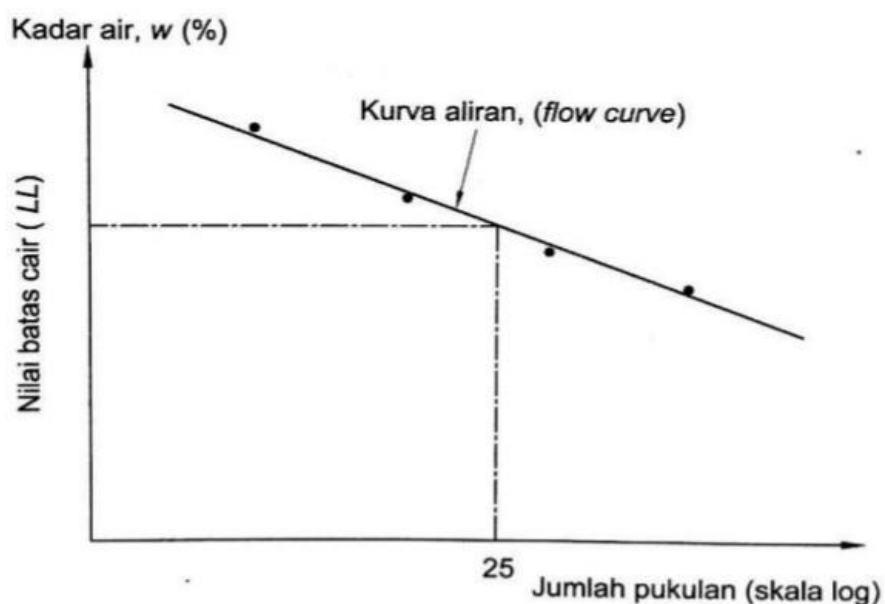
Tabel 2. 3 Klasifikasi Berat Jenis

Macam Tanah	Berat Jenis G_s
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)

2.6.4 Batas Cair (Liquid Limit)

Batas cair (LL) adalah keadaan dimana kadar air tanah pada kondisi tanah mulai berubah dari keadaan plastis menjadi cair atau sebaliknya. Batas cair biasanya ditentukan dari uji Casagrande, kemudiana dihubungkan kadar air dan jumlah pukulan yang didapatkan dri hasil pengujian menggunakan alat Casagrande digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan. Berikut ini grafik untuk mnentukan nilai batas cair tanah.



Grafik 2. 2 Grafik Untuk Menentukan Batas Cair Tanah Lempung

Kemiringan garis dalam kurva didefinisikan sebagai indeks aliran (flow indeks)

$$I_F = \frac{W_1 - W_2}{\log(N_2 - N_1)} \dots \text{Pers. 3}$$

3

Dimana :

I_F = Indeks Aliran

W_1 = Kadar Air (%) pada N_1 Pukulan

W_2 = Kadar Air (%) pada N_2 Pukulan

Dari berbagai pengujian batas cair, Waterways Experiment di Vicksburg, Missipi (1949), mengusulkan persamaan batas cair sebagai berikut :

$$LL = W_n \left(\frac{n}{25}\right)^{0.121} \dots \text{Pers. 4}$$

Dimana :

LL = Batas Cair (Liquid Limit)

W_n = kadar air pada tumbukan ke- n

n = Jumlah Tumbukan

2.6.5 Batas Plastis (Plastic Limit)

Batas plastis (PL) adalah keadaan dimana kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu presentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm tanah mulai retak-retak ketika digulung. Dengan menggunakan rumus :

$$LL = W_n \left(\frac{n}{25}\right)^{0.121} \dots \text{Pers. 5}$$

Dimana:

LL = Batas Cair

W_n = Kadar Air Pada Tumbukan ke- n

n = Jumlah Tumbukan

2.6.6 Indeks Plastisitas (Plasticity Indeks)

Indeks Plastisitas (PI) merupakan interval kadar air, yaitu tanah masih bersifat plastis. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanah gemuk. Nilai indeks plastisitas dapat dihitung dengan rumus:

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots \text{Pers. 6}$$

Dimana :

PI = Indeks Plastisitas

LL = Batas Cair

PL = Batas Plastis

Apabila PI besar, maka jumlah partikel lempung dalam tanah semakin banyak. Jika rendah seperti pada tanah lanau sedikit pengurangan kadar air akan berakibat tanah menjadi kering dan sebaliknya jika kadar air bertambah sedikit maka tanah akan menjadi cair.

Tabel 2. 4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7 – 17	Plastisitas > Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: SNI 1966:2008

2.6.7 Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles, 1991). Pada pemadatan tanah membuat volume tanah menjadi berkurang, dimana pada volume pori berkurang namun volume butir tidak berubah. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menggilas atau menumbuk. Adapun manfaat dari pemadatan tanah yaitu memperbaiki beberapa sifat teknik tanah, yaitu:

- a. Memperbaiki kuat geser tanah yaitu menaikkan nilai sudut geser tanah (θ) dan kohesi (C)
- b. Mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban
- c. Mengurangi permeabilitas yaitu mengurangi nilai k
- d. Mengurangi sifat kembang susut tanah (lempung)

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

2.6.8 Analisa Saringan

Distribusi ukuran tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan menyaring. Caranya dengan benda uji (tanah) disaring lewat satu unit saringan standar. Berat tanah yang tertinggal pada masing-masing saringan kemudian ditimbang, presentase terhadap berat

tanah kemudian dihitung. Pengujian ini menggunakan saringan standar Amerika dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

No.Saringan	Diameter lubang (mm)
3	6,35
4	4,75
6	3,35
8	2,36
10	2
16	1,18
20	0,85
30	0,6
40	0,42
50	0,3
60	0,25
70	0,21
100	0,15
140	0,106
200	0,075
270	0,053

(Sumber : Dr.Ir Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., D.E.A (2002),
Gadjah Mada Universitas Press, Yogyakarta)

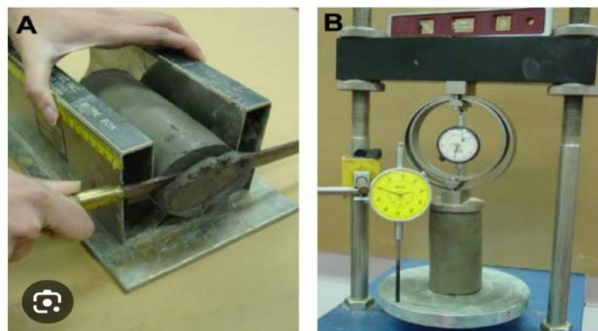
2.7 Kuat Tekan Bebas (Uncontined Compression Test)

Uji kuat tekan bebas atau *Uncontined Compression Test* (UCT) merupakan cara yang dilakukan dilaboratorium untuk mengukur seberapa besar kuat dukung tanah yang menerima kuat tekan yang di berikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya dan juga rengangan tanah akibat tekanan tanah tersebut. Pada saat pengujian

benda uji di beri tegangan vertical, sedangkan tegangan selnya sama dengan nol.

Kuat tekan bebas merupakan tekanan aksial benda uji pada saat mengalami keruntuhan pada saat regangan aksial mencapai 20%. Untuk menentukan kekuatan tanah pada percobaan ini dapat ditentukan dengan memasukkan benda uji sedikit demi sedikit dalam tabung yang diberi oli sambil ditekan tekan dengan jari lalu dikeluarkan dan diletakkan dibawah mesin tekan, dan untuk selanjutnya dilakukan pembacaan pada jarum dial dan jarum proving ring sampai benda uji mengalami keruntuhan.

Uji kuat tekan bebas atau UCT merupakan cara yang dilakukan untuk mengukur seberapa besar kuat dukung tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya dan juga regangan tanah akibat tekanan tersebut



Gambar 2. 5 Alat Uji Kuat Tekan Bebas

2.8 Waterglass

Waterglass merupakan nama lain dari sodium silicate. Pada jaman Phoenisia purba, para pedagang menemukan bahan ini secara tidak sengaja, dimana pada saat mereka memasak makanan. Periuk yang

digunakan untuk memasak secara tidak sengaja diletakkan pada suatu trona di pantai. Hal ini menyebabkan penyatuan antara pasir dan alkali. Sodium silicate yang ditemukan secara tidak sengaja ini mampu menarik perhatian masyarakat pada saat itu, karena mempunyai sifat yang mengkilap jika terkena cahaya.

Kegunaan utama dari *waterglass* adalah sebagai bahan baku utama pada industri silica get dan dipergunakan secara luas untuk industri *adhesive* (perekat), dan pelapisan. Kegunaan lain dari *waterglass* dapat ditemukan pada industri *detergent*, dimana *waterglass* digunakan sebagai bahan anti *soil-redeposition*. Pada industri petroleum, *waterglass* dapat digunakan sebagai pemecah emulsi atau dapat juga digunakan untuk pencegah korosi.

Waterglass atau sodium silikat adalah garam yang larut dalam air dengan komposisi sodium metasilikat (Na_2SiO_3) atau $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Dalam bentuk padat terlihat seperti gelas, larut dalam air dan meleleh pada temperature 1018°C .

Bahan ini, hubungannya dengan stabilisasi adalah dapat meningkatkan kekuatan dan mengurangi permeabilitas tanah. Karena dengan wujudnya yang berupa cairan maka pori tanah dapat terisi dengan meningkatkan menjadi lebih kuat. Walaupun pada suhu kamar, wujudnya berupa gel tetapi penambahan air yang sesuai maka pergerakan untuk masuk ke pori tanah menjadi lebih mudah. Sebagai pertimbangan, bahan ini diaplikasikan dengan metode grouting (indeks campuran kental ke dalam tanah) pada kondisi tanah granular untuk meningkatkan kekuatannya oleh American Society of Civil Engineers (ASCE).

Tabel 2. 6 Karakteristik *Waterglass* dengan Analisis Kimia

No	Pegujian	hasil
1	Berat pada 28-30°C	1,54
2	Bahan menguap pada temperatur 105°C	44,11%
3	Bahan padat yang tidak menguap (padatan total)pada teperatur 105°C	55,89%
4	Aanalisis kimia: • <i>Natrium oksida</i> • <i>Silika oksida</i> • Air	12,18% 33,20% 54,62%
5	Kekentalan pada temperatur 28°-30°C dengan alat: • <i>Stomer Viscometer, KU</i> • <i>Gardner Bubble Viscometer, Stokes 1,5</i>	84 5,5

Sumber :jurnal 2018

Gambar 2. 6 *Waterglass*

(Sumber:google)

2.9 Abu Kotoran Sapi

Abu kotoran sapi merupakan limbah organik yang mengandung beberapa senyawa kimia penting diantaranya yaitu silika (SiO_2) Yang berkisar antara 15-35%, serta beberapa bahan kimia lain seperti Kalsium Oksida, Alumina, Magnesium Oksida, Besi Oksida, Kalium Oksida, Fosfor Pentoksida.

Kotoran sapi mengeluarkan silika apabila telah di bakar , (terutama dalam keadaan kering), silika ini berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi ramah lingkungan maupun sebagai bahan pembenah tanah.

Beberapa poin penting mengenai Abu Kotoran Sapi:

1. Kandungan silika tinggi, beberapa studi melaporkan bahwa kandungan silika pada abu kotoran sapi mencapai 79%.
2. Sumber silika diperoleh melalui proses pembakaran atau kalsinasi, terutama kotoran sapi yang sudah dikeringkan.
3. Karena kandungan silika yang dimilikinya, abu kotoran sapi dapat dimanfaatkan sebagai:
 - Bahan tambah (Filler) dalam campuran beton
 - Alternatif sumber silika dalam berbagai aplikasi industri.
 - Bahan tambah dalam stabilisasi tanah.