

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan – endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida–oksida yang mengendap diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya.

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis/kimiawi. Proses secara fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan *gletsyer* atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan. Tanah yang terjadi akibat penghancuran tersebut diatas tetap mempunyai komposisi yang sama dengan batuan aslinya.

Proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral bahan asalnya. Pelapukan kimiawi menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel kristal berukuran koloid (< 0.002 mm) yang dikenal sebagai mineral lempung (*clay mineral*).

Fungsi tanah sangat penting pada berbagai macam pekerjaan bangunan karena tanah berfungsi sebagai pendukung beban/pondasi yang ada di atasnya.

Oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan sebagai pendukung konstruksi harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan.

3.2 Klasifikasi Tanah

Di alam, jenis dan sifat tanah sangat bervariasi yang ditentukan oleh :

- Perbandingan banyaknya fraksi-fraksi (kerikil, pasir, lanau, dan lempung) serta gradasinya.
- Sifat plastis butir halus

Klasifikasi tanah bertujuan membagi tanah dalam beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang mirip diberi simbol nama yang sama.

Ada tiga (3) cara klasifikasi yang umum digunakan yaitu :

- Klasifikasi tanah dengan cara *Unified System*
- Klasifikasi tanah berdasarkan USCS
- Klasifikasi tanah dengan cara AASHTO

3.2.1 Klasifikasi Tanah dengan cara *Unified System*

Klasifikasi berdasarkan *Unified system*, tanah dikelompokkan menjadi tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% tertahan saringan no. 200, dan tanah berbutir halus jika lebih dari 50% lolos saringan no. 200. Selanjutnya tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub kelompok. Sistem klasifikasi berdasarkan *Unified System* dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Klasifikasi Tanah berdasarkan Unified System

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Janis	Kriteria Klasifikasi
Tanah berbatu kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil banyak kandungan butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3
Pasir bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
Pasir barsih (sedikit atau tak ada butiran halus)	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau 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
Pasir banyak kandungan	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$

Simbol-simbol yang digunakan antara lain :

- G : Kerikil (*gravel*),
- S : Pasir (*sand*),
- C : Lempung (*clay*),
- M : Lanau (*silt*),
- O : Lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*),
- Pt : Tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*),
- W : Gradasi baik (*well-graded*),
- P : Gradasi buruk (*poorly-graded*),
- H : Plastisitas tinggi (*high-plasticity*),
- L : Plastisitas rendah (*low-plasticity*),

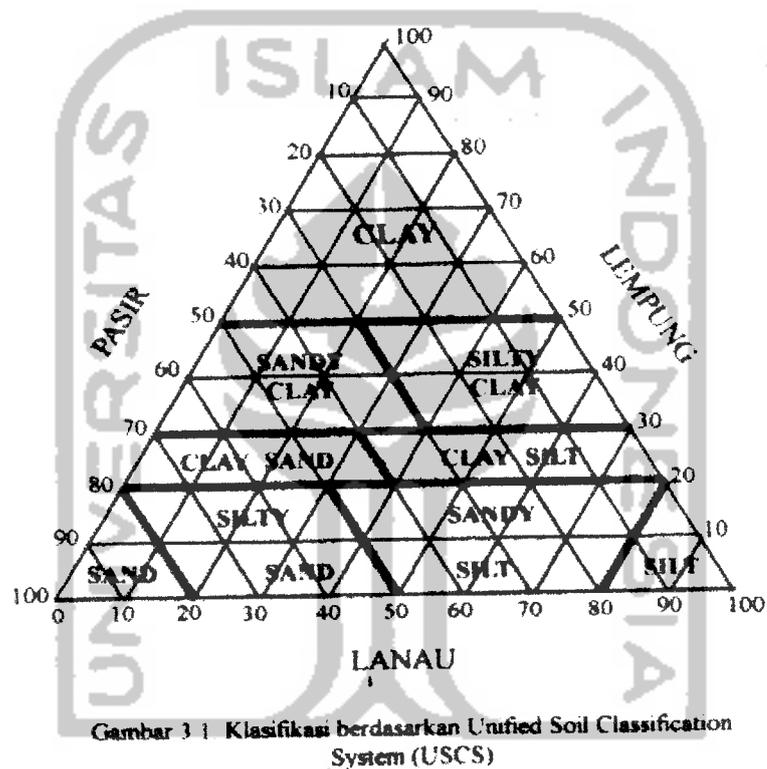
Menurut Soedarmono dan Purnomo (1997), tanah-tanah berbutir halus kemudian diklasifikasikan atas dasar plastisitasnya dan kadar persenyawaan organiknya. Dalam hal ini ukuran butir bukan merupakan dasar yang menentukan bagiannya. Tanah berbutir kasar dibagi menjadi dua yaitu pasir (*sand*) dan kerikil (*gravel*).

3.2.2 Klasifikasi tanah berdasarkan USCS

Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada dalam tanah. Pada umumnya tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Dalam klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misal lempung berpasir (*sandy clay*), lempung berlanau (*silty clay*), dan seterusnya.

Gambar 3.1 menunjukkan sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah, yaitu :

- Pasir : butiran dengan diameter 2.0 sampai 0.05 mm
 Lanau : butiran dengan diameter 0.05 sampai 0,002 mm
 Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm



3.2.3 Klasifikasi tanah dengan cara 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 7 (tujuh) kelompok, A-1 samapai A-7 termasuk sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompok nya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat dalam Tabel 3.2.

Pada sistem ini tanah dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

- Bahan granular, jika yang lolos ayakan # 200 < 35% (kelompok A-1 sampai A-3)
- 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 (0,075 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*.

Tabel 3.2 Klasifikasi tanah sistem AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler (<35% lolos saringan no. 200)				Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan no. 200)							
	A-1 A-1-a A-1-b	A-3	A-2 A-2-4 A-2-5 A-2-6 A-2-7			A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6			
Klasifikasi kelompok	50maks 30maks 15maks	— 51min 10maks	— — —	— — —	— — —	51min 10maks	51min 10maks	51min 10maks	— — —	— — —	51min 10maks	— — —
Analisis saringan (% lolos)												
2,00 mm (no. 10)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,425 mm (no. 40)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,075 mm (no. 200)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sifat fraksi lolos Saringan no. 40												
Batas cair (LL)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Indeks plastis (PI)	6 maks	np	40 maks 10maks	41 min 11 min	41 min 11 min	40maks 10maks	41 min 10maks	40maks 11 min	41 min 10maks	40maks 11 min	41 min 11 min	41 min 11 min
Indeks kelompok (GI)	0	0	0	4 maks	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks	20 maks	20 maks	20 maks
Tipe material yang Pokok pada umumnya	Pecahan batu, Kerikil dan pasir	Pasir halus	Kerikil berlanau atau Berlempung dan pasir			Tanah berlanau	Tanah berlanau	Tanah berlempung	Tanah berlempung	Tanah berlempung	Tanah berlempung	Tanah berlempung
Penilaian umum Sebagai Tanah dasar	Sangat baik sampai baik Sedang sampai buruk											

Catatan : Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk PL > 30, klasifikasinya A-7-5

Untuk PL < 30, klasifikasinya A-7-6

np = non plastis

3.3 Tanah Lempung

Reaksi kimia yang mengakibatkan pelapukan tanah menghasilkan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm disebut mineral lempung. Lempung mempunyai permukaan khusus, sehingga mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Terdapat 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung.

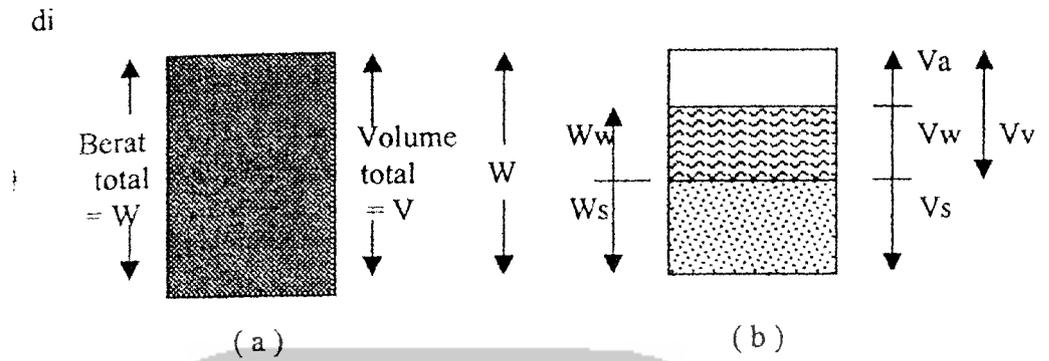
Sifat yang khas dari tanah lempung yaitu dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis dan kohesif, mengembang dan menyusutnya cepat sehingga mempengaruhi perubahan volume yang besar yaitu pengaruh air. Lempung akan dipengaruhi oleh air, karena pada tanah lempung permukaan spesifik menjadi besar, variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas tanah.

Lempung terdiri dari butir-butir yang sangat halus dan menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesif. kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang menunjukkan bahwa bahan tersebut berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya.

3.3.1 Sifat-sifat fisik tanah lempung

a. Kadar air (w)

Kadar air (w) atau *water content* didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki. Adapun bagian-bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Bagian-bagian tanah. (a) elemen tanah dalam keadaan asli .

(b) tiga fase elemen tanah

Adapun nilai kadar air (*water content*) dapat dihitung dengan rumus :

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

dengan.

- w = kadar air (%)
- W_w = massa air (gram)
- W_s = massa butiran tanah (gram)

b. Berat jenis

Berat jenis dalam mekanika tanah didefinisikan sebagai rasio antara berat unit zat padat (partikel) dengan berat unit air, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut.

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \cdot \rho_w} \quad \dots \dots \dots (3.3)$$

dengan,

G_s = Berat jenis

W_s = Berat butiran padat (gram)

V_s = Volume butiran padat (cm^3)

γ_w = Berat volume air pada temperature 4^0C (gram/cm^3)

Menurut Hardiyatmo (1992), berat jenis berbagai tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Berat jenis 2,67 biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkohesi, sedangkan untuk tanah kohesif tak organik berkisar antara 2,68 sampai 2,72. Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam tabel 3.3

Tabel 3.3 Berat jenis dari beberapa jenis tanah

Jenis 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

c. Berat Volume

Berat volume dalam mekanika tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara berat tanah total termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total.

$$\gamma = \frac{W}{V} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan.

W : Berat tanah (gram)

V : Volume tanah (gram/cm³)

d. Batas-batas konsistensi

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas (*remoulded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap disekeliling permukaan dari pertikel lempung (Das, 1985).

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

a) Batas Cair (*Liquid Limit*)/ LL

Kadar air tanah pada batas antara tanah keadaan cair dengan keadaan plastis. Dalam uji laboratorium batas cair di definisikan sebagai kadar air pada 25 kali pukulan akan menutup celah (*groove*) standar yang dibuat pada tanah sepanjang 12.7 mm.

b) Batas Plastis (*Plastic Limit*)/ PL

Kadar air tanah pada batas antara tanah keadaan plastis dengan keadaan semi padat. Percobaan batas plastis ditetapkan bahwa tanah yang digulung hingga diameter 3 mm mulai tampak retak-retak rambut dan tidak putus atau terpisah.

c) Batas Susut (*Shrinkage Limit*)/ SL

Kadar air tanah pada batas antara tanah keadaan semi padat dengan keadaan padat dimana tidak terjadi pengurangan volume lagi meskipun kadar airnya berkurang. Percobaan batas susut dilaksanakan di laboratorium dengan menggunakan cawan susut dan cawan porselen. Tanah cair dengan kadar air diatas batas cair $\pm 10\%$ dimasukkan kedalam cawan susut kemudian dikeringkan dalam oven. Batas susut dinyatakan dalam persamaan :

$$SL = \left\{ \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} - \frac{(V_1 - V_2)\gamma_w}{m_2} \right\} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan :

- m_1 : massa tanah basah (gram)
- m_2 : massa tanah kering (gram)
- V_1 : volume tanah basah (cm^3)
- V_2 : volume tanah kering (cm^3)
- γ_w : berat volume air (gram/cm^3)

d) Indeks Plastisitas (*Plasticity index*)

Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Oleh karena itu indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisitan tanah. Indeks Plastisitas (*Plasticity index*) adalah selisih batas cair dan batas plastis

$$PI = LL - PL \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan,

LL : Batas Cair (%)

PL : Batas Plastis (%)

PI : Indeks Plastisitas (%)

Tabel 3.4 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 : Hardiyatmo, 1992

e) Batas Kohesi (*Cohesion Limit*)

Kadar air dimana butiran tanah tidak dapat melekat lagi yaitu dimana pengambilan tanah tidak dapat menghasilkan lempengan-lempengan yang bersatu. Batas ini juga lebih banyak berguna untuk ahli pertanian dibandingkan untuk sarjana tanah.

Tabel 3.5 Hubungan uji tekan bebas (q_u) tanah lempung dengan konsistensi

Konsistensi	q_u (kg/cm^2)
Lempung keras	> 4,00
Lempung sangat kaku	2,00 – 4,00
Lempung kaku	1,00 – 2,00
Lempung sedang	0,50 – 1,00
Lempung lunak	0,25 – 0,50
Lempung sangat lunak	< 0,25

Sumber : Hardiyatmo, 1992

3.4 Pemadatan Tanah

Pemadatan (*Compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara, tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini.

Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan berat volume kering (*dry density*), yaitu masa partikel padat per satuan volume tanah. Umumnya makin tinggi derajat pemadatan, maka makin tinggi kekuatan geser dan makin rendah kompresibilitas tanah. Kerapatan kering setelah pemadatan tergantung pada kadar air dan besarnya energi yang diberikan alat pemadat.

Hubungan berat volume tanah kering (γ_d) dengan berat volume tanah (γ_b) dan kadar air (w) dinyatakan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots \dots \dots (3.7)$$

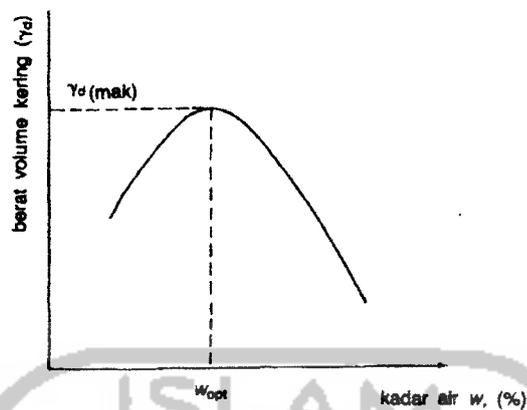
dengan,

γ_d : Berat volume tanah kering (gram/cm³)

γ_b : Berat volume tanah (gram/cm³)

w : Kadar air (%)

Setelah dilakukan pemadatan kerapatan butiran, kadar air dan kerapatan keringnya ditentukan. Proses ini diulangi sedikitnya lima kali dengan kadar air yang berbeda untuk jenis tanah yang sama. Dengan menggambarkan hubungan antara berat volume kering dengan kadar air, akan diperoleh kurva seperti Gambar 3.3 :



Gambar 3.3 Hubungan berat volume kering dan kadar air

Kurva ini menunjukkan bahwa untuk suatu metode tertentu akan diperoleh suatu nilai kadar air tertentu, yaitu dikenal sebagai kadar air optimum (W_{opt}) yang akan menghasilkan nilai berat volume kering maksimum. Pada nilai kadar air yang rendah, sebagian tanah cenderung menjadi kaku dan sukar untuk dipadatkan. Dengan menambah kadar air tanah menjadi lebih mudah dibentuk dan dipadatkan sehingga akan menghasilkan berat volume tanah kering yang lebih tinggi. Akan tetapi pada kadar air yang tinggi berat volume kering menjadi berkurang sejalan dengan bertambahnya kadar air, yang mana air tersebut akan mengisi dan volume tanah bertambah secara proposional.

3.5 CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR dimaksudkan untuk menentukan kekuatan tanah atau campuran agregat yang dipadatkan pada kadar air tertentu. Uji ini dikembangkan oleh California State Highway Departement, Amerika Serikat, 1930. CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban

penetrasi suatu bahan (dapat berupa tanah ataupun material perkerasan jalan) dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Biasanya pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material perkerasan jalan raya.

Prinsip pengujian CBR adalah dengan menembus sampel tanah dengan kepadatan tertentu dalam suatu tabung dengan menggunakan alat penekan standar. Alat penembus atau penetrasi yang digunakan adalah sebuah piston berpenampang bulat dengan luas 3 in² dan kecepatan konstan sebesar 0.05 in per menit dan diukur beban yang diperlukan.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Beban hasil penetrasi}}{\text{Beban terhadap bahan standar}} \times 100\% \quad \dots \quad (3.8)$$

Tabel 3.6 Hubungan antara nilai penetrasi dengan beban standar untuk pemeriksaan CBR

Penetrasi		Beban		Tekanan (lb/m ²)
(in)	(mm)	(kN)	(lbs)	
0.1	2	11,5	3000	1000
	2,5	13,24		
	4	17,6		
0.2	5	19,96	4500	1500
	6	22,2		
	8	26,3		
	10	30,3		
	12	33,5		

Sumber : Praktikum Mek-Tanah, 1990

Untuk mendapatkan design CBR, harus memperhitungkan dua faktor yaitu :

- Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.
- Perubahan pada kadar air yang mungkin akan terjadi setelah pemadatan selesai.

Test CBR dapat dilakukan dengan 2 (dua) macam yaitu:

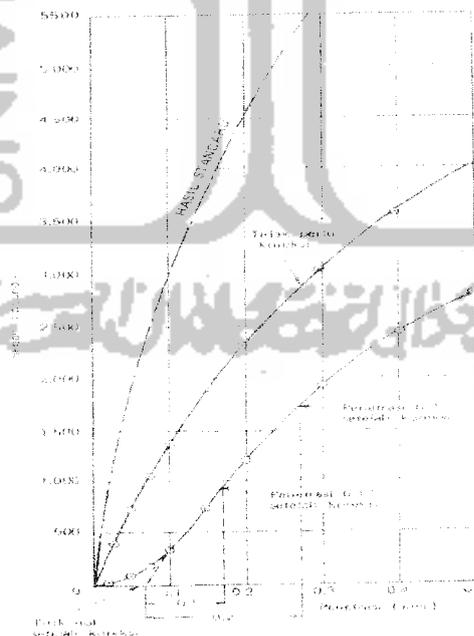
- Percobaan CBR di laboratorium
- Percobaan CBR di lapangan

3.5.1 Percobaan CBR di laboratorium

CBR laboratorium biasanya digunakan antara lain untuk perencanaan pembangunan jalan baru dan lapangan terbang. Untuk menentukan nilai CBR laboratorium harus disesuaikan dengan peralatan dan data hasil pengujian *compaction standard/modified* dibuat mendekati \pm kadar air optimum.

3.5.2 Percobaan CBR di lapangan

CBR lapangan pada umumnya diperlukan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*). Pengujian ini dimaksudkan untuk mencari nilai CBR langsung ditempat (*in place*).

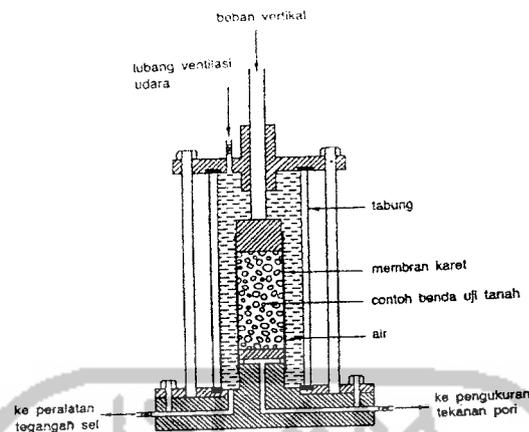


Gambar 3.4 Koreksi grafik CBR

3.6 Triaksial UU (*Unconsolidated Undrained*)

Pengujian Triaksial dengan menggunakan benda uji dengan ukuran diameter kira-kira 4 cm dan tinggi 7.50 cm. Benda uji dimasukkan kedalam selubung karet tipis dan diletakkan kedalam tabung kaca. Biasanya ruang didalam tabung diisi dengan air atau udara. Benda uji ditekan oleh tegangan sel (σ_3), yang berasal dari tekanan cairan didalam tabung. Kadang kala udara dapat digunakan sebagai media untuk penerapan tegangan selnya (tegangan kekang atau *confining pressure*). Alat pengujian dihubungkan dengan pengatur drainase kedalam maupun keluar dari benda uji. Untuk menghasilkan kegagalan geser pada benda uji, gaya aksial dikerjakan melalui bagian atas benda uji.

Tegangan-tegangan yang bekerja pada benda uji dinotasikan σ_1 , σ_2 , dan σ_3 . Tegangan σ_1 disebut tegangan utama mayor (*major principal stress*), tegangan σ_3 disebut tegangan utama minor (*minor principal stress*). Tegangan utama tengah (*intermediate principal stress*) $\sigma_2 = \sigma_3$, merupakan tegangan kekang atau tegangan sel (*confining stress*). Karena tinjauannya hanya dua dimensi, tegangan σ_2 sering tidak diperhitungkan. Tegangan yang terjadi dari selisih σ_1 dan σ_3 atau $(\sigma_1 - \sigma_3)$ disebut tegangan deviator (*deviator stress*) atau beda tegangan (*stress difference*). Regangan aksial diukur selama penerapan tegangan deviator. Perlu diperhatikan bahwa penambahan regangan akan menambah tampang melintang benda uji. Karena itu, koreksi penampang benda uji dalam menghitung tegangan deviator harus dilakukan.



Gambar 3.5 Alat uji Triaksial UU

Pada uji Triaksial *Unconsolidated Undrained* benda uji pada umumnya berupa tanah lempung mula-mula dibebani dengan penerapan tegangan sel, kemudian dibebani dengan beban normal, melalui penerapan tegangan deviator ($\Delta\sigma$) sampai mencapai keruntuhan. Pada penerapan tegangan deviator selama penggeseran, air tidak diijinkan keluar dari benda uji. Jadi selama pengujian katup drainasi ditutup. Karena pada pengujian air tidak diijinkan mengalir keluar, beban normal ditransfer kebutiran tanahnya. Keadaan tanpa drainase ini menyebabkan adanya kelebihan tekanan pori (*excess pore pressure*) dengan tidak ada tahanan geser hasil perlawanan dari butiran tanah.

3.7 Perkuatan Tanah

Konsep perkuatan tanah atau tanah bertulang (*reinforced earth*) pertama kali diperkenalkan oleh Vidal pada tahun 1969. Hingga saat ini system penulangan tanah banyak digunakan untuk konstruksi, antara lain dinding penahan tanah, pangkal jembatan, timbunan badan jalan, penahan galian dan perbaikan stabilitas lereng alam.

Keuntungan menggunakan sistem tanah bertulang antara lain :

- a. Merupakan struktur yang fleksibel.
- b. Tidak mempunyai resiko besar bila terjadi deformasi struktur.
- c. Mudah dalam pelaksanaan pembangunan.
- d. Biaya lebih ekonomis.

Struktur tanah bertulang (*reinforced earth*) terdiri atas tanah dan tulangan. Kerjasama antara tanah dan tulangan dalam mendukung beban akan terjadi bila terdapat gesekan antara keduanya. Dengan gesekan ini tanah mentransfer gaya-gaya yang bekerja pada tulangan.

Tanah yang dikenai gaya luar maka bagian dalam tanah akan mengalami deformasi gaya geser (*shear deformation*) dan akan menyebabkan meningkatnya kemampuan dan regangan tarik. Timbulnya gesekan dan tegangan pemampatan menyebabkan tahanan geser yang akan menstabilkan tanah. Tahanan geser ini harus mampu menahan gaya yang menyebabkan kelongsoran, apabila terjadi peningkatan tegangan pada bidang gelincir untuk mengimbangi deformasi pada bidang geser, perkuatan ditempatkan pada arah bidang tarik yang akan menghaikan gaya tarik pada perkuatan.

Ada dua jenis perkuatan tanah, yaitu :

a. Perkuatan secara makro (*Macro Reinforcement*)

Konstruksi perkuatan tanah ini menggunakan geotekstil berupa lembaran, yang memanfaatkan kuat geser bahan dengan tanah untuk melawan gaya-gaya yang bekerja.

b. Perkuatan secara mikro (*Micro Reinforcement*)

Konstruksi perkuatan tanah ini menggunakan geotekstil berupa strip dengan ukuran-ukuran tertentu diletakan pada sebuah tacing beton dengan ukuran tertentu dimana suatu tacing beton tersebut ditahan oleh strip.

Adapun tujuan dari perkuatan tanah antara lain :

- a. Memperkuat tanah sehingga stabilitas struktur terpenuhi.
- b. Lereng timbunan bisa dibuat secara vertikal.
- c. Membentuk suatu struktur secara fleksibel.
- d. Memanfaatkan tanah asli sebagai bahan bangunan.

3.8 Serabut Kelapa

Pohon kelapa (*cocos nucifera*) merupakan pohon yang menghasilkan bahan-bahan industri yang sudah lama dikenal. Di Indonesia, tanaman kelapa banyak terdapat dan tersebar hampir di seluruh wilayah nusantara, khususnya di daerah pantai atau mendekati pantai.

Pohon kelapa diantaranya ada 2 macam, yaitu kelapa *hybrida* yang ditandai dengan pohon yang pendek dan kelapanya berwarna kuning dan kelapa biasa yang pohonnya tinggi yang sering dijumpai. Kelapa biasa inilah yang

dipakai dalam penelitian ini, yang mana batang pohonnya bersih (pelepah daun dan tapasnya mudah diambil), sehingga pelepah daun yang sudah tua terkadang jatuh sendiri dari pohonnya. Semua bagian pohon kelapa dapat diambil manfaatnya, mulai dari bagian-bagian fisik pohon maupun hasil-hasil produksinya. Hampir semua bagian fisik pohon kelapa dapat dimanfaatkan, misalnya batang (untuk berbagai macam peralatan dan bangunan), daun muda atau janur (untuk dekorasi atau bungkus makanan seperti ketupat), daun yang sudah tua (untuk bahan bakar memasak).

Pohon kelapa dapat berbuah jika sudah berumur lebih dari 5 tahun. Buah kelapa yang dihasilkan tergantung tempatnya, jika tempat tersebut cocok maka buahnya pun juga akan banyak. Dalam penelitian ini serabut kelapa yang dipakai adalah serabut kelapa yang berasal dari kelapa yang sudah tua. Hal ini dikarenakan, jika kelapa masih muda maka serabut kelapa masih basah dan mudah membusuk. Sehingga yang dipakai adalah serabut yang sudah tua yang sudah kering dan keras.

Serabut kelapa merupakan helaian benang-benang atau serat-serat yang berwarna coklat, berdiameter < 0.5 mm dan bersifat kaku/liat (tidak mudah putus). Serabut kelapa mempunyai kelemahan yaitu tidak tahan api, sehingga mudah terbakar. Penggunaan dan pemanfaatan serabut kelapa antara lain pada peralatan rumah tangga yang menggunakan serabut kelapa sebagai bahan bakunya. Keberadaan peralatan ini sangat penting bagi kehidupan rumah tangga, misal sapu, keset. Ada juga yang memanfaatkan serabut kelapa sebagai media menanam anggrek.

3.9 Serat Karung Plastik

Serat karung plastik yang digunakan adalah serat karung plastik yang berasal dari karung plastik yang dipotong kemudian diurai satu per satu. Selain mudah didapat juga murah, dan selama ini serat karung plastik belum dimanfaatkan secara optimal. Serat karung plastik merupakan geosintetik yang berupa polimer sintesis yaitu masuk dalam *polypropylene*. Bahan-bahan buatan manusia ini sangat tahan terhadap pengaruh lingkungan biologis dan degradasi kimia yang biasanya terjadi di alam.

Ada tiga jenis serat sintesis, yaitu :

- a. *Filament*, yaitu serat sintesis yang terbentuk dengan mengeluarkan lelehan polimer melalui lubang-lubang kecil pada alat pintal. Setelah mengeras, kemudian *filaments* ditarik pada arah longitudinal, sehingga molekul-molekulnya dapat menyesuaikan diri pada arah yang sama,
- b. *Stable fibers*, didapat dari *filaments* yang dipotong-potong sehingga mempunyai panjang antara 2-10 cm,
- c. *Slit films*, berupa serat berbentuk pipih, tipis seperti pita kaset dengan lebar antara 1-3 mm, dibentuk dengan sayatan pada selaput plastik. Setelah disayat, serat-serat seperti pita tersebut ditarik. Penarikan tersebut akan membuat molekulnya menyesuaikan diri pada arah yang sama. Benang sintesis terbuat dari satu atau gabungan beberapa serat sintesis.

Serat karung plastik yang digunakan berupa serat yang diurai bukan lembaran. Secara properties, pada penelitian ini tidak dilakukan. Karena fokus utama dari penelitian ini bukan properties serat, tetapi bagaimana pengaruhnya pada kuat geser tanah lempung.

Serat karung plastik belum banyak digunakan, tetapi jika serat plastik rafia sudah banyak dimanfaatkan orang. Jadi dalam hal ini yang dipakai bukan rafia tapi serat karung plastik beras. Dari segi fisik, serat karung plastik lebih tebal dan kuat jika dibandingkan dengan rafia. Sehingga tidak mudah patah.

3.10 Kapasitas Dukung Tanah

Bila tanah mengalami pembebanan seperti beban fondasi, tanah akan mengalami distorsi dan penurunan. Jika beban itu berangsur-angsur ditambah, penurunannya pun juga bertambah. Akhirnya pada suatu saat terjadi kondisi dimana pada beban yang tetap, fondasi mengalami penurunan yang sangat besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan kapasitas dukung telah terjadi. Kapasitas dukung ultimit (*ultimate bearing capacity / q_u*) di definisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan. Bila dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$q_u = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan,

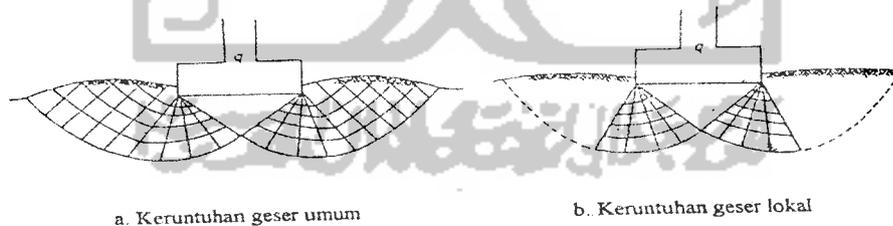
q_u : kapasitas dukung ultimit atau daya dukung batas (kN/m²)

P_u : beban ultimit atau beban batas (kN)

A : luas area beban (m²)

Dari pengamatan kelakuan tanah selama pembebanan hingga tercapainya keruntuhan diperoleh kenampakan sebagai berikut ini :

1. Terjadi perubahan bentuk tanah yang berupa pengembangan kolom tanah tepat di bawah dasar fondasinya ke arah lateral dan penurunan permukaan di sekitar fondasinya,
2. Terdapat retakan lokal atau geseran tanah di sekeliling fondasinya,
3. Suatu butiran tanah terbentuk di lokasi tepat dibawah fondasinya yang mendesak tanah bergerak ke bawah maupun ke samping,
4. Umumnya pada saat keruntuhan terjadi zona geser melebar dan dalam batas tertentu dan suatu permukaan geser berbentuk lingkaran berkembang yang disusul dengan gerakan fondasi turun kebawah. Permukaan tanah di sekitar fondasi selanjutnya mengembang ke atas yang diikuti oleh retakan dan gerakan muka tanah sekitar fondasinya. Keadaan ini menunjukkan keruntuhan geser telah terjadi (Hardiyatmo, 1992).



Gambar 3.6 Macam keruntuhan geser pada fondasi

Analisis keruntuhan daya dukung dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan yang bersifat plastis. Konsep ini pertama kali

diperkenalkan oleh Prandl, yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955), DeBeer dan Vesic (1958).

Cara pendekatan yang digunakan untuk analisisnya yaitu menganggap fondasi berbentuk memanjang tak terhingga, dengan lebar (B) yang terletak diatas tanah yang homogen, dibebani dengan beban terbagi rata (q).

Terzaghi (1943) dalam Hardiyatmo, 1992 memberikan parameter kapasitas dukung tanah berupa N_c , N_q , N_γ yang merupakan faktor kapasitas dukung akibat pengaruh kohesi dan beban terbagi merata yang keduanya merupakan fungsi dari sudut gesek internal (ϕ), sehingga persamaan umumnya dapat ditulis menjadi :

$$q_u = \alpha c N_c + q N_q + \beta \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots (3.10)$$

dengan,

c : Kohesi (kN/m^2)

γ : Berat volume tanah (kN/m^3)

N_γ, N_c, N_q : Faktor kapasitas dukung tanah.

B : Lebar pondasi (m)

Nilai-nilai dari $N\gamma$, Nc , Nq diberikan dalam tabel 3.7

Tabel 3.7 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah Terzaghi

ϕ (°)	Keruntuhan Geser Umum			Keruntuhan Geser Lokal		
	Nc	Nq	$N\gamma$	Nc	Nq	$N\gamma$
0	5,7	1	0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35	23,7	11,7	9
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Sumber : Hardiyatmo, 1992

Hitungan kapasitas dukung yang telah dikemukakan di atas adalah analisis untuk fondasi bentuk memanjang. Untuk bentuk fondasi lain, Terzaghi memberikan factor bentuk yang didasarkan pada analisis fondasi memanjang, sebagai berikut :

1. Untuk fondasi memanjang

$$q_u = cN_c + qN_q + 0,5\gamma BN_\gamma \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

2. Untuk fondasi berbentuk bujur sangkar

$$q_u = 1,3cN_c + qN_q + 0,4\gamma BN_\gamma \quad \dots\dots\dots (3.12)$$

3. Untuk fondasi berbentuk lingkaran

$$q_u = 1,3cN_c + qN_q + 0,3\gamma BN_\gamma \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

dengan.

c : kohesi tanah (kN/m^2)

$q = D_f \gamma$: Tekanan overburden pada dasar fondasi (kN/m^2)

γ : berat volume tanah (kN/m^3)

D_f : kedalaman fondasi (m)

B : lebar atau diameter fondasi (m)

