

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Tanah

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 diantara partikel-partikel padat tersebut (Braja M.Das,1995). Selain itu, tanah dalam pandangan teknik sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (loose) yang terletak di atas batu dasar (bedrock).

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan gletsyer, atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan sedangkan proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam alkali, oksigen dan karbondioksida. Pelapukan kimiaw menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel yang berukuran koloid (<0,002 mm) yang dikenal sebagai mineral lempung.

CBR (California Bearing Ratio) adalah salah satu metode pengujian tanah yang digunakan untuk menentukan kemampuan tanah dalam menahan beban. CBR juga berfungsi untuk mengetahui nilai daya dukung tanah.

2.2 Proses terjadinya tanah

Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Proses pembentukan tanah dari batuan induknya: proses fisik maupun proses kimia.

- a. Proses secara fisik : proses batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, dapat terjadi akibat adanya pengaruh erosi, angin, air, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu

atau cuaca. Partikel-partikel dapat berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk di antaranya.

- b. Proses secara kimia : proses pelapukan terjadi oleh pengaruh oksigen, karbon dioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain.

Jenis tanah berdasar letak hasil pelapukan terdiri dari 2 jenis tanah, yaitu sebagai berikut :

- a. Tanah Residual : hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya (*residual soil*).
- b. Tanah terangkut : hasil pelapukan telah berpindah tempatnya (*transported soil*).

Istilah jenis tanah

- a. Istilah jenis tanah yang menggambarkan ukuran partikel: kerikil, pasir, lempung, lanau, atau lumpur.
- b. Istilah jenis tanah yang menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

Dalam kondisi alam, kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran lebih dari satu macam ukuran partikelnya.

Fase Tanah

Secara umum, tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian, kemungkinan tersebut adalah:

- a. Tanah kering, hanya terdiri dari dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara.
- b. Tanah jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori.

- c. Tanah tidak jenuh terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara, dan air pori.

2.3 Sifat Tanah

Sifat tanah dibedakan berdasarkan warnanya, strukturnya, tekstur, dan derajat keasamaan tanah.

- a. Warna tanah

Warna tanah menentukan kandungan bahan organik maupun kimia, kandungan mineral, kandungan air, drainase, dan perkembangan tanah, biasanya warna yang berwarna gelap maka pertanda tanah itu subur.

- b. Tekstur tanah.

Berdasarkan kecilnya butir-butir tanah, tekstur tanah ini dapat dibedakan menjadi tiga kelas yaitu, tanah pasir, lempung, dan liat.

- c. Struktur tanah

Susunan butir-butir tanah yang saling mengikat sehingga membentuk kemantapan struktur. Ada 3 jenis struktur tanah tersebut yaitu : struktur tanah lepas, struktur tanah remah dan tanah berstruktur gump.

- d. Konsistensi tanah

Konsistensi tanah dalam reaksi tanah apabila mendapatkan perlakuan berupa tekanan (*kompres*). Konsistensi tanah dapat dibedakan menjadi : Tanah gembur/tanah kohesi, Tanah yang sangat gembur, Tanah gembur, Tanah teguh, Tanah sangat teguh, Ekstrem teguh

- e. Derajat kesamaan tanah.

Derajat keasamaan tanah, adalah ukuran aktivitas ion hydrogen dalam larutan air tanah. derajat kesamaan tanah menjadi tiga yaitu sebagai berikut :

1. Tanah yang bersifat asam dan pH dibawah 6,5%

2. Tanah bersifat netral dengan pH antara 6,6% - 7,5%
3. Tanah yang bersifat basa dengan pH 7,6 % keatas

Apabila tanah benar – benar kering maka dalam porosi tanah tidak mengandung air sedikit pun tetapi keadaan semacam ini jarang ditemukan di lapangan.

2.4 Tanah Lempung

Dari berbagai jenis tanah, tanah lempung adalah tanah yang banyak ditemukan dalam mayoritas masalah keteknikan, karena tanah lempung merupakan tanah yang kohesif. Tanah kohesif didefinisikan sebagai kumpulan dari partikel mineral dengan indeks plastisitas yang cukup tinggi tergantung dari jumlah mineral yang terkandung di dalamnya sehingga pada waktu mengering akan membentuk suatu massa tanah yang bersatu sehingga diperlukan suatu gaya untuk memisahkan setiap butiran mikroskopisnya.

Tanah lempung dapat mengalami perubahan volume seiring dengan perubahan kadar air. Ketika tanah lempung dalam keadaan kering dapat terjadi penyusutan dan retak-retak. Apabila kadar air bertambah setelah kondisi kering dan penyusutan, maka akan terjadi pengembangan (swelling). Hal ini dikarenakan jenis mineral yang terdapat di tanah lempung sangat mempengaruhi besar swelling. Selain itu, pengaruh dari beban konstruksi juga dapat mempengaruhi perubahan volume tanah lempung. Ketika beban yang diterima tanah dikurangi maka tanah akan mengalami pengembangan. Ketika beban yang diterima tanah mengalami penambahan, maka tanah akan lebih memadat dan menyusut.

Tanah secara umum di defenisikan sebagai material butiran padat yang tidak tersementasi satu sama lain, dan terdiri dari bahan-bahan organik. Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan kosntruksi, kekuatan dan stabilitas tanah sangatlah di perlukan untuk mendukung beban jalan raya. Pada umumnya tanah di, klasifikasikan sebagai tanah kohesif dab tidak kohesif atau sebagai tanah yang berbutir kasar dan juga halus.

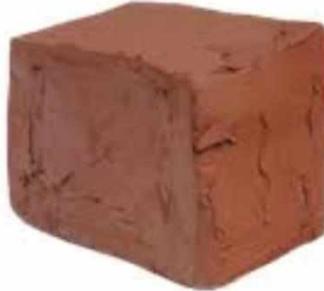
Tanah lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (=2 mikron). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung. Disini tanah di klasifikasikan sebagai lempung hanya berdasarkan pada ukurannya saja. Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral – mineral lempung (*clay mineral*).

Tanah yang mengandung banyak lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah (Hedryatmo, C Hary 2010). Derajat pengembangan bergantung pada beberapa factor, seperti :tipe dan jumlah mineral lempung yang ada dalam tanah, susuna tanah, konsentrasi garam dalam air pori, sementasi adanya bahan-bahan organik, kadar air awal, dan sebagainya.

Sifat khas yang di miliki oleh tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air. Sedangkan untuk jenis tanah lempung lunak mempunyai gaya geser yang kecil. Kondisi tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika di bangun konstruksi di atasnya.

Perbaikan yang dilakukan pada tanah tersebut dengan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi kimiawi yaitu suatu perbaikan tanah yang dilakukan dengan cara pencampuran tanah dengan bahan tertentu untuk memperbaiki sifat teknis tanah agar tanah menjadi lebih baik. Bahan stabilisasi yang digunakan adalah gipsum. Pemilihan gipsum pada penelitian ini dilakukan sebagai bahan stabilisasi diharapkan dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah karena gipsum mengandung $\text{CaSo}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ (Kalsium Sulfat Hidrat), sehingga ketika dicampur dengan tanah lempung memungkinkan akan menambah kekerasan untuk bangunan.

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 (Bowles, 1991).



2.5 Abu Batu

Abu batu (stone dust) adalah material konstruksi dari agregat buatan (mineral filler/pengisi dengan ukuran partikel umumnya kurang dari 0,075 mm yang merupakan hasil sampingan/olahan batu pecah menggunakan alat stone crusher). Abu batu bertekstur butiran halus, tajam dan berwarna abu-abu. Memiliki sifat awet, keras dan unsur pozzolan (memiliki kandungan senyawa silika serta alumina yang tidak bersifat semen, namun bentuk halusanya jika tercampur air dapat berubah menjadi massa padat).



Gambar 2.5. Abu Batu

2.6 Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

2.6.1. Sifat-sifat Fisik Tanah

Sifat-sifat fisik tanah dapat diketahui dengan melihat beberapa keadaan, antara alin :

1. Kadar Air

Pada dasarnya tanah terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian padat dan bagian rongga. Bagian padat terdiri dari partikel-partikel tanah yang padat sedangkan bagian rongga terisi oleh air dan udara. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah tersebut dapat dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen.

Kadar air tanah ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Kadar air tanah dapat digunakan untuk menghitung parameter sifatsifat tanah.

Sedangkan pengeringan untuk benda uji yang tidak mengandung bahan organik dilakukan diatas kompor atau dibakar langsung setelah disiram dengan spirtus. Lakukan penimbangan dan pengeringan secara berulangulang sehingga mencapai berat yang tetap.

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai kadar air sebagai berikut:

$$W = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

W = Kadar air

W1 = Berat tinbox tanah

W2 = Berat tinbox + tanah basah

W3 = Berat tinbox + tanah kering

2. Berat Jenis Tanah

Menentukan berat jenis tanah ialah dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui. Untuk tanah asli biasanya dipakai sebuah cincin yang dimasukkan kedalam tanah sampai terisi penuh, kemudian atas dan bawahnya diratakan dan cincin serta tanahnya ditimbang.

Perumusan yang dipergunakan untuk menentukan berat jenis spesifik tanah adalah :

Table 2.1 Hubungan antara kerapatan relatif air dan faktor konversi

No	Temperature, derajat Celcius	Hubungan Kerapatan relatif air	Faktor koreksi <i>K</i>
1	18	0.9986244	1.0004
2	19	0.9984347	1.0002
3	20	0.9982343	1.0000
4	21	0.9980233	0.9998
5	22	0.9978019	0.9996
6	23	0.9975702	0.9993
7	24	0.9973286	0.9991
8	25	0.9970770	0.9989
9	26	0.9968156	0.9986
10	27	0.9965451	0.9983
11	28	0.9962652	0.9980
12	29	0.9939761	0.9977
13	30	0.9956780	0.9974

Sumber : SNI 1964 : 2008 Cara uji Berat Jenis Tanah)

Faktor koreksi (α)

$$\alpha = \frac{\gamma_T}{\gamma_{20}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Di mana :

γ_T : Faktor koreksi pada saat di uji

γ_{20} : Nilai koefisien air destilasi

Berat jenis (*GS*)

$$GS = \frac{\alpha \times W_s}{(W_2 + W_s - W_3)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana : α = faktor korelasi

W_s = berat tanah kering (gr)

W_1 = Berat piknometer (gr)

W_2 = Berat piknometer + Air (gr)

W_3 = Berat piknometer + Air + Tanah (gr)

Setelah mendapatkan nilai G_s , maka kita dapat menentukan macam tanah dari berat jenis tanah tersebut dengan nilai-nilai berat jenis tanah sebagai berikut :

Table 2.2 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: Mekanika tanah jilid I, Hardiyatmo, 2002

3. Batas-batas Konsistensi/Atterberg

Penentuan batas-batas Atterberg ini dilakukan hanya pada tanah yang lolos saringan NO. 40 (J.E Bowles. 1991, hal. 118). Beberapa percobaan untuk menentukan Batas-batas Atterberg adalah:

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*Liquid Limit*) adalah kadar air tanah berada diantara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu pada batas atas dari daerah plastis. Batas cair ditentukan dari pengujian *Cassagrande*, yakni dengan meletakkan tanah ke cawan dan dibentuk dengan sedemikian rupa, kemudian tanah tersebut dibelah oleh *grooving tool* dan dilakukan pemukulan dengan cara engkol dinaikan dan sampai mangkuk menyentuh dasar, dilakukan juga perhitungan ketukan sampai tanah yang dibelah tadi berhimpit. Rumus untuk mendapatkan nilai Batas Cair (*Liquid Limit*) :

$$W = \frac{W_w}{W_d} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.4)$$

$$LL = Wn\left(\frac{n}{25}\right)^{0,121} \dots\dots\dots(2.5)$$

Di mana :

- W = Kadar Air (%)
- W_w = Berat Air (gr)
- W_d = Berat Tanah Kering (gr)
- LL = Batas Cair
- W_n = Kadar air pada Tumbukan ke-n
- n = Jumlah tumbukan

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (*Plastic Limit/PL*) adalah kadar air dimana suatu tanah berubah dari keadaan plastis keadaan semi solid. Batas Plastis dihitung berdasarkan persentasi berat air terhadap berat tanah kering pada benda

uji. Pada cara uji ini, material tanah yang lolos saringan ukuran 0.425 mm atau saringan No.40, diambil untuk dijadikan benda uji kemudian dicampur dengan air suling atau air mineral hingga menjadi cukup plastis untuk digeleng/dibentuk bulat panjang hingga mencapai diameter 3 mm.

Metode penggelengan dapat dilakukan dengan telapak tangan atau dengan alat penggeleng batas plastis (prosedur alternatif). Benda uji yang mengalami retakan setelah mencapai diameter 3 mm, diambil untuk diukur kadar airnya. Kadar air yang dihasilkan dari pengujian tersebut merupakan batas plastis tanah tersebut. Adapun menurut Atterbeg batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah dan kohesinya sebagai berikut:

Tabel 2.3 Nilai Indeks Plastisitas Tanah Dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesif
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: Mekanika tanah jilid I, Hardiyatmo,2002

Tanah yang mempunyai kecepatan terhadap pengaruh air sangat mudah mengembang dan akan cepat merusak struktur yang ada di atasnya. Potensi pengembangan (*swelling potensial*) tanah lempung sangat erat kaitannya dengan indeks plastisitas, sehingga tanah khususnya tanah lempung dapat diklasifikasikan sebagai tanah yang mempunyai potensi mengembang tertentu yang didasarkan oleh indeks plastisitasnya (Chen, 1975).

c. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas suatu tanah adalah sifat-sifat plastisitas dari tanah yang merupakan selisih antara batas cair (LL) dengan batas plastis (PL) suatu tanah dan dinyatakan dengan persen (Braja M. Das, 1993 hal.47). Keadaan inilah yang dinamakan daerah dimana daerah tanah dalam keadaan plastisitas dan dengan pendekatan untuk menentukan indeks plastisitas suatu tanah dinyatakan dengan rumus :

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots (2.6)$$

Di mana :

- IP = Indeks Plastis
- LL = Batas cair
- PL = Batas plasti

2.6.2. Sifat-sifat Mekanis Tanah

1. Pemadatan (*Compaction Test*)

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energy mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles,1991). Pada kadar air yang sangat tinggi, kepadatan kering maksimum dicapai bila tanah dipadatkan dengan kejenuhan di mana hampir semua udara didorong keluar.

Pada kadar air rendah, partikel-partikel tanah mengganggu satu sama lain dan penambahan kelembapan akan memungkinkan kepadatan massal yang lebih besar. Pada saat terjadi kepadatan puncak efek ini mulai menetralkan oleh kejenuhan tanah. Manfaat dari pemadatan tanah adalah memperbaiki beberapa sifat teknik tanah, antara lain :

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

Prosedur pengujian yang digunakan pada pengujian pemadatan di laboratorium disebut uji *proctor*. uji pemadatan proctor adalah metode laboratorium untuk menentukan kadar air optimal di mana jenis tanah yang di uji akan menjadi yang paling padat dan mencapai kepadatan kering maksimum.

Ada pun rincian tentang masing-masing pengujian pemadatan tersebut ialah :

1. *Proctor* Standar

Proctor standar merupakan pemadatan yang telah mencukupi bagi kebanyakan aplikasi seperti misalnya urugan dinding penahan, urugan jalan raya, dan bendungan tanah.

Percobaan ini menggunakan standar ASTM D-698. Pada percobaan ini tanah dipadatkan dalam mold standar dengan alat pemukul seberat 2,5 kg (5,5 lb) yang dijatuhkan dengan ketinggian 304,8 mm. pemadatan dibagi 3 lapis pemadatan dan setiap lapis mendapat pukulan 25 kali.

2. *Proctor* Modifikasi

Perbedaan pada percobaan ini yaitu pada alat pemukul, jumlah lapisan dan tinggi jatuh alat pemukul. Berat pemukul yang dipakai yaitu 4,5 kg, 42 sedangkan jumlah lapisan pemadatannya sebanyak 5 lapis.

Untuk tinggi jatuh alat pemukul yaitu 45,7 cm. Percobaan ini menggunakan standar ASTM D-1557.

Percobaan dilakukan beberapa kali dengan kadar air yang berbeda-beda. Setelah dipadatkan benda uji ditimbang dan diukur kadar air dan berat volumenya. Hubungan grafis dari kadar air dan berat volumenya kemudian di plot untuk membentuk kurva pemadatan. Kepadatan kering maksimum akhirnya diperoleh dari titik puncak kurva pemadatan dengan kadar air yang sesuai atau dikenal juga sebagai kadar air yang optimal.

Tabel 2.4 Elemen-elemen uji pemadatan di laboratorium

	Proctor Standar (ASTM D-698)	Proctor Modifikasi (ASTM D-1557)
Berat palu	24,5 N (5,5 lb/2,5 kg)	44,5 N (10 lb/4,5 kg)
Tinggi jatuh palu	305 mm (12 in)	457 mm (18 in)
Jumlah Lapisan	3	5
Jumlah tumbukan/lapisan	25	25
Volume cetakan	1/30 ft^3	
Tanah	Saringan (-) No.4	
Energi pemadatan	595 kJ/m^3	2698 kJ/m^3

Sumber : Bowles, 1991.

Berat volume tanah basah

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\gamma_d = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana : γ_b = berat volumetanah basah

γ_d = berat volume tanah kering

W = berat tanah

Untuk mendapatkan berat volume kering γ_d maksimum, dari hasil pemadatan dilaboratorium dibuat grafik pemadatan yang berupa hubungan antara kadar air (w) dan berat volume kering γ_d .

Pada pemadatan dilaboratorium nilai γ_d maksimum diperoleh dari pemadatan dengan kadar air optimum (wopt).

Secara teoritis berat volume kering γ_d maksimum suatu tanah pada kadar air tertentu dengan pori-pori tanah tidak mengandung udara sama sekali (*Zero Air Void*) dapat dirumuskan :

$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana : γ_{ZAV} = berat volume pada kondisi ZAV

γ_w = berat volume air

Gs = berat jrenis butiran tanah sampel

2. California Bearing Ratio (CBR)

Cara CBR ini pertama kali ditemukan oleh O.J. Porter, kemudian dikembangkan oleh *Californian State Highway Departemen* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar. Kemudian cara ini dikembangkan lebih lanjut oleh badan-badan lain terutama oleh *US Army Corps Of Engineers*.

Percobaan penetrasi CBR dipergunakan untuk menentukan kekuatan atau daya dukung suatu lapisan perkerasan. Nilai CBR yang didapat dipergunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang diperlukan diatas suatu lapisan yang nilai CBR nya telah ditentukan, dengan anggapan bahwa diatas suatu bahan dengan nilai CBR tertentu, tebal perkerasan tidak boleh kurang dari suatu angka tertentu. CBR merupakan perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Untuk menghitung tebal perkerasan berdasarkan nilai CBR digunakan grafik-grafik yang dikembangkan oleh berbagai muatan roda kendaraan dan intensitas lalu lintas. Nilai CBR dapat ditentukan dengan rumus :

a) Untuk nilai tekanan penetrasi sebesar 2,54 mm (0.10 inch) terhadap tekanan penetrasi standar yang besarnya 70.37 kg/cm² (1000 psi)

$$\text{CBR} = (P_1/1000) \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

(P₁ dalam psi)

b) Untuk nilai tekanan penetrasi sebesar 5.08mm (0.20 inch) terhadap tekanan penetrasi standar yang besarnya 105.56 kg/cm₂ (1500 psi)

$$\text{CBR} = (P_2/1500) \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

(P₂ dalam psi)

Kekuatan tanah dasar tentu banyak tergantung pada kadar airnya, makin tinggi kadar airnya makin kecil kekuatan CBR dari tanah tersebut. Walaupun demikian, hal itu tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah untuk mendapatkan nilai CBR yang tinggi, karena kadar air tidak konstan pada nilai rendah itu. Setelah pembuatan jalan maka air akan meresap kedalam tanah dasar sehingga kekuatan CBR turun sampai kadar air nilai yang konstan. Kadar air yang 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. Percobaan CBR ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

- 1) Percobaan CBR terendam (*soaked*)

2) Percobaan CBR tak terenda, (*unsoaker*)**Tabel 2.5** Klasifikasi Tanah Berdasarkan CBR

CBR	<i>General Rating</i>	<i>Uses</i>	Clasification System	
			<i>Unified</i>	AASTHO
0-3	<i>Very poor</i>	<i>Subgrade</i>	OH,CH,MH,OL	A5,A5,A7
3-7	<i>Poor to fair</i>	<i>Subgrade</i>	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7-20	<i>Fair</i>	<i>Sub base</i>	OL,CL,ML,SC, SM,SP	A2,A4,A6,A7
20-50	<i>Good</i>	<i>Base, sub base</i>	GM,GC,SW,SM,SP,GI	A1b,A2-5,A3,A2-6
>50	<i>Excellent</i>	<i>Base, sub base</i>	GW,GM	A1a,A2-4,A3

Sumber : Braja M Das (1995)

Table 2.6 Kriteria CBR untuk Tanah Dasar Jalan (*Subgrade*)

Section	Material	Nilai CBR (%)
Subgrade	Sangat Baik	20 – 30
	Baik	10 – 20

Sedang	5 – 10
Buruk	< 5

Sumber : Tumbul, 1968 dalam Raharjo, 1985. Kriteria CBR Untuk Tanah Dasar Jalan (*Subgrade*).

1. Jenis-Jenis Pengujian CBR

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas:

a. CBR Lapangan

CBR lapangan disebut juga CBR *inplace* atau *fieldinplace* dengan kegunaan sebagai berikut :

- 1) Mendapatkan nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi.
- 2) Untuk mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan ini tidak umum digunakan. Metode pemeriksaannya dengan meletakkan piston pada kedalaman dimana nilai CBR akan ditentukan lalu dipenetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gardan truk. CBR lapangan ini berfungsi untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi, terletak pada daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim penghujan dan kering pada musim kemarau. Sedangkan pemeriksaan dilakukan di musim kemarau. Pemeriksaan dilakukan dengan mengambil contoh tanah dalam tabung (*mold*) yang ditekan masuk kedalam tanah mencapai

kedalaman yang diinginkan. Tabung berisi contoh tanah dikeluarkan dan direndam dalam air selama beberapa hari sambil diukur pengembangannya. Setelah pengembangan tidak terjadi lagi, barulah dilakukan pemeriksaan besarnya CBR.

b. CBR Laboratorium

Tanah dasar pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar merupakan kemampuan lapisan tanah yang memikul beban setelah tanah itu dipadatkan. CBR ini disebut CBR Laboratorium, karena disiapkan di Laboratorium. CBR Laboratorium dibedakan atas 2 macam, yaitu CBR Laboratorium rendaman dan CBR Laboratorium tanpa rendaman.

Alat yang digunakan untuk menentukan besarnya CBR berupa alat yang mempunyai piston dengan luas 3 inch dengan kecepatan gerak vertikal ke bawah 0,05 inch/menit, *Proving Ring* digunakan untuk mengukur beban yang di butuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (*dial*). Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah pada penetrasi 0,1" dan penetrasi 0,2" untuk pengujian laboratorium.

Rumus perhitungan dalam penentuan nilai CBR adalah sebagai berikut :

$$\text{Nilai CBR pada penetsai 0,1"} = \frac{A}{3000} \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{Nilai CBR pada penetsai 0,2"} = \frac{B}{4500} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

A = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1"

B = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2"

Nilai CBR yang didapat adalah nilai yang terkecil diantara hasil perhitungan kedua nilai CBR.

Berikut ini adalah tabel beban yang digunakan untuk melakukan penetrasi bahan standar.

Tabel 2.7 beban penetrasi bahan standar

Penetrasi (inch)	Beban standar (lbs)	Beban standar (lbs/inch)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	6000

Pengujian CBR yang akan saya gunakan adalah CBR terendam.

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang diangkat oleh penulis sebagai referensi.

- a) Pengaruh Penambahan Abu Batu (PII) Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai CBR (Magdafenta Simanjuntak) 2018. Pada penelitian ini dengan menambahkan abu batu pada presentase campuran 0,1%, 0,2% dan 0,3 % sangat berpengaruh pada berat kering tanah. Tujuan penambahan abu batu untuk mengetahui pengaruh terhadap nilai kadar air optimum (OMC), nilai berat volume kering (MDD), dan nilai Clifonia Bering Ratio (CBR).
- b) Stabilitas tanah lempung dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit (erpi arbina) 2020. Pada penelitian ini dengan

menambahkan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan stabilisasi. Persentase penambahan abu cangkang kelapa sawit 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Dalam penelitian ini tanah diklasifikasikan dengan sistem klasifikasi USCS maka tanah tersebut kelompok CH dengan presentasi lolos saringan No. 200 sebesar 55%, kadar air mula-mula = 31,6%, Batas Cair (LL) = 57.28%, Batas Plastis (PL) = 29.23%, Indeks Plastis (PI) = 28.05%, kadar air optimum = 16,2%, maksimum = 1,54 gr/cm³, CBR = 1,18%. Dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit didapat nilai Batas Cair (LL) = 50,3%, nilai Batas Plastis (PL) = 36.4%, nilai Indeks Plastis (PI) = 13.9%. Sedangkan, kadar air optimum = 15,62%, maksimum = 1,36 gr/cm³, CBR = 16,7%.

- c) Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai Cbr Tanah (Andriani, Rina Yuliet, Franky Leo Fernandez) 2012. Pada penelitian ini dengan penambahan semen sebagai bahan stabilisasi tanah lempung 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat tanah kering. Pemeraman dilakukan sebelum dilakukan uji CBR, dengan waktu pemeraman selama 3 hari pada kondisi kadar air optimum. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai maksimum CBR tanah lempung terdapat pada kadar penambahan semen sebanyak 20% dengan γ_{dry} maksimum 1.351 gr/cm³, kadar air optimum 32.9%, dan nilai CBR 64.138 % dengan waktu pemeraman 3 hari.
- d) Penggunaan Abu Batu Bara Pltu Mpanau Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung (Arifin B) 2009. Proporsi rancangan campuran terdiri dari abu batu bara adalah 10% dan 20% semen sebesar 4% dan 8% masing-masing terhadap berat kering tanah lempung,. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran abu batu bara dan semen mampu menurunkan nilai indeks plastisitas tanah lempung dari 27,33% menjadi 10,37 %, meningkatkan nilai CBR

tanah dari 4,46% menjadi 13,8% untuk CBR rendaman dan dari 5,6% menjadi 15,5% untuk CBR tanpa rendaman.

- e) Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan *Soil binder* (Asriwiyanti Desiani, Salijan Redjasentana) 2012. Sampel tanah lempung diambil dari daerah Cicalengka Kabupaten Bandung, sedangkan bahan soil binder yang digunakan konsentrasinya divariasikan sebesar 150 gram/liter air/m² tanah, 200 gram/liter air/m² tanah dan 300 gram/liter air/m² tanah. Hasil menunjukkan tanah lempung yang digunakan memiliki Gs 2.68 dan berdasar klasifikasi USCS tergolong sebagai Sandy fat clay dengan group symbol CH. Pengujian pemadatan pada tanah asli menghasilkan nilai kepadatan kering maksimum $\gamma_d = 1.6 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum 22%. Nilai CBR desain pada 95% kepadatan kering maksimum 6.9%. Nilai ini menunjukkan tanah buruk untuk dijadikan tanah dasar. Akibat penambahan soil binder terjadi peningkatan γ_d antara 2-14% dan peningkatan nilai CBR antara 41-276%. Penambahan Soil Binder sebesar 150 sampai 300 gram/liter air/m² tanah dapat meningkatkan nilai CBR desain sebesar 13 sampai 76%. Hasil penelitian menunjukkan penambahan soil binder Vienison SB dapat meningkatkan nilai CBR pada tanah cukup signifikan.
- f) Pengaruh Penambahan Bubuk Gypsum Pada Tanah Lempung Terhadap Uji California Bearing Ratio (CBR) (Desgian Malle' Pangadongan, Rais Rachman, Irwan Lie Keng Wong) 2020. Daya dukung tanah dapat diketahui dengan pengujian California Bearing Ratio (CBR). Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sifat fisis tanah lempung dan menganalisis pengaruh penambahan bubuk gypsum pada tanah lempung terhadap nilai CBR. Hasil dari penelitian pada sampel tanah yang terdiri dari dua titik didapat nilai CBR terbesar terjadi pada sampel tanah yang dicampur dengan

bubuk gypsum sebanyak 8% dimana titik 1 nilai CBR nya sebesar 5,67% dan titik 2 sebesar 4,13%.

- g) Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Abu Sawit Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Rama Indera Kusuma, Enden Mina, Rudy Bonar O M) 2015. Hasil pengujian fisik tanah menunjukkan bahwa tanah tersebut masuk pada golongan tanah lempung tak organik dengan plastisitas rendah dengan presentasi lolos saringan no. 200 sebesar 55%, berat jenis = 2.68, kadar air mula-mula = 25,03%, Batas Cair (LL) = 29,4%, Batas Plastis (PL) = 17,663%, indeks plastis (PI) = 11.737%, kadar air optimum = 29%, dan γ_d maksimum = 1.380 gr/cm³. Hasil pengujian UCT terlihat bahwa baik waktu pemeraman maupun presentasi abu sawit yang diberikan pada material pengujian akan mempengaruhi nilai kuat tekan bebas. Dengan lama pemeraman 28 hari dan bahan campuran sebesar 15% menghasilkan nilai kuat tekan bebas 2.575 kg/cm² yaitu peningkatannya hingga 329.16 % dari nilai q_u pada presentase abu sawit 0% dengan lama pemeraman 0 hari.
- h) Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Limbah Abu Sekam Padi Dan Pasir Dengan Metode Pemadatan Laboratorium (Mirzan Ludfian, Dian Eksana Wibowo) 2017. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan metode eksperimen. Benda uji dibuat sebanyak 24 sampel yaitu 8 benda uji untuk pengujian Swelling, 8 pengujian CBR dan 8 pengujian Konsolidasi. Variasi campuran untuk setiap benda uji yaitu 1% abu sekam padi + 10% pasir, 1,5% abu sekam padi + 15% pasir dan 2% abu sekam padi + 20% pasir. Uji fisis dan mekanis yang dilakukan meliputi: uji Atterberg Limit, Pemadatan, CBR Laboratorium, Swelling dan Konsolidasi. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai Swelling tanah asli yaitu 1,93%, kemudian pada tanah dengan campuran 2% abu sekam padi + 20% pasir yaitu 0,67%. Hasil uji CBR tanah asli yaitu 17,82%, nilai

CBR maksimal terjadi pada tanah dengan campuran 2% abu sekam padi + 20% pasir yaitu 26,06%. Dari uji Konsolidasi menghasilkan nilai Cc, Cr dan Cv terbesar pada tanah kondisi asli. Sedangkan nilai Cc, Cr dan Cv terkecil terjadi pada tanah dengan campuran 2% abu sekam padi + 20% pasir. Nilai Cc dari 0,2109 menjadi 0,1028; nilai Cr dari 0,0299 menjadi 0,0121; kemudian untuk nilai Cv dari 10,1993 cm² /menit menjadi 1,8032 cm² /menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, abu sekam padi dan pasir sebagai bahan campuran tanah lempung dapat meningkatkan daya dukung tanah, memperkecil penurunan lapisan tanah dan potensi pengembangan tanah.

- i) Pengaruh *Fly Ash* Terhadap Nilai Cbr Dan Sifat-Sifat Propertis Tanah (Enden Mina¹), Rama Indera Kusuma²), Inten Setyowati Lestari Subowo) 2016. Kadar fly ash yang digunakan untuk stabilisasi tanah yaitu 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Sedangkan pemeraman dilakukan selama nol hari. Abu terbang ini memiliki sifat semen bila diaplikasikan dengan tanah akan menambah kekuatan pada tanah ekspansif. Berdasarkan hasil pengujian fisik bahwa tanah tersebut masuk pada golongan tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah (CL), yang lolos saringan no. 200 sebesar 54.34%. Berdasarkan hasil pengujian CBR terlihat Bahwa Presentasefly Ash 20% Dapat Meingkatkan Nilai CBR Yaitu pada penetrasi 0.1" sebesar 37.2% dan penetrasi 0,2" sebesar 38.6%. Pengujian sifat fisis tanah dengan campuran 20% fly ash, didapat berat jenis yaitu 3.40, kadar air yaitu 17.49%, Batas Cair (LL) yaitu 45%, Batas Plastis (PL) yaitu 24.93%, Indeks Plastistas (IP) yaitu 20.07%. Penambahan fly ash dapat menurunkan nilai batas cair dan batas plastis kemudian nilai indeks plastisitas cenderung mengalami penurunan juga.
- j) Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung (Arif Wibawa) 2012. Hasil dari pengujian

didapat nilai S terbesar terjadi pada sampel tanah yang dicampur dengan limbah gypsum sebanyak 8% dengan waktu pemeraman 14 hari yaitu 61,57 KN/m² . Nilai ini terjadi kenaikan sebesar 116,34% dari sampel tanah asli yang dilakukan pemeraman waktu selama 14 hari. Kenaikan ini terjadi karena gypsum mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung. Gypsum juga lebih menyerap banyak air sehingga membuat campuran limbah dan sampel tanah akan menjadi semakin keras dan kuat, sehingga dapat meningkatkan nilai kohesi tanah yang menjadikan tiap – tiap partikel tanah terikat dengan kuat dan berpengaruh pada peningkatan nilai kuat geser tanah lempung