

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung

Lempung (*clay*) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain (Braja M. Das, 1985).

Sifat-sifat tanah lempung pada umumnya terdiri dari (Hardiyatmo,1999):

1. Ukuran butir halus (kurang dari 0,002 mm)
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat

Umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959). Diantaranya terdiri dari kelompok-kelompok: *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite*. Dari kelompok mineral tersebut, tanah lempung dapat dibagi menjadi lempung ekspansif dan lempung non ekspansif. Tanah lempung ekspansif tersusun dari mineral lempung yang mempunyai karakter kembang dan susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air seperti pada kelompok *montmorillonite*. Kelompok ini menjadikan tanah lempung tidak stabil jika berhubungan dengan air.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah lempung ekspansif secara umum dibedakan menjadi dua yaitu: faktor komposisi tanah dan faktor pengaruh lingkungan. Faktor yang pertama dapat diketahui dengan mengadakan percobaan di laboratorium pada contoh tanah terusik. Hal-hal yang perlu didalam percobaan antara lain: tipe dan jumlah mineral, tipe kation didalam tanah, luas permukaan, distribusi ukuran partikel, dan air pori. Faktor pengaruh lingkungan dapat diketahui melalui pengujian laboratorium pada contoh tanah asli. (Suhardjito,1989).

2.1.1 Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Cara-cara yang biasa digunakan untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif ada tiga cara, yaitu :

- Identifikasi Mineralogi
- Cara tidak langsung (single index method)
- Cara langsung

2.1.1.1 Identifikasi Mineralogi

Analisa mineralogi sangat berguna untuk mengidentifikasi potensi kembang susut suatu tanah lempung. Identifikasi dilakukan dengan cara :

- Difraksi Sinar X (X-Ray Diffraction)
- Penyerapan terbilas (Dye Absorbption)
- Penurunan Panas (Differensial Thermal Analysis)
- Analisa Kimia (Chemical Analysis)
- Elektron Microscope Resolution

2.1.1.2 Cara Tidak Langsung

Hasil uji sejumlah indeks dasar tanah dapat digunakan untuk evaluasi berpotensi ekspansif atau tidak pada suatu contoh tanah. Uji indeks dasar adalah uji batas-batas *Atterberg* dan uji mengembang bebas.

Dalam Kriteria Raman, penggolongan tanah ekspansif berdasarkan batas-batas *Atterberg* dapat menggunakan dua parameter yaitu PI (*Plasticity Index*) dan SI (*Shrinkage Index*).

Tabel 2.1 Parameter Tanah Ekspansif Berdasarkan IP dan SI

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree Of Expansion
< 12	< 15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 - 30	30 – 40	High
> 30	> 40	Very High

Dalam kriteria Altmeyer tanah ekspansif dapat digolongkan dengan menggunakan *linear shrinkage* dan *shrinkage limit* (SL).

Tabel 2.2 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan Linear Shrinkage dan Shrinkage Limit

Linear Shrinkage	SL(%)	Probable Swell	Degree Of Expansion
< 5	>12	< 0.5	Non Critical
5 - 8	10 - 12	0.5-1.5	Marginal
> 8	< 12	< 1.5	Critical

2.1.1.3 Cara Langsung

Metode pengukuran terbaik adalah dengan pengukuran langsung, yaitu suatu cara untuk menentukan potensi pengembangan dan tekanan pengembangan dari tanah ekspansif dengan menggunakan Oedometer Terzaghi. Contoh tanah yang berbentuk silinder tipis diletakkan dalam konsolidometer yang dilapisi dengan lapisan pori pada sisi atas dan bawahnya yang selanjutnya diberi beban sesuai dengan yang diinginkan. Besarnya pengembangan contoh tanah dibaca beberapa saat setelah tanah dibasahi dengan air. Besarnya pengembangan adalah pengembangan tanah dibagi dengan tebal awal contoh tanah. Adapun cara pengukuran tekanan pengembangan ada dua cara yang umum digunakan. Cara pertama yaitu pengukuran dengan beban tetap sehingga mencapai persentase mengembang tertinggi, kemudian contoh tanah diberi tekanan untuk kembali ke tebal semula. Cara kedua yaitu contoh tanah direndam dalam air dengan mempertahankan volume atau mencegah terjadinya pengembangan dengan cara menambah beban di atasnya setiap saat. Metode ini sering juga disebut *constan volume method*.

2.2 Stabilisasi Tanah

Dalam suatu pekerjaan konstruksi terdapat kondisi tanah yang tidak memenuhi kualitas persyaratan fisik maupun teknis. Karena itu perlu dilakukan usaha perbaikan sifat-sifat tanah untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan. Usaha perbaikan sifat-sifat tanah ini disebut stabilisasi tanah (*Bowles, 1986*). Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, sehingga memenuhi syarat untuk lokasi suatu

proyek. Stabilisasi tanah dapat berupa tindakan-tindakan seperti meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimia dan atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), atau mengganti tanah yang buruk.

Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu kombinasi dari pekerjaan berikut (*Ingel dan Metcalf, 1977*):

a. Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanik adalah stabilisasi yang dilakukan untuk mendapatkan kepadatan tanah yang maksimum yang dilakukan dengan menggunakan peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan (*pounder*), ledakan (*explosive*), tekanan statis, tekstur, pembekuan, dan pemanasan.

b. Stabilisasi Fisik

Stabilisasi fisik adalah stabilisasi yang dilakukan untuk merubah sifat-sifat tanah dengan cara pemanasan (*heating*), pendinginan (*cooling*), dan menggunakan arus listrik. Salah satu jenis stabilisasi fisik yang sering dipakai adalah pemanasan.

c. Stabilisasi Kimia

Stabilisasi kimia adalah stabilisasi yang dilakukan dengan memberikan bahan kimia pada tanah sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan sifat-sifat tanah tersebut. Pencampuran kimia yang sering dilakukan adalah dengan menambahkan semen, kapur, abu batu bara, aspal, geosta dan lain sebagainya pada tanah.

Upaya stabilisasi tanah lempung sudah banyak dilakukan dengan stabilisator yang beraneka ragam seperti : kapur, semen, kombinasi semen dan abu terbang, GEOSTA, aspal dan lain-lain. Alasan penggunaan bahan-bahan tersebut adalah kesesuaiannya dengan jenis tanah, mudah didapat, murah harganya, dan tidak mencemari lingkungan.

Kizdi (1979) melaporkan bahwa dengan menambah semen baik kedalam tanah lempung maupun kedalam tanah pasir akan meningkatkan kepadatan maksimum tanah tersebut sebesar kurang lebih 10%. Namun demikian, jika diterapkan pada tanah lanau

kepadatannya justru menurun. Menurutnya, semen menurunkan indeks plastisitas tanah kohesif yang disebabkan oleh peningkatan batas plastis serta penurunan batas cairnya.

Hosiya dan Mandal (1984), melakukan stabilisasi tanah lempung dengan bubuk logam (aluminum + besi tuang). Hasil penelitian yang dilaporkan adalah bahwa dengan menambah 0,5% berat bubuk logam kedalam tanah lempung akan menaikkan nilai kohesi tanah tersebut kurang lebih sebesar 15%, sedangkan kuat tekabn bebas tanah lemtersebut meningkat kurang lebih 17% dibanding dengan kuat tekan bebas tanah asli.

Idrus (1991) melakukan penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan kapus sebagai bahan kimia. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut: kepadatan kering maksimum (standar Proctor) meningkat sebesar 30% dari kepadatan semula (tanah asli), dengan kadar kapur optimum pada 8,5%. Disamping itu, pada pengujian tekan bebas menunjukkan bahwa kuat geser tak terdrainase (S_u) dari tanah lempung meningkat sebesar 25% dari kuat geser tanah asli. Nilai CBR tanah juga mengalami kenaikan sebesar 25%.

Hapsoro (1996), melakukan penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan campura abu terbang dan GEOSTA. Kadar abu terbang dibuat tetap sebesar 13% sdari berat tanah, sedangkan kadar GEOSTA bervariasi sampai dengan 15% (0,1,5,8,10,15). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar GEOSTA terbaik (optimum) berada pada 8%. Pada kadar optimum tersebutm, kuat geser tanah meningkat sebesar 25% dan kepadatan kering maksimum meningkat 28%, yang diikuti oleh penurunan kadar air optimum.

Hatmoko (2000), melakukan penelitian stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menggunakan stabilisator pasir dan semen. Penambahan pasir dimaksudkan untuk menurunkan indeks plastisitas tanah lempung. Pada penelitian ini, penambahan pasir 7,5% berat menunjukkan penurunan indeks plastisitas yang cukup besar. Kemudian pada komposisi campuran tersebut (kadar pasir 7,5%), dilakukan stabisasi dengan semen dengan prosentasi : 0, 2,5; 7,5; 10; 12,5; dan 15%. Pengujian sifat-sifat mekanik yang dilakukan adalah: pengujian kepadatan, CBR, dan pengujian tekan bebas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa: kepadatan maksimal dan kadar air optimum dicapai pada kadar semen 7,5%. Peningkatan nilai CBR dan penurunan nilai pengembangan terlihat cukup besar pada masa peredaman 14 hari. Kuat tekan bebas akan naik dengan naiknya kadar semen pada tanah tersebut, semakin tinggi kadar semen akan menaikkan kuat geser

sesaat (kuat geser tak terdrainase) yang disebabkan oleh terjadinya sementasi pada tanah lempung.

Hatmoko (2003) melaporkan bahwa abu ampas tebu: menurunkan indeks plastisitas, meningkatkan kepadatan, dan meningkatkan nilai CBR tanah lempung. Kadar optimum abu ampas tebu terhadap tanah dalam keadaan kering sebesar 12,5%. Pada kadar abu ampas tebu tersebut, kenaikan nilai CBR cukup signifikan, namun demikian kenaikan kuat tekan bebasnya tidak cukup berarti.

Hatmoko, J & Suhartono, F (2000), melakukan penelitian tentang stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menggunakan opasir dan semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CBR, dan kepadatan standar naik dengan naiknya prosentase semen didalam tanah. Kadar optimum tercapai pada kadar semen 7,5%. Pada kadar semen tersebut terlihat adanya penurunan potensi pengembangan dan peningkatan nilai CBR yang cukup signifikan. Pada pengujian tekan bebas terlihat bahwa semakin tinggi kadar semen, nilai parameter kuat geser tanah semakin naik. Dalam hal ini tidak terlihat adanya kadar semen optimum.

Pada penelitian ini, usaha stabilisasi tanah yang digunakan adalah stabilisasi kimia dengan penambahan zat aditif. Zat aditif yang digunakan yaitu serbuk gypsum. Zat aditif tersebut diharapkan akan mampu memperbaiki karakteristik tanah lempung ekspansif di daerah Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur.

2.2.1 Gypsum sebagai Bahan Stabilisator Tanah

Dalam ilmu kimia, gypsum disebut sebagai Kalsium Sulfat Hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), yaitu suatu material yang termasuk kedalam mineral sulfat yang berada di bumi dan nilainya sangat menguntungkan. Sekarang ini gypsum banyak digunakan pada hiasan bangunan, bahan dasar pembuat semen, pengisi (*filler*) cat, bahan pembuat pupuk (*fertilizer*) dan berbagai macam keperluan lainnya. Keuntungan penggunaan gypsum dalam pekerjaan teknik sipil:

- a. Gypsum yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya lebih kecil.

- b. Gypsum dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.
- c. Gypsum meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan gypsum lebih menyerap banyak air. (Sumber : *www.minerals.net*, opened at December,1,2005)

Adapun penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan bahan gypsum yaitu oleh Ibnu Sudarmadji (2006) dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan kuat tekan tanah asli *undisturb* meningkat setelah adanya penambahan serbuk gypsum. Hal ini berarti penambahan serbuk gypsum dapat memperbaiki konsistensi tanah.

2.3 Uji Laboratorium

Menurut Shirley (1994), jenis percobaan di laboratorium dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Sifat fisik tanah (*Index Properties*): yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah.
2. Sifat mekanis tanah (*Engineering Properties*): yaitu perilaku tanah akibat diberikannya beban terhadap tanah dan digunakan sebagai parameter dalam perencanaan pondasi.

Sifat fisik tanah meliputi pemeriksaan kadar air tanah, berat jenis tanah, batas *atterberg*, analisa saringan, analisa hidrometer, dan berat isi tanah. Sedangkan sifat mekanis tanah meliputi beberapa pemeriksaan, namun dalam penelitian ini hanya difokuskan pada pemadatan standar, uji CBR dan uji pengembangan (*Swelling*).

2.3.1 Analisa Saringan

Analisa saringan adalah mengayak dan menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan dimana lubang ayakan tersebut semakin kecil secara berurutan. Untuk standar ayakan Amerika Serikat, nomor ayakan dan ukuran lubang diberikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ukuran-ukuran ayakan standar Amerika Serikat

No. Saringan (ASTM)	Masa tanah tertahan pada saringan (g)
#4	0
10	40
20	60
40	89
60	140
80	122
100	210
200	56
Pan	12

Analisa saringan digunakan untuk mengklasifikasikan tanah. Selain itu, analisa saringan juga digunakan untuk menentukan nilai D_{10} , D_{30} , dan D_{60} yang akan menentukan nilai C_u dan C_c dari sample tanah. selanjutnya C_u dan C_c ini umumnya digunakan untuk perencanaan struktur tertentu yang berkaitan dengan tanah. (Bowles, J. E., 1996: 25)

2.3.2 Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Berat jenis tanah (Gs) didefiniikan sebagai perbandingan antara berat volume butiran padat dengan volume air pada temperatur 4°C. Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Berat Jenis Tanah.

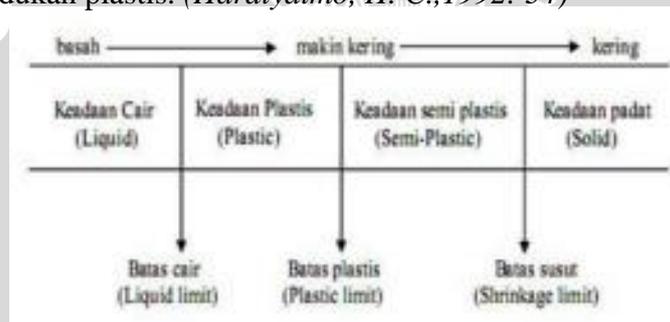
Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber: Hardiyatmo (1999:4)

2.3.3 Batas-batas Atterberg (Atterberg *Limit*)

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas digambarkan sebagai kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume konstan tanpa retak-retak atau remuk.

Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Konsistensi bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Sembarang pengurangan kadar air menghasilkan berkurangnya lapisan kation yang menyebabkan bertambahnya gaya tarik partikel. Bila tanah mengalami kedudukan plastis, besarnya gaya antar partikel akan sedemikian hingga partikel bebas menggelincir antara satu dengan yang lain, dengan kohesi yang tetap terpelihara. Pengurangan kadar air menghasilkan pengurangan volume tanah. Sangat banyak tanah berbutir halus yang ada di dalam kedudukan plastis. (Hardiyatmo, H. C., 1992: 34)



Gambar 2.1 Batas-batas Atterberg

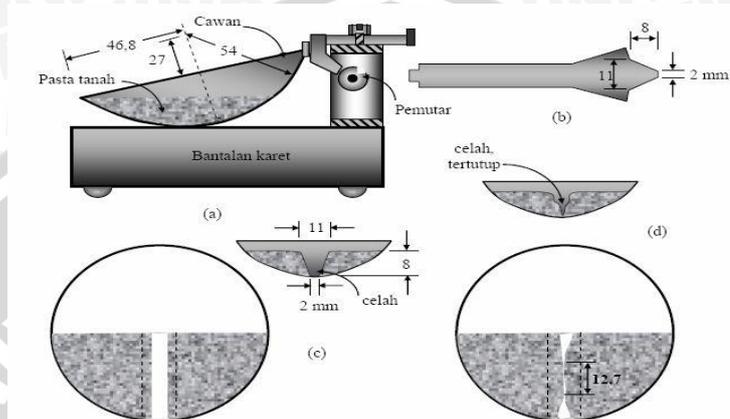
(Sumber: B. M. Das, 1988a)

Terdapat tiga jenis pengujian yaitu *liquid limit* (batas cair), *plastic limit* (batas plastis), dan *shrinkage limit* (batas susut). Batas cair dan batas plastis biasanya digunakan untuk tanah kohesif. Berdasarkan dua limit ini, indeks plastisitas tanah dapat diketahui yaitu berdasarkan Tabel 2.3. Indeks plastisitas digunakan untuk keperluan perencanaan dan berhubungan dengan kekuatan tanah, dapat digunakan bersamaan dengan nilai batas cair yaitu untuk melakukan analisa konsolidasi tanah.

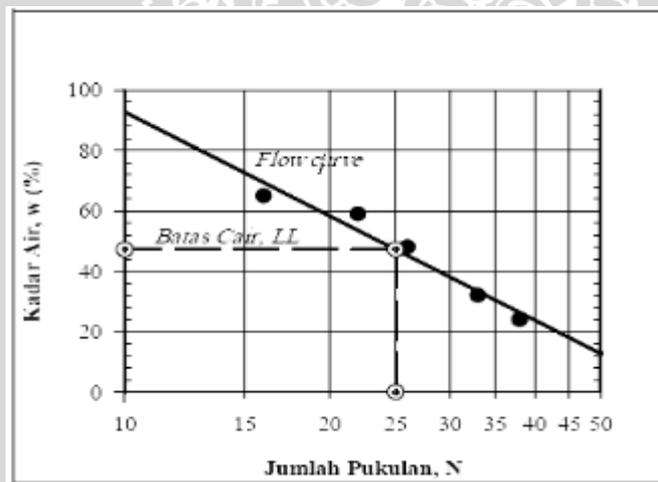
Batas cair, batas plastis dan kadar air juga bisa digunakan untuk mengetahui apakah suatu tanah merupakan tanah prakonsolidasi atau bukan. Ini berlaku jika tanah yang overkonsolidasi itu lebih padat, dan memiliki rasio rongga yang lebih kecil dibanding tanah yang terganggu untuk digunakan menentukan nilai-nilai batas Atterberg. (Bowles, J. E., 1996: 24)

2.3.3.1 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*Liquid Limit*) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair ditentukan dari pengujian Casagrande (1958). Berikut adalah gambar skema pengujian batas cair (gambar 2.2) dan kurva penentuan batas cair (gambar 2.3).



Gambar 2.2 Skema Uji batas Cair



Gambar 2.3 Kurva pada penentuan batas cair tanah lempung

2.3.3.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas Plastis (*Plastic Limit*) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dapat dilihat pada Tabel 2.5:

Tabel 2.5 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Chen, 1975)

PI	Sifat	Macam tanah
0	Non Plastis	Pasir
<7	Plastisitas rendah	Lanau
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau
>17	Plastisitas tinggi	Lempung

2.3.3.3 Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Suatu tanah akan mengalami penyusutan bila kadar air secara perlahan-lahan hilang dari dalam tanah. Dengan kehilangan air terus menerus akan mencapai suatu tingkat keseimbangan atau telah mencapai batas susutnya. Batas susut (*Shrinkage Limit*) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu prosentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Batas ini cukup penting di daerah kering dan untuk tanah jenis tertentu yang mengalami perubahan volume yaitu semakin kecil batas susut maka semakin sedikit air yang dibutuhkan untuk dapat mengubah volume. (Bowles, J. E., 1991: 39)

2.3.4 Uji Pemadatan (*Standart Proctor Test*)

Uji pemadatan (*Standart Proctor Test*) dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah sehingga bisa diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Besar kepadatan diukur dalam berat jenis kering tanah (γ_d) atau kepadatan kering tanah. Uji pemadatan laboratorium ini nantinya akan digunakan pada pemadatan timbunan di lapangan.

Pemadatan tanah ialah dimana sejumlah tanah yang terdiri dari partikel padat, air, dan udara direduksi volumenya dengan menggunakan beban. Beban tersebut dapat berupa beban bergerak, dipukulkan, maupun yang digetarkan. Pemadatan tanah bertujuan untuk mengurangi pori udara dalam tanah, meningkatkan kuat geser tanah, dan mengurangi permeabilitas tanah.

Standart Proctor Test adalah salah satu metode dalam uji pemadatan tanah. Dalam percobaan ini tanah dipadatkan di dalam suatu cetakan (*mould*) yang isinya 1/30 kaki kubik, dengan memakai alat pemukul seberat 5.5 *pound* yang dijatuhkan 12 inci. Cetakan diisi dengan tiga lapisan, dan setiap lapisan dipadatkan dengan 25 pukulan dari alat pemukul tersebut.

Setelah diisi permukaan permukaan tanah dibuat rata dengan memakai pisau atau plat baja lurus. Cetakan serta isinya kemudian ditimbang sehingga berat isi tanahnya diketahui. Tanah segar dikeluarkan lagi dari cetakan dan diambil sebagian untuk menentukan kadar airnya.

Percobaan ini diulangi beberapa kali dengan memakai kadar air yang berlainan sehingga dapat dibuat grafik berat isi terhadap kadar air. Percobaan pemadatan standar masih banyak dipakai untuk pembuatan jalan atau bendungan tanah. Untuk pembuatan landasan pada lapangan terbang dan kadang-kadang juga untuk jalan raya kepadatan yang tercapai dengan pemadatan standar belum cukup, dan dalam hal ini dipakai *Modified Compaction Test*.

2.3.5 Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Untuk menguji kapasitas dukung tanah yang di padatkan biasanya digunakan percobaan tahanan penetrasi, diantaranya pengujian CBR. California Bearing Ratio (CBR) adalah merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (test load) dengan beban standar (standard load) dan dinyatakan dalam persen. Nilai Beban percobaan

$$\text{Nilai CBR} = \frac{\text{Nilai Beban Percobaan}}{\text{Nilai Beban Standard}} \times 100\% \dots\dots(6)$$

Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan tandar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas.

Nilai CBR adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan. Bila tanah dasar memiliki nilai CBR yang tinggi, praktis akan mengurangi ketebalan lapis perkerasan yang berada di atas tanah dasar (*subgrade*), begitu pula sebaliknya. Menurut Soedarmo dan Purnomo (1997), CBR dapat dibagi sesuai dengan cara mendapatkan contoh tanahnya yaitu :

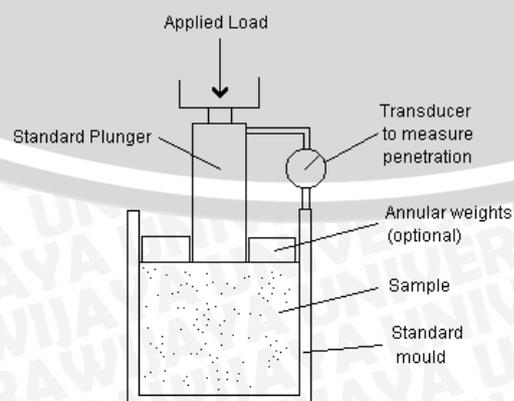
1. CBR lapangan
2. CBR lapangan rendaman (*undisturbed soaked CBR*)
3. CBR laboratorium (Laboratory CBR), dapat dibedakan atas 2 macam :
 - CBR laboratorium rendaman (*soaked laboratory CBR*) dan
 - CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked laboratory CBR*).

Penentuan nilai CBR dilaksanakan terhadap contoh tanah yang sudah dipadatkan dengan pemadatan standar. Apabila nilai CBR ditentukan dengan rendaman maka perendaman dilaksanakan selama 4 hari (96 jam). Uji CBR metode rendaman adalah untuk mengasumsikan keadaan hujan atau saat kondisi terjelek di lapangan yang akan memberikan pengaruh penambahan air, sehingga akan mengakibatkan terjadinya pengembangan (swelling) dan penurunan daya dukung tanah. Dari setiap pekerjaan CBR laboratorium dihitung:

1. Kadar air tanah (ω)
2. Berat isi basah (γ_b)
3. Berat Volume kering tanah (γ_d)
4. Nilai CBR

Hitung nilai CBR (dalam %) dari grafik yang telah dikoreksi, yaitu perbandingan antara tekan penetrasi yang diperoleh terhadap tekan penetrasi standar. Nilai CBR yang di gunakan dan dilaporkan adalah nilai penetrasi 0,1". Apabila dalam pemeriksaan ternyata nilai CBR untuk penetrasi 0,2" lebih besar dari nilai untuk 0,1", maka percobaan harus diulang. Dan apabila pada percobaan ulang ini CBR untuk 0,2" tetap lebih besar daripada 0,1", maka nilai CBR yang dipakai adalah nilai untuk 0,2".

Alat serta cara melakukan percobaan CBR dapat dilihat pada Gambar 2.4. Dengan mempergunakan dongkrak mekanis sebuah piston penetrasi ditekan supaya masuk tanah dengan kecepatan 0.05 inci per menit. Luas piston tersebut adalah 3 inci persegi. Untuk menentukan beban yang bekerja pada piston ini dipakai sebuah *proving ring* yang terpasang antara piston dan dongkrak. Pada nilai-nilai penetrasi tertentu, beban yang bekerja pada piston tercatat sehingga kemudian dapat dibuat grafik beban terhadap penetrasi.



Gambar 2.4 Skema alat percobaan CBR

Percobaan CBR dapat dilakukan pada contoh tanah asli (*undisturbed samples*), ataupun pada contoh yang dipadatkan (*compacted samples*) percobaan CBR juga dapat dilakukan di lapangan, langsung pada tanah yang mau dicoba. Contoh yang dipadatkan (*compacted samples*) untuk percobaan CBR biasanya dibuat dalam cetakan yang mempunyai diameter 6 inci. Tinggi contoh dibuat sama dengan pada percobaan pemadatan, dan cara memadatkan tanahnya juga sama, yaitu dengan memakai alat pemukul dan jumlah lapisan yang sama. Karena luas cetakan CBR lebih besar dari pada luas cetakan pemadatan, maka banyaknya pukulan harus ditambah untuk mendapatkan daya pemadatan yang sama. Banyaknya pukulan pada contoh CBR yaitu 56 kali pukulan.

2.3.6 Uji Pengembangan (*Swelling*)

Uji pengembangan (*Swelling*) merupakan uji untuk mengetahui pengembangan suatu tanah. Uji pengembangan (*Swelling*) ini dilakukan bersamaan dengan perendaman sample tanah untuk uji CBR terendam (*CBR soaked*). Sample yang telah dipadatkan dengan keadaan OMC dipasangkan arloji, kemudian direndam pada suatu wadah beserta moldnya. Arloji berguna untuk mengukur pengembangan (*Swelling*). Pembacaan dial dibaca selama 4 hari atau 96 jam. Rentang waktu pembacaan arloji ditetapkan dalam form yang sudah ditentukan sehingga akan diketahui seberapa besar pengembangan yang terjadi. Nilai *swelling* dihitung berdasarkan prosentase benda tinggi uji sesudah proses perendaman terhadap tinggi benda uji sebelum proses perendaman.

$$\text{Swelling} = \frac{(h_2 - h_1)}{h_1} \times 100\%$$

- Keterangan:
- h_1 = tinggi benda uji semula
 - h_2 = tinggi benda uji setelah perendaman