

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 TANAH

Tanah didefinisikan sebagai partikel partikel mineral yang tersemen maupun yang lepas sebagai hasil pelapukan dari batuan, dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara dan atau air. Akibat pengaruh cuaca dan pengaruh lainnya, tanah mengalami pelapukan sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk butirannya. (Darmawijaya, 1990).

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara mekanis maupun kimiawi. Proses mekanis 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 (Wesley, 1977).

Fungsi tanah sangat penting pada berbagai macam pekerjaan konstruksi bangunan karena tanah berfungsi sebagai tumpuan beban yang ada di atasnya, oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan sebagai pendukung konstruksi harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar (*subgrade*).

3.2 STABILITAS TANAH

Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan daya dukung suatu lapisan tanah dengan cara memberikan perlakuan khusus terhadap lapisan tanah tersebut (Panguriseng, 2001).

Menurut Bowles (1984), apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka

tanah tersebut harus distabilisasi. Usaha stabilisasi tanah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut ini :

1. meningkatkan kerapatan tanah,
2. menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tekanan gesek yang timbul,
3. menambah bahan yang menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan atau fisis pada tanah,
4. menurunkan muka air tanah (drainase tanah), dan
5. mengganti tanah yang buruk.

Salah satu usaha stabilisasi tanah adalah meningkatkan kerapatan dengan cara pemadatan tanah. Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan cara mekanis. Menurut Hardiyatmo (2004), fungsi pemadatan tanah adalah sebagai berikut :

1. meningkatkan kekuatan tanah,
2. mengurangi potensi likuifaksi (kehilangan kekuatan),
3. mengurangi permeabilitas,
4. mengontrol pengembangan dan penyusutan tanah, dan
5. mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas).

Stabilisasi tanah saat ini merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam usaha perbaikan sifat tanah. Menurut Ingles dan Metacalf (1972), metode-metode stabilisasi tanah yang biasa digunakan adalah sebagai berikut.

1. Stabilisasi Mekanis

Perbaikan tanah dengan menggunakan cara mekanis yaitu perbaikan tanah tanpa menggunakan bahan tambah. Stabilisasi mekanis menggunakan peralatan mekanis yaitu mesin gilas, penumbuk, peledak, dan tekanan statis. Tujuan stabilisasi ini adalah untuk mendapatkan tanah dengan daya dukung baik dengan mengurangi volume pori sehingga mendapatkan kepadatan tanah yang maksimal. Metode ini biasanya digunakan pada tanah berbutir kasar dengan fraksi tanah yang lolos saringan nomor 200 ASTM maksimal 25%.

2. Stabilisasi Fisik

Perbaikan tanah dengan cara fisik ini yaitu dengan memanfaatkan perubahan-perubahan fisik yang terjadi seperti hidrasi, penyerapan air, pemanasan, pendinginan, dan menggunakan arus listrik.

3. Stabilitas Kimiawi

Perbaikan tanah dengan cara kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat yang kurang menguntungkan dari tanah untuk konstruksi. Metode stabilisasi ini biasanya digunakan untuk tanah berbutir halus. Pencampuran bahan kimia yang biasa digunakan adalah semen, kapur, abu terbang, batu bara, garam dapur, dan *gypsum*.

3.3 TANAH GAMBUT

3.3.1 Definisi Tanah Gambut

Tanah gambut adalah sisa-sisa tumbuhan mati yang terdapat di rawa-rawa membentuk lumpur cokelat hitam, mengalami proses anaerobik terjadi pembusukan (Pembentukannya dipengaruhi oleh sirkulasi oksigen yang kurang bagus dan proses humifikasi oleh bakteri yang tidak berjalan dengan sempurna. Hal tersebut mengakibatkan sebagian serat tumbuhan sangat berpengaruh terhadap terbentuknya tanah gambut yang bersangkutan. Tanah gambut Indonesia termasuk dalam jenis gambut tropis karena hanya dua iklim yang ada berpengaruh pada tanah gambut tersebut. Jenis tumbuhan yang terurai terdiri atas berbagai macam jenis rumput, paku-pakuan, bakau, pandan, pinang (Van de Meene, 1982).

Ciri umum tanah gambut adalah berwarna cokelat sampai kehitaman yang disebabkan oleh pembusukan yang diikuti senyawa humik (Mac Farlane, 1959). Tanah gambut mempunyai berat jenis yang kecil sehingga sangat ringan. Tanah ini memiliki bau yang khas, hal ini disebabkan karena berasal dari berbagai macam tumbuhan yang mengalami pembusukan.

3.3.2 Sifat Fisik Tanah Gambut

Menurut Affandi (2009) tanah gambut mempunyai sifat fisik sebagai berikut.

1. Kadar air

Tanah gambut mempunyai kemampuan penyerapan air tinggi yakni dapat mencapai 600%, tergantung derajat dekomposisinya. Tetapi kadar air tersebut akan berkurang secara drastis bila bercampur dengan bahan anorganik.

2. Susut

Tanah gambut dalam kondisi kering maka tanah akan menjadi keras. Penyusutan dapat mencapai 50% (Colley, 1950). Apabila mengalami penyusutan maksimum, maka tanah hanya dapat menyerap air kembali 35%-55% dari volume awal air yang diserap (Feustel dan Byers, 1930).

3. Rembesan

Kemampuan rembesan tanah gambut tergantung kepada kandungan bahan mineral, derajat dekomposisi, dan derajat konsolidasi. Harga kelulusan airnya berkisar antara 10^{-3} - 10^{-6} cm/detik.

4. Kadar gas

Tanah gambut mengalami dekomposisi walaupun terendam air dan menghasilkan gas metan, sedikit nitrogen, dan gas karbondioksida.

5. Berat volume

Nilai berat volume dari tanah gambut berkisar antara $0,9 \text{ t/m}^3$ sampai dengan $1,25 \text{ t/m}^3$.

6. Berat jenis / *specific gravity*

Nilai berat jenis (*specific gravity*) dari tanah gambut adalah lebih besar dari 1,0. Berat jenis rata-rata adalah 1,50 atau 1,60. Jika lebih besar dari 2,0 tanah gambut yang diteliti sudah tercampur dengan bahan anorganik.

7. Keasaman

Tanah gambut mempunyai sifat *acidic reaction* karena karbon dioksida dan *humid acid* hasil proses pembusukan. Air gambut mempunyai pH antara 4-7 (Lea, 1956). Keasamannya tergantung musim dan bersifat korosif terhadap beton dan baja.

8. Angka pori

Nilai angka pori tanah gambut adalah sangat besar yaitu berkisar antara 5 sampai dengan 15. Tanah gambut berserat dapat mencapai angka pori sebesar 25, sedang tanah gambut tak berserat (*armorphous granular*) mempunyai angka pori sangat kecil.

3.3.3 Klasifikasi Tanah Gambut

Tanah gambut mempunyai ciri yang khas yaitu mengandung serat-serat, kadar organik tinggi, warna cokelat sampai hitam (ASTM D-2488, 2006).

Menurut ASTM D-4427 (1992) tanah gambut dapat diklasifikasikan berdasarkan kadar serat, kadar abu, daya serap terhadap air dan bahan pembentuknya.

1. Berdasarkan kadar serat, tanah gambut diklasifikasikan menjadi :
 - a. *fibric-peat soil* (gambut mentah) : kadar serat > 67%,
 - b. *hemic-peat soil* (gambut matang sedang) : kadar serat 33% – 67%, dan
 - c. *sapric-peat soil* (gambut matang) : kadar serat < 33%.
2. Berdasarkan kadar abu, tanah gambut diklasifikasikan menjadi :
 - a. kadar abu rendah : kadar abu < 5%,
 - b. kadar abu sedang : kadar abu 5 – 15%, dan
 - c. kadar abu tinggi : kadar abu > 15%.
3. Berdasarkan daya serap air, tanah gambut diklasifikasikan menjadi :
 - b. ekstrim : kapasitas menyimpan air > 1500%,
 - c. tinggi : kapasitas menyimpan air 800% – 1500%,
 - d. moderat : kapasitas menyimpan air 300% – 800%, dan
 - e. kecil : kapasitas menyimpan air < 300%.

Karakteristik tanah gambut sangat dipengaruhi oleh angka pori dan tingkat dekomposisinya. Tingkat kematangan tanah gambut mempengaruhi kadar serat dan kadar organiknya. Semakin matang suatu tanah gambut maka kadar serat dan kadar air semakin berkurang. Semakin tinggi kadar serat dan kadar organik maka semakin tinggi juga kandungan air, porositas, kompresibilitasnya. Kemampuan gambut mengikat tanah tergantung dari tingkat kematangannya, semakin tinggi tingkat

kematangannya maka semakin kecil. Tingginya kandungan air menyebabkan potensi penurunan yang lebih besar dan daya dukung yang semakin kecil.

3.4 DIFA®

Difa® merupakan adalah bahan aditif yang berfungsi untuk memadatkan (solidifikasi) dan menstabilkan (stabilizer) tanah secara fisik maupun kimia. Difa juga berfungsi untuk memaksimalkan ikatan kapur terhadap partikel tanah. Difa® berupa material serbuk halus terdiri dari komposisi mineral anorganik (www.difa.co, 2014). Adapun bentuk. Difa® dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Difa®
(Sumber: www.difa.co, 2014)

3.5 KAPUR

Kapur merupakan batuan sedimen yang mengandung senyawa kalsium karbonat (CaCO_3) yang berasal dari organisme laut. Organisme ini mempunyai tempurung jatuh ke air dan mengendap di dasar laut dan mengalami perpindahan serta diendapkan kembali sebagai partikel padat diklasifikasikan dalam batuan kapur *allochton rudstone* (Kusuma, 2014).

Kapur mempunyai ikatan ion Ca, Mg dan Na yang menyebabkan bertambahnya ikatan antar partikel tanah. Adanya proses sementasi antara kapur dan tanah sehingga kekuatan geser atau daya dukung meningkat. Apabila kapur dengan mineral lempung atau mineral halus lainnya bereaksi maka akan terbentuk

suatu gel yang kuat dan keras, yaitu kalsium silikat yang mengikat butir-butir atau partikel tanah (Ingles dan Metcalf, 1972).

Penambahan kapur dapat mengurangi permeabilitas dan mengecilkan ukuran pori-pori tanah. Kecilnya pori-pori tersebut merupakan reaksi kimia berupa pengikatan partikel tanah oleh kapur. *Exchangeable cation* yang terdapat pada kapur mengganti lapisan air yang mengelilingi partikel tanah sehingga tanah menjadi lebih baik. Kapur akan memadat dan menutup pori-pori butiran tanah (Setiawan, 2017).

Kapur yang biasa digunakan dalam stabilisasi adalah kapur hidup CaO (kapur tohor) dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (kapur padam). Kapur berfungsi untuk meningkatkan stabilitas, menurunkan indeks plastisitas, dan menaikkan daya dukung tanah (BSNI, 1996). Kapur tohor adalah hasil pembakaran batu kapur alam yang komposisinya sebagian besar merupakan kalsium karbonat (CaCO_3) pada temperature di atas 900 derajat Celsius terjadi proses calsinasi dengan pelepasan gas CO_2 hingga tersisa padatan CaO atau bisa juga disebut *quick lime*. Kapur padam merupakan hasil dari kapur tohor CaO dengan air (H_2O) dan membentuk hidrat. Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur padam.

3.6 PENGUJIAN KADAR AIR

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air natural dari sampel tanah. Kadar air tanah adalah nilai perbandingan antara berat air yang terkandung dalam sampel tanah dengan berat butiran tanah tersebut. Kadar air tanah dinyatakan dengan notasi w dalam satuan persen (%). Cara penetapan kadar air dapat dilakukan dengan sejumlah tanah basah dikering ovenkan dalam oven pada suhu $110 \pm 5^\circ \text{C}$ untuk waktu tertentu. Air yang hilang karena pengeringan merupakan sejumlah air yang terkandung dalam tanah tersebut. Metode yang digunakan untuk pengujian menggunakan standar pengujian SNI 1965:2008. Nilai kadar air dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \quad (3.1)$$

dengan :

w = kadar air (%),

W_w = berat air (gram), dan

W_s = berat tanah kering (gram).

3.7 PENGUJIAN BERAT VOLUME

Pengujian berat volume bertujuan untuk mengetahui berat satuan tanah natural. Berat satuan adalah nilai perbandingan antara berat tanah termasuk air dan bahan mineral lainnya dengan volume tanah total. Berat satuan dinyatakan dengan notasi γ dengan satuan gr/cm^3 . Metode yang digunakan untuk pengujian ini adalah menggunakan SNI 03-3637-1994. Nilai berat volume dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.2 berikut

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V} \times 100 \% \quad (3.2)$$

dengan :

γ = berat volume tanah (gram/cm^3),

W_2 = berat tanah basah (gram),

W_1 = berat cawan (gram), dan

V = volume tanah (cm^3).

3.8 PENGUJIAN BERAT JENIS

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dari sampel tanah. Berat jenis adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada temperature dan volume yang sama. Berat jenis tanah dinyatakan dengan notasi G_s tanpa satuan. Metode yang digunakan untuk pengujian menggunakan standar pengujian SNI 1964:2008. Nilai berat jenis dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.3 dan 3.4 berikut.

$$G_s (t^\circ\text{C}) = \frac{W_s}{W_w} \quad (3.3)$$

$$G_s (27,5^\circ\text{C}) = G_s (t^\circ\text{C}) \times \frac{\text{berat volume air pada suhu } t^\circ\text{C}}{\text{berat volume pada suhu } 27,5^\circ\text{C}} \quad (3.4)$$

Dengan :

$G_s (t^{\circ}\text{C})$ = berat jenis pada suhu ruangan ,

W_s = berat tanah (gram),

W_w = berat air (gram), dan

$G_s (27,5^{\circ}\text{C})$ = berat jenis pada suhu $27,5^{\circ}\text{C}$.

3.9 PENGUJIAN KADAR SERAT

Pengujian kadar serat bertujuan untuk mengetahui kandungan kadar serat yang terkandung pada tanah organik. Kadar serat adalah perbandingan berat tanah yang tidak larut oleh zat kimia *hexametaphosphate* dengan berat kering tanah. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-1997. Nilai berat jenis dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.5 dan 3.6 berikut.

$$M_s = \frac{M}{(w + 100)} \times 100 \% \quad (3.5)$$

$$\text{Kadar serat, (\%)} = \frac{M_f}{M_s} \times 100 \% \quad (3.6)$$

dengan :

M_f = berat kering serat (gram) dan

M_s = berat kering awal (gram).

3.10 PENGUJIAN KADAR ABU

Pengujian kadar abu bertujuan untuk mengetahui nilai dari kadar abu pada tanah gambut. Kadar abu adalah kadar anorganik sisa hasil pembakaran. Pengujian kadar abu dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D1762-84 (2007).

3.11 PENGUJIAN PROKTOR STANDAR

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air optimal (w_{opt}) dan berat isi kering maksimum (γ_d maks). Kadar air dan kepadatan maksimum ini dapat digunakan untuk menentukan syarat yang harus dicapai pada pekerjaan pemadatan

tanah di lapangan. Pengujian kepadatan tanah menggambarkan hubungan antara kadar air dan kepadatan kering. Kepadatan kering dapat dicari dengan Persamaan 3.7 berikut.

$$\gamma_d = \frac{(\gamma)}{(100 + w)} \times 100\% \quad (3.7)$$

dengan :

γ_d = kepadatan kering, dinyatakan dalam gram/cm³,

γ = kepadatan basah, dinyatakan dalam gram/cm³, dan

w = kadar air, dinyatakan dalam %.

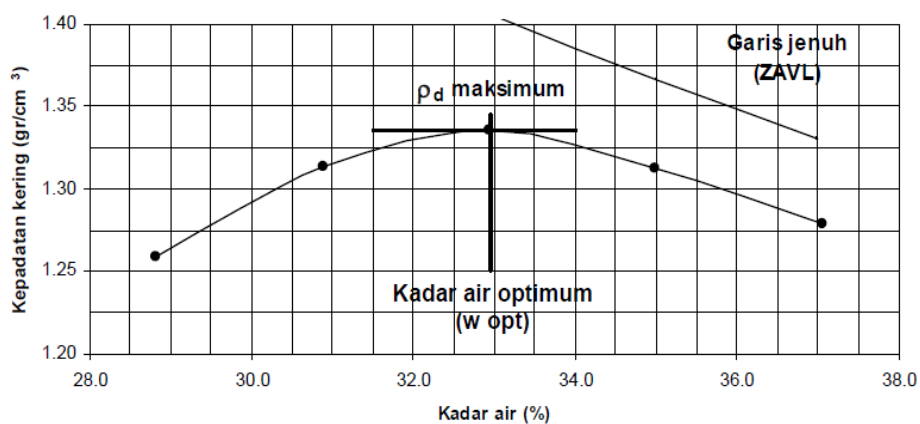
Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut uji Proktor Standar. Prinsip pengujiannya adalah tanah dipadatkan dalam cetakan berupa silinder mold yang mempunyai volume 1/30 ft³ (9,43 x 10⁻⁴ m³). Diameter cetakan tersebut adalah 4 in (10,16 cm). Tanah didalam mould dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm (1 ft). Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk 25 kali pukulan. Cara uji Proktor Standar dapat dilihat pada table 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Cara Uji Proktor Standar

Uraian	Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
Diameter cetakan (mm)	101,60	152,40	101,60	152,40
Tinggi cetakan (mm)	116,43	116,43	116,43	116,43
Volume cetakan (cm ³)	943	2124	943	2124
Massa penumbuk (mm)	2,5	2,5	2,5	2,5
Tinggi jatuh penumbuk (mm)	305	305	305	305
Jumlah lapis	3	3	3	3
Jumlah tumbukan per lapis	25	56	25	56
Bahan lolos saringan	No.4 (4,75 mm)	No.4 (4,75 mm)	19,00 mm (3/4")	19,00 mm (3/4")

Sumber : (SNI 1742:2008)

Pengujian ini menggunakan standar SNI 1742:2008. Percobaan dalam pengujian ini diulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Kemudian digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya. Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang optimal (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum. Grafik pengujian proktor standar dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Grafik Pengujian Proktor Standar
(Sumber : SNI 1742:2008)

3.12 PENGUJIAN CALIFORNIA BEARING RATIO

Pengujian *CBR* bertujuan untuk menentukan kekuatan tanah atau campuran agregat yang dipadatkan pada kadar air yang ditentukan. *CBR* pertama kalinya dikembangkan oleh *California State Highway Department, Amerika Serikat, 1928* kemudian dipopulerkan oleh O.J. Porter untuk menilai kekuatan tanah dasar. *CBR* adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi sampel tanah sebesar 0,1" atau 0,2" dengan beban yang ditahan batu pecah standar pada penetrasi 0,1" atau 0,2" (Sukirman, 1999).

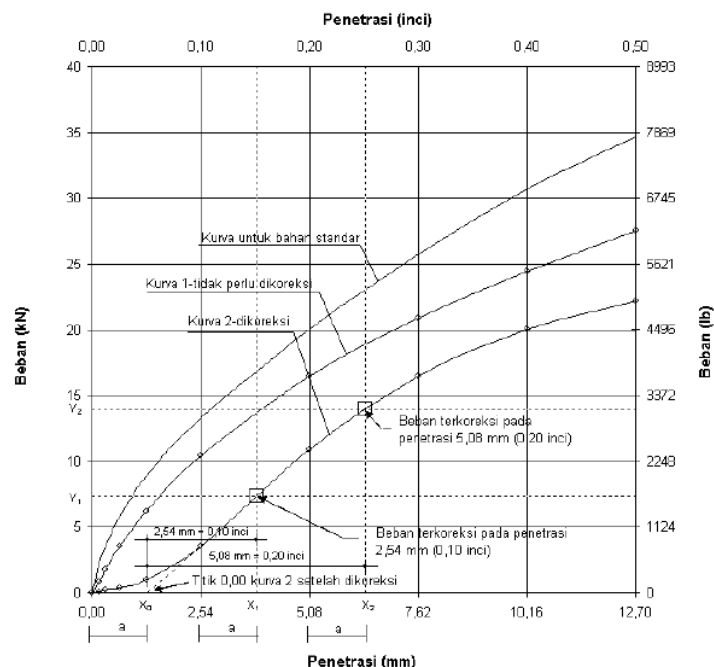
Nilai *CBR* adalah perbandingan (dalam persen) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 inch² dengan kecepatan 0,005 inch/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk

menembus bahan standar tertentu (Wesley, 1977). Cara untuk menentukan nilai *CBR* dapat dicari menggunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$CBR_{0,1} = \frac{Penetrasi_{0,1''}}{3 \times 1000} \times 100\% \quad (3.8)$$

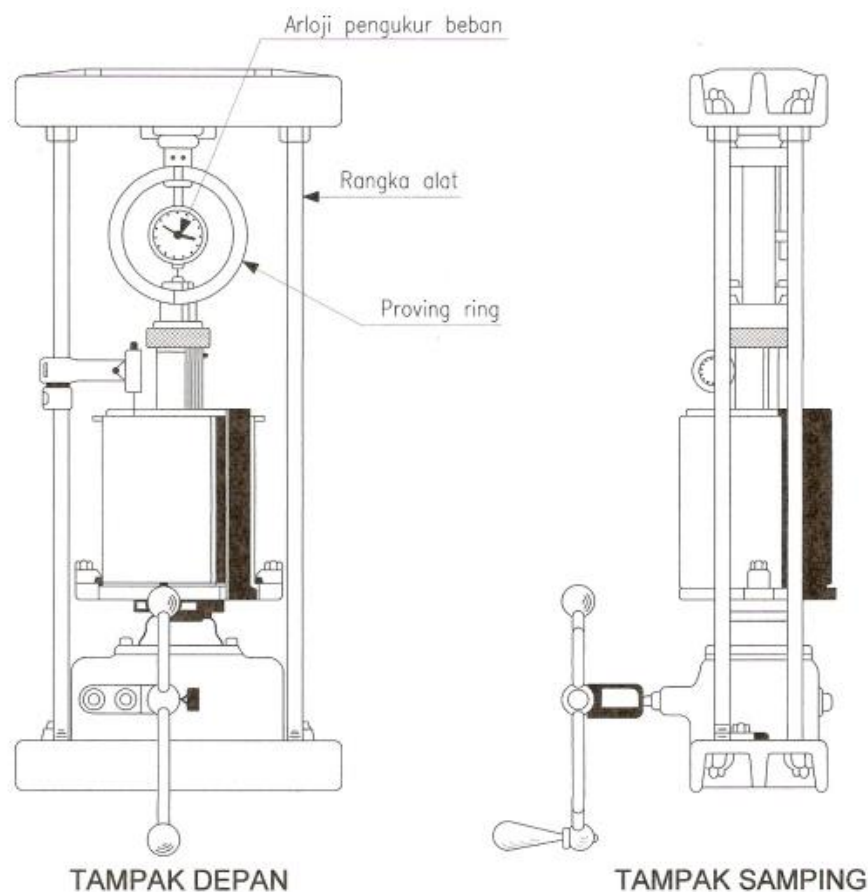
$$CBR_{0,2} = \frac{Penetrasi_{0,2''}}{3 \times 1500} \times 100\%$$

Prosedur pengujian *CBR* adalah pertama-tama ambil contoh tanah kering udara seperti pada percobaan pemadatan sebanyak 5 kg campur dengan air sampai kadar air optimum. Kemudian masukkan contoh tanah tadi kedalam kantong plastik, diikat dan didiamkan selama 24 jam. Timbang cetakan kemudian masukkan contoh tanah kedalamannya, kemudian padatkan sesuai dengan percobaan pemadatan. Jumlah pemadatan adalah 56 kali. Setelah itu buka leher sambungan dan ratakan tanah dengan pisau. Benda uji siap untuk diuji *CBR* dan didapatkan grafik seperti pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Grafik Pengujian *CBR* Laboratorium
(Sumber: SNI 1744:2012)

CBR laboratorium dibedakan menjadi 2 macam yaitu *CBR* tanpa rendaman (*unsoaked*) dan *CBR* rendaman (*soaked*). *CBR* tanpa rendaman bertujuan untuk mendapatkan nilai *CBR* pada kepadatan maksimum dengan kadar air optimal. *CBR* rendaman ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *CBR* pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum. Perendaman yang dilakukan dalam pengujian ini dilakukan selama 4 hari untuk mengamati pengembangan volume sampel dan penurunan nilai *CBR* akibat perendaman. Variasi masa pemeraman 1, 3, dan 7 hari. Metode yang digunakan dalam pengujian menggunakan standar SNI 1744:2012. Gambar alat uji *CBR* dapat dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4 Alat Pengujian CBR Laboratorium
(Sumber: SNI 1744:2012)

