

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan material geologi yang berada pada bagian kerak bumi yang digunakan sebagai media bekerja atau untuk mendirikan bangunan di atasnya (Hakam, 2008). Fungsi tanah lainnya yaitu sebagai penyalur gaya-gaya dari beban yang berada di atasnya yang berupa beban bangunan sampai kebawah melalui pondasi. Karena itu, dalam perencanaan suatu bangunan sipil haruslah diperhatikan kemampuan tanah tersebut dalam memikul gaya-gaya di atasnya, sehingga kegagalan konstruksi keruntuhan dapat dihindari.

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting didalam suatu pekerjaan Teknik Sipil, baik itu sebagai bahan konstruksi ataupun sebagai pendukung beban yang bekerja. Pada saat berada di lapangan sering dijumpai kondisi tanah yang tidak layak atau tidak memenuhi persyaratan fisik maupun persyaratan teknis. Karena itu, maka diperlukan usaha-usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dalam memenuhi persyaratan yang ditentukan. Usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah ini disebut dengan stabilitas tanah (Bowles, 1986).

Pada daerah tertentu sering dijumpai tanah dengan daya dukung yang berbeda. Bila kekuatan daya dukung tanah tidak mencukupi maka akan terjadi kerusakan pada perkerasan. Hal seperti ini dapat di pengaruhi oleh berbagai faktor seperti ukuran butiran tanah, kadar air, maupun mineral yang terkandung di dalam tanah tersebut. Tanah dengan daya dukung yang rendah tentunya kurang baik untuk mendirikan suatu

perkerasan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan perbaikan pada tanah sehingga dapat meningkatkan daya dukung sesuai yang dibutuhkan.

Dalam mengetahui nilai daya dukung tanah, dapat dilakukan dengan berbagai pengujian terhadap tanah. Pada umumnya, untuk perencanaan perkerasan jalan digunakan nilai *California Bearing Ratio* (CBR). Dimana dalam menentukan nilai CBR terdapat beberapa metoda, yaitu pengujian CBR Lapangan (*In Situ*), CBR Lapangan Rendaman (*Undisturbed Soaked*), CBR Laboratorium, dan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP).

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian CBR dengan metoda CBR Laboratorium (Mekanik) dan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Pengujian CBR Mekanik dilakukan dengan cara melakukan penetrasi terhadap tanah yang telah dipadatkan dilaboratorium dengan kadar air tertentu, sedangkan pengujian DCP dilakukan dengan cara dipukul dengan beban yang telah dirangkai pada alat DCP.

Dalam penelitian ini, Stabilisasi pada tanah dilakukan dengan cara menambahkan suatu bahan tambah tertentu pada tanah yang tidak baik yang dikenal dengan istilah stabilisasi secara kimiawi. Dalam tugas akhir ini untuk melakukan stabilisasi pada tanah (tanah lempung), akan dicoba menggunakan campuran kapur dan semen PCC sebagai alternatif untuk menjadi bahan stabilisator guna menstabilkan tanah lempung, yang diharapkan mampu untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik dari tanah lempung tersebut sehingga tanah lebih stabil dan memiliki kekuatan yang lebih untuk menahan beban yang di atasnya.

1.2 Tujuan dan manfaat penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi tanah yang diambil di Lubuk Minturun.
2. Untuk mengetahui bahan kapur dan semen PCC dapat dijadikan sebagai salah satu bahan stabilitor untuk tanah lempung.
3. Menentukan nilai CBR tanah dengan uji CBR Laboratorium (Mekanik).
4. Menentukan nilai CBR tanah dengan uji DCP.
5. Membandingkan nilai CBR pengujian CBR Mekanik dan DCP.

Hasil dari studi ini diharapkan dapat membantu para perencana dan pelaksana untuk mengetahui nilai CBR tanah lempung dan bagaimana pengaruh kapur dan semen PCC terhadap tanah tersebut, sehingga kapur dan semen PCC dapat direkomendasikan sebagai salah satu bahan stabilisasi untuk perbaikan kekuatan daya dukung sebagai lapis tanah dasar suatu konstruksi. Serta dapat membandingkan nilai CBR dari pengujian CBR mekanik dan nilai pengujian DCP.

1.3 Batasan masalah

1. Pengujian yang dilakukan untuk menentukan nilai CBR tanah lempung dengan campuran semen PCC dan kapur padam.
2. Sampel tanah lempung diambil pada daerah Lubuk Minturun.
3. Semen yang digunakan yaitu semen jenis PCC.
4. Kapur yang digunakan yaitu kapur padam.
5. Standar yang digunakan adalah SNI 1744:2012 tentang Metode Uji CBR Laboratorium dan SNI 1738:2011 tentang Metode Uji DCP.

1.4 Sistematika penulisan

Untuk diperoleh penulisan yang lebih jelas, maka alur penulisan tugas akhir ini akan dibagi dalam enam bab dengan rincian sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan-batasan masalah, dan sistematika penulisan dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Meliputi dasar teori dari penelitian dan referensi penelitian yang dapat digunakan pada penelitian saat ini.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan identifikasi masalah, persiapan percobaan meliputi alat dan bahan, serta uraian tahap penelitian yang berupa bagan alir sampai tahap akhir penelitian.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan dan analisa dari hasil penelitian tersebut.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Meliputi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Apabila pada suatu kondisi terjadi sesuatu hal yang tidak diinginkan pada tanah lapangan yang bersifat sangat mudah tertekan atau sangat lepas, atau tanah yang tidak mempunyai indeks konsistensi yang sesuai, nilai daya dukung yang lemah, serta memiliki nilai permeabilitas yang tinggi, atau sifat lain tanah yang bertujuan untuk mendirikan suatu proyek pembangunan yang tidak memungkinkan didirikannya suatu bangunan, maka tanah tersebut harus distabilkan.

Untuk pengujian daya dukung pada tanah dasar dapat dilakukan dengan cara pengujian CBR. Pengertian CBR yaitu perbandingan antara tegangan penetrasi suatu lapisan/bahan tanah atau perkerasan terhadap tegangan penetrasi bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama (dinyatakan dalam persen) (SNI: 2011). Pengujian CBR dapat dilakukan dengan beberapa metoda, yaitu metoda CBR Laboratorium, CBR Lapangan, dan pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP).

California Bearing Ratio (CBR), yaitu percobaan untuk menentukan kekuatan daya dukung tanah yang dikembangkan oleh *California State Highway Departement*. Prinsip dari pengujian CBR adalah pengujian penetrasi atau penekanan dengan menusukkan alat kedalam benda uji, dengan pengujian ini dapat ditentukan nilai kekuatan tanah dasar atau bahan-bahan lain yang digunakan untuk membuat perkerasan.

2.2 Landasan Teori

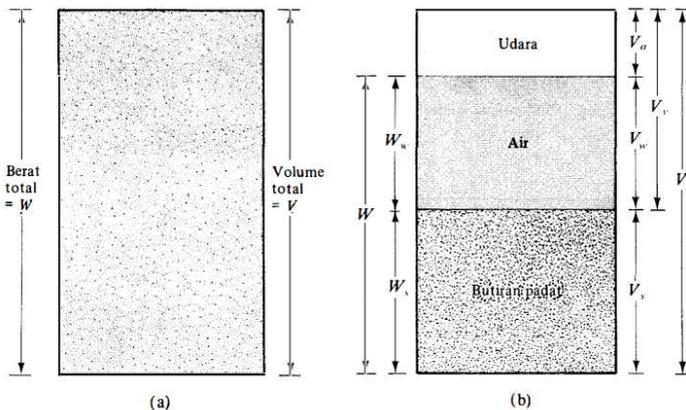
2.2.1 Tanah

2.2.1.1 Pengertian Tanah

Tanah dalam pandangan teknik sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan – endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, H.C., 2006).

Tanah juga didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang partikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel padat tersebut (Das, 1995).

Tanah memiliki tiga komponen penyusun utamanya, yaitu butiran padat (*Solid*), air, dan udara. Air dan udara didalam komponen tanah disebut dengan *Void*.



Gambar 2.1 Susunan komponen tanah

2.2.1.2 Klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah merupakan suatu sistem untuk mengelompokkan beberapa jenis tanah kedalam suatu kelompok-kelompok atau subkelompok tertentu dan bertujuan untuk mempermudah menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah. Klasifikasi tanah dapat dibedakan menjadi:

1. Klasifikasi berdasarkan tekstur

Tekstur yaitu keadaan permukaan tanah yang dipengaruhi oleh ukuran butiran tanah yang bersangkutan (Das, 1988). Partikel-partikel tanah yang berukuran besar dengan beberapa partikel kecil akan membentuk tanah yang tekstur kasar, gabungan partikel yang ukuran lebih kecil akan memberikan bahan tekstur sedang, dan gabungan partikel berbutir halus menghasilkan tanah bertekstur halus. Berikut adalah perbandingan sistem klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butiran yang telah dikembangkan oleh beberapa organisasi.

Tabel 2.1 Batasan Ukuran Jenis-Jenis Tanah

Nama Organisasi	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
ASTM	75-4,75	4,75-0,075	0,075-0,005	0,005-0,001
MIT	>2	2-0,006	0,06-0,002	<0,002
U.S.D.A	>2	2-0,05	0,05-0,002	<0,002
AASHTO	76,2-2	2-0,075	0,75-0,002	<0,002
USCS	76,2-4,75	4,75-0,075	<0,075	

Keterangan:

- a. ASTM (American Society for Testing Material)
- b. MIT (Massachuse Institute of Technology)
- c. USDA (United Stated Departement of Agriculture)

- d. *USCS (Unified Soil Classification System)*
- e. *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*

2. Klasifikasi berdasarkan pemakaian

Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur bersifat lebih sederhana, dikarekan hanya berdasar pada pendistribusian ukuran butiran saja, dan tidak memperhatikan jenis dari mineral lempung yang dapat mempengaruhi sifat fisik dari tanah tersebut. Oleh karena itu, untuk menyempurnakan sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, dibikin klasifikasi berdasarkan pemakaian. Jenis dari mineral lempung diperhatikan melalui sifat plastisitas, sehingga dapat menafsirkan ciri-ciri dari suatu tanah yang lebih lengkap. Ada dua sistem klasifikasi yang memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *atteberg*. Sistem klasifikasi itu adalah sebagai berikut:

- a. Sistem klasifikasi *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*

Pada tahun 1992, sistem ini dikembangkan sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini telah mengalami berbagai perbaikan, versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of Highway Research Board* pada tahun 1945 (*ASTM* Standar no D-3282, *AASHTO* metoda M145).

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan *AASHTO*, tanah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar yaitu kelompok A-1 sampai kelompok A-7. Tanah berbutir diklasifikasikan

kedalam A-1, A-2, A-3, dimana 35% atau lebih tertahan saringan no. 200. Tanah yang lolos saringan no. 200 sebanyak 35% atau lebih diklasifikasikan kedalam A-4, A-5, A-6, A-7 yang sebagian besar adalah lanau atau lempung.

Berikut sistem klasifikasi tanah menurut *AASHTO* dapat dilihat pada gambar dibawah:

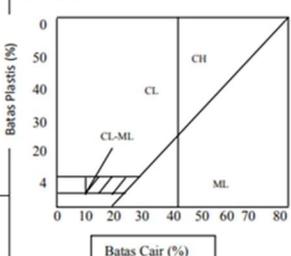
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (<i>LL</i>) Indeks plastisitas (<i>PI</i>)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Gambar 2.2 Sistem Klasifikasi untuk tanah berbutir *AASHTO*

Klasifikasi umum	Tanah lanau – lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas cair (<i>LL</i>) Indeks plastisitas (<i>PI</i>)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

*Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$
†Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

Gambar 2.3 Sistem Klasifikasi untuk tanah Lanau-Lempung *AASHTO*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar >= 50% butiran terbahar saringan No. 200	Kerikil >= 90% fraksi kasar terbahar saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$	
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir >= 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir dengan Butiran halus	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus : Kurang dari 5% lolos saringan no.200; GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC. 2% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair <= 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
			OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
		Lanau dan lempung batas cair >= 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)		
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi			

Sumber : Hardiyatmo, 1999.

Gambar 2.4 Sistem Klasifikasi USCS

2.2.1.3 Karakteristik Tanah Lempung

Tanah lempung adalah tanah dengan butir yang halus yang memiliki sifat kohesi, plastisitas, dan tidak memperlihatkan sifat dilatasi serta tidak mengandung jumlah bahan kasar yang berarti. Beberapa definisi mengenai tanah lempung yang diberikan oleh para peneliti, antara lain :

1. Menurut Grim (1953)

Tanah lempung adalah tanah yang terdiri dari partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam keadaan basah.

2. Menurut Bowles (1984)

Tanah lempung adalah deposit yang mempunyai partikel yang berukuran lebih kecil atau sama dengan 0.002 mm dalam jumlah lebih dari 50%.

2.2.2 Semen

Semen adalah material yang memiliki sifat kohesif dan adhesif sebagai perekat, yang berfungsi untuk merekatkan batu, pasir, bata, maupun bahan bangunan yang lainnya apabila dicampur dengan air. Semen secara garis besar semen dapat dibagi menjadi semen *hidrolis* dan semen *non-hidrolis*.

1. Semen *hidrolis*

Semen *hidrolis* adalah semen yang apabila bereaksi dengan air akan bersifat mengeras, serta dapat menghasilkan produk yang tahan air.

2. Semen *non-hidrolis*

Semen *non-hidrolis* adalah semen yang apabila bereaksi dengan air akan bersifat tidak mengikat dan mengeras, tetapi akan dapat mengeras di udara.

2.2.3 Kapur

Dalam ilmu kimia, kapur disebut sebagai Kalsium Karbonat (CaCO_3) yaitu suatu material yang masih termasuk kedalam bagian mineral sulfat yang berada di bumi dan memiliki banyak fungsi yang menguntungkan bagi ilmu teknik sipil. Sekarang ini gipsum banyak digunakan pada hiasan bangunan, bahan dasar dalam pembuatan semen, pengisi (*filter*) cat, bahan untuk pembuatan pupuk (*fertilizer*) dan berbagai macam keperluan lainnya. Keuntungan penggunaan gipsum dalam pekerjaan teknik sipil adalah:

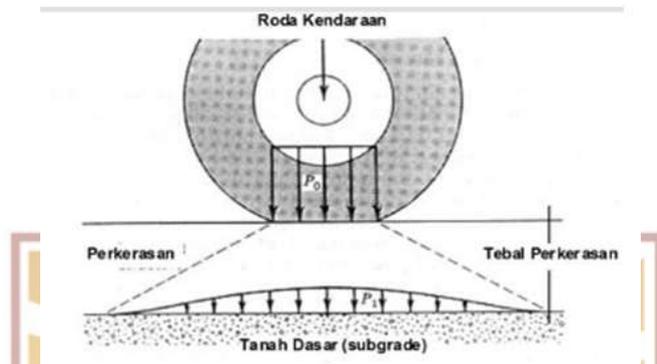
1. Gipsum yang telah dicampur dengan lempung dapat mengurangi retak pada tanah, karena *sodium* pada tanah digantikan oleh kalsium yang terdapat pada gipsum sehingga memperkecil nilai pengembangannya.
2. Gipsum dapat meningkatkan stabilitas pada tanah organik, karena gipsum mengandung kalsium yang dapat mengikat tanah organik terhadap lempung yang dapat meningkatkan stabilitas terhadap agregat.
3. Gipsum dapat meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan gipsum dapat menyerap lebih banyak air.

2.2.4 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam memikul beban yang bekerja di atasnya. Dalam analisa daya dukung tanah dipelajari adalah kemampuan tanah dalam memikul beban pondasi yang bekerja di atasnya. Apabila tanah mengalami pembebanan seperti pembebanan yang diberikan oleh pondasi maka akan terjadi penurunan pada tanah, dan jika beban ditambah maka penurunannya juga akan bertambah. Apabila terjadi kondisi pada suatu beban tetap atau pondasi mengalami penurunan yang sangat besar, berarti hal tersebut telah menunjukkan terjadinya keruntuhan daya dukung.

Dalam perencanaan jalan raya dan lahan parkir salah satu cara untuk menentukan daya dukung tanah yaitu dengan melakukan pengujian CBR, dari data CBR dapat diketahui kemampuan tanah sebagai dasar pondasi dari jalan atau lahan parkir yang akan dibuat sehingga dapat diketahui ketebalan masing-masing komponen yang akan dibangun.

Pada pekerjaan jalan raya, lahan parkir, serta landasan pacu, umumnya beban yang bekerja adalah beban kendaraan yang berkapasitas besar. Dalam menahan beban yang bekerja tersebut, terdapat pendistribusian beban pada tanah, pendistribusian beban pada tanah dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Distribusi beban ketanah

2.2.5 Stabilisasi Tanah

Menurut *Kezdi* (1979), stabilisasi tanah merupakan proses kimia yang dapat merubah struktur tanah dengan jalan membentuk butiran agregat yang lebih menguntungkan.

Apabila dalam suatu proyek bangunan terdapat tanah yang tidak memenuhi persyaratan daya dukungnya disebabkan sifatnya yang lunak, mempunyai indeks konsistensi yang terlalu tinggi, mempunyai nilai permeabilitas yang terlalu tinggi, atau mempunyai sifat lain yang tidak diinginkan maka tanah tersebut harus distabilkan.

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

1. Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanik adalah stabilisasi menggunakan peralatan mekanis yang dilakukan untuk mendapat kepadatan tanah yang maksimum, peralatan yang digunakan seperti mesin gilas (*roller*),

benda berat yang dijatuhkan (*pounder*), ledakan (*explosive*), tekanan statis, tekstur, pembekuan, dan pemanasan.

2. Stabilisasi Fisik

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

3. Stabilisasi Kimia

Stabilisasi kimia adalah stabilisasi yang dilakukan untuk merubah sifat-sifat tanah dengan cara memberikan bahan kimia pada tanah tersebut. Pencampuran kimia yang sering dilakukan adalah dengan menambahkan semen, gipsum, kapur, abu batu bara, aspal, geosta dan lain sebagainya pada tanah.

2.2.6 Jenis-jenis CBR

Berdasarkan dari cara mendapatkan sampel tanahnya, CBR dapat dibagi atas beberapa metoda, yaitu:

1. CBR Lapangan

CBR Lapangan adalah pengujian CBR yang dilakukan langsung di tempat pembangunan konstruksi. Tanah yang diuji sesuai dengan kondisi prakonstruksi.

Pada SNI tahun 2011, pengujian CBR Lapangan dapat dilakukan setelah selesainya pemadatan. Beberapa kegunaan yang dapat digunakan dari pengujian CBR Lapangan yaitu:

- a. Untuk mendapatkan nilai CBR pada tanah dasar dalam kondisi asli dilapangan, yang mana dari hasil pengujian ini untuk perencanaan perkerasan tanah tidak dipadatkan lagi.
- b. Untuk emrencanakan dan mengevaluasi suatu tebal lapis perkerasan lentur (lapis pondasi dan lapis pondasi bawah), kekuatan struktur tanah dasar dan tebal lapis perkerasan jalan dengan lapis permukaan tanpa pengikat. Jika CBR Lapangan digunakan secara langsung untuk mengevaluasi atau dengan tanpa memperhatikan variasi kadar air dari lapisan/bahan tanah, maka seharusnya pengujian CBR Lapangan dilakukan pada salah satu kondisi seperti berikut:

- Tanah memiliki derajat kejenuhan (persentase rongga yang terisi air) 80% atau lebih.
- Pada material butiran kasar dan bersifat *non-plastis*, yang ketika terjadi perubahan kadar air tidak memiliki pengaruh yang besar.
- Tanah tidak memiliki riwayat modifikasi akibat aktivitas konstruksi selama 2 tahun sebelum pengujian. Pada kenyataannya kadar air tidak konstan, tetapi umumnya berubah-ubah dalam rentang waktu yang sempit. (SNI:2011)

- c. Untuk menentukan kapasitas pembebanan rata-rata yang mampu dipikul oleh suatu lapisan atau bahan tanah.

Pengujian CBR Lapangan dilakukan dengan memberikan gaya penetrasi arah vertikal dengan memutar engkol dongkrak, sehingga torak penetrasi memberikan beban penetrasi terhadap tanah.

Pembacaan nilai dial penetrasi dilakukan pada saat dial penurunan dan waktu pada *stopwatch* menunjukkan angka yang telah ditentukan secara bersamaan.

Untuk menentukan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) yang biasa digunakan untuk perencanaan dan menghitung kekuatan tanah pondasi adalah penetrasi 0,1" dan penetrasi 0,2".

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,1"} = A/6,9 \times 100\% \quad (2.1)$$

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,2"} = B/10,3 \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana :

A = Pembacaan nilai beban (Mpa) terkoreksi pada penetrasi 0,1"

B = Pembacaan nilai beban (Mpa) terkoreksi pada penetrasi 0,2"

Nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR terbesar pada 2 nilai CBR tersebut.

2. CBR Lapangan Rendaman

CBR Lapangan Rendaman dilakukan untuk mengetahui nilai CBR tanah asli dilapangan pada keadaan tanah jenuh air, dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum. Pengujian dilakukan pada saat musim kemarau dan pada saat tanah tidak dalam kondisi jenuh air.

Cara melakukan pengujian CBR Lapangan Rendaman adalah dengan mengambil contoh sampel tanah yang ditekan ke dalam tanah sampai kedalaman yang diinginkan. Kemudian mould yang berisi sampel tanah dikeluarkan dan direndam didalam *waterbath* berisi air selama 4 hari sambil diukur pengembangannya (*swelling*). Setelah

pengembangannya tidak terjadi lagi, maka selanjutnya tanah diuji CBR nya.

3. CBR Laboratorium

Secara garis besar, pengujian CBR Laboratorium hampir sama dengan CBR Lapangan. Pengujian CBR Laboratorium dilakukan dengan mencampurkan sampel tanah pada kadar air tertentu (yaitu pada kadar air optimum pada pengujian pemadatan). Sampel tanah yang dicampurkan dipadatkan dengan menggunakan batang penumbuk standar (*proctor standard*).

Tabel 2.2 Klasifikasi Harga CBR

CBR (%)	Description	User	Classification System	
			Unified	AASHTO
0-3	Very Poor	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Poor	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Fair	Subgrade	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20-50	Good	Base or Subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excellent	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

(Sumber: Bowles, 1992)

4. Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

Pengujian DCP merupakan cara untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah/CBR tanah secara cepat. Batasan spesifikasi material yang dapat diuji dengan pengujian DCP yaitu dengan ukuran butiran maksimum 4 cm.

Pengujian DCP dilakukan dengan mencatat kedalaman masuknya konus untuk tiap-tiap pemukulan dengan palu (*Hammer*) yang memiliki berat dan tinggi jatuh tertentu serta sudut konus tertentu.

Data DCP dapat mengevaluasi kekuatan tanah pada kedalaman lebih kurang 70 cm.

Prinsip kerja dari DCP adalah kecepatan penetrasi konus dengan sudut tertentu yang ditekan oleh kekuatan standar sebanding dengan kekuatan bahan yang diukur. Apabila lapisan perkerasan memiliki nilai kekuatan daya dukung yang berbeda, maka lapisan-lapisan sekitarnya dapat diidentifikasi dan ketebalan lapisannya juga dapat ditentukan.

Pengujian DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) memiliki kelebihan dan kekurangan:

a. Kelebihan

- Dapat menentukan kekakuan tanah dalam mm/pukulan
- Dapat mengetahui perubahan lapisan tanah melalui perubahan kemiringan
- Meminimalisir gangguan pada permukaan tanah
- Informasi kekuatan tanah dan desain dapat dikorelasikan dengan pengujian lain (CBR)
- Biaya lebih murah dan penggunaan waktu yang lebih sedikit

b. Kekurangan

- DCP Tidak bisa digunakan pada aspal, batuan keras, maupun beton
- DCP dapat rusak apabila diuji pada lapisan tanah keras secara berulang-ulang atau pada pembuangan lapisan yang tidak sempurna

- Tidak dapat mengukur kelembapan ataupun kepadatan

2.2.7 Korelasi DCP dan CBR

Dari pengujian DCP, diambil data rata-rata dari penetrasi per pukulan (mm/blow). Terdapat banyak teori yaitu menggunakan rata-rata penetrasi per 5 pukulan, menggunakan rata-rata penetrasi per jenis lapisan tanah dengan pukulan tertentu. Dari data nilai DCP rata-rata/pukulan, semakin kecil nilainya maka semakin besar nilai CBR yang didapatkan, dan sebaliknya semakin besar nilai DCP rata-rata/pukulan maka semakin kecil nilai CBR yang didapatkan.

Korelasi antara DCP dan CBR pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu yang menghasilkan korelasi/ hubungan empiris dalam bentuk persamaan logaritma.

Persamaan umum dari korelasi DCP dan CBR ditulis sebagai berikut:

$$\text{Log (CBR)} = a + b \log (\text{DCP}) \quad (2.3)$$

Dimana:

DCP = nilai DCP (mm/blow)

a = nilai konstanta antara 2,44 – 2,60

b = nilai konstanta antara 1,07 – 1,16

Persamaan (2.3) dapat digunakan pada beberapa jenis tanah, yaitu tanah *granular*, *cohesive*, *aggregate base course*, hingga *piedmont residual soil*.

Bentuk hubungan DCP dan CBR yang pernah diteliti dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Korelasi DCP dan CBR

Persamaan Log Model	Material yang diuji	Referensi
$\log(\text{CBR}) = 2.56 - 1.16 \log(\text{DCPI})$	Kerikil dan Kohesif	Livneh (1987)
$\log(\text{CBR}) = 2.55 - 1.14 \log(\text{DCPI})$	Kerikil dan Kohesif	Harison (1987)
$\log(\text{CBR}) = 2.45 - 1.12 \log(\text{DCPI})$	Kerikil dan Kohesif	Livneh et al. (1992)
$\log(\text{CBR}) = 2.46 - 1.12 \log(\text{DCPI})$	Macam-macam jenis tanah	Webster et al. (1992)
$\log(\text{CBR}) = 2.62 - 1.27 \log(\text{DCPI})$	Jenis tanah yang tidak diketahui	Kleyn (1975)
$\log(\text{CBR}) = 2.44 - 1.07 \log(\text{DCPI})$	Agregat tanah dasar	Ese et al. (1995)
$\log(\text{CBR}) = 2.60 - 1.07 \log(\text{DCPI})$	Agregat tanah dasar dan kohesif	NCDOT (Pavement, 1998)
$\log(\text{CBR}) = 2.53 - 1.14 \log(\text{DCPI})$	Tanah residu Piedmound	Coonse (1999)

