

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indrapura adalah jalan penghubung antara pelabuhan Kuala Tanjung dengan Kota Tebing tinggi dan juga jalan penghubung dengan kota Kisaran. Secara umum truk - truk yang mengangkut barang – barang kebutuhan berkapasitas penuh banyak melintasi jalan ini yang mengakibatkan sering terjadi kemacetan yang mana ini membuat waktu tempuh menjadi lambat serta menambah biaya ekonomis dari barang yang diangkut truk tersebut.

Atas dasar itu pemerintah mempertimbangkan sebaiknya di bangun jalan tol dari Kota Tebing tinggi menuju Indrapura kemudian akan dilanjutkan ke Kota Kisaran dan pelabuhan Kuala Tanjung. Proyek jalan ini diharapkan dapat mempercepat waktu tempuh yang dilewati dan membuat perjalanan menjadi lebih efisien dan membuat masyarakat memiliki pilihan yang berbeda menuju lokasi tujuan.

Tebal perkerasan sangat dipengaruhi oleh daya dukung tanah dasar dalam kaitannya dengan desainn jalan, semakin tinggi daya dukung tanah maka semakin sedikit tebal perkerasan yang diperlukan untuk mendukung beban jalan. Jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, dll. Semua faktor yang mempengaruhi daya dukung subgrade. (Hendarsin, 2000).

Jalan seperti infrastruktur transportasi berperan penting dalam mencapai tujuan pembangunan. Pembangunan jalan sangat penting karena menjadi peluang

untuk menghubungkan satu tempat dengan tempat lain, seperti akses jalan dan konstruksi lokasi.

Tanah menurut Braja M. Das (1998) terdiri dari agregat (butiran) mineral padat yang tidak tersemen (ikatan kimia) satu sama lain dan bahan organik yang lapuk (yang mengandung partikel padat) dan bercampur dengan udara dan gas yang mengisi rongga antara padatan.

Tanah dasar (*subgrade*) adalah dasar untuk menempatkan bahan perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan serta tebal konstruksi perkerasan jalan tergantung dari karakteristik dan daya dukung tanah dasar tersebut. Proses pekerjaan konstruksi teknik sipil selalu berdasarkan pada data survei lapangan, misalnya konstruksi jalan yang desainnya berdasarkan pada data tanah CBR (*California Bearing Ratio*) tanah. (Richard, 2019).

Tanah merupakan bahan pendukung jalan terbuat dari tiga bahan, yaitu butiran, air dan udara (Craig.F.R, Susilo Budi S 1987) sehingga suatu perhitungan matematis untuk menentukan nilai bobotnya. Komposisi ketiga unsur ini mempengaruhi daya dukung tanah maksimum, jadi penting untuk keperluan penelitian. Kapasitas beban tanah di jalan penekanan ditempatkan pada dua faktor, yaitu kemampuan tanah untuk mendukung beban dan pemerataan beban tanah selama konstruksi jalan.

Informasi tentang kekuatan tanah dasar, kualitas material, komposisi, dan ketebalan lapisan perkerasan penting ketika merencanakan pemeliharaan dan peningkatan jalan.

Nilai CBR merupakan nilai yang menunjukkan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan material standar berupa batu pecah yang memiliki nilai CBR 100% saat menopang beban jalan (Lenny, 2016).

Semakin tinggi nilai CBR, maka kondisi tanah dasar semakin baik. Jika tanah asal memiliki daya dukung CBR dengan kerapatan rendah, peraturan lalu lintas akan mudah dilanggar. (Edi Barnas, 2019).

Pembangunan jalan Tol Tebing tinggi - Indrapura merupakan akses utama menuju Kuala Tanjung yang di dominasi tanah lunak, dan beberapa titik pada jalan tersebut mengalami penurunan ketinggian, sebagaimana diketahui tanah sangat mempengaruhi dalam konstruksi perkerasan jalan. Maka penelitian ini dilakukan agar mengetahui nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah dasar (*Subgrade*).

Pada penelitian ini alat DCP digunakan untuk menentukan nilai CBR, metode pengujian ini merupakan metode cepat untuk mengetahui kekuatan tanah dasar dan lapis fondasi jalan, dengan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Pada pengujian DCP ini sistem kerjanya yaitu dengan cara dipukul, pengujian tersebut memberikan sebuah data dari kekuatan lapisan bahan sampai kedalaman 80 cm di bawah permukaan (Lenny, 2016).

Berdasarkan uraian diatas saya tertarik untuk mempelajari dan meneliti nilai kepadatan tanah pada ruas jalan Tol Tebing tinggi-Indrapura dengan judul Penelitian “Analisis Daya Dukung Tanah Dasar (*Subgrade*) Menggunakan Alat DCP (*Dinamic Cone Penetrometer*) Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing tinggi - Indrapura STA 86+250 – STA 106+650”.

Penelitian ini mengambil data berdasarkan hasil percobaan di lapangan yang meliputi pengujian alat DCP di beberapa titik STA di pembangunan jalan Tol Tebing tinggi-Indrapura.

1.2 Identifikasi Masalah

Dalam perencanaan suatu konstruksi jalan penting diketahui nilai daya dukung tanah dasar dan kualitas tanah dasar. Dalam hal ini dilakukan pendekatan secara empiris yang dikenal dengan CBR yaitu metode yang digunakan untuk mengembangkan perkerasan jalan (*California Bearing Ratio*).

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai CBR lapangan menggunakan alat DCP?
2. Berapakah nilai korelasi CBR dengan Daya Dukung Tanah?

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan-batasan permasalahan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Daerah penelitian terletak pada proyek pembangunan Jalan Tol Tebing tinggi – Indrapura.
2. Penelitian dilakukan pada STA 93+550 – STA 93+950 dan di STA 106+550 – STA 106+575.

3. Pengujian dilapangan menggunakan alat DCP dengan metode zig-zag.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan akhir yang diharapkan oleh penulis adalah :

1. Menganalisis nilai kualitas tanah dasar (CBR) menggunakan alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*).
2. Mendapatkan nilai analisis kekuatan tanah dasar menggunakan korelasi nilai CBR dengan Daya Dukung Tanah.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penyusunan skripsi ini antara lain :

1. Agar penulis maupun pembaca dapat mengetahui tentang mekanika tanah khususnya hubungan antara nilai CBR dan DCP.
2. Sebagai bahan referensi bagi pihak-pihak yang membutuhkan informasi dan ingin mempelajari hal yang dibahas tugas akhir ini.

1.7 Metodologi Penelitian

Kegiatan penelitian yang dilakukan dengan beberapa tahap adalah sebagai berikut :

1. Tahapan pendahuluan, merupakan tahapan studi pustaka, yakni dengan cara mengumpulkan dan mempelajari literatur-literatur yang terkait dengan penelitian ini.

2. Tahapan meninjau langsung ke lokasi proyek dan menentukan lokasi pengambilan data.
3. Tahapan pengumpulan data, data yang diperoleh adalah data hasil DCP lapangan .
4. Tahapan analisis data, yang akan digunakan dalam perhitungan. Melakukan perhitungan dengan menggunakan data yang diperoleh dari hasil tes DCP.
5. Tahapan penyusunan laporan, merupakan tahapan akhir dari tahap penelitian dimana pada tahap ini disusun data-data dari tahap awal hingga akhir yang selanjutnya akan dirangkum menjadi sebuah laporan penelitian.

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini akan dibuat dalam 5 (lima) bab uraian sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Bab ini membahas mengenai hal-hal yang berkaitan dalam penulisan laporan seperti : pendahuluan berisi latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, dan metodologi penelitian, sistematika penulisan.

Bab II: Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas mengenai teori – teori sebagai kerangka acuan dalam penyelesaian penelitian ini. Dimana dalam bab ini membahas pengertian tanah, klasifikasi tanah. Juga membahas pengertian mengenai uji DCP (*Dynamic Cone*

Penetrometer) dan uji CBR (*California Bearing Ratio*) dan DDT (Daya Dukung Tanah) dari penelitian sebelumnya.

Bab III: Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang segala metodologi penelitian yang dilakukan dalam analisa berupa urutan – urutan tahapan pelaksanaan.

Bab IV: Pembahasan

Bab ini berisi tentang pembahasan hasil seluruh analisis yang dilakukan dalam penelitian.

Bab V: Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran – saran yang diberikan atas hasil yang didapat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah merupakan pondasi bagi perkerasan, salah satu masalah yang dihadapi oleh para pembangun dan kontraktor. Kekuatan struktur perkerasan jalan tol tergantung pada daya dukung tanah dan kepadatan maksimum. Informasi tentang kekuatan tanah dasar, kualitas material, komposisi, dan ketebalan lapis perkerasan eksisting merupakan pertimbangan penting saat merencanakan pemeliharaan dan peningkatan jalan. Kekuatan tanah dasar lapangan saat ini, seperti nilai *California Bearing Ratio* (CBR) berdasarkan keadaan pada saat implementasi dan pada saat layanan diberikan.

Tanah didefinisikan sebagai komposisi agregat (butiran) mineral padat yang tidak tersemen (ikatan kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang mengandung padatan disertai dengan cairan dan gas yang mengisi rongga antara padatan. Tanah berguna sebagai bahan untuk berbagai pekerjaan sipil, selain itu tanah juga berfungsi sebagai penopang pondasi dari bangunan. Jadi seorang insinyur sipil harus mempelajari sifat-sifat dasar dari tanah, seperti asalnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain.

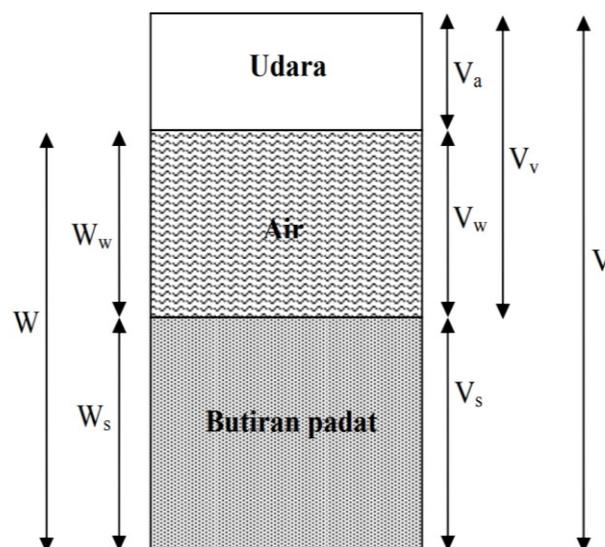
Tanah yang baik adalah tanah yang memiliki daya dukung tanah yang tinggi, akan tetapi tidak semua jenis tanah memiliki daya dukung tanah yang tinggi, hal ini

karena letak geografis yang berbeda dan tidak semua tanah mendapatkan treatment yang sama (Woelandari Fathonah, 2018).

2.2 Komposisi Tanah

Sebagaimana dijelaskan oleh Braja M. Das (1998) tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan bahan organik yang lapuk (yang mengandung partikel padat) yang bercampur dengan udara, gas yang mengisi rongga antara padatan. Tanah yang benar-benar kering terdiri dari dua fase yang disebut partikel padat dan udara pengisi pori. Tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Sehingga dibutuhkan tanah yang kokoh menopang beban di atasnya dan menyebarkannya merata.

Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu: butiran padat (*solid*), air dan udara. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1



Gambar 2.1 Tiga Fase Penyusunan Tanah

Sumber : Braja M Dass, 1998

Tanah tersusun dari butiran tanah atau partikel lainnya dan rongga-rongga atau pori diantara partikel butiran tanah. Rongga-rongga sebagian terisi dengan air atau zat cair lainnya. Rongga-rongga tanah yang tidak terisi oleh air atau zat cair akan di isi dengan udara atau bentuk lain dari gas. Volume yang ditempati oleh bagian besar tanah pada umumnya termasuk bahan penyusun bagian padat, cair dan udara (gas) yang kemudian dikenal dengan sistem tiga fase penyusun tanah. Hubungan berat volume tiga fase penyusun tanah adalah sebagai berikut :

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : V_s = volume butiran padat

V_v = volume pori

V_w = volume air di dalam pori

V_a = volume udara di dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan dengan :

$$W = W_s + W_w \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

Adapun data parameter tanah didapatkan dari hasil pengujian laboratorium maupun dari hasil interpolasi data-data tanah yang sudah ada.

1. Angka pori

Angka pori atau *void ratio* (e) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat, atau :

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana e = Angka pori

2. Porositas

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan volume pori dan volume tanah total. Angka ini menunjukkan seberapa besar volume pori yang ada yang dapat diukur dalam prosentase.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana n = Angka porositas.

3. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan atau *degree of saturation* (S) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, atau :

$$s = \frac{V_w}{V_v} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana S = Derajat kejenuhan yang biasa dinyatakan dalam prosentase.

4. Kadar Air

Kadar air atau *water content* (w) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki. Pemeriksaan kadar air dapat dilakukan dengan pengujian *soil test* laboratorium, begitu juga untuk mengukur angka pori, porositas, derajat kejenuhan dan berat jenis.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \dots\dots\dots (2.7)$$

5. Berat Volume

Berat volume (γ) didefinisikan sebagai berat tanah per satuan volume.

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

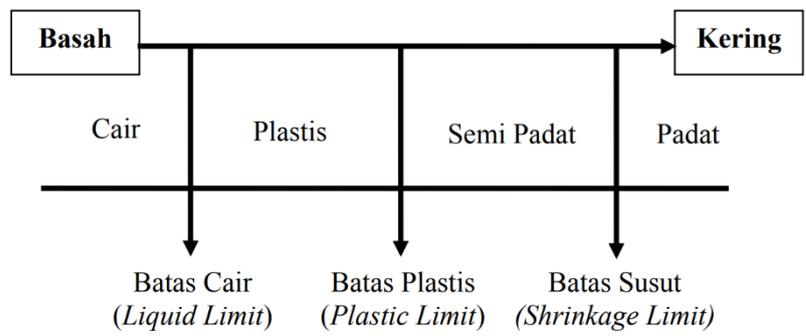
6. Berat Spesifik

Berat spesifik atau *Specific gravity* (G_s) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat satuan butir dengan berat satuan volume.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.3 Luas Konsolidasi Tanah

Atterberg adalah seorang ilmuwan dari Swedia yang berhasil menciptakan metode untuk menggambarkan pembentukan tanah yang baik di berbagai jenis air sehingga disebut Atterberg. Penggunaan batas Atterberg dalam perencanaan adalah memberikan wawasan tentang karakteristik tanah yang bersangkutan. Bila kadar air sangat tinggi, maka campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek. Tanah dengan kadar air tinggi umumnya memiliki sifat teknis yang buruk, yaitu kekuatan rendah, dan kompresi tinggi, sehingga sulit untuk dipadatkan. Oleh karena itu, bergantung pada air tanahnya, tanah dapat dibagi menjadi empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi padat, plastis dan cair, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Batas-batas Atterberg

Sumber : Otoman Fatwa, 2020

Batas Cair (LL) adalah kadar air tanah antara keadaan cair dan keadaan plastis, sedangkan Batas plastis (PL) adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis, dan Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dan batas plastis, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis, atau

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (2.10)$$

Indeks plastisitas (PI) menunjukkan tingkat plastisitas tanah. Jika nilai indeks Plastisitas tinggi, tanah dengan banyak butiran tanah liat. Klasifikasi jenis tanah sebagai Atterberg berdasarkan nilai indeks plastisitas dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Hubungan Nilai Indeks Plastisitas Dengan Jenis Tanah Menurut Atterberg

IP	Jenis Tanah	Plastisitas	Kohesi
0	Pasir	Non Plastis	Non Kohesif
< 7	Lanau	Rendah	Agak Kohesif
7 - 17	Lempung Berlanau	Sedang	Kohesif
> 17	Lempung Murni	Tinggi	Kohesif

Sumber : Bowles, 1991

2.4 Modulus Elastisitas Tanah

Nilai *modulus Young* (E) menunjukkan nilai deformasi tanah yang sedang banyak tekanan yang diterapkan pada masalah. *Nilai modulus young* (E) menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini dapat diperoleh dari pengujian Triaksial. Nilai modulus elastisitas (Es) dapat ditentukan secara akurat berdasarkan

jenis tanahnya yang diperoleh dari data penelitian seperti terlihat pada Tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 Perkiraan Nilai Modulus Elastisitas Tanah

Jenis Tanah	Es (kg/cm²)
Lempung	
Sangat Lunak	3 - 30
Lunak	20 - 40
Sedang	45 - 90
Berpasir	300 - 425
Pasir	
Berlanau	50 - 200
Tidak Padat	100 - 250
Padat	500 - 1000
Pasir dan Kerikil	
Padat	800 - 2000
Tidak Padat	500 - 1400
Lanau	20 - 200
Loses	150 - 600
Cadas	1400 - 14000

Sumber : Bowles, 1991

2.5 Rasio Poisson

Nilai rasio Poisson ditentukan sebagai rasio kompresi lengan terhadap deformasi ekstensi eksternal. Nilai rasio Poisson dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti pada gambar yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Hubungan Antara Jenis Tanah dan Rasio Poisson

Jenis Tanah	Rasio Poisson
Lempung Jenuh	0,4 – 0,5
Lempung Tak Jenuh	0,1 – 0,3
Lempung Berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir Padat	0,2 – 0,4
Pasir Kasar ($e=0,4 - 0,7$)	0,15
Pasir Halus ($e=0,4 - 0,7$)	0,25
Batu	0,1 – 0,4
Loses	0,1 – 0,3

Sumber : Bowles, 1991

2.6 Sistem Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah proses untuk mengklasifikasikan berbagai jenis tanah tetapi dengan karakteristik yang sama ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan kegunaannya. Sistem klasifikasi menyediakan bahasa yang sederhana untuk dengan mudah menggambarkan karakteristik umum tanah dari berbagai jenis tanpa penjelasan rinci. Sebagian besar metode struktur tanah yang dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir dan plastisitas.

Tujuan dari perencanaan tanah adalah untuk menggambarkan dan mengidentifikasi tanah, menemukannya cocok untuk penggunaan tertentu, berguna

untuk menyampaikan informasi tentang kondisi tanah dari suatu daerah ke daerah lain secara mendasar (Bowles JE, 1991). Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

2.6.1 Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Casagrande pertama kali memperkenalkan *Unified Land Classification System* (USCS) pada tahun 1942 untuk digunakan oleh korps Insinyur Angkatan Darat selama perang Dunia II. Bekerja sama dengan Badan Rekonstruksi Amerika Serikat pada tahun 1952, sistem ini disempurnakan. Saat ini para ahli teknik menggunakan sistem klasifikasi.

Sistem klasifikasi unified mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah gembur (tanpa butiran – tanah), yaitu: kerikil dan pasir dimana kurang dari 50 % dari total berat sampel tanah melewati saringan nasional No.200. Simbol grup ini dimulai dengan huruf pertama G atau S.G untuk tanah kerikil atau kerikil, dan s untuk tanah berpasir atau berpasir.
2. Tanah yang baik (tanah berbutir halus), yaitu tanah yang lebih dari 50 % berat total contoh tanahnya lolos saringan no.200. Simbol golongan ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, dan lempung organik. Simbol – simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS

Adalah :

W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)

P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)

L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ($LL < 50$)

H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ($LL > 50$)

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor – faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
3. Koefisien keseragaman (*uniformy coefisien, Cu*) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient, Cc*) untuk tanah dimana 0 – 12 % lolos ayakan No.200
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5 % atau lebih lolos ayakan No.200). Untuk lebih jelas dalam pengklasifikasian tanah berdasarkan USCS dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Pembagian Jenis		Nama Jenis	Simbol
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari setengah materialnya lebih kasar dari	Kerikil Lebih dari setengah fraksi kasaihkasar dari ayakan no 4	Kerikil bersih,(tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	Kerikil campur pasir bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit pasir halus. GW
		Kerikil dengan bahan halus	Kerikil, campur pasir bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit pasir halus. GP
		Kerikil dengan bahan halus	Kerikil lanauan, kerikil campur pasir atau lanau. GM

	Pasir Lebih dari setengah fraksikasaiah halus dari ayakan no 4	(banyak mengandung bahan halus)	Kerikil lempungan, kerikil campur pasir atau lempung.	GC
		Pasir bersih (tanpa atau sedikit Mengandung bahan halus)	Pasir, pasir kerikilan bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit bahan halus.	SW
			Pasir, pasir kerikilan bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit bahan halus.	SP
		Pasir dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	Pasir kelanauan, pasir campur lanau.	SM
			Pasir kelempungan, pasir campur lempung.	SC
Tanah Berbutir Halus Lebih dari setengah materialnya lebih halus dariayakan no 200	Lanau dan Lempung	Batas cair kurang dari 50 %	lanau organik dan pasir sangat halus,tepung batu, pasir halus kelanauan atau kelempungan atau lanau kelempungan sedikit plastis.	ML
	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikilan, lempung pasiran,lempung lanauan, lempung humus.		CL	

			Lempung organik dan lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah.	OL
		Batas cair lebihdari 50 %	Lempung anorganik, tanah pasiran halus atau tanah lanauan mengandung mika atau diatome lanau elastis.	MH
			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung expansif.	CH
			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, lanau organik.	OH
Tanah Organik			Gambut dan tanah organik lainnya.	Pt

Sumber : Hendarsin, 2000

2.6.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem perataan jalan ini dikembangkan pada tahun 1992 oleh *Public Road Administration Classification System*. Metode ini telah mengalami banyak penyempurnaan. Model yang saat ini digunakan adalah model Komite Desain Material untuk Jalan Jenis *Subgrade* dan Granular tahun 1945 (Standar ASTM no D-3282, AASHTO M145).

Dalam sistem ini tanah dibagi menjadi tujuh kelompok besar , yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan sebagai A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah granular dimana 35% atau kurang dari jumlah total melebihi No.200 saringan. Tanah dimana lebih dari 35% melewati saringan No.200 diklasifikasikan sebagai kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 hingga A-7 sebagian besar berupa lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini :

a. Ukuran Butir

Kerikil: bagian tanah yang lolos saringan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan padasaringan No. 20 (2 mm) Pasir : bagian tanah yang lolos saringan no.10 (2mm) dan yang tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm).

b. Plastisitas

Nama lanau digunakan ketika bagian tanah yang lebih halus memiliki indeks plastisitas (PI) 10 atau kurang. Nama berlempung digunakan ketika bagian tanah yang lebih halus memiliki indeks plastisitas 11 atau lebih. Jika ditemukan batu (lebih 75 mm) pada jenis tanah yang akan ditentukan, batu tersebut harus dibuang terlebih dahulu, tetapi persentase batu yang dibuang harus dicatat. Untuk mengevaluasi mutu (*quality*) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (subgrade) dari suatu jalan indeks grup (*group indeks, GI*) juga diperlukan dari tanah yang bersangkutan. Untuk lebih jelas dalam penglasifikasian tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini :

Tabel 2.5 Sistem Klasifikasi Tanah Berbutir Berdasarkan AASTHO

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan no. 200 (% lolos)	Maks 50						
No. 10	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No. 40	Maks 15	Maks 25	Maks 10				
No. 200				Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Batas cair (LL)			NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Indeks Plastis (PI)							
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			

Penilaian sebagai tanah dasar	Baik sekali sampai baik
-------------------------------	-------------------------

Sumber : M.Braja Das, 1995

Tabel 2.6 Sistem Klasifikasi Tanah Lanau – Lempung Berdasarkan AASTHO

Klasifikasi umum	Tanah Lanau-Lempung (lebih dari 35% dari seluruh tanah lolos ayakan no. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6'
Analisis ayakan no. 200 (%lolos)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas cair (LL)Indeks Plastis (PI)	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Sumber : M.Braja Das, 1995

2.7 Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah Dasar adalah permukaan pertama, permukaan galian atau permukaan yang berfungsi sebagai dasar untuk meletakkan perkerasan lainnya. Perkerasan jalan ditempatkan pada tanah rendah, sehingga kualitas dan keawetan konstruksi perkerasan tidak lepas dari sifat pondasinya. Sifat tanah dasar (*Subgrade*) sangat mempengaruhi lapisan di atasnya, karena mempersiapkan tanah dasar (*Subgrade*) merupakan tugas penting dalam pembangunan jalan. Kekuatan dan keawetan teras tergantung pada daya dukung tanah dasar. Dapat dipahami bahwa penentuan kekuatan tanah dasar berdasarkan analisis uji laboratorium tidak dapat sepenuhnya menutupi karakteristik dan daya dukung tanah dasar dari satu tempat ke tempat lain di sisi jalan.

Tanah dasar merupakan pondasi bagi perkerasan, baik perkerasan pada jalur lalu-lintas maupun pada bahu. Dengan demikian, maka tanah dasar harus mampu memikul beban kendaraan yang disalurkan oleh perkerasan. Disamping harus mempunyai kekuatan, tanah dasar juga harus mempunyai stabilitas volume akibat pengaruh lingkungan, terutama air. Banyak metode yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar, misalnya CBR (*California Bearing Ratio*), DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*).

Nilai standar CBR yang di ijinakan untuk *subgrade* jalan adalah sebesar 6% berada pada kadar air $w = 30,06\%$ derajat kejenuhan $S_r = 48,62\%$. Tanah dasar dengan kekuatan dan stabilitas volume yang rendah akan menyebabkan perkerasan mudah mengalami deformasi (seperti gelombang atau lubang) dan retak. Adapun fungsi dari tanah dasar (*subgrade*) adalah :

- a. Sebagai lapisan terbawah untuk tempat duduknya lapisan perkerasan di atasnya.
- b. Menerima beban akibat berat perkerasan di atasnya ditambah beban akibat muatan kendaraan yang menyebar.

Umumnya yang menyangkut persoalan tanah dasar adalah :

- a. Perubahan bentuk tetap (*permanent of deformation*) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat dari pelaksanaan.
- d. Lendutan (*deflection*) dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan adanya penurunan, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk mencegah timbulnya persoalan di atas, maka beberapa hal perlu diperhatikan, yaitu :

1. Tanah dasar tanpa kohesi.
2. Tanah dasar berkohesi.
3. Tanah dasar dengan sifat mengembang yang besar.
4. Mengusahakan daya dukung tanah dasar yang merata.
5. Perbaiki tanah dasar untuk keperluan mendukung beban roda alat-alat besar.

2.8 Daya Dukung Tanah Dasar

Menurut Sukirman (1999), beban kendaraan yang dilimpahkan ke lapis perkerasan melalui roda-roda mobil belapis-lapis dibawahnya dan akhirnya diterima oleh tanah dasar. Jadi tingkat kerusakan struktur perkerasan selama masa kerja tidak hanya ditentukan dari ketahanan lapisan perkerasan tetapi juga dari tanah dasar. Daya dukung tanah jenis tanah dipengaruhi oleh jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, kondisi kelembaban dan lain-lain. (Sukirman, 1999).

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan atau beban bangunan pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebihan (Najoan, 2020).

Daya dukung tanah berhubungan berat dengan kekuatan geser tanah. Sewaktu tanah menerima beban maka terjadi penurunan yang besarnya dapat ditentukan pada setiap penambahan beban (Hermin Tjahyati, 1992).

Daya dukung yang aman terhadap keruntuhan tidak berarti bahwa penurunan pondasi akan berada dalam batas % batas yang diizinkan. Oleh karena itu, analisis penurunan harus dilakukan karena umumnya bangunan peka terhadap penurunan yang berlebihan. Kapasitas nilai daya dukung dari suatu tanah didasarkan pada karakteristik tanah dasar dan dipertimbangkan terhadap kriteria penurunan dan stabilitas yang diisyaratkan, termasuk faktor aman terhadap keruntuhan (Medio Agustian N, 2014).

Kapasitas atau daya dukung tanah (*bearing capacity*) adalah kekuatan tanah untuk menahan suatu beban yang bekerja yang biasanya disalurkan melalui pondasi. Kapasitas/daya dukung tanah batas ($q_u = q_{ult} = \textit{ultimate bearing capacity}$)

adalah tekanan maksimum yang dapat diterima oleh tanah akibat beban yang bekerja tanpa menimbulkan kelongsoran geser pada tanah pendukung tepat di bawah dan sekeliling pondasi.

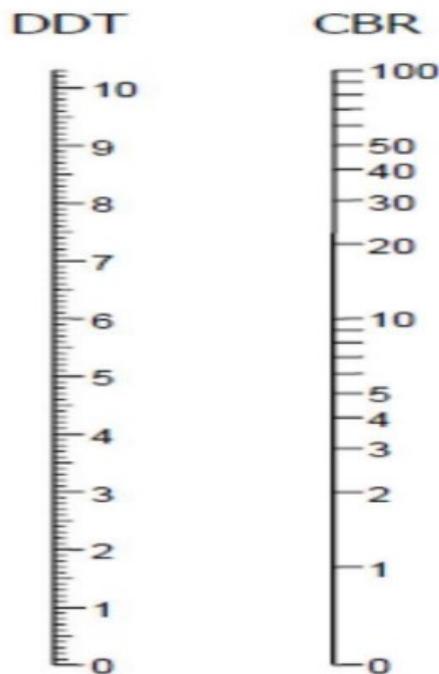
Kapasitas beban tanah ditentukan berdasarkan grafik korelasi. Daya dukung tanah dasar diperoleh dari nilai CBR atau *Plate Bearing Test*, DCP dan lain-lain. Gunakan nilai CBR laboratorium dalam desain ketebalan baru atau perkerasan jalan yang diperluas, jika lapisan tanah bawah diisi dengan tanah timbunan, dan pada daerah di mana tanah dasarnya adalah tanah galian menggunakan nilai CBR yang diperoleh dengan jelas dari hasil sampel tanah yang disajikan.

Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi dengan CBR. Semakin besar nilai CBR tanah dasar pada sebuah konstruksi jalan semakin besar pula nilai Daya Dukung Tanah dari jalan tersebut. Yang dimaksud dengan CBR disini adalah nilai CBR lapangan atau nilai CBR laboratorium, CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambah (*overlay*) dan CBR laboratorium biasanya digunakan untuk perencanaan pembangunan jalan baru dan pelebaran (*Widening*). Nilai CBR dapat ditentukan dengan mempergunakan cara grafis atau dengan cara analitis (SKBI, 1987).

1. CBR secara grafis

Alamsyah (2001), dalam menentukan nilai CBR dengan cara ini adalah tentukan nilai CBR terendah, tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabelaris mulai dari nilai CBR terkecil sampai yang terbesar. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%. Dibuat grafik

hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%. Dari nilai CBR segmen yang telah ditentukan dapat diperoleh nilai DDT dari grafik korelasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT dalam skala linier, dan grafik CBR dalam skala logaritma. Hubungan tersebut digambarkan pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.3 Korelasi Antara Nilai CBR dan DDT

Sumber : SKBI, 1987

Selain menggunakan grafik tersebut, nilai DDT dari suatu harga CBR juga dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$DDT = 4,3 \log CBR + 1,7 \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan :

DDT = Daya Dukung Tanah

CBR = Nilai CBR Tanah Dasar

2. CBR secara analitis

Menurut Alamsyah (2001), agar mempermudah dalam menentukan nilai CBR, maka cara penentuannya dapat mempergunakan rumus sebagai berikut :

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - \frac{(CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

CBR_{segmen} = CBR masing-masing

$CBR_{\text{rata-rata}}$ = CBR rata-rata keseluruhan

CBR_{maks} = nilai CBR tertinggi

CBR_{min} = nilai CBR terendah

R = nilai tergantung jumlah data

Dimana harga R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Tabel 2.7 Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1.41
3	1.91
4	2.24
5	2.48
6	2.67
7	2.83
8	2.96
9	3.08
>10	3.18

Sumber : SKBI, 2002

Dari kedua cara tersebut dimana hasil yang diperoleh relatif sama.

2.9 Pengujian Tanah

Pengujian tanah bertujuan untuk mengetahui parameter-parameter tanah yang baik secara fisik maupun teknis. Parameter-parameter hasil uji tanah penting untuk berbagai keperluan seperti CBR untuk menentukan daya dukung suatu tanah terhadap beban. pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan adalah *dynamic cone penetration* (DCP).

2.10 Pengujian DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*)

Prinsip pengoperasian DCP adalah memungkinkannya menembus dengan cepat saat panas pada suhu tertentu dan saat panas pada suhu tinggi. Jika kekuatan masing-masing jalan atau perkerasan berbeda, lingkungan dan ukuran perkerasan terlihat. Korelasi Pengukuran Kekuatan CBR Penetrometer Tanah oleh Harison, J.R. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan dan mengukur nilai CBR bahan granular, menurut Australian Road Research 16 (2), Juni 1987.

Pengujian menggunakan DCP menghasilkan data yang dapat dianalisis untuk memberikan informasi yang akurat tentang ketebalan dan kekuatan perkerasan atau permukaan udara. Pengujian dapat dilakukan dengan cepat dan lokasi pengujian dapat diperbaiki dengan cepat. Saat perkerasan atau landasan pacu dalam kondisi basah. Tes DCP tipikal dilakukan oleh 3 orang yang dapat melakukan 20 tes dalam satu hari dengan interval 50 dan 500 m. DCP dapat memberikan kuantitas dan kualitas informasi yang cukup untuk mengukur kekuatan perkerasan dan kemajuan desain pekerjaan. Hasil dari uji DCP dapat juga digunakan untuk

menentukan kondisi yang paling tepat untuk melakukan uji pit sebagai informasi tambahan.

Uji DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah dasar atau lapis perkerasan jalan tanpa pengikat, dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Pengujian ini dapat dilakukan hingga kedalaman 80 cm, dan dapat dilakukan hingga kedalaman 120 cm dengan menggunakan batang. Hasil DCP yang berbeda dapat digabungkan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) sehingga hasil akhir dari pengujian DCP dinyatakan sebagai nilai CBR yang dapat digunakan untuk perkiraan ketebalan perkerasan.

Uji DCP dilakukan dengan cara mendorong ujung alat jarum ke palu yang jatuh bebas (*shear*), sehingga konus akan masuk kedalam tanah, yang kedalamannya dapat dibaca pada batang penetrasi dan dinyatakan sebagai kedalaman penetrasi. Pukulan dengan palu berlanjut hingga mencapai kedalaman penetrasi 80 cm. Selama pengujian ini jumlah lekukan yang terjadi pada setiap tumbukan palu dicatat. Dengan menggambarkan grafik yang menunjukkan hubungan antara komulatif penetrasi dan komulatif tumbukan, nilai CBR ditentukan.

Menurut Harison, J.A,1986 untuk menentukan nilai CBR tanah atau material granular, banyak metode yang dapat digunakan, namun yang paling akurat dan murah sampai saat ini adalah penetrasi konus dinamis atau dikenal dengan nama *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Selain itu DCP adalah metode pengujian tanpa merusak *Non Destructive Testing* (NDT), yang digunakan untuk lapis pondasi batu pecah, pondasi bawah sirt, stabilitas tanah dan bis semen atau kapur.

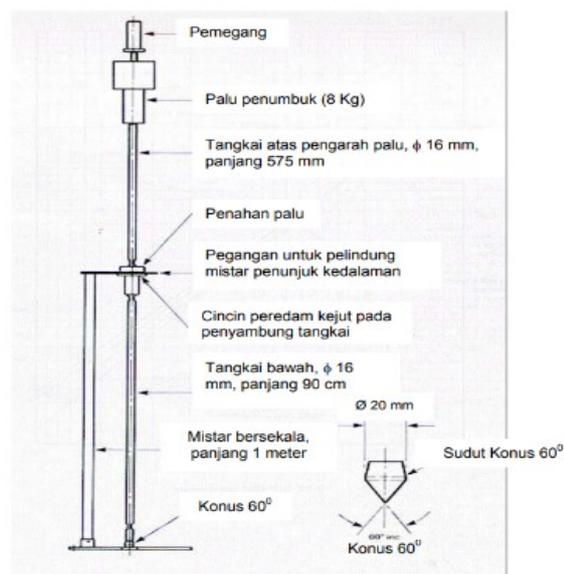
1. Keuntungan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) yaitu :
 - a. Menentukan kekerasan dalam mm/pukulan.
 - b. Perubahan tingkat tanah dapat diidentifikasi dengan perubahan kemiringan.
 - c. Meminimalisir gangguan permukaan tanah.
 - d. Informasi kekuatan dan desain dapat digabungkan dengan tes lain (CBR).
 - e. Harga jangka pendek dan mendwsak.
2. Kekurangan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)
 - a. Tidak dapat digunakan pada batuan keras, aspal, atau beton
 - b. DCP dapat rusak jika diterapkan berulang kali pada lantai keras atau mempertahankan penutup yang tidak lengkap.
 - c. Tidak dapat mengukur kelembapan atau kepadatan (hanya untuk mengukur kekakuan).

2.10.1 Cara Kerja DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*)

Untuk mengoperasikan perangkat DCP diperlukan 3 orang operator. Satu orang memegang perangkat secara vertikal. Satu orang akan dan memasang palu. Seseorang mencatat hasilnya. Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Sambungkan semua peralatan dan pastikan bahwa sambungan poros dan landasan serta bagian bawah dan jarum logam tersambung dengan kokoh.
2. Pegang alat yang telah dirakit secara vertikal pada alas yang vertikal dan stabil dan catat angka nol sebagai angka pertama pada penggaris.
3. Cara menaikkan dan menurunkan palu serta jumlah pukulan
 1. Angkat palu pada tangkai bagian atas dengan hati-hati sehingga menyentuh

- batas handel.
2. Biarkan palu jatuh bebas dan jatuh ke landasan.
 3. Lakukan langkah – langkah point 1 dan 2 dengan ketentuan sebagai berikut :
 - a. Untuk perkerasan biasa, catatan dibuat masing-masing perkerasan kedalaman 10 mm; namun, masih mungkin bahwa memvariasikan jumlah goresan antara pembacaan saat isolasi resistensi menjadi kuat.
 - b. Untuk fondasi bahan granular yang cukup padat, diperlukan ambil hitungan dalam setiap 5-10 pukulan.
 - c. Untuk pondasi bawah atau tanah dasar yang terbuat dari bahan yang tidak keras maka pembacaan kedalaman cukup untuk setiap 1 atau 2 pukulan.
 4. Bila laju input kurang dari 0,5 mm/pukulan, pembacaannya normal memungkinkan jika setelah 20 pembacaan, tidak ada penarikan yang ditampilkan, maka pengujian harus dihentikan.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Alat DCP

Sumber : A. Tatang Dachlan, 2005



Gambar 2.5 Dokumentasi Lokasi Penelitian

Sumber : Proyek Pembangunan Jalan Tol Tebing tinggi

Untuk mengetahui penetrasi, tumbukan, CBR Conus 60°, CBR (%), CBR Desain (%) dapat menggunakan rumus berikut :

$$\text{Penetrasi} = \text{Kumulatif penetrasi } i - \text{kumulatif penetrasi sebelumnya} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{DCP (mm/tumbukan)} = \frac{\text{Penetrasi } i}{(\text{kumulatif tumbukan } i - \text{kumulatif tumbukan sebelumnya})} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\text{CBR Conus } 60^\circ = 10^{(2.8135 - (1.313 \times \log C))} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\text{CBR} = \text{Penetrasi} \times \text{CBR Conus}^{1/3} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\text{CBR Desain (\%)} = (\text{total CBR} / \text{total penetrasi}) \dots\dots\dots (2.17)$$

2.11 CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR (*California Bearing Ratio*), adalah uji beban tanah yang dibuat oleh (*California State Highway Departement*), standar uji ini adalah uji penetrasi dengan

cara memasukkan sesuatu benda ke dalam benda uji. Uji CBR adalah perbandingan antara beban masukan sesuatu terhadap benda standar dan kedalaman serta kecepatan penetrasi yang sama.

2.11.1 Manfaat CBR

Metode perencanaan perkerasan jalan yang digunakan saat ini adalah metode empiris, yang biasa disebut CBR (*California Bearing Ratio*). Departemen Jalan Raya Negara Bagian California mengembangkan metode ini untuk menentukan kekuatan ruang bawah tanah. Nilai CBR akan digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan perkerasan.

2.11.2 California Bearing Ratio (CBR) Lapangan

Pengujian CBR lapangan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dapat dilakukan hingga kedalaman 90 cm di bawah tanah. Pengujian dilakukan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan penempatan (kerucut logam) yang menempel pada tanah dasar, kemudian menggunakan tabel dan penetrometer untuk membaca proses dan mengubahnya menjadi pembacaan dan nilai CBR. Metode kontrol kepadatan dicapai dengan pemeriksaan kepadatan dicapai dengan memasukkan piston pada kedalaman dimana nilai CBR akan ditentukan dan masuk dengan beban yang dipindahkan dari poros truk.

2.12 Bentuk Hubungan Nilai CBR Dengan DCP

Dari data yang didapat bahwa nilai DCP yang diambil adalah jumlah rata-rata dari penetrasi per pukulan (mm/blow). Dari nilai DCP yang ada, dapat dicari

nilai CBR yang ada. Semakin kecil nilai penetrasi DCP (mm/blow), maka makin besar nilai CBR yang terjadi, dan sebaliknya semakin besar nilai penetrasi DCP (mm/blow), maka makin kecil nilai CBR yang terjadi. Nilai korelasi yang terjadi didapat dari beberapa percobaan yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti.

Penelitian yang sangat intensif telah dilakukan untuk menghasilkan hubungan empiris antara DCP dan CBR. Beberapa penelitian yang telah dilakukan dan menghasilkan korelasi antara DCP dan CBR, contohnya, Kleyn, 1975; Harrison, 1987; Livneh 1987; Livneh and Ishai, 1988; Chua, 1988; Harrison, 1983; Van Vuuren, 1969; Livneh, et. Al., 1992; Livneh and Livneh, 1994; Ese et. Al., 1994; and Coonse, 1999. Tahun 2010, Kementrian Pekerjaan Umum, telah mengeluarkan Pedoman Rumusan korelasi antara nilai DCP-CBR lewat surat edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 04/SE/M/2010 dengan rumus berikut :

Ukuran DCP konus 60° :

$$\text{Log CBR} = 2.8135 - 1.313 \text{ Log DCP} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

DCP = Nilai DCP (mm/tumbukan)