

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1 TANAH GAMBUT

2.1.1 Pendahuluan

Di Inonesia, istilah gambut telah umum dipakai untuk padanan “peat”. Menurut *Whitten & Brooks (1978)*, *peat* secara ringkas adalah massa nabati yang terrombak sebagian yang semula tumbuh dalam danau dangkal atau rawa. Selain itu, gambut juga diartikan mengartikannya zat seratan (*fibrous*) berwarna kecoklatan atau kehitaman yang dihasilkan dari pelapukan vegetasi dan ditemukan dalam rawa, biasanya dianggap sebagai tahap awal dalam proses alihragam bahan nabati menjadi batubara, *Moore (1977)*.

Dalam pustaka Inggris, digunakan dua istilah, yaitu “peat” dan “muck”. *Peat* adalah bahan organik yang terlonggok dalam keadaan basah yang berlebihan, bersifat tidak mampat (*unconsolidated*) dan tidak terombak atau hanya agak terombak. Sedang “muck” adalah bahan organik yang telah terombak jauh, yang bagian-bagian tumbuhan semula sudah tidak terkendali lagi, mengandung lebih banyak bahan mineral dan biasanya berwarna lebih gelap daripada “peat”.

Lembaga Penelitian Tanah di Bogor (sekarang bernama Pusat Penelitian Tanah) hanya menggunakan istilah “peat” untuk menamai endapan organik yang dalam keadaan teratus sekurang-kurangnya mempunyai tebal satu meter dan berkadar bahan organik 65%.

2.1.2 Karakteristik Tanah Gambut

Menurut *Moore, (1977)* Secara umum, sifat tanah gambut dibagi menjadi dua, yaitu sifat fisik dan kimia. Adapun sifat fisik dari tanah gambut adalah :

- Daya serap air yang tinggi
- Hidropobik jika kering berkelanjutan
- Subsidence
- Mudah terbakar

Sifat kimia dari tanah gambut adalah sebagai berikut :

- Mengandung unsur hara N (Nitrogen), P (Posphor), K (Kalium), Ca (Kalsium), dan Mg (Magnesium)
- Memiliki PH (derajat keasaman) yang rendah

Tanah gambut yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah gambut yang berasal dari Berengbengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Secara fisik, tanah gambut ini banyak mengandung serat-serat tumbuhan (*fibrous*).

2.2 TANAH GAMBUT YANG DIPADATKAN

2.2.1 Pemadatan Tanah Secara Umum

Pemadatan tanah merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel, dimana tujuan pemadatan tanah ini adalah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis dari massa tanah yaitu meningkatkan kuat geser tanah serta mengurangi kompresibilitas tanah.

Menurut *Bowles (1989)* keuntungan yang diperoleh dengan melakukan pemadatan tanah yaitu diantaranya :

- a. Berkurangnya penurunan permukaan tanah (*subsidence*), yaitu gerakan vertikal di dalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
- b. Bertambahnya kekuatan tanah.
- c. Berkurangnya volume akibat berkurangnya kadar air pada saat pengeringan.

Pada umumnya pemadatan tanah yang dilakukan di laboratorium terdiri dari 2 macam, yakni *Standard Proctor AASHTO T 99 (ASTM D 689)* dan *Modified Proctor AASHTO T 180 (ASTM D 1557)*. Pada penelitian ini digunakan *Modified Proctor* untuk mendapatkan nilai *CBR* yang lebih besar.

2.2.2 Pemadatan Terhadap Tanah Gambut

Tanah gambut merupakan tanah dengan kandungan material organik ini dapat mempengaruhi perilaku yang terjadi pada kekuatan dan pemadatan tanah. Penelitian yang menerapkan metode pemadatan terhadap tanah gambut telah banyak dilakukan oleh Grup Riset Geoteknik FTUI. Salah satu penelitiannya adalah *Boy Irwandi (1995)* terhadap contoh tanah gambut Berengbengkel-Palangkaraya. Pemadatan dilakukan terhadap tanah gambut asli, serta campuran tanah gambut dengan peatsolid sebesar 6%. *Peatsolid* merupakan emulsi aspal yang bersifat karet sebagai hasil turunan dari minyak mentah.

Hasil yang diperoleh dari penelitian menunjukkan bahwa kadar air optimum yang dapat dicapai tergolong tinggi, yaitu 128% dengan kerapatan kering tanah sebesar 0,478 gr/cm³. Nilai *CBR* rata-rata pada penetrasi 0,1” dan 0,2” untuk contoh tanah gambut Berengbengkel-Palangkaraya kondisi unsoaked yaitu sebesar 2,77% dan 2,42% untuk kondisi soaked. Pada penelitian yang dilakukan oleh *Siti Hadijah (2005)*, nilai kadar air optimum untuk pemadatan tanah gambut menggunakan *standard proctor* terjadi dua kali, pada kadar air 80% dan 120%.

2.3 CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Harga *CBR* adalah perbandingan antara kekuatan contoh tanah dengan kepadatan tertentu dan kadar air tertentu terhadap kekuatan batu pecah bergradasi rapat sebagai standar material dengan nilai *CBR* = 100.

Tabel 2.1. *Standard unit load* pada harga-harga penetrasi

Penetrasi (inch)	Standard Unit Load (psi)
0.1	1000
0.2	1500
0.3	1900
0.4	2300
0.5	2600

Sumber : *ASTM D 1883-07 Geotechnical Engineering Standard*

Beban (load) didapat dari hasil pembacaan dial penetrasi yang kemudian diubah dengan grafik *Calibration Proving Ring*.

Test Unit Load (psi) = tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{M(LRC)}{A}$$

A = luas piston = 3 inch².

P = M.LRC.

M = Pembacaan dial

LRC = factor kalibrasi = 23,248 lbf/div



Gambar 2.1 Persiapan pematatan tanah



Gambar 2.2 Pelaksanaan Uji CBR

2.4 DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP)

2.4.1 Umum

Pengujian menggunakan *DCP* menghasilkan data yang dapat dianalisa untuk menghasilkan informasi yang akurat terhadap ketebalan dan kekuatan dari perkerasan jalan. Pengujian dapat dilakukan dengan cepat dan lokasi pengujian dapat dengan mudah dirapikan. Ketika digunakan untuk desain, uji *DCP* dilakukan ketika perkerasan jalan berada pada kondisi paling basah. Uji *DCP* umumnya dilakukan dengan 3 orang yang dapat melakukan 20 pengujian dalam satu hari dengan interval 50 dan 500 m. *DCP* dapat memberikan informasi dalam jumlah dan kualitas yang cukup untuk memperkirakan kekuatan perkerasan dan kemajuan pekerjaan yang sudah didesain. Hasil dari uji *DCP* dapat juga

digunakan untuk menentukan posisi paling tepat untuk melakukan tes pit sebagai informasi tambahan.

DCP terdiri dari konus di dasar dari batang vertikal. Sebuah palu diangkat dan dijatuhkan secara berulang-ulang ke dalam perangkai pada setengah tinggi batang untuk menghasilkan pukulan yang standar, atau 'blow' kepada konus yang menekan perkerasan. Skala vertikal sepanjang batang digunakan untuk mengukur kedalaman penetrasi dari konus. Penetrasi dan jumlah pukulan dicatat pada lembar data uji. Penetrasi per pukulan atau 'nilai penetrasi' dicatat selama konus menekan perkerasan dan digunakan untuk menghitung kekuatan dari material. Perubahan dalam nilai penetrasi mengindikasikan perubahan kekuatan material, sehingga memungkinkan lapisan diidentifikasi dan dapat menentukan ketebalan serta kekuatan dari lapisan tersebut. Lapisan-lapisan ini kemudian dikelompokkan bersama ke dalam lapisan perkerasan dari lapisan dasar, sub-base, dan subgrade yang dikorelasikan dengan hasil tes pit jika dimungkinkan.

DCP tidak dapat melakukan penetrasi ke dalam beberapa material yang keras seperti aspal hotmix atau *cement treated base*. Lapisan-lapisan ini harus dipindahkan sebelum dimulai pengujian dan kekuatan dinilai menggunakan kriteria yang berbeda.

Kekuatan dari semua lapisan dapat dikombinasikan ke dalam angka struktur untuk tiap lapisan perkerasan dan keseluruhan struktur perkerasan. Dimana pengujian dilakukan sepanjang perkerasan, gambar longitudinal dari perkerasan dapat dihasilkan sehingga perubahan dalam konstruksi dan kondisi dapat diidentifikasi. Perubahan-perubahan ini kemudian dapat digunakan untuk membagi jalan ke dalam bagian-bagian untuk setiap bagiannya dapat diperkirakan umur jalan dan perkembangan desain.

Metode ini menerapkan cara pengujian kekuatan lapisan perkerasan jalan tanpa pengikat (tanah dasar, pondasi bahan berbutir) secara cepat. Pengujian dilakukan dengan menekan ujung konus yang terbuat dari baja dengan ukuran dan sudut tertentu. Tekanan konus ditimbulkan oleh pukulan palu dengan beban dan tinggi jatuh tertentu menerus sampai kedalaman 80 cm dan bila perlu dapat diperdalam dengan menyambung tangkai pengukur sampai kedalaman 120 cm.

Prinsip kerja *DCP* adalah bahwa kecepatan penetrasi dari konus ketika ditekan oleh kekuatan standar, sebanding dengan kekuatan bahan yang diukur. Bila lapis perkerasan jalan memiliki kekuatan yang berbeda, lingkungan lapisan-lapisan di sekitarnya dapat diidentifikasi dan ketebalan lapisan dapat ditentukan.

Menurut Harison, J.A., *Correlation of CBR and Dynamic Cone Penetrometer Strength Measurement of Soils. Australian Road Research* 16(2), June, 1986 dalam menentukan dan memperkirakan nilai *CBR* tanah atau bahan granular dapat menggunakan beberapa metode, namun yang cukup akurat dan paling murah sampai saat ini adalah dengan Penetrasi Konus Dinamis atau dikenal dengan nama *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*. Di samping itu *DCP* adalah salah satu cara pengujian tanpa merusak atau Non Destructive Testing (NDT), yang digunakan untuk lapis pondasi batu pecah, pondasi bawah sirtu, stabilisasi tanah dengan semen atau kapur dan tanah dasar.

Beberapa organisasi internasional mempunyai beberapa jenis alat pengukur daya dukung tanah dan dibuat korelasi antara hasil pengukuran alat *DCP* dengan pengukuran daya dukung tanah yang lain.

- *Scala (1956)* mengembangkan portable *DCP* dengan nama Scala Penetrometer yang kemudian dirangkum dalam *New Zealand Standard*. Scala mengembangkan *DCP* karena alat ini memiliki korelasi yang bagus dengan *CBR*. Alat ini kemudian dimodifikasi oleh *Van vuuren (1969)* di Zimbabwe.
- *Country Road Board, Australia (1969)* mengkorelasikan pula *DCP* dengan *CBR* untuk nilai *CBR* sampai 50%.
- *Tansvaal Roads Department (1974), Central African Standard* mengembangkan *DCP*, alatnya berupa tangkai baja diameter 16 mm dan konus baja diameter 20 mm dengan sudut konus 60°. Berat palu 8 kg yang diluncurkan melalui tangkai baja berdiameter 25 mm, tinggi jatuh 575 mm.
- *Belgian Road Research Center (BRRC, 1978)* Brussel, melaksanakan studi tentang Light Percussion Sounding Apparatus (*Kindermans, 1976*) nama lain dari *DCP* yang secara intensif digunakan sebagai alat survai awal pada pekerjaan geoteknik untuk jalan raya. Pada tahun 1978 BRRC atau CRR mengoperasikan suatu prosedur *DCP* sebagai suatu standar.

- Transport Road Research (TRL, 1993), mengembangkan prosedur pengujian lapis perkerasan dengan *DCP*, menggunakan hubungan sebagai berikut :
 - Van Buuren, 1969, (Konus 60°), $\text{Log } CBR = 2,632 - 1,28 (\text{Log } DCP)$
 - Kleyn & Harden, 1983, Konus (30°), $\text{Log } CBR = 2,555 - 1,145 (\text{Log } DCP)$
 - Smith dan Pratt, 1983, (Konus 30°), $\text{Log } CBR = 2,503 - 1,15 (\text{Log } DCP)$
 - TRL, Road Note 8, 1990, (Konus 60°), $\text{Log } CBR = 2,48 - 1,057 (\text{Log } DCP)$

Sampai saat ini alat *DCP* yang sudah banyak dikenal dan digunakan adalah *DCP* yang diperkenalkan oleh TRL yang dilaporkan pada *Overseas Road Note 31*, Grafik hubungan yang digunakan adalah perumusan dari *Smith dan Pratt, 1983* untuk sudut konus 30° dengan persamaan $\text{Log } CBR = 2,503 - 1,15 (\text{Log } DCP)$, dan TRL, 1990 untuk sudut konus 60° dengan persamaan $\text{Log } CBR = 2,48 - 1,057 (\text{Log } DCP)$. Pada umumnya setiap rangkaian pengujian perkerasan jalan dengan *DCP* diiringi dengan pengujian tebal lapis perkerasan (*test pits*) di beberapa tempat yang dianggap mewakili suatu segmen jalan yang diuji.

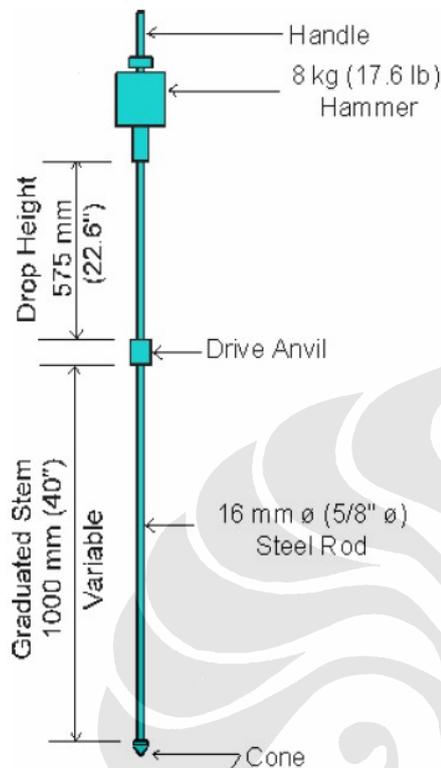
2.4.2 Alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Instrumen dari *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* (*Illinois Department of Transportation Bureau of Materials and Physical Research*). Bagian-bagian *DCP* antara lain :

- Handle : berfungsi untuk pegangan alat pada tangan.
- Batang bagian atas berdiameter 5/8 inch.
- Palu (*Hammer*) dengan berat 8 kg (17.6 lb) dengan tinggi jatuh 575 mm (22.6 inch).
- Landasan (*anvil*) dan batang bagian bawah.
- Ujung konus berdiameter 3/4 inch

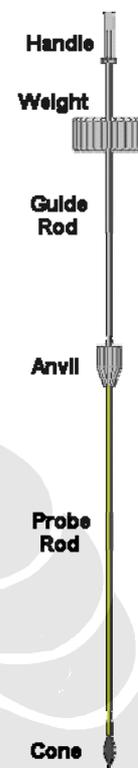
Menurut referensi dari *Saskatchewan Highway and Transportation* dan *Scala Penetrometer New Zealand Standard*, ada beberapa perbedaan pada alat *DCP* namun tidak terlalu signifikan. Pada gambar di bawah ini dapat dilihat perbedaan alat *DCP* namun pada prinsip pelaksanaan sama. Penggunaan *DCP* memiliki

beberapa kelebihan dan kekurangan. Berikut ini akan dipaparkan beberapa kelebihan dan kelemahan dalam alat *DCP*.



Gambar 2.3 Alat Uji *DCP*

(Sumber : *Illinois Department of Transportation Bureau of Materials and Physical Research*)



Gambar 2.4 Alat Uji *DCP*

(Sumber : *Scala Penetrometer, New Zealand Standard 4402*)

Kelebihan menggunakan Dynamic Cone Penetrometer (*DCP*)

- Menentukan kekakuan dalam mm/pukulan.
- Perubahan lapisan tanah dapat diketahui melalui perubahan kemiringan.
- Meminimalisir gangguan permukaan tanah.
- Informasi kekuatan dan desain dapat dikorelasikan dengan uji lainnya (*CBR*, dll).
- Biaya murah dan waktu yang dibutuhkan sedikit (cepat).

Kekurangan menggunakan Dynamic Cone Penetrometer (*DCP*)

- Tidak dapat digunakan pada batuan keras, aspal, maupun beton.
- *DCP* dapat rusak bila dilakukan pada lapisan tanah keras secara berulang-ulang atau pembuangan lapisan yang tidak sempurna.
- Tidak dapat mengukur kelembaban maupun kepadatan (hanya untuk mengukur kekakuan).



Gambar 2.5 Bagian – bagian alat *Dynamic Cone Penetrometer*
Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah FT UI.



Gambar 2.6 Bagian – bagian alat *Dynamic Cone Penetrometer*
Sumber : *Scala Penetrometer, New Zealand Standard*

2.4.3 Contoh Hasil Uji DCP

Uji *DCP* sudah banya dilakukan baik di Indonesia maupun di beberapa Negara di dunia. Hasil uji *DCP* yang sudah pernah dilakukan oleh Puslitbang Prasarana Transportasi pada tahun 2002 mengambil contoh di jalan pantai utara Jawa. Uji *DCP* ini dilakukan untuk memeriksa lapis perkerasan jalan pada ruas Cirebon-Palimanan. Selain itu, uji *DCP* juga dilakukan oleh *Saskatchewan Highways and Transportation* pada ruas jalan di Saskatchewan. Adapun data yang diperoleh seperti pada gambar berikut ini.

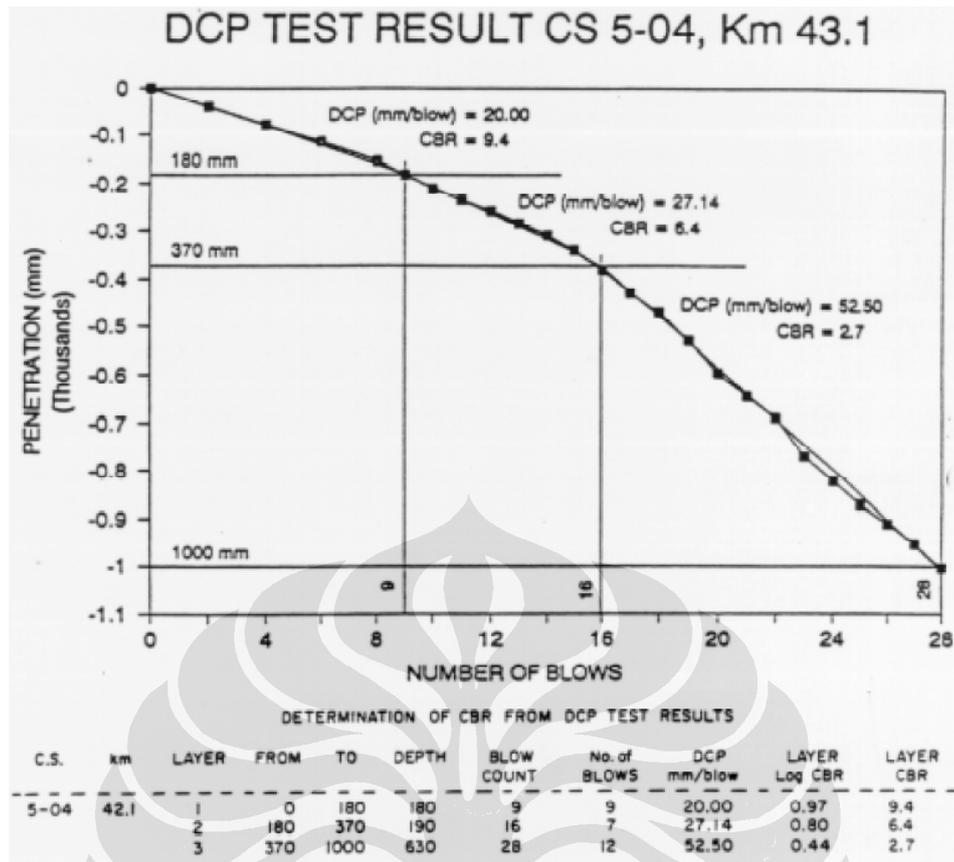
Tabel 2 Tipikal pengolahan data DCP (Form-2 DCP)

Lokasi : Cirebon-Palimanan Tanggal : 24 Sept 2002
 Nomor Titik Uji : TP-2 Petugas : Paijo
 Pembacaan Awal (pada mistar) : 146 mm
 Awal pengujian pada Lapisan : Pondasi agregat A

No.	Pukulan	Penetrasi Kedalaman (mm)	Kumulasi Jumlah Pukulan	Elevasi Tebal (m)	DCP (mm/Pukulan)	CBR (%)	Keterangan	
a	b	c	d	e	f	g	h	
1	0	65	0	146				AC-Binder,
2	5	106	5	187				
3	5	139	10	220				
4	5	167	15	248				
5	5	200	20	281				Agg A, 121,6 mm, El: 267,6
6	5	239	25	320				
7	5	262	30	343				
8	5	277	35	358	21	6,1	45,0	
9	5	300	40	381				
10	5	329	45	410				
11	5	355	50	436				
12	5	370	55	451				
13	5	381	60	462				
14	5	398	65	479				
15	5	416	70	497				
16	5	440	75	521	16	4,1	68,4	Agg B, 318 mm, El: 585
17	5	515	80	596				
18	3	581	83	662				
19	3	625	86	706				
20	3	664	89	745				
21	3	715	92	796				
22	3	783	95	864				
23	3	864	98	945				Selected Emb,
24	3	933	101	101	21	24,2	10,4	El: 1014 mm

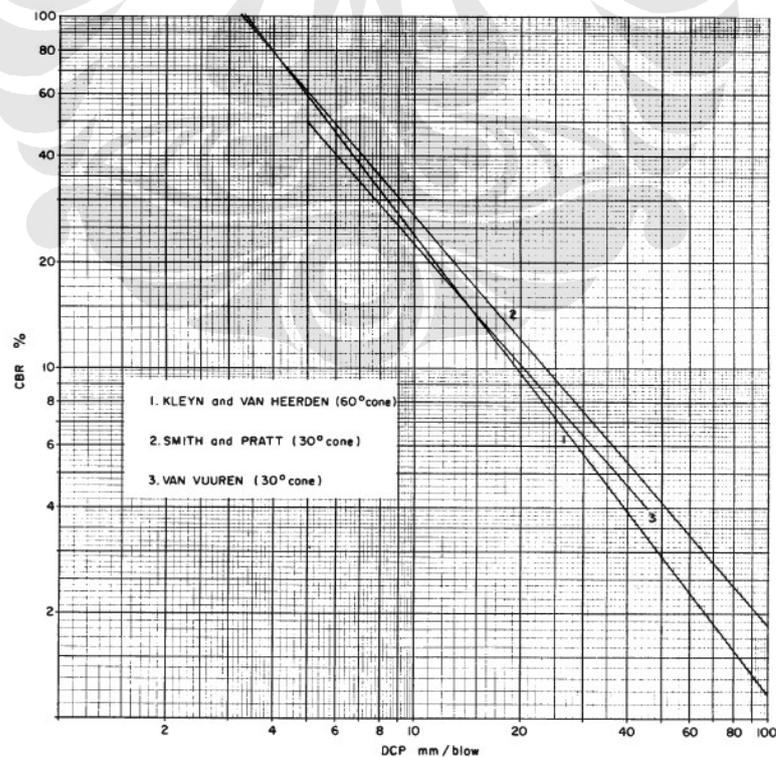
Gambar 2.6 Contoh Hasil Uji *DCP* pada ruas jalan Cirebon – Palimanan.

Sumber : A. Tatang Dahlan *DCP* Sebagai Standar Dalam Penentuan *CBR* untuk Evaluasi Perkerasan Jalan



Gambar 2.7 Contoh hasil uji DCP pada ruas jalan di Saskatchewan

Sumber : Saskatchewan Department of Transport



Gambar 2.8 Korelasi hasil uji CBR – DCP

Sumber : Saskatchewan Department of Transport

2.4.4 Korelasi Nilai *CBR* – *DCP*

Dari data di atas, didapat 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*. Pada literatur yang berjudul *Potential Applications of Dynamic and Static Cone Penetrometers in MDOT Pavement Design and Construction. US Department of Transportation Federal Highway Administration* dijelaskan beberapa penelitian yang telah dilakukan dan menghasilkan korelasi antara nilai *DCP* dan *CBR*, contohnya, *Kleyn, 1975; Harison, 1987; Livneh, 1987; Livneh and Ishai, 1988; Chua, 1988; Harison, 1983; Van Vuuren, 1969; Livneh, et. al., 1992; Livneh and Livneh, 1994; Ese et. al., 1994; and Coonse, 1999.*

Berdasarkan hasil dari penelitian yang lampau, banyak hubungan *DCP* dan *CBR* digambarkan pada rumus berikut ini :

$$\log(CBR) = a + b \log(DCP) \quad (2.1)$$

Dimana :

DCP = nilai *DCP* (mm/pukulan)

a = nilai konstanta antara 2.44 s.d. 2.60

b = nilai konstanta antara – 1.07 s.d. – 1.16

Persamaan di atas, dapat digunakan untuk beberapa jenis tanah, diantaranya tanah *granular, cohesive, aggregate base course, hingga piedmont residual soil*. Untuk beberapa jenis tanah, rumus yang digunakan berbeda koefisien untuk persamaan garisnya. Untuk selengkapnya, akan dilampirkan pada tabel di bawah ini.

Korelasi hasil uji *DCP* dan *CBR* yang sudah pernah ada dan dilaksanakan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Korelasi nilai *CBR-DCP*

Sumber : *Potential Applications of Dynamic and Static Cone Penetrometers in MDOT Pavement Design and Construction*, Jackson State University, September 2003

Persamaan hubungan	Material yang diuji	Referensi
$\log(CBR) = 2.56 - 1.16 \log(DCPI)$	<i>Granular and cohesive</i>	Livneh (1987)
$\log(CBR) = 2.55 - 1.14 \log(DCPI)$	<i>Granular and cohesive</i>	Harison (1987)
$\log(CBR) = 2.45 - 1.12 \log(DCPI)$	<i>Granular and cohesive</i>	Livneh et al. (1992)
$\log(CBR) = 2.46 - 1.12 \log(DCPI)$	<i>Various soil types</i>	Webster et al. (1992)
$\log(CBR) = 2.62 - 1.27 \log(DCPI)$	<i>Unknown</i>	Kleyn (1975)
$\log(CBR) = 2.44 - 1.07 \log(DCPI)$	<i>Aggregate base course</i>	Ese et al. (1995)
$\text{Log}(CBR) = 2.60 - 1.07 \log(DCPI)$	<i>Aggregate base course and cohesive</i>	NCDOT (Pavement, 1998)
$\text{Log}(CBR) = 2.53 - 1.14 \log(DCPI)$	<i>Piedmont residual soil</i>	Coonse (1999)

Dari tabel korelasi nilai di atas, dapat diambil contoh persamaan hubungan untuk jenis tanah *cohesive*, *various soil type*, dan *unknown soil type*. Jenis tanah pada hubungan *CBR – DCP* ini mendekati karakteristik dari tanah gambut yang ada. Livneh, Harison, Livneh et al. mengambil contoh tanah *granular and cohesive*, Webster et al. mengambil contoh tanah *various type*, dan Kleyn mengambil contoh tanah untuk *unknown soil type*.