

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan peradaban manusia telah mengalami kemajuan yang sangat pesat akhir-akhir ini, termasuk juga dalam sektor transportasi. Dewasa ini kegiatan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya terkadang harus melakukan mobilisasi. Oleh karena itu dibutuhkan sarana yang mendukung mobilisasi tersebut. Jalan adalah faktor utama yang menjadi penopang kegiatan manusia dalam melakukan perpindahan dari satu daerah ke daerah lain. Jalan sudah ada sejak zaman romawi yang bernama *via saretta* yaitu rute yang terdiri dari berbagai bahan yang berlapis.

Seperti yang diketahui pada umumnya, tanah adalah satu material pendukung konstruksi jalan yang tersusun dari tiga bahan yaitu, air, butiran padat dan udara sehingga diperlukan suatu perhitungan yang matematis didalam mencari nilai daya dukungnya. Susunan ketiga bahan tersebut sangatlah mempengaruhi daya dukung tanah, sehingga perlu melakukan penentuan parameter demi kepentingan analisa. Daya dukung tanah pada jalan ditekan pada dua faktor yaitu kemampuan tanah untuk menahan beban dan meratanya daya dukung tanah sepanjang konstruksi jalan. Akibat dari daya dukung tanah yang tidak sesuai/merata pada satu konstruksi jalan itu sendiri adalah dapat mengakibatkan perubahan bentuk tetap pada konstruksi jalan, dan dapat mengakibatkan kegagalan (*failure*) pada lapisan perkerasan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan dan membahayakan pengguna jalan.

Dalam menentukan daya dukung tanah terdapat beberapa cara untuk mengetahui kemampuan tanah dalam memikul beban, salah satu diantaranya adalah *Dynamic cone penetrometer*.

Dynamic Cone Penetrometer merupakan suatu pengujian untuk mendapatkan nilai kekuatan tanah dasar dan lapis pondasi jalan, *Dynamic Cone Penetrometer* terdiri dari konus dasar dari batang vertikal.

Penentuan daya dukung tanah menggunakan *Dynamic Cone Parameter*, tidaklah terlepas dari pengujian pengujian parameter tanah lainnya, akan tetapi semuanya saling berhubungan.

Oleh karena itu setelah melakukan *Dynamic Cone Penetrometer* juga dapat dilakukan pengujian tanah lain, salah satunya adalah pengujian kepadatan lapis tanah memakai pasir (*Sand Cone test*).

Pengujian kepadatan lapisan tanah memakai pasir (*Sand cone test*) bertujuan untuk mengetahui kepadatan tanah, sebab kepadatan tanah sangat mempengaruhi nilai kekuatan tanah dalam memikul beban. Pemadatan tanah dan daya dukung tanah adalah suatu nilai yang berbanding lurus, apabila tanah semakin padat maka daya dukung tanah akan semakin meningkat.

Sesuai dengan pemaparan diatas, maka dapat disimpulkan jalan adalah suatu sarana yang sangat dibutuhkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari hari, dalam artian jalan digunakan oleh manusia secara terus menerus. Penggunaan jalan yang terus menerus tentu dapat mengakibatkan kerusakan pada konstruksi jalan oleh karena itu dibutuhkan suatu perencanaan konstruksi yang baik dalam pembuatannya. Suatu konstruksi jalan yang baik akan dapat terwujud apabila didukung oleh daya dukung tanah yang memadai.

Daya dukung tanah dasar adalah suatu ukuran kemampuan lapisan tanah untuk menampung bebanya. Sehingga dapat dikatakan bahwa dalam perencanaan konstruksi jalan, penentuan daya dukung tanah adalah yang paling utama dilaksanakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penyelesaian tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana cara menentukan nilai CBR *subgrade* menggunakan metode DCP?
2. Bagaimana daya dukung tanah dasar pembangunan jalan Tiga Runggu-Tanjung Dolok?
3. Perbaikan apa yang dilakukan pada CBR kurang dari 6% pada pembangunan jalan Tiga Runggu-Tanjung Dolok?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Menganalisa daya dukung tanah dasar (*Subgrade*) pada proyek pembangunan jalan Tigarunggu dan untuk mengetahui nilai CBR tanah dasar menggunakan metode *Dynamic Cone Penetrometer* di pembangunan jalan Tigarunggu–tanjung Dolok.
2. Memberikan metode perbaikan yang sesuai untuk mendapatkan nilai *Subgrade* dengan CBR min 6 %.

1.4 Batasan Masalah

Luasnya masalah yang menyangkut pada pelaksanaan konstruksi jalan Tiga Runggu-Tanjung Dolok, baik dari sisi perencanaan daya dukung tanah, tingkat kepadatan tanah dan kandungan air maka penulis melakukan pembatasan masalah pada :

1. Metode DCP sebagai uji mendapat kekuatan tanah.
2. Tidak menghitung anggaran biaya konstruksi pembangunan jalan.
3. Penelitian dilakukan pada STA 36+300 sampai dengan 37+300 di Runggu-Tanjung Dolok.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah :

1. Bagi penulis, menjadi sarana untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh dari bangku perkuliahan yang diutamakan dalam suatu penelitian terhadap studi di lapangan dan mengetahui bagaimana langkah-langkah dan parameter untuk menentukan nilai CBR menggunakan data *Dynamic Cone Penetrometer*.
2. Bagi akademis, Dapat menjadi bahan bacaan dan literatur untuk penulisan karya ilmiah yang berhubungan dengan Analisa daya dukung tanah menggunakan metode *Dynamic Cone Penetrometer* yang dikorelasikan ke dalam nilai CBR.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Klasifikasi Tanah

Tanah 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 berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Braja M. Das, 1998).

Ilmu mekanika tanah adalah cabang dari ilmu pengetahuan yang mempelajari sifat-sifat fisik dari tanah dan kelakuan massa tanah tersebut bila menerima bermacam macam gaya. Ilmu rekayasa tanah merupakan aplikasi dari prinsip prinsip mekanika tanah dalam problema-problema praktisnya. Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir dan plastis (Braja M. Das, 1998).

2.1.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Sistem klasifikasi *Unified* pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engginers* selama Perang Dunia II. Pada masa kini sistem klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik. Sistem klasifikasi *unified* mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar yaitu :

1. Tanah berbutir kasar, yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

2. Tanah berbutir halus, yaitu : tanah dimana lebih dari 50 % berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck* dan tanah-tanah lain dengan kadar organik tinggi.

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* (plastis rendah) ($LL < 50$).

H = *High Plasticity* (plastis tinggi) ($LL > 50$).

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC.

Klasifikasi yang benar faktor-faktor berikut perlu diperhatikan :

1. Persentasi butiran yang lolos ayakan No.200 (ini adalah fraksi halus).
2. Persentasi fraksi kasar yang lolos ayakan No.40.
3. Koefisien keseragaman (*uniform 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).

Bilamana persentasi butiran yang lolos ayakan No.200 adalah antara 5-12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, SW-SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan klasifikasi tanah berbutir halus dengan menggunakan simbol ML, CL, OL, MH, CH dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagian plastisitas (Casagrande, 1984). Sistem klasifikasi unified dapat di lihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel. 2.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Divisi utama		Simbol kelompok	Nama umum
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran terarah pada ayakan No. 200	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Kerikil berbutir (banyak kerikil)	GW
		Kerikil dengan butiran halus	GP
			GM
			GC
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar terarah pada ayakan No. 4	Pasir bersih (banyak pasir)	SW
		Pasir dengan butiran halus	SP
			SM
			SC
Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	
		CL	
		OL	
	Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%	MH	
		CH	
		OH	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi			PT

Klasifikasi berdasarkan perentase butir halus Kurang dari 5% lolos ayakan No. 200 Lebih dari 12% lolos ayakan No. 200 5% sampai 12% lolos ayakan No. 200	Kriteria klasifikasi	
	Klasifikasi penggunaan yang memerlukan penggunaan dua simbol	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3.
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_f < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $P_f > 7$		Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda
Klasifikasi penggunaan yang memerlukan penggunaan dua simbol	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_f < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $P_f > 7$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda



Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat dalam ASTM Designation D-2488

(Sumber : Braja M. Das, 1998)

2.1.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Pada sistem ini, telah diklasifikasikan kedalam tujuh kelompok besar, yaitu A1-A7. Tanah yang diklasifikasikan kedalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No.200 diklasifikasikan kedalam kelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung (Braja M. Das,1998).

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria dibawah ini :

1) Ukuran Butir

Kerikil : Bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No.20 (2 mm).

Pasir : Bagian tanah yang lolos ayakan No 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No.200 (0,075 mm).

2) Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (*plasticity index, PI*) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.

Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan didalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Untuk mengevaluasi mutu (*quality*) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dari suatu jalan raya, suatu angka yang dinamakan indeks grup (*group indeks, GI*) juga diperlukan selain kelompok dan sub kelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan seperti dibawah ini :

$$GI = (F1 - 35) [0,2 + 0,005 (LL-40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \quad 2.1$$

Dimana:

F = Persentase butiran yang lolos ayakan No.200

LL = batas cair (*liquid limit*)

PI = indeks plastisitas

Suku pertama persamaan 2.1 yaitu (F-35) [0,2 + 0,005 (LL-40)], adalah bagiandari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL). Suku yang kedua, yaitu 0,01 (F-15) (PI-10), adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas (Braja M. Das, 1998).

Berikut ini adalah aturan untuk menentukan harga dari indeks grup :

- Apabila persamaan 2.1 menghasilkan nilai GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol.
- Indeks grup yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 dibulatkan ke angka yang paling dekat.
- Tidak ada batas atas untuk indeks grup
- Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-1a, A-1b, A2-4, A-2-5 dan A-3 selalu sama dengan nol.
- Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan, yaitu :

$$GI = 0,01 (F-15) (PI-10) \quad 2.2$$

Tabel. 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir ($\leq 35\%$ lolos saringan no. 200)							Tanah lempung-berlempung ($> 35\%$ lolos saringan no. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
Analisa saringan (% lolos)											
No. 10	Maks. 60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 40	Maks. 30	Maks. 50	Min. 51	-	-	-	-	-	-	-	-
No. 200	Maks. 15	Maks. 25	Maks. 10	Maks. 35	Maks. 35	Maks. 35	Maks. 35	Min. 36	Min. 36	Min. 36	Min. 36
Sifat fraksi yang lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	Maks. 40	Min. 41	Maks. 40	Min. 41	Maks. 40	Min. 41	Maks. 40	Min. 41
Indeks plastisitas (PI)	Maks. 8	Maks. 8	NP	Maks. 10	Maks. 10	Min. 11	Min. 11	Maks. 10	Maks. 10	Min. 11	Min. 11
Indeks Kelompok (GI)	0	0	0	0	0	Maks. 4	Maks. 4	Maks. 3	Maks. 12	Maks. 16	Maks. 20
Tipe material yang paling dominan	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				tanah berlanau		tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			
Keterangan : Kelompok A-7 dibagi menjadi A-7-5 dan A-7-6, tergantung dari nilai batas plastisnya (PL) ♦ Untuk nilai PL > 30% atau nilai PI \leq (LL - 30), klasifikasinya A-7-5 ♦ Untuk nilai PL < 30%, atau nilai PI > (LL - 30), klasifikasinya A-7-6 ♦ NP = non plastis											

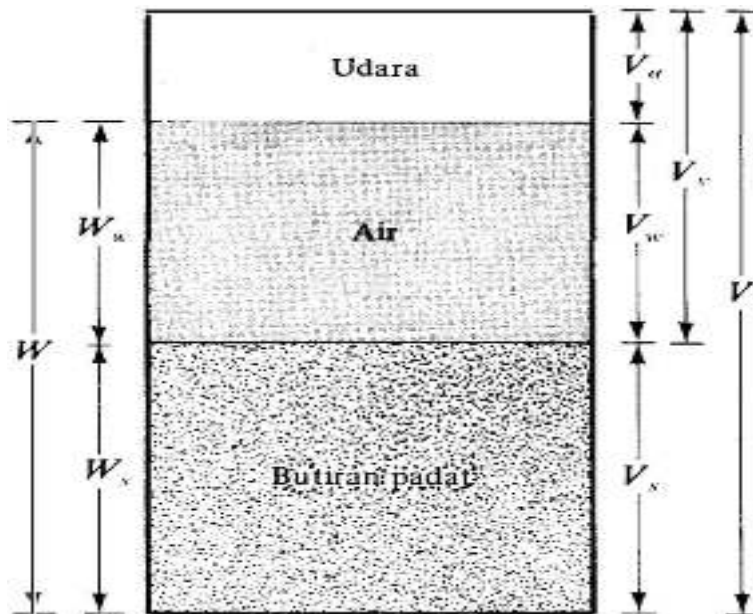
(Sumber :Braja M. Das, 1998)

2.2 Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah merupakan sifat tanah yang berhubungan dengan bentuk/kondisi tanah asli, yang termaksud diantaranya adalah tekstur, struktur, bobot isi tanah, porositas, stabilitas, konsistensi, warna maupun suhu tanah dan lain-lain (Braja M. Das, 1998).

2.2.1 Hubungan Antara Butiran , Air , Dan Udara dalam Tanah

Tanah merupakan komposisi dari dua atau tiga fase yang berbeda. Tanah yang benar-benar kering terdiri dari dua fase yang disebut partikel padat dan udara pengisi pori. Tanah yang jenuh sempurna juga terdiri dari dua fase, yaitu partikel padat dan air pori. Sedangkan tanah yang jenuh sebagian terdiri dari tiga fase, yaitu partikel padat, udara pori dan air pori (Braja M. Das, 1998). Komponen-komponen tanah dapat digambarkan dalam suatu diagram fase seperti terlihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Tiga Fase Elemen Tanah

(Sumber: Braja M. Das 1998)

Gambar 2.1 menunjukkan 3 fase lemen tanah (yaitu: butiran padat, air dan udara) yang dipisahkan seperti pada gambar, Jadi volume total contoh tanah yang diselidiki dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a \quad 2.3$$

Dimana :

V_s = Volume butiran padat

V_v = Volume pori

V_w = Volume air dalam pori

V_a = Volume udara dalam pori

Apabila udara dianggap tidak memiliki berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W = W_s + W_w \quad 2.4$$

Dimana :

W_s = Berat butiran padat

W_w = Berat air

Hubungan yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*). Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butira padat, jadi :

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad 2.5$$

Dimana :

e = Angka pori (*void ratio*)

Pororitas didefenisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume tanah total, atau :

$$n = \frac{V_v}{V} \quad 2.6$$

Dimana :

n = Pororitas derajat kejenuhan didefenisikan sebagai perbandingan antaravolume air dengan volume pori.

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad 2.7$$

Dimana :

S = Derajat kejenuhan, (umumnya derajat kejenuhan dinyatakan dalam persen).

Istilah yang umum dipakai untuk hubungan berat adalah kadar air (*moisture content*) dan berat volume (*unit weight*). Defenisi dari istilah-istilah diatas adalah sebagai berikut :

- 1) Kadar air(w) yang juga disebut sebagai *water content* didefenisikan sebagai antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \quad 2.8$$

- 2) Berat volume tanah (γ) adalah berat tanah persatuan volume.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad 2.9$$

- 3) Berat volume tanah kering

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

2.2.2 Berat Spesifik (*Specific Gravity, G_s*)

Harga berat spesifik dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Tabel harga-harga berat spesifik beberapa mineral yang umum terdapat dalam tanah ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut.

Table 2.3 Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

Mineral	Berat jenis (G)
Quartz	2,65
Kaolinete	2,6
Montmorrillonite	2,6 – 2,80
Halloysite	2,0 – 2, 55
Potassium feldspar	2,57-
Sodium and calcium feldspar	2,62 – 2,76
Chlorite	2,6 – 2,9
Biotite	2,8 – 3,2
Muscovite	2,76 – 3,1
Illite	2,8
Hornblende	3,0 – 3,47
limonite	3,6 – 4,0
Olivine	3,27 – 3,37

(Sumber : Braja, 1998)

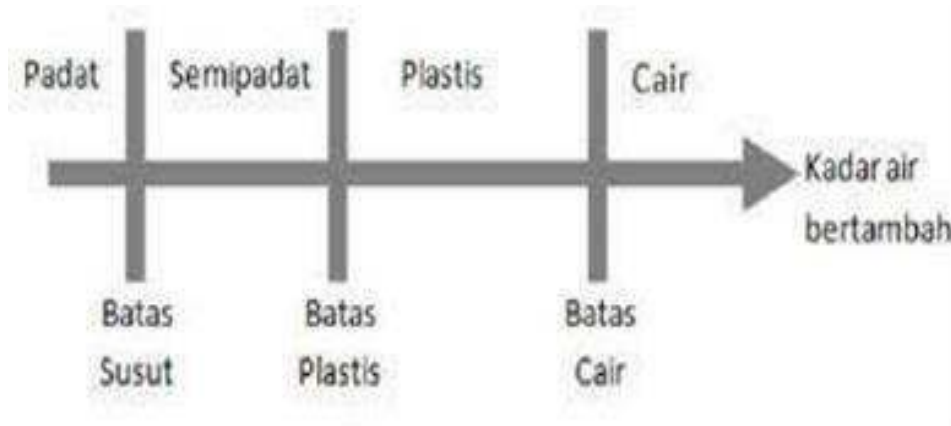
Sebagian besar dari mineral-mineral tersebut mempunyai berat spesifik berkisar 2,6 sampai dengan 2,9. Berat jenis dari bagian padat tanah pasir yang berwarna terang, umumnya sebagian besar terdiri dari *quartz*, dapat diperkirakan Sebesar 2,6 untuk tanah berlempung atau lanau harga tersebut berkisar antara 2,6 sampai 2,9. Adapun persamaan dari berat spesifik adalah sebagai berikut (Braja, 1998).

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma} \quad 2.11$$

2.2.3 Konsistensi Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas-remas (*remolded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap (*absorbed water*) di sekeliling permukaan dari partikel lempung (Braja, 1998).

Batas konsistensi tanah atau yang biasa disebut *Atterberg Limit* merupakan hal yang penting dan selalu dilakukan pada saat penyelidikan. Batas-batas konsistensi tanah dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut



Gambar 2.2 Batas Batas Konsistensi Tanah

(Sumber : Braja, 1998)

- 1) Batas cair (LL) adalah kadar air tanah antara keadaan cair dan keadaan plastis.
- 2) Batas plastis (PL) adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis.
- 3) Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dan batas plastis, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis.

Dimana :

$$PI = LL - PL \qquad 2.12$$

2.3 Tanah Dasar

Tanah dasar merupakan pondasi bagi perkerasan, Sebagai pondasi perkerasan, disamping harus mempunyai kekuatan atau daya dukung terhadap beban kendaraan, tanah dasar juga harus mempunyai stabilitas volume akibat pengaruh lingkungan, terutama air. Tanah dasar yang mempunyai kekuatan dan stabilitas volume yang rendah akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami deformasi (misalkan gelombang atau alur) dan retak (Braja, 1998).

2.3.1 Persyaratan Material Tanah Dasar (*Subgrade*)

Material yang digunakan untuk tanah dasar harus memenuhi ketentuan sesuai dengan spesifikasi. Material berplastis tinggi golongan A-7-6 tidak boleh digunakan sebagai lapisan tanah dasar pengendalian mutu pekerjaan tanah. Menurut ASSHTO tanah berplastis tinggi termasuk golongan A-7-6. Pada kelas A-7-6 adalah jenis tanah kelepungan berplastis tinggi dengan tingkatan umum sedang sampai jelek. Batasan kelas A-7-6 antara lain lolos saringan No.200 36 batas cair, indeks plastis 31 apabila material tanah dasar termasuk ke dalam

Spesifikasi kelas A-7-6, maka tanah tersebut terlebih dahulu distabilisasi sebelum dilakukan proses pekerjaan berikutnya (Braja, 1998).

2.3.2 Stabilisasi Perbaikan Tanah Dasar *Subgrade*

Stabilisasi tanah dasar *Subgrade* adalah usaha untuk memperbaiki mutu tanah, daya dukung tanah yang tidak baik dan meningkatkan mutu dari tanah agar mendapatkan kondisi tanah dasar *subgrade* yang memenuhi spesifikasi teknis yang disyaratkan. Stabilisasi tanah dasar *subgrade* bertujuan untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah serta mendapatkan tanah dasar yang stabil pada semua kondisi musim dan selama umur rencana perkerasan jalan tersebut (Siagian, Devi. R. 2020). Metode metode stabilitas tanah yang diketahui yaitu :

1. Stabilisasi Mekanis

Stabilitas mekanis adalah penambahan kekuatan atau daya dukung tanah dengan jalan mengatur gradasi tanah yang dimaksud, dengan tujuan untuk mendapatkan tanah yang berdaya dukung baik. Metode ini biasanya digunakan pada tanah yang berbutir kasar dengan fraksi tanah lolos saringan No. 200 25. Tanah yang telah berhasil di Universitas Sumatera Utara distabilisasi secara mekanis ini akan memiliki kemampuan tertentu terhadap deformasi oleh muatan lalu lintas yang bekerja di atasnya. Hal ini disebabkan karena adanya kait mengkait dan geseran antar butiran tanah serta daya antar butiran tanah oleh bagian yang halus dan kestabilan akan tercapai setelah diberi usaha pemadatan yang cukup.

2. Stabilisasi Kimiawi

Stabilisasi kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat- sifat kurang menguntungkan dari tanah. Metode stabilisasi ini biasanya dilakukan untuk tanah yang berbutir halus. Bahan pencampur yang dipergunakan untuk stabilisasi disebut *stabilizing agent* karena setelah diadakan pencampuran menyebabkan tanah menjadi lebih stabil. Bahan pencampur yang di gunakan seperti semen portland, kapur, abu sekam padi, abu batubara (*fly ash sodium*) dan lain-lain.

digunakan seperti semen portland, kapur, abu sekam padi, abu batubara *fly ash*, *sodium* dan lain-lain. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

- a) Menambah kepadatana secara teknis.
- b) Mencampur dengan tanah lain.
- c) Mencampur dengan materia.
- d) Merendahkan muka air drainase tanah.
- e) Pemanasan dengan temperatur tinggi.
- f) Menggamti tanah tanah yang buruk, dan lain sebagainya.

Metode atau cara memperbaiki sifata tanah ini juga dapat bergantung pada lama waktu pencemaran (*curing time*). Hal ini disebabkan karena dalam proses perbaikan sifat-sifat tanah terjadi proses kimia dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada dalam adiktif untuk bereaksi dengan tanah dan air. Stabilisasi tanah lempung clay A-7-6 sebagai media dengan bahan pencampuran kapur CaOH_2 dan abu sekam padi (*rice huskash*) yang dilakukkann penelitian ini univetrstas Sumatera Utara termasuk stabilitas secara kimiawi. Dimana kapur CaOH_2 dan abu sekam padi (*rice husk ash*) berfungsi untuk menambah daya dukung tanah lempung A-7-6 sebagai tanah dasar (*subgrade*) pada perkerasan jalan (Siagian, Devi. R, 2020).

2.4. Pematatan Tanah

Pada proyek konstruksi jalan, pemadatan untuk tanah dasar selalu dilakukan sebelum dihamparnya item-item perkerasan lainnya, guna untuk menaikkan daya dukung tanah dasarnya. Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan kepadatan kering yaitu massa partikel padat per satuan volume tanah. Kepadatan kering setelah pemadatan tergantung pada kadar air dan besarnya energi yang diberikan oleh alat pemadat dinyatakan usaha pemadatan Hasil pemadatan tanah dapat diketahui dari uji procktor standart di laboratorium dan uji *Sand cone* di lapangan. Sebelum dilakukan uji *sand cone* dilakukan pemadatan semaksimal mungkin untuk mencapai kepadatan maksimal yang diinginkan agar dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya (Bina marga, 2016).

Umumnya pemadatan tanah di lapangan menggunakan penggilas (*rollers*)

Jenis penggilas yang paling umum dipakai adalah :

1. Penggilas ban karet (angin)
2. Penggilas besi berpermukaan halus
3. Penggilas getar
4. Penggilas kaki kambing

2.5 Pengujian Pemadatan Lapangan

Salah satu cara untuk mengetahui kepadatan tanah di lapangan adalah dengan pengujian *sand cone*. Pada prinsipnya metode *sand cone* hanya dipergunakan untuk menentukan volume tanah yang digali pada lapisan perkerasan. Sedangkan berat dan kadar didalam contoh tanah dapat ditentukan masing-masing dengan menimbang dan mengeringkannya (Bina Marga, 2016).

Pada pengujian *sand cone* dapat dilihat pada Gambar 2.3 volume galian ditentukan dengan cara mengkonversikan berat pasir standart yang sudah diketahui volumenya yang diperlukan untuk mengisi lubang galian bekas pengambilan contoh tanah (Bina Marga, 2016).



Gambar 2.3 Alat uji *SandCone*

(Sumber : Spesifikasi pekerjaan tanah, 2016)

2.6 Pengujian Dynamic Cone Parameter

Pengujian *Dynamic cone penetrometer* ini dikembangkan oleh TRL (*Transport and Road Research Laboratory*), Crowthorne, Inggris dan mulai diperkenalkan di Indonesia sejak tahun 1985/1986. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah dasar, timbunan, atau suatu sistem perkerasan. Pengujian menggunakan DCP menghasilkan data yang dapat dianalisa untuk menghasilkan informasi yang akurat terhadap ketebalan dan kekuatan dari perkerasan jalan atau lapangan terbang. Pengujian ini akan memberikan data kekuatan tanah sampai kedalaman kurang lebih 70 cm dibawah permukaan lapisan tanah yang ada atau permukaan tanah dasar (Prisila I. L. Lengkong., Sartje Monintja., O.B.A. Sompie., J.F.R. Sumampouw, 2013).

Pengujian ini dilakukan dengan mencatat data masuknya konus yang tertentu dimensi dan sudutnya, ke dalam tanah untuk setiap pukulan dari palu/hammer yang berat dan tinggi jatuh tertentu pula. Pengujian dengan alat DCP ini pada dasarnya sama dengan *Cone Penetrometer* (CP) yaitu sama-sama mencari nilai CBR dari suatu lapisan tanah langsung di lapangan. Hanya saja pada alat CP dilengkapi dengan poving ring dan arloji pembacaan, sedangkan pada DCP adalah melalui ukuran (satuan) dengan menggunakan mistar percobaan dengan alat CP digunakan untuk mengetahui CBR tanah asli, sedangkan percobaan dengan alat DCP ini hanya untuk mendapat kekuatan tanah timbunan pada pembuatan badan jalan, alat ini dipakai pada pekerjaan tanah karena mudah dipindahkan ke semua titik yang diperlukan tetapi letak lapisan yang diperiksa tidak sedalam pemeriksaan tanah dengan alat sondir. Pengujian dilaksanakan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan penetrasi dari konus (kerucut logam) yang tertanam pada tanah/lapisan pondasi karena pengaruh penumbuk kemudian dengan menggunakan grafik dan rumus, pembacaan penetrometer diubah menjadi pembacaan yang setara dengan nilai CBR (Prisila I. L. Lengkong., Sartje Monintja., O.B.A. Sompie., J.F.R. Sumampouw, 2013).

Prinsip kerja DCP adalah bahwa kecepatan penetrasi dari konus ketika ditekan oleh kekuatan standar, sebanding dengan kekuatan bahan yang diukur. Bila lapis perkerasan yang diuji memiliki kekuatan yang berbeda, daerah lapisan disekitarnya dapat diidentifikasi dan ketebalan lapisan dapat ditentukan.

Transport Road Research (TRL, 1993), mengembangkan prosedur pengujian lapis perkerasan dengan DCP, menggunakan hubungan sebagai berikut:

- 1) Van Buuren, 1969, (Konus 60°), $\text{Log CBR} = 2,632 - 1,28 (\text{Log DCP})$
- 2) Kleyn & Harden, 1983, (Konus 30°), $\text{Log CBR} = 2,555 - 1,145 (\text{Log DCP})$
- 3) Smith & Pratt, 1983, (Konus 30°), $\text{Log CBR} = 2,503 - 1,15 (\text{Log DCP})$
- 4) 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 & Pratt, 1983 untuk konus 30° dengan persamaan $\text{Log CBR} = 2,503 - 1,15 (\text{Log DCP})$ dan TRL, 1990, untuk konus 60° dengan persamaan $\text{Log CBR} = 2,4 - 1,057 (\text{Log DCP})$. Pada umumnya setiap rangkaian pengujian perkerasan (*test pits*) di beberapa tempat yang dianggap mewakili suatu segmen jalan yang diuji. Disamping 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 (Prisila I. L. Lengkong., Sartje Monintja., O.B.A. Sompie., J.F.R. Sumampouw, 2013).

1. Kelebihan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

- 1) Menentukan kekakuan dalam mm/pukulan
- 2) Perubahan lapisan tanah dapat diketahui melalui perubahan kemiringan
- 3) Meminimalisir gangguan permukaan tanah
- 4) Informasi kekuatan dan desain dapat dikorelasikan dengan uji lain (CBR)
- 5) Biaya murah dan waktu yang dibutuhkan sedikit (cepat).

2. Kekurangan menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

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

2.6.1 Spesifikasi DCP

Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) adalah pengujian untuk menentukan nilai kepadatan tanah, yang hasil akhirnya berupa nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Untuk mendapatkan nilai CBR, hasil uji DCP ini dikorelasikan dengan suatu rumusan Korelasi Nilai DCP-CBR.

1. Konus : Baja khusus diameter 20 mm, sudut kemiringan 30°, 60°.
2. Palu Penumbuk : Berat 8 kg, tinggi jatuh 575 mm
3. Mistar : 100 cm
4. Batang Penetrasi : Diameter 16 mm

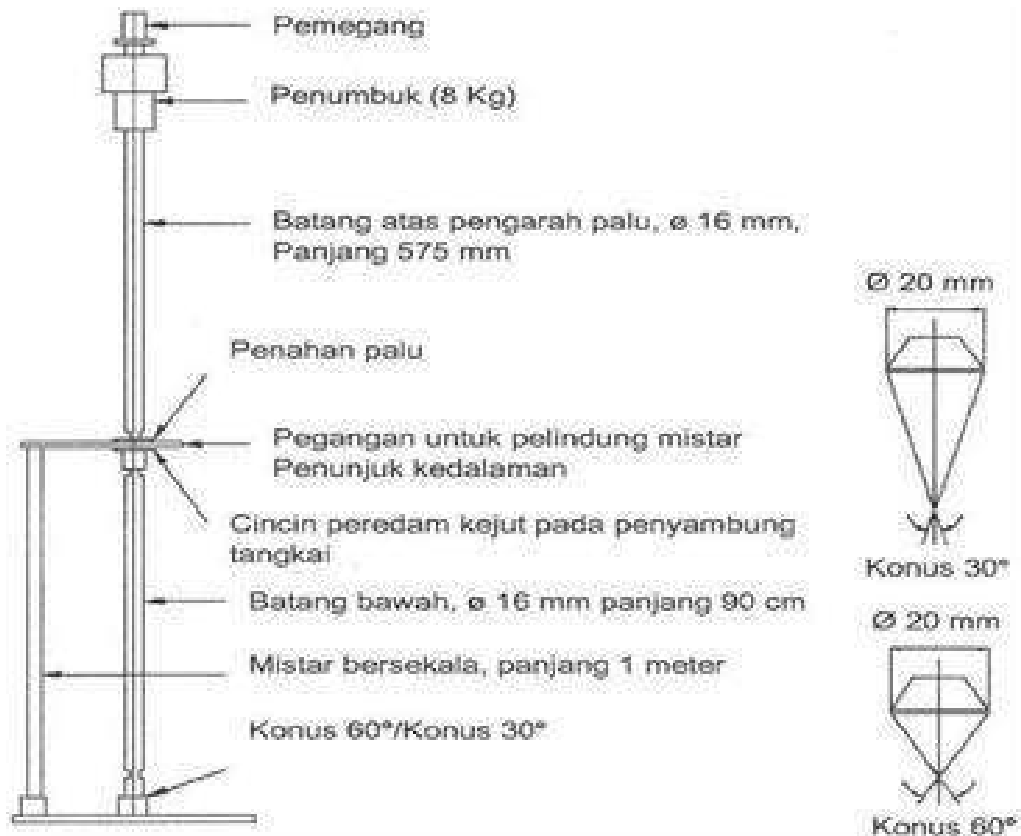
Hasil pemeriksaan dapat dinyatakan dengan :

- a. Penetrabilitas Skala penetrometer (SPP) yaitu mudah atau tidaknya melakukan penetrasi kedalaman tanah, dinyatakan dalam cm /tumbukan.
- b. Tahanan Penetrasi Skala (SPR) yaitu sukar atau tidaknya melakukan penetrasi kedalaman tanah, dinyatakan tumbukan/cm data lapangan umumnya dalam SPP, tetapi dalam analisa data dipergunakan SPR.

Hasil uji *Dynamic Cone Penetrometer* dikorelasikan ke dalam nilai CBR menggunakan rumusan korelasi DCP ke CBR (Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum no 4, 2010).

2.6.2 Gambar Alat dan Cara Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer*

Alat penetrometer konus dinamis (DCP) terdiri dari tiga bagian utama yang satu sama lain harus disambung sehingga cukup kaku, yaitu bagian pertama adalah bagian atas dimana dibagian atas terdapat pemegang, batang bagian atas berdiameter 16 mm tinggi jatuh setinggi 575 mm, penumbuk berbentuk silinder berlubang dengan berat 8 kg. Bagian tengah terdapat landasan penahan penumbuk terbuat dari baja, cincin peredam kejut, pegangan untuk pelindung mistar penunjuk kedalaman. Dan bagian bawah terdapat batang bagian bawah dengan panjang 90 cm dan diameter 16 mm, batang penyambung, mistar berskala panjang 1 meter, konus terbuat dari baja keras dan cincin pengaku (Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum no 4, 2010), seperti terlihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Alat Penguji *Dynamic Cone Penetrometer*
 (Sumber : Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum no.4, 2010)

Cara pengujian yaitu :

1. Letakkan alat DCP pada titik uji diatas lapisan yang akan diuji
2. Pegang alat yang sudah terpasang pada posisi tegak lurus diatas dasar yang rata dan stabil, kemudian catat pembacaan awal pada mistar pengukur kedalaman
3. Mencatat jumlah tumbukan:
 - 1) Angkat penumbuk pada tangkai bagian atas dengan hati-hati sehingga menyentuh batas pegangan
 - 2) Lepaskan penumbuk sehingga jatuh bebas dan tertahan pada landasan
 - 3) Catat jumlah tumbukan dan kedalaman pada formulir DCP, sesuai ketentuan-ketentuan sebagai berikut :
 - a) Untuk lapis pondasi bawah atau tanah dasar yang terdiri dari bahan yang tidak keras maka pembacaan kedalaman sudah cukup untuk setiap 1 tumbukan atau 2 tumbukan

b) Untuk lapis pondasi yang terbuat dari bahan berbutir yang cukup keras, maka harus dilakukan pembacaan kedalaman pada setiap 5 tumbukan sampai dengan 10 tumbukan

4. Hentikan pengujian apabila kecepatan penetrasi kurang dari 1mm/3 tumbukan. Selanjutnya lakukan pengeboran atau penggalian pada titik tersebut sampai mencapai bagian yang dapat diuji kembali.

Pengujian per titik minimum dilakukan duplo (dua kali) dengan jarak 20 cm dari jarak titik uji satu ke titik uji lainnya (Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum no 4, 2010).

Format pengujian DCP di lapangan, dengan mencatat jumlah tumbukan dan kedalaman yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Format Pengujian DCP

Stasiun :		Stasiun :		Stasiun :		Stasiun :	
Nomor Pukulan	Kummulatif Penetrasi	Nomor Pukulan	Kummulatif Penetrasi	Nomor Pukulan	Kummulatif Penetrasi	Nomor Pukulan	Kummulatif Penetrasi
	cm mm		cm mm		cm mm		cm mm
0		0		0		0	
1		1		1		1	
2		2		2		2	
3		3		3		3	
4		4		4		4	
5		5		5		5	
6		6		6		6	
7		7		7		7	
8		8		8		8	
9		9		9		9	
10		10		10		10	
11		11		11		11	
12		12		12		12	
13		13		13		13	
14		14		14		14	
15		15		15		15	
16		16		16		16	
17		17		17		17	
18		18		18		18	
19		19		19		19	
20		20		20		20	
21		21		21		21	
22		22		22		22	
23		23		23		23	
24		24		24		24	
25		25		25		25	
26		26		26		26	
27		27		27		27	
28		28		28		28	
29		29		29		29	
30		30		30		30	
31		31		31		31	
32		32		32		32	
33		33		33		33	
34		34		34		34	
35		35		35		35	
36		36		36		36	
37		37		37		37	
38		38		38		38	
39		39		39		39	
40		40		40		40	
41		41		41		41	
42		42		42		42	
43		43		43		43	
44		44		44		44	
45		45		45		45	
46		46		46		46	
47		47		47		47	
48		48		48		48	
49		49		49		49	
50		50		50		50	

PPK : _____ Tanggal : _____
 Paket : _____ Lokasi : _____
 Konus : 60°

Catatan :

(Sumber : PT.Kartika indah jaya,2022)

2.6.3 Bentuk Hubungan Nilai CBR–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. Pada literatur yang berjudul *Potential Application of Dynamic and Static Cone Penetrometers in MDOT Pavement Design and Construction. US Departement of Transportation Federal Highway Administration* dijelaskan 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 Buuren, 1969; Livneh, et. Al., 1992; and Coonse, 1999. Berdasarkan hasil dari penelitian yang lampau, banyak hubungan DCP dan CBR digambarkan pada rumus berikut ini :

$$\text{Log(CBR)} = a + b \log (\text{DCP}) \quad 2.13$$

Dimana:

DCP = Nilai DCP (mm/blow).

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

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

Persamaan diatas, dapat digunakan untuk beberapa jenis tanah, diantaranya tanah *granular, cohesive, aggregate base course, hingga piedmont residual soil*. Beberapa jenis tanah, rumus yang digunakan berbeda koefisien untuk persamaan garisnya (Prisila I. L. Lengkong,. Sartje Monintja, O.B.A. Sompie, J.F.R. Sumampouw, 2013).

2.6.4 Rumusan Korelasi DCP-CBR Para Peneliti

Berikut ini adalah beberapa rumusan yang dikembangkan oleh sejumlah pakar dan peneliti dan juga yang telah ditetapkan beberapa negara menjadi suatu peraturan nasional negara tersebut.

Tahun 1975, CSIR (*Council For Scientific And Industrial Research*) Afrika Selatan. Kleyn, (1975) melalui pengujian pada 2.000 sampel tanah bahan perkerasan jalan yang dicetak dalam 13 cetakan standar, diuji CBR yang diikuti dengan uji DCP menghasilkan rumusan korelasi berikut: $\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 2.62 - 1.27 \text{ log}_{10} \text{ DCP}$, atau $\text{CBR} = 410 (\text{DCP}) - 1.27$ (A. Tatang Dahlan 2005).

Tahun 1983, ARRB (*Australian Road Research Board*) (Smith dan Pratt, 1983) mengembangkan hubungan empiris korelasi antara uji DCP dan nilai CBR, yaitu: $\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 2.555 - 1.145 \text{ log}_{10} \text{ DCP}$ (A. Tatang Dahlan 2005).

Tahun 1987, NC DOT (*North Carolina Department of Transportation*) (Wu, 1987) Departemen Transportasi Carolina Utara, mengembangkan hubungan DCP dengan CBR berdasarkan hasil uji lapangan, dengan metode uji, dimana rata-rata tiga bacaan DCP diambil dalam area uji CBR dengan radius kurang dari 0,3 meter di sekitar lokasi uji CBR yaitu: $\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 2,64 - 1,08 \text{ log}_{10} \text{ DCP}$ (A. Tatang Dahlan, 2005).

Tahun 1990, UK.TRL (*Transport Research Laboratory*) yaitu Badan Perencanaan Jalan Raya Inggris mengembangkan suatu rumusan hubungan antara Nilai CBR dengan hasil uji nilai DCP dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 2.48 - 1.057 \text{ Log}_{10} \text{ DCP} \text{ (A. Tatang Dahlan, 2005).}$$

Tahun 1995 Monshe Livneh (Israel) mempublikasikan rumusan hubungan DCP-CBR, pertama dipublikasikan pada Konferensi Geoteknik Asia Tenggara di Bangkok, Thailand tahun 1987, lewat sejumlah penelitian tambahan di tahun 1991 dikoreksi dan terakhir tahun 1995 dikoreksi kembali menjadi: $\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 2.14 - 0.69 \text{ Log}_{10} (\text{DCP})^{1.5}$ (A. Tatang Dahlan, 2005).

Tahun 1994, Norwegian RRL (*Norwegian Road Research Laboratory*) (Ese dkk, 1994) melakukan penelitian korelasi nilai DCP lapangan dengan Nilai CBR laboratorium, dan menghasilkan rumusan: $\text{Log}_{10} \text{ CBR}_{\text{lab}} = 2.438 - 1.065 \text{ Log}_{10} \text{ DCP}_{\text{field}}$ (A. Tatang Dahlan, 2005).

Tahun 2010, Negara Indonesia lewat Kementrian Pekerjaan Umum, telah mengeluarkan Pedoman Rumusan korelasi antara nilai DCP-CBR lewat surat edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 04/SE/M/2010 dengan rumusan: $\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 2,8135 - 1.313 \text{ log}_{10} \text{ DCP}$ untuk konus 60° (tanah butir halus) $\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 1.3520 - 1,125 \text{ log}_{10} \text{ DCP}$ untuk konus 30° (tanah butir kasar) (A. Tatang Dahlan, 2005)

Tahun 1992 (Webster dkk, 1992) mengembangkan persamaan lain yang mewakili hubungan antara DCP dan CBR yang didasarkan pada nilai uji DCP dan CBR diuji di laboratorium yaitu: $\text{Log}_{10} \text{ CBR} = 2,465 - 1,12 \log_{10} \text{ DCP}$, atau $\text{CBR} = 292 / (\text{DCP})^{-1.12}$ (A.Tatang Dahlan, 2005).

Pada tahun 2003 ASTM (*American Society for Testing and Materials*) mengeluarkan suatu standar metode uji DCP pada Aplikasi Perkerasan Tanah Dangkal dengan kode ASTM D6951-03, dan direvisi lagi pada tahun 2009 menggunakan kode baru D6951/D6951M-09. Dalam standar ini ASTM menggunakan rumusan korelasi yang dikembangkan oleh (Webster dkk, 1992) dan rancangan alat DCP yang dipublikasikan oleh (Kleyn, 1982) sebagai ketentuan. Pada tahun 1994, Webster dkk (Webster, Brown dan Porter, 1994), selanjutnya menyempurnakan persamaan ini untuk menyesuaikan jenis tanah tertentu yaitu: $\text{CBR} = 1 / (0.002871 \text{ DCP})$ untuk tanah kriteria plastisitas tinggi (CH)

$$\text{CBR} = 1 / (0.017019 \text{ DCP})^2$$

2.6.5 Cara Menentukan Nilai CBR

Pencatatan hasil pengujian dilakukan menggunakan formulir pengujian penetrometer konus dinamis (Surat Edaran Menteri No.4, 2010).

1. Periksa hasil pengujian lapangan yang terdapat pada formulir pengujian Penetrometer Konus Dinamis (DCP) dan hitung akumulasi jumlah tumbukan dan akumulasi penetrasi setelah dikurangi pembacaan awal pada mistar Penetrometer Konus Dinamis (DCP)
2. Gunakan formulir hubungan komulatif (total) tumbukan dan komulatif penetrasi, terdiri dari sumbu tegak dan sumbu datar, pada bagian tegak menunjukkan kedalaman penetrasi dan arah horizontal menunjukkan jumlah tumbukan
3. Plot hasil pengujian lapangan pada salib sumbu di grafik
4. Tarik garis yang mewakili titik-titik koordinat tertentu yang menunjukkan lapisan yang relatif seragam
5. Hitung kedalaman lapisan yang mewakili titik-titik tersebut, yaitu selisih antara perpotongan garis-garis yang dibuat dalam satuan mm

6. Hitung kecepatan rata-rata penetrasi (DCP, mm/tumbukan atau cm/tumbukan) untuk lapisan yang relatif seragam
7. Nilai DCP diperoleh dari selisih penetrasi dibagi dengan selisih tumbukan
8. Gunakan gambar grafik atau hitungan rumus hubungan nilai DCP dengan CBR dengan cara menarik nilai kecepatan penetrasi pada sumbu horizontal keatas sehingga memotong garis tebal sudut konus 60° atau garis putus-putus untuk sudut konus 30° ;
9. Tarik garis dari titik potong tersebut kearah kiri sehingga nilai CBR dapat diketahui.

2.6.6 Daya Dukung Tanah Dasar (DDT)

Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik dengan CBR. CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambah (overlay) dan CBR laboratorium biasanya dipakai untuk perencanaan pembangunan jalan baru dan pelebaran. Untuk menentukan nilai CBR lapangan yang mewakili dapat dihitung menggunakan 2 cara, yaitu cara grafis dan cara analitis (SKBI, 1987).

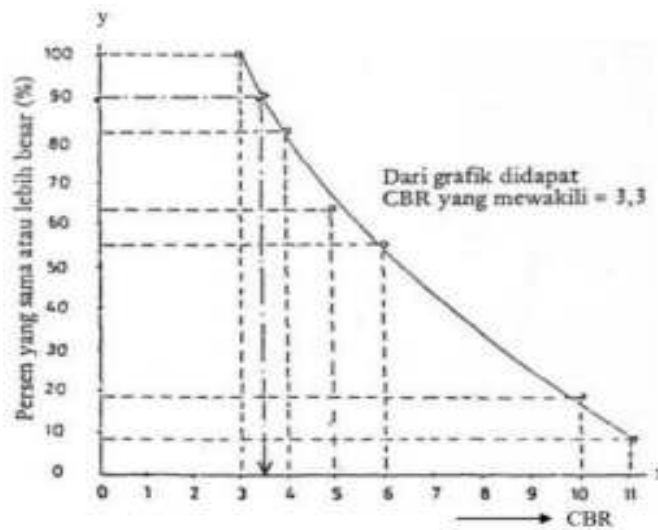
Yang mewakili dari sejumlah harga CBR yang dilaporkan, ditentukan dengan contoh sebagai berikut. Diketahui harga CBR = 3, 4, 3, 6, 6, 5, 11, 10, 6, 6, dan 4. Untuk mencari harga CBR yang mewakili dapat dijelaskan pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 perhitungan CBR

CBR	Jumlah Yang Sama Atau Lebih Besar	Persen (%) yang Sama Atau Lebih Besar
3	11	$11/11 \times 100\% = 100\%$
3	-	-
4	9	$9/11 \times 100\% = 81.8\%$
4	-	-
5	7	$7/11 \times 100\% = 63.6\%$
6	6	$6/11 \times 100\% = 54.5\%$
6	-	-
6	-	-
6	-	-
10	2	$2/11 \times 100\% = 18.2\%$
11	1	$1/11 \times 100\% = 9.0\%$

(Sumber : SKBI, 1987)

Contoh cara menentukan CBR yang mewakili dengan cara grafis dilihat pada Gambar 2.5.



gambar 2.5 Contoh penentuan CBR mewakili

(Sumber : SKBI, 1987)

Secara analitis CBR yg mewakili juga dapat ditentukan dengan menggunakan rumus persamaan berikut :

$$CBR_{\text{Segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R \quad 2.14$$

Dimana nilai R ditentukan dari nilai tabel untuk perhitungan CBR yg mewakili pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 nilai R untuk perhitungan CBR yang mewakili

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: Sukirman, 1999)

Menurut Harison, J.A ,*Corelation of CBR Dynamic Cone Penetrometer Stenght Measurment of Soil. Australian Road Research*, (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 yang di kenal dengan *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*. Disamping itu DCP adalah salah satu cara pengujian tanpa merusak atau *Non Destruktive Testing (NDT)* yang digunakan untuk lapis pondasi batu pecah pondasi bawah sirtu, stabilisasi tanah dengan semen atau kapur dan tanah dasar. secara analitis nilai DDT dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Sukirman, 1999).

$$DDT = 4,3 \text{ Log CBR} + 1,7 \qquad 2.15$$

Dimana :

DDT = Daya dukung tanah dasar

CBR = Nilai CBR tanah dasar

2.7 Perbedaan Pembangunan, Pemeliharaan, dan Peningkatan Jalan

Dalam perencanaan pembangunan jalan, ada beberapa perbedaan antara Pembangunan jalan baru, pemeliharaan jalan dan peningkatan jalan yang akan dijelaskan di bawah ini :

2.7.1 Pembangunan jalan

Pekerjaan pembangunan jalan meliputi pembuatan/pembukaan jalan baru sesuai dengan kebutuhan lalu lintas yang diperkirakan dan mengacu pada standar teknis jalan dengan umur rencana minimal 10 tahun. Pekerjaan pembangunan ini tidak menyangkut pembebasan/permasalahan lahan dan/atau yang melintasi hutan lindung (Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, 2018).

2.7.2 Pemeliharaan Jalan

Acuan yang dapat menentukan kondisi jalan bagaimana akan masuk ke pemeliharaan rutin, berkala, rehabilitasi dan rekosntruksi dapat dilihat melalui indeks kondisi perkerasan (IKP). IKP merupakan dasar yang objektif dan rasional untuk menentukan program pemeliharaan dan perbaikan yang perlu dilakukan serta prioritas penanganan dapat dilihat dari Tabel 2.7 (Kementrian Pekerjaan Umum 2012).

Tabel 2.7 penggunaan IKP untuk jenis penanganan

INDEKS KONDISI PERKERASAN (IKP)	JENIS PENANGANAN
≥ 85	Pemeliharaan rutin
70-85	Pemeliharaan berkala
55-70	Peningkatan
<55	Rekonstruksi

(Sumber :Kementrian Pekerjaan Umum, 2012)

Pemantauan yang terus menerus terhadap IKP dapat digunakan untuk mengetahui laju kerusakan perkerasan yang dapat dijadikan dasar identifikasi dini kebutuhan rehabilitasi. IKP juga dapat memberikan umpan balik terhadap kinerja perkerasan yang diperlukan untuk validasi atau perbaikan metode perancangan tebal perkerasan saat ini dan prosedur pemeliharaan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012).

Untuk pemeliharaan jalan ada beberapa jenis di bawah ini :

1. Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin jalan adalah kegiatan merawat serta memperbaiki kerusakan-kerusakan yang terjadi pada ruas-ruas jalan. Pemeliharaan rutin jalan sebagaimana dimaksud dilakukan sepanjang tahun (Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, 2018) meliputi kegiatan:

- a) Pemeliharaan/pembersihan bahu jalan
- b) Pemeliharaan sistem drainase (dengan tujuan untuk memelihara fungsi dan untuk memperkecil kerusakan pada struktur atau permukaan jalan dan harus dibersihkan terus menerus dari lumpur, tumpukan kotoran, dan sampah)
- c) Pemeliharaan/pembersihan rumaja
- d) Pemeliharaan pemotongan tumbuhan/tanaman liar (rumput-rumputan, semak belukar, dan pepohonan) di dalam rumaja
- e) Pengisian celah/retak permukaan (*sealing*)
- f) Penambalan lubang
- g) Pemeliharaan bangunan pelengkap dan
- h) Pemeliharaan perlengkapan jalan.

2. Pemeliharaan Berkala Jalan

Pemeliharaan berkala jalan adalah kegiatan penanganan pencegahan terjadinya kerusakan yang lebih luas dan setiap kerusakan yang diperhitungkan dalam desain agar penurunan kondisi jalan dapat dikembalikan pada kondisi kemantapan sesuai dengan rencana (Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, 2018).

Pemeliharaan jalan berkala meliputi kegiatan;

- a) Pelapisan ulang (*overlay*)
- b) Perbaikan bahu jalan
- c) Pelapisan aspal tipis, termasuk pemeliharaan pencegahan/preventive yang meliputi antara *lainfog seal, chip seal, slurry seal, micro seal, strain alleviating membrane interlayer (sami)*
- d) Pengasaran permukaan (*regrooving*)
- e) Pengisian celah/retak permukaan (*sealing*)
- f) Perbaikan bangunan pelengkap
- g) Penggantian/perbaikan perlengkapan jalan yang hilang/rusak
- h) Pemarkaan (*marking*) ulang
- i) Penambalan lubang
- j) Untuk jalan tidak berpenutup aspal/beton semen dapat dilakukan penggarukan, penambahan, dan pencampuran kembali material (*ripping and reworking existing layers*) pada saat pembentukan kembali permukaan; dan
- k) Pemeliharaan/pembersihan rumaja.

3. Rehabilitasi jalan

Rehabilitasi jalan adalah kegiatan penanganan pencegahan terjadinya kerusakan yang luas dan setiap kerusakan yang tidak diperhitungkan dalam desain, yang berakibat menurunnya kondisi kemantapan pada bagian/tempat tertentu dari suatu ruas jalan dengan kondisi rusak ringan, agar penurunan kondisi kemantapan tersebut dapat dikembalikan pada kondisi kemantapan sesuai dengan rencana (Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, 2018).

Rehabilitasi jalan meliputi kegiatan:

- a) Pelapisan ulang
- b) Perbaikan bahu jalan

- c) Perbaiki bangunan pelengkap
- d) Perbaiki/penggantian perlengkapan jalan
- e) Penambalan lubang
- f) Penggantian *dowel/tie bar* pada perkerasan kaku (*rigid pavement*)
- g) Penanganan tanggap darurat.
- h) Pekerjaan galian
- i) Pekerjaan timbunan
- j) Penyiapan tanah dasar
- k) Pekerjaan struktur perkerasan
- l) Perbaiki/pembuatan drainase, Pemarkaan
- m) Pengkerikilan kembali (*regraveling*) untuk perkerasan jalan tidak berpenutup dan jalan tanpa perkerasan, dan
- n) Pemeliharaan/pembersihan rumaja.

4. Rekonstruksi jalan

Peningkatan struktur yang merupakan kegiatan penanganan untuk dapat meningkatkan kemampuan bagian ruas jalan yang dalam kondisi rusak berat agar bagian jalan tersebut mempunyai kondisi mantap kembali sesuai dengan umur rencana yang ditetapkan atau Kegiatan peningkatan struktur jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapan jalan lainnya (Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, 2018).

Rekonstruksi jalan meliputi kegiatan:

- a) Perbaiki seluruh struktur perkerasan, drainase, bahu jalan, tebing, dan talud
- b) Peningkatan kekuatan struktur berupa pelapisan ulang perkerasan dan bahu jalan sesuai umur rencananya kembali
- c) Perbaiki perlengkapan jalan
- d) Perbaiki bangunan pelengkap dan
- e) Pemeliharaan/pembersihan rumaja.

2.7.3 Peningkatan Jalan

Dalam kegiatan peningkatan jalan, ada beberapa jenis pekerjaan meliputi :

1. Pada panjang efektif :
 - a) Perbaiki permukaan perkerasan (Lubang, retak, amblas, dll)
 - b) Persiapan lapis pondasi diatas perkerasan lama (agregat, campuran aspal/ATB)
 - c) Pelapisan permukaan aspal
 - d) Penambahan material bahu jalan dan pemadatan/menyesuaikan permukaan perkerasan
 - e) Perbaiki drainase/saluran tepi jalan dan gorong-gorong
 - f) Pemotongan rumput, pembersihan ruang milik jalan
 - g) Penggantian, perbaikan/pembersihan dan pengecatan rambu jalan.
2. Pada panjang fungsional, jenis pekerjaan yang dilakukan seperti kegiatan pemeliharaan rutin. Jenis pekerjaan meliputi :
 - a) Pada daerah pelebaran :
 - 1) Persiapan tanah dasar/subgrade
 - 2) Perataan/leveling perkerasan lama (agregat, campuran aspal/ATB)
 - 3) Pelapisan permukaan perkerasan aspal.
 - b) Pada daerah perkerasan lama :
 - 1) Perbaiki permukaan perkerasan (lubang,retak,ambblas, dll)
 - 2) Persiapan lapis pondasi diatas perkerasan lama
 - 3) Pelapisan permukaan perkerasan aspal.
 - c) Pada daerah diluar perkerasan :
 - 1) Penambahan material bahu jalan dan pemadatan
 - 2) Perbaiki drainase/saluran tepi jalan dan gorong-gorong
 - 3) Penggantian, perbaikan/pembersihan dan pengecatan rambu/perlengkapan jalan.

Peningkatan jalan yang dimaksud yaitu kegiatan untuk memperbaiki kondisi jalan yang kemampuannya tidak sesuai atau peningkatan bagian struktur ruas jalan dalam kondisi rusak, sampai suatu kondisi pelayanan yang mantap sesuai dengan umur rencana yang ditetapkan (Direktorat Jenderal Bina Konstruksi, 2018).

2.7.4 Penelitian Terdahulu Tentang Tanah Dasar (*Subgrade*)

Ada beberapa penelitian-penelitian terdahulu tentang tanah dasar (*Subgrade*) diantara nya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Tatang Sumarna, 2015), penelitian yang menghasilkan Kekuatan prototipe *subgrade* jalan usaha tani mempunyai nilai *California Bearing Ratio* (CBR) yang merupakan korelasi dari nilai *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), dimana pada kedalaman 0-340 mm, 340-590 mm dan 590-950 mm berturut-turut diperoleh nilai CBR rata-rata sebesar 7.62%, 19.67%, 21.91%. Nilai CBR tersebut lebih besar dari nilai CBR rencana yaitu 5.7%. Hal ini berarti *subgrade* memenuhi syarat kekuatan.
2. Penelitian yang dilakukan oleh (Azwarman, 2015), penelitian yang menghasilkan Hasil uji menggunakan metode DCP menunjukkan pola yang sama dengan hasil uji CBR *In Place Test*. Hal ini menunjukkan adanya kesesuaian metode pemeriksaan daya dukung pada kedua metode. Nilai CBR yang berbeda pada kedua metode akan menghasilkan nilai CBR segmen yang berbeda pula. Hal ini akan mempengaruhi perencanaan perkerasan dalam ketebalan lapisannya.
3. Penelitian yang dilakukan oleh (Syahrudin, 2010) penelitian tentang pengujian daya dukung perkerasan jalan dengan DCP sebagai standar untuk evaluasi perkerasan jalan. Dari pengujian DCP dapat diketahui kedalaman lapisan perkerasan dan nilai CBR. Pengujian DCP relatif sangat cepat untuk mengidentifikasi nilai CBR lapis perkerasan jalan yang ada di lapangan, untuk penyelidikan atau pemeriksaan tebal dan daya dukung perkerasan jalan. Oleh sebab itu pengujian DCP perlu dijadikan pedoman untuk mengidentifikasi nilai CBR lapangan di indonesia.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

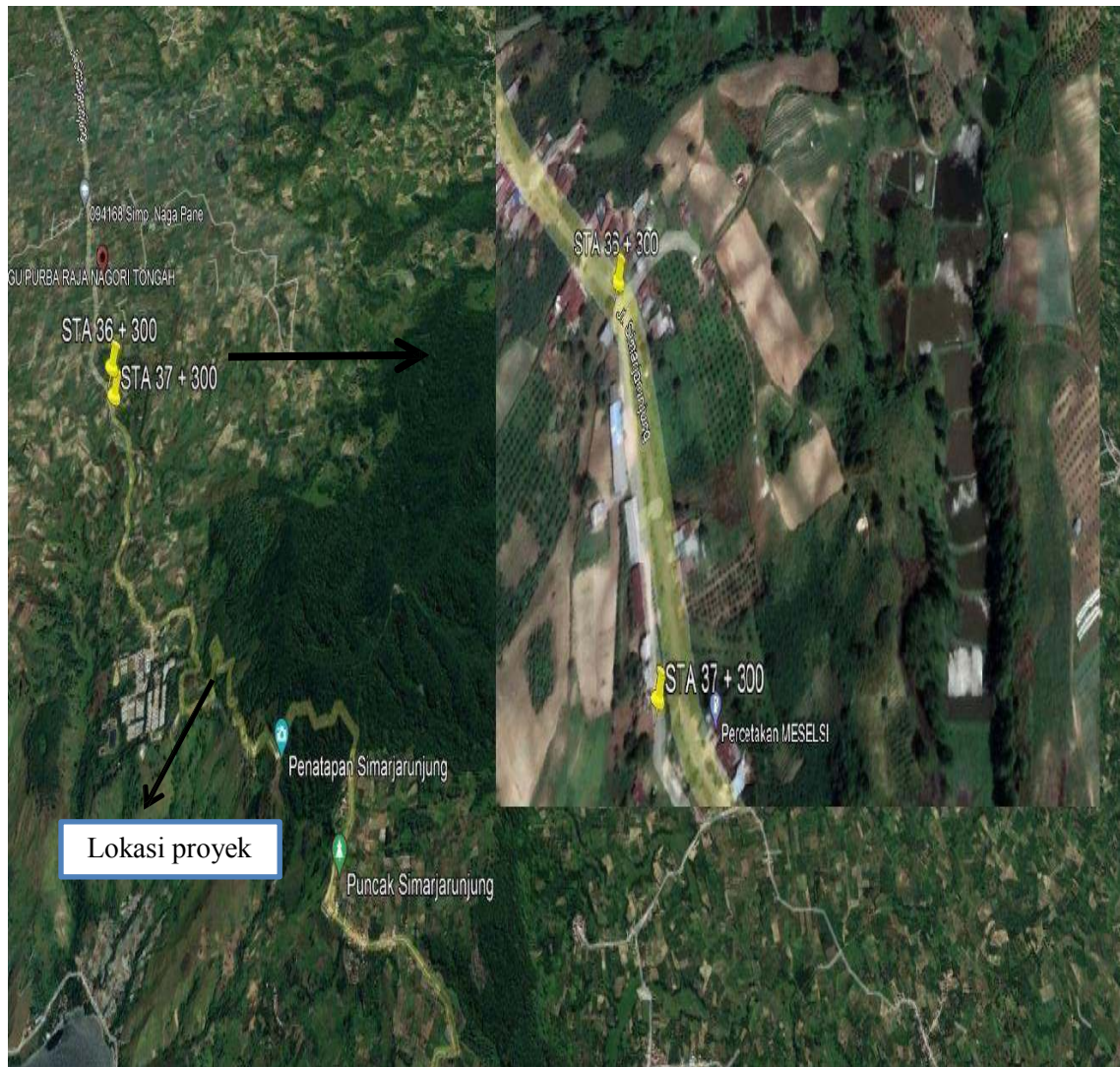
3.1 Tinjauan Umum

Ketika akan melakukan kajian untuk analisa daya dukung tanah terhadap suatu lokasi pembangunan maka di perlukan beberapa sumber data untuk diolah guna untuk mendapatkan nilai kekuatan daya dukung tanah pada lokasi tersebut. Ada banyak cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan data demi kelancaran dan kesempurnaan analisa, ada saat nya juga harus turun ke lapangan untuk melakukan pengujian langsung dan juga ada saat nya untuk mencari berbagai sumber pendukung yang akan digunakan sebagai referensi terhadap suatu analisa. Pada penelitian ini akan dibahas nilai daya dukung tanah pada lokasi penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang saya lakukan untuk studi kasus “Analisa daya dukung tanah pada lapisan *subgrade* jalan menggunakan metode *Dynamic Cone Parameter*“ tepatnya pada segmen 11 STA 36+300 – STA 37+300, yang berada di Tiga Runggu Kecamatan Silimakuta Kabupaten Simalungun. Pada lokasi penelitian ini diambil 11 titik data DCP yaitu dibagian kiri dan kanan pelebaran jalan dengan zigzag. Jarak titik DCP tersebut sudah memenuhi syarat standar nasional Indonesia dimana untuk struktur memanjang (jalan raya, rel kereta, *runway* dan *taxway*) jumlah penyidikan tanah 50 meter sampai 200 meter , kecuali *runway* dan *taxway* jarak maksimum dibatasi 100 meter. Jarak yang besar dapat dipakai pada investigasi awal. Tambahan titik diantaranya apabila hasil investigasi awal menunjukkan adanya variasi tanah yang perlu diinvestigasi lebih detail agar memenuhi syarat. (Persyaratan Perancangan Geoteknik SNI Indonesia 8640:2017).

Lokasi Pembangunan Jalan Tiga Runggu – Tanjung Dolok dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Sumber:google earth, 2022)

3.3 Data Umum Proyek

Dalam pengumpulan data pada lokasi penelitian proyek preservasi jalan Tiga Runggu-Tanjung Dolok didapat data data umum tentang proyek adalah sebagai berikut :

1. Nama pekerjaan : Preservasi jalan Tiga Runggu-Tanjung Dolok
2. Lokasi : Tiga Runggu-Tanjung Dolok
3. Pemiliki proyek : Kementrian pekerjaan umum
4. Kontraktor pelaksana : PT.Kartika Indah Jaya
5. Konsultan supervisei : PT.Anugrah Kridapradana KSO
PT.Berlian Jaya PT.Guteg Harindo

3.4 Survey Pendahuluan

Tahapan persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai tahapan pengumpulan data dan pengolahan data. Dalam tahapan awal ini disusun beberapa hal-hal penting yang harus dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Adapun langkah dalam tahap persiapan ini antara lain sebagai berikut:

1. Studi pustaka terkait materi skripsi untuk dapat menentukan garis-garis besar tujuan dan permasalahan dan menentukan kebutuhan data yang akan digunakan.
2. Mencari informasi melalui instansi terkait yang dapat dijadikan sebagai sumber informasi untuk proyek yang sedang berlangsung.
3. Survey ke lokasi proyek untuk mengetahui gambaran umum dan kondisi pekerjaan di lapangan.

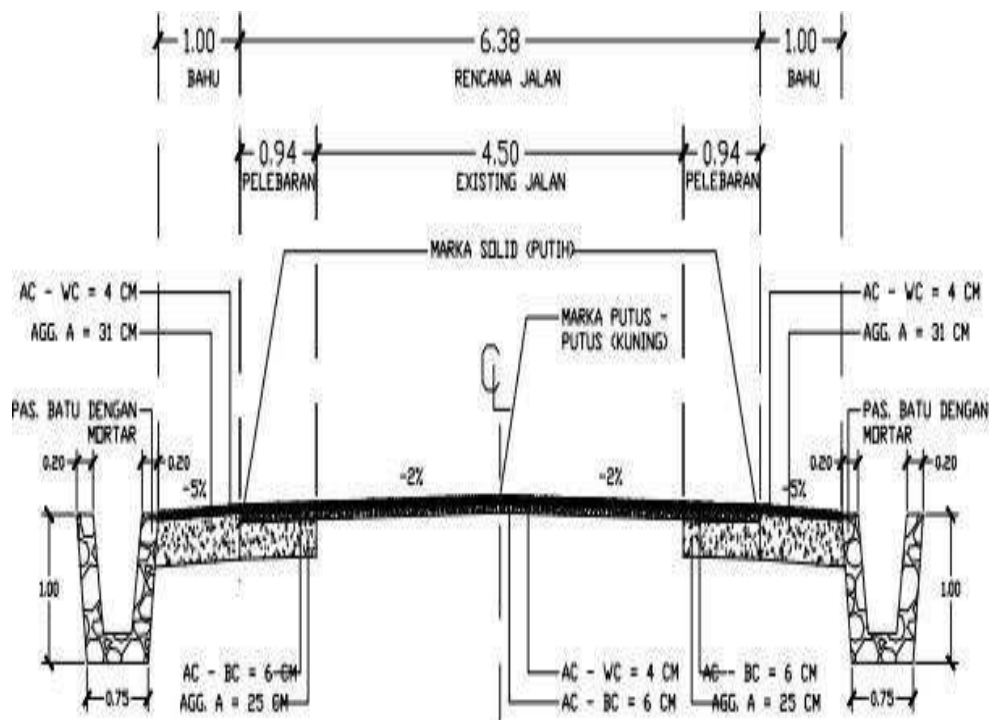
Persiapan dalam langkah-langkah diatas harus dilakukan dengan cermat agar tidak ada bagian yang terlupakan ataupun pekerjaan berulang yang mengakibatkan pekerjaan pada tahap pengumpulan data tidak maksimal.

3.4 Pengumpulan Data

Data-data yang akan dianalisa untuk mendukung penyusunan skripsi ini secara keseluruhan didapat dari proyek pembangunan preservasi jalan Tiga Runggu-Tanjung Dolok sebagai data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui pengumpulan data yang sudah ada hasil penelitian atau survey konsultan. Adapun data yang dikumpulkan berikut ini:

3.4.1 Data Gambar

Dalam pengumpulan data pada analisa ini, data gambar yang diperoleh dalam analisa ini adalah merupakan Gambar Rencana yang diberikan oleh Owner PT. Kartika Indah Jaya. Data gambar disini berisikan gambar Peta Lokasi Proyek, gambar potongan Melintang dan Memanjang Proyek.



TYPICAL CROSSSECTION
SEGMENT 10

Gambar 3.2 Cross Section

(Sumber: PT Kartika Indah Jaya, 2022)

3.4.2 Data Tanah

Data CBR tanah, yang merupakan hasil pengujian langsung di lapangan maupun pengujian di laboratorium. Data ini diperlukan untuk menentukan besar nilai daya dukung tanah dalam menahan/mendukung beban yang bekerja di atasnya, yaitu beban yang bekerja di atas perkerasan jalan, atau untuk mengevaluasi potensi kekuatan material pada lapisan tanah dasar. Data diperoleh dari owner yaitu PT. Kartika Indah Jaya yang akan dilampirkan pada lampiran.

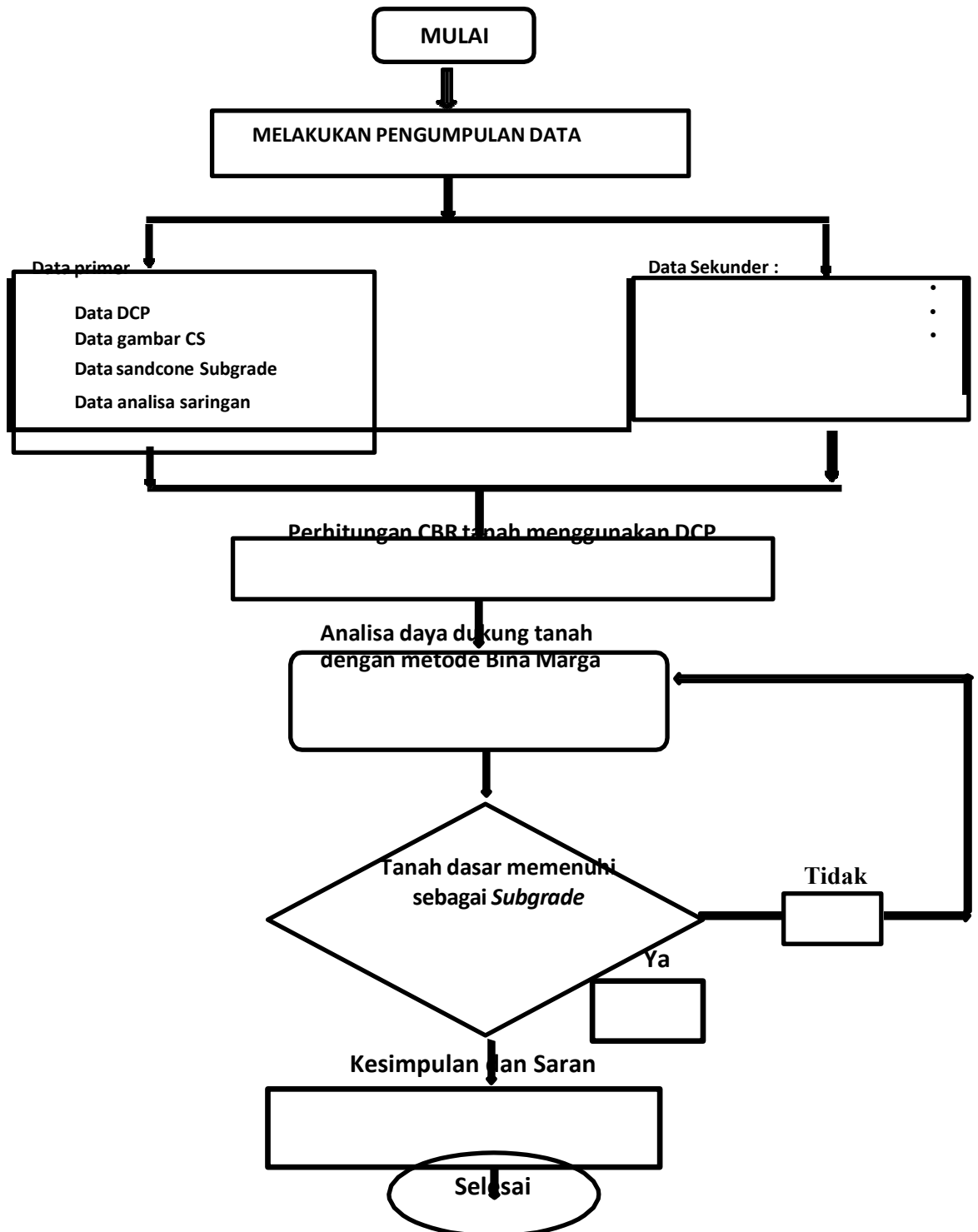
3.5 Metodologi Penelitian

Adapun metodologi dari penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Survei dan pengambilan data ke lokasi proyek , adapun pengambilan data yang di lakukan yaitu data DCP yang di gunakan untuk memperoleh nilai CBR.
2. Studi literatur. Yaitu mempelajari buku buku referensi untuk yang tersedia baik dari media cetak atau pun internet.
3. Diskusi interkatif. Melakukan diskusi tanya jawab kepada teknisi proyek yang berada di lokasi. Pengamatan langsung ke proyek.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Tahapan dalam penyusunan tugas akhir ini dapat di lihat pada Gambar 3.3 berikut



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian