

**ANALISIS KORELASI TAHANAN KONUS DENGAN NILAI
CBR LABORATORIUM DAN CBR HASIL UJI DCP
(STUDI KASUS INDRAGIRI HULU DAN PEKANBARU)**

Tesis

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam Mencapai Gelar
Derajat Magister Teknik*



OLEH :

ERNY

NPM: 163121019

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah puji dan syukur kehadiran Allah Swt yang telah begitu banyaknya melimpahkan Rahmat dan Karunianya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk meraih Magister Teknik (MT) dalam bidang Geoteknik dan Jalan Raya pada Pascasarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau Adapun yang menjadi judul dalam Tesis ini adalah “*Analisis Korelasi Tahanan konus Dengan Nilai CBR Laboratorium Dan CBR Hasil Uji DCP (Studi Kasus Indragiri Hulu Dan Pekanbaru)*”

Tesis ini pada dasarnya dilakukan karena keingintahuan penulis tentang mengetahui korelasi tahanan konus dengan nilai CBR laboratorium dan CBR lapangan alat uji DCP dan yang akan di bandingkan dengan peneliti sebelumnya.

Dengan penuh kerendahan hati penulis merasa Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritikan yang sifatnya untuk memajukan dan meningkatkan penelitian ini nantinya, yang mana hasilnya nanti lebih bermanfaat dan dapat digunakan oleh semua pihak yang membutuhkannya.

Pekanbaru, November 2020

Erny

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tesis ini. Penulis menyadari bahwa penelitian tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam penulisan dan penyelesaian Tesis ini tak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Rektor Universitas Islam Riau Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH, MCL .
2. Bapak Direktur Program Pascasarjana Prof. Dr. H. Yusri Munaf, S.H, M. Hum dan Civitasnya khususnya program studi Magister Teknik Sipil, Dosen Pengampu dan Staf Akademik.
3. Ibu Dr. Elizar, ST, MT sebagai penguji sekaligus sebagai ketua program Magister Teknik Sipil UIR.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST, MT sebagai Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Rony Ardiansyah, MT sebagai Dosen Pembimbing II.
6. Suami tercinta Hendri Suan, SE dan Papa, Mama, Ibu, keluarga besar Dermawan dan Cendana yang selalu membantu baik materi maupun do'a dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Pimpinan dan karyawan laboratorium Universitas Islam Riau terutama Kak Miswaty,ST,MT yang telah memberi masukan dan data - data kepada penulis.
8. Pimpinan dan karyawan CV. Momen Area yang telah memberi masukan dan data - data kepada penulis Riau terutama Kak Yuly Astuty, ST, MT dan Ririn.
9. Pimpinan, staff pengajar, karyawan dan mahasiswa-mahasiswi STT-I Rengat
10. Buat teman-teman dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini Pak Mastur, Rahmi Eka dan Sri Wahyuni, ST, MT.

Terima kasih atas segala bantuannya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua, dan segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. *Wassalamu'alaikum Wr.Wb.*

Penulis

**ANALISIS KORELASI TAHANAN KONUS DENGAN NILAI
CBR LABORATORIUM DAN CBR HASIL UJI DCP
(STUDI KASUS INDRAGIRI HULU DAN PEKANBARU)**

**E R N Y
NPM : 163121019**

Abstrak

Penyelidikan tanah dibutuhkan untuk data perancangan fondasi bangunan ataupun pembangunan perkerasan. Penyelidikan tanah ada di lapangan (CPT dan DCP) dan ada laboratorium (CBR laboratorium). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui korelasi CBR di laboratorium dan CBR lapangan alat uji DCP dan korelasi antara nilai q_c dengan CBR laboratorium dan CBR lapangan berdasarkan beberapa jenis tanah dibandingkan peneliti sebelumnya Rahardjo(1995) memperoleh korelasi CBR dan q_c tanah lempung yang dipadatkan $CBR = \frac{1}{2} q_c$ dan Schmertmann tanah pasir sebesar $CBR = \frac{1}{3} q_c$ CBR (*In-situ*).

Data analisis objek penelitian di lokasi pembangunan PKS PT. Inecda (ST.03, ST.04 dan ST.05) di Indragiri Hulu dan pembangunan Jalan Nasional Propinsi Riau (STA 0+600, STA 6+000, dan STA 17+000) di Pekanbaru yang telah diadakan pengujian lapangan dengan CPT dan uji dinamis DCP serta pengambilan sample tanah untuk CBR laboratorium. Pelaksanaan CBR lapangan alat uji DCP sesuai Departemen Pekerjaan Umum tahun 2008 dan CBR laboratorium sesuai SNI-03-1744-1989. Klasifikasi tanah pada CPT berdasarkan *cone resistant* (q_c) dan *friction Ratio* (fr) di plotkan pada gambar Robertson dan Campanella (1986).

Hasil penelitian didapat korelasi CBR laboratorium dengan CBR lapangan alat uji DCP, nilai CBR alat uji yang diperoleh selalu nilai DCP lebih kecil dari CBR laboratorium, Rasio nilai CBR uji DCP berbanding CBR laboratorium berkisar 72% - 90%, dimana pada tanah lempung memiliki nilai lebih tinggi (tanah lempung rasio mendekati CBR laboratorium) dan korelasi nilai tahanan konus dengan CBR laboratorium pada penelitian nilai lebih mendekati teori Schmentmaan pasir $CBR = \frac{1}{3} q_c$ dan CBR untuk lempung Raharjo (1995) $CBR = \frac{1}{2} q_c$, pada penelitian pasir 0,26 q_c dan lempung 0,48 q_c sedangkan CBR alat uji DCP pasir 0,21 q_c dan lempung 0,42 q_c . Hasil penelitian berbagai jenis tanah (jenis tanah baik sampai jenis tanah jelek), tanah pasir berlanau mendekati pasir CBR alat uji DCP 0,18 q_c dan CBR laboratorium 0,24 q_c . Tanah pasir berlanau mendekati lanau berpasir 0,28 q_c dan CBR laboratorium 0,32 q_c . Tanah lempung berlanau mendekati lanau pada CBR alat uji DCP 0,42 q_c dan CBR laboratorium dengan 0,49 q_c . Tanah lempung mendekati organik CBR alat uji DCP 0,425 q_c dan CBR laboratorium 0,475 q_c . Nilai perbandingan CBR/ q_c semakin kecil diperoleh jenis tanah baik dan semakin jelek jenis tanah yang di peroleh maka nilai CBR/ q_c semakin tinggi.

Kata-kata kunci : *California Bearing Ratio (CBR), CBR laboratorium, CBR lapangan, Cone penetration Test (CPT), Korelasi.*

**CORRELATION ANALYSIS WITH VALUE RESISTANCE CONCUSS
CBR LABORATORY AND CBR DCP TEST RESULTS
(CASE STUDY INDRAGIRI HULU AND PEKANBARU)**

ERNY

NPM: 163121019

Abstract

Soil investigation is needed for building foundation design data or construction of buildings. Soil investigations are in the field (CPT and DCP) and there are laboratories (CBR laboratories). The purpose of this study was to determine the correlation between CBR in the laboratory and field CBR of DCP test equipment and the correlation between q_c values with laboratory CBR and field CBR based on several types of soil compared to previous researchers Rahardjo (1995) obtained a correlation between CBR and q_c of compacted clay soil $CBR = \frac{1}{2} q_c$ and Schmertmann sand soil for $CBR = \frac{1}{3} q_c$ CBR (In-situ).

Data analysis of research objects at the PT. Inecda (ST.03, ST.04 and ST.05) in Indragiri Hulu and the construction of the Riau Province National Road (STA 0+600, STA 6+000, and STA 17+000) in Pekanbaru which has conducted field testing with CPT and DCP dynamic test and soil sampling for laboratory CBR. Implementation of field CBR for DCP test equipment according to the Ministry of Public Works in 2008 and CBR laboratory according to SNI-03-1744-1989. Soil classification on CPT based on cone resistance (q_c) and friction ratio (fr) is plotted in the Robertson and Campanella (1986) figure.

The results showed that the correlation between laboratory CBR and field CBR for DCP test equipment, CBR value for test equipment obtained is always the DCP value is smaller than laboratory CBR, the ratio of the CBR value of DCP to laboratory CBR ranges from 72% - 90%, where clay has a higher value. height (clay soil ratio close to laboratory CBR) and the correlation value of conus resistance with laboratory CBR in the study, the value is closer to the Schmentmaan theory of sand $CBR = \frac{1}{3} q_c$ and CBR for clay Raharjo (1995) $CBR = \frac{1}{2} q_c$, in sand research 0.26 q_c and clay is 0.48 q_c while CBR is a DCP test tool for sand 0.21 q_c and clay 0.42 q_c . The results of the research were various types of soil (good soil types to bad soil types), silty sand soil approaching CBR sand, DCP test tool 0.18 q_c and laboratory CBR 0.24 q_c . The sandy soil is silty close to the sandy silt of 0.28 q_c and laboratory CBR of 0.32 q_c . The silt clay soil approaches silt on the CBR of the DCP test apparatus 0.42 q_c and the laboratory CBR with 0.49 q_c . Clay soil is close to organic CBR, DCP test tool is 0.425 q_c and laboratory CBR is 0.475 q_c . The CBR/q_c comparison value the smaller the good soil type is obtained and the worse the soil type obtained, the higher the CBR/q_c value.

Key words: California Bearing Ratio (CBR), laboratory CBR, field CBR, Cone penetration Test (CPT), Correlation.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penilitan Terdahulu	4
2.2 Keaslian Penilitian	5
BAB III LANDASAN TEORI	6
3.1 Tinjauan Umum.....	6
3.2 Klasifikasi Tanah	6
3.3 Sondir / <i>Cone Penetration Test</i> (CPT).....	9
3.4 Uji CBR.....	11
3.5 CBR Laboratorium.....	12
3.5.1 Peralatan CBR Laboratorium.....	12

3.5.2 Benda Uji CBR laboratorium	14
3.5.3 Perhitungan CBR laboratorium.....	16
3.6 DCP.....	17
3.6.1 Peralatan Alat menggunakan DCP.....	18
3.6.2 Cara Pengujian DCP	21
3.6.3 Cara Menentukan Nilai CBR.....	22
3.7 Analisa Korelasi	24
3.8 Aplikasi Uji sondir Kepadatan Tanah Dan CBR.....	24
BAB IV. METODE PENELITIAN	26
4.1 Lokasi Penelitian	24
4.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	28
4.3 Teknik Pengumpulan Data	31
4.4 Langkah – Langkah Analisis.....	31
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
5.1 Gambaran Umum	33
5.2 Hasil Pengolahan Data.....	33
5.2.1 CBR Lapangan Alat Uji DCP.....	33
5.2.2 CBR Laboratorium	34
5.2.3 Klasifikasi Tanah CPT	35
5.3 Pembahasan Dan Analisis	42
5.3.1 Korelasi CBR Laboratorium Dan CBR Lapangan..	43
5.3.2 Korelasi Nilai q_c Dengan Nilai CBR Berdasarkan Jenis Tanah.....	45
5.3.3 Membandingkan Penelitian	47
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
6.1 Kesimpulan	48
6.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tanah Berbutir Kasar.....	7
Tabel 3.2	Tanah Berbutir Halus.....	7
Tabel 3.3	Hubungan Nilai q_c Terhadap Konsistensi Tanah	10
Tabel 3.4	Output Nilai Korelasi.....	24
Tabel 4.1	Lokasi Penelitian.....	26
Tabel 5.1	Hasil CBR Alat Uji DCP	34
Tabel 5.2	Pengujian CBR Laboratorium.....	35
Tabel 5.3	CBR Laboratorium (Data CV. Momen Area).....	35
Tabel 5.4	Klasifikasi Jenis Tanah Data CPT 0.00 -1.00 meter.....	38
Tabel 5.5	Persentase Klasifikasi Jenis Tanah.....	41
Tabel 5.6	Klasifikasi Jenis Tanah	42
Tabel 5.7	Korelasi CBR Alat Uji DCP Dan CBR Laboratorium	43
Tabel 5.8	Korelasi Nilai q_c Dengan Nilai CBR.....	45
Tabel 5.9	Nilai CBR/ q_c Berdasarkan Jenis Tanah lempung dan Pasir....	46
Tabel 5.10	Perbandingan Penelitian.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Klasifikasi Tanah oleh Robertson Dan Campanella.....	8
Gambar 3.2	Mesin Penetrasi CBR laboaratorium	13
Gambar 3.3	Perataan Benda Uji	14
Gambar 3.4	Penetrometer Konus Dinamis.....	20
Gambar 3.5	Bagian Penetrometer Dinamis	20
Gambar 3.6	Hubungan Nilai DCP dengan CBR	23
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian Di Indragiri Hulu	27
Gambar 4.2	Lokasi Penelitian Di Pekanbaru	28
Gambar 4.3	Bagan Alir Penelitian.....	30
Gambar 5.1	Klasifikasi Tanah Berdasarkan q_c dan f_r	36
Gambar 5.2	Korelasi CBR Laboratorium dan CBR lapangan	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A

- Lampiran A.1 DCP
- Lampiran A.2 Data CBR laboratorium Sekunder
- Lampiran A.3 CBR Laboratorium Pimer
- Lampiran A.4 Data CPT
- Lampiran A.5 Klasifikasi Tanah Berdasarkan CPT

Lampiran B

- Lampiran B.1. Dokumentasi

Lampiran C

- Lampiran C.1 Berita Acara Asistensi
- Lampiran C.2 Surat-surat

DAFTAR NOTASI

CBR	: <i>California Bearing Ratio</i> (%)
D	: Kedalaman Penetrasi (mm ² /Tumbukkan)
Fr	: <i>Friction Ratio</i> (%)
H _n	: Ketebalan Lapisan Tanah ke- n
q _c	: <i>Qonus Cone</i> (Kg/cm ²)



BAB I

PENDAHULUAN

Suatu penelitian pada dasarnya diangkat dari permasalahan dan dituangkan dalam bentuk tulisan yang diungkapkan dengan tegas. Pendahuluan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa sub bab yaitu latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah penelitian dan manfaat penelitian. Adapun isi dari masing-masing sub bab sebagai berikut.

1.1 Latar belakang

Penyelidikan tanah dilapangan dibutuhkan untuk data perancangan fondasi bangunan ataupun pembangunan perkerasan jalan. Penyelidikan tanah dapat dilakukan di laboratorium dan di lapangan. Pengujian tanah di laboratorium harus menyediakan data tanah yang akan digunakan dalam perancangan, Pengujian laboratorium salah satunya uji CBR. Adapun penyelidikan tanah di lapangan seperti uji Sondir atau *Cone penetration Tes* (CPT) dan uji DCP (*Dynamic Cone penetrometer*). Beberapa cara penyelidikan tanah tersebut memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan yang bisa dilihat perbandingannya setelah melakukan uji langsung di lapangan maupun di laboratorium. Pengujian lapangan dengan CPT hanya menentukan profil tanah dan tidak dapat mengidentifikasi kekuatan tanah. Kekuatan tanah dapat diketahui dengan pengujian seperti *California Bearing Ratio* (CBR) yang dapat dilakukan CBR laboratorium dan uji CBR lapangan CBR lapangan (uji CBR standar ataupun menggunakan *Dynamic Cone Penetrometer* / DCP)

Pembandingan CBR laboratorium dengan CBR lapangan maka akan memperoleh hubungan nilai CBR. Nilai CBR *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan CBR laboratorium dikorelasikan tahanan konus (q_c) data CPT untuk mengetahui hubungannya dan perbandingannya. Rahardjo (1995) memperoleh korelasi CBR dan q_c tanah lempung yang dipadatkan sebesar $CBR = \frac{1}{2} q_c$ dan

Schmertmann mendapatkan nilai korelasi untuk tanah pasir sebesar $CBR = \frac{1}{3} q_c$ CBR (*In-situ*). Untuk itu perlu dilakukan penelitian tentang korelasi tahanan konus dengan nilai CBR laboratorium dan CBR hasil uji DCP.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan, antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana korelasi CBR di laboratorium dan CBR lapangan alat uji DCP?
2. Bagaimana korelasi antara nilai tahanan konus (q_c) dengan CBR laboratorium dan CBR lapangan berdasarkan beberapa jenis tanah dibandingkan peneliti sebelumnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini:

1. Menentukan korelasi CBR laboratorium dan CBR lapangan alat uji DCP.
2. Menentukan korelasi antara nilai tahanan konus (q_c) dengan nilai CBR laboratorium dan CBR lapangan berdasarkan beberapa jenis tanah dibandingkan peneliti sebelumnya

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di lokasi kabupaten Indragiri Hulu dan Pekanbaru di Propinsi Riau
2. Pengujian di lapangan dengan menggunakan uji penetrasi konus (CPT) dan uji penetrasi konus dinamis (DCP) dengan kedalaman 1 meter
3. Pengujian CBR laboratorium hanya berupa jenis tanah di lapangan berdasarkan cara visual kemudian menggali lubang uji (*test-pit*) kedalaman 1 meter dengan posisi sama DCP. Metode ini dilakukan dengan cara

mengebor tanah dan mengambil sampel tanah untuk tiga titik Kabupaten Indragiri Hulu.

4. Prediksi jenis tanah dari data CPT akan dilakukan berdasarkan grafik klasifikasi tanah oleh Robertson dan Campanella (1986) yakni dari perbandingan antara angka friksi (f_r) dengan perlawanan konus (q_c).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak baik perencana dan masyarakat. Manfaat tersebut antara lain:

1. Bagi perencana, mengetahui pentingnya peranan pengujian di lapangan dengan uji sondir (CPT) dan uji dinamis DCP dan CBR laboratorium sebagai acuan untuk perencanaan bangunan
2. Bagi jasa konstruksi, untuk mendapatkan informasi tentang kondisi tanah pada lokasi yang akan dibangun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka memuat uraian sistematis tentang hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti terdahulu serta memiliki hubungan erat dengan penelitian yang akan dilakukan dan belum terpecahkan secara memuaskan. Dalam penelitian ini disajikan beberapa hasil penelitian terdahulu yaitu Achmad (2009), Prisia, dkk (2013) dan irfan (2014) dan perbedaan penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Achmad (2009) meneliti tentang koresi nilai hambatan konus (q_c) dan CBR lapangan pada tanah Desa Imbou. Penelitian mencari hubungan tanah ujung (q_c) dan nilai CBR dilapangan (DCP). Penelitian ini menggunakan data sondir dengan CPT dan CBR lapangan dengan DCP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan yang CBR tanah lempung lunak = $0,27 q_c$.

Irfan (2014) meneliti tentang korelasi nilai q_c data CPT dengan nilai CBR data DCP di beberapa lokasi kota Pekanbaru. Penelitian ini mengetahui perbandingan nilai q_c dari data uji penetrasi konus (CPT) dan nilai CBR dari data *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dengan menggunakan grafik Robertson dan Campanella (1986) memiliki CBR/q_c $0,5109 - 0,8$ Nilai perbandingan CBR/q_c yang kecil diprediksi jenis tanahnya akan bagus. CBR tanah Lempung = $0,503 q_c$.

2.2 Keaslian Penelitian

Perbedaan dan kesamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada masalah yang akan dibahas.

Achmad (2009) Penelitian ini menggunakan data sondir dengan CPT dan CBR lapangan dengan DCP penelitian ini membahas kolerasi tahanan ujung (q_c)

data CPT dan CBR pada data DCP. Irfan (2014) membahas hubungan tahanan ujung (q_c) data CPT dan CBR data DCP sehingga dapat memperidiksi jenis tanah dengan nilai perbandingan CBR/q_c beberapa lokasi empat titik di Pekanbaru untuk memprediksi jenis tanah dengan nilai perbandingan CBR/q_c . Sedangkan Penelitian ini membahas hubungan tahanan ujung (q_c) data CPT dan CBR pada data DCP dan CBR laboratorium.



BAB III

LANDASAN TEORI

Pada penelitian ini disajikan dalam beberapa landasan teori dan rumusan yang dapat dipergunakan sebagai acuan analisis. Landasan teori yang berhubungan langsung maupun yang tak langsung dijabarkan dalam penulisan penelitian ini. Adapun isi dari masing-masing sub bab sebagai berikut.

3.1 Tinjauan Umum

Penyelidikan Tanah di lapangan di butuhkan untuk data perancangan fondasi bangunan – bangunan. Penyelidikan tanah dapat dilakukan dengan dengan cara-cara mengali lubang uji (*Test-pit*), pengeborandan uji secara langsung di lapangan (*In-situ Test*), dari data yang di peroleh sifat-sifat teknis tanah dipelajari, digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisis kapasitas dukung dan penurunan. (Hardiyatmo, 2011).

Penyelidikkkan tanah di lapangan secara langsung dengan uji *static cone penetration test* (CPT). Mengetahui suatu kekuatan tanah dasar untuk pada perkerasaan jalan dilakukan test *California Bearing Ratio Test* (CBR) baik di lapangan alat uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) maupun CBR laboratorium.

3.2 Klasifikasi Tanah

Sistem Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Klasifikasi tanah perlu untuk memberikan gambaran sepintas mengenai sifat-sifat tanah dalam menghadapi perencanaan dan pelaksanaan.

Sifat-sifat tanah selalu tergantung pada ukuran butir-butirnya dan dipakai sebagai titik tolak untuk klasifikasi teknis dari tanah. Penggolongan jenis tanah berdasarkan ukuran butiran tanah berbutir kasar dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tanah Berbutir Kasar (Sunggono, 1995)

Macam tanah	Batas-batas ukuran butir
Berangkal (Boulder)	≥ 20 cm
Kerakal (Cobblestone)	8 - 20 cm
Kerikil (Gravel)	0,2 - 8 cm
Pasir kasar (Course sand)	0,06 - 0,2 cm
Pasir sedang (Medium Sand)	0,02 - 0,06 cm
Pasir halus	0,006 - 0,02 cm

Tabel 3.1 macam jenis tanah berbutir kasar salah satu kerikil dengan batas ukurannya butirnya 0,2 – 8 cm. Sedangkan tanah berbutir halus pada lempung ukuran $< 0,0002$ cm dan batas ukuran butir tanah dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tanah Berbutir Halus (Sunggono, 1995)

Macam tanah	Batas ukuran butir tanah
1	2
Lanau (<i>Silt</i>)	0,0002 cm - 0,006 cm
Lempung (<i>Clay</i>)	$< 0,0002$ cm

Dalam kebanyakan hal, tanah itu terdiri dari ukuran-ukuran butir yang meliputi beberapa macam ukuran, sehingga kita akan menemukan dua macam tanah dalam satu contoh.

Adapun cara pemberian namanya sebagai berikut:

1. Kerikil kepasiran

Artinya tanah yang sebagian besar terdiri dari kerikil dan mengandung sejumlah pasir.

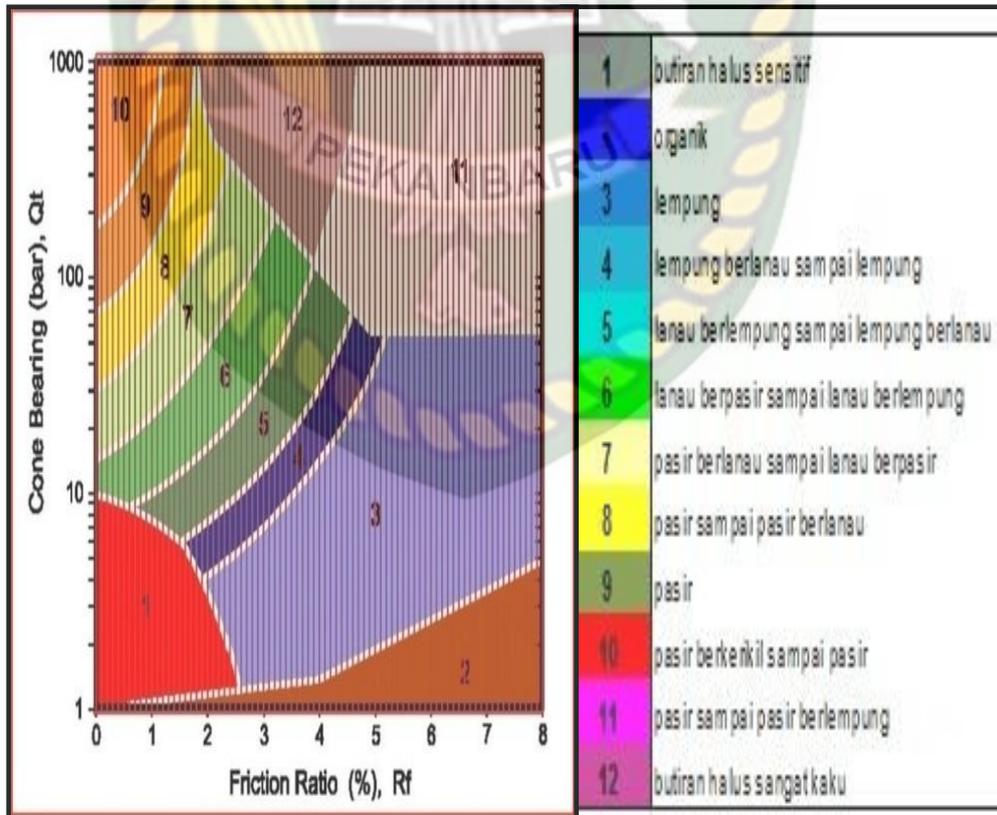
2. Pasir kelanauan

Artinya tanah yang sebagian besar terdiri dari pasir dan mengandung sejumlah lanau.

3. Pasir kelempungan

Artinya tanah yang sebagian besar terdiri dari pasir dan mengandung sejumlah lempung.

Penafsiran hasil Penyelidikan tanah dengan memakai alat sondir ada Sunggono (1995) dan grafik Robertson dan Campanella (1986). Grafik Robertson dan Campanella (1986) klasifikasi tanah dapat dilihat Gambar 3.1



Gambar 3.1 Klasifikasi Tanah oleh Robertson dan Campanella (1986)

Gambar 3.1 Klasifikasi Tanah oleh Robertson dan Campanella (1986) ditentukan tekanan konus (q_c) dan hambatan pekat (f_r) sehingga di dapat jenis tanah daerahnya misalkan daerah 3 yakni lempung.

3.3 Sondir / *Cone Penetration Test (CPT)*

Riwayat sondir di lapangan dimulai dari suatu desain oleh *The Netherlands Department of Public Works* pada tahun 1930. Penetrometer buatan Belanda adalah alat yang dioperasikan secara mekanik menggunakan manometer untuk pembacaan beban dan pasangan batang dalam dan luar yang didorong dalam interval 20 cm.

Sondir banyak digunakan di Indonesia, pengujian ini sangat berguna untuk memperoleh nilai variasi kepadatan tanah pasir yang tidak padat. Pada tanah pasir yang padat dan tanah berkerikil dan berbatu, penggunaan alat sondir menjadi tidak efektif, karena mengalami kesulitan dalam menembus tanah. Tujuan sondir untuk menentukan lapisan-lapisan tanah berdasarkan tahanan ujung konus dan daya lekat tanah setiap kedalaman alat sondir (Djarmiko, 1993).

Pada uji sondir, terjadi perubahan yang kompleks dari tegangan tanah saat penetrasi sehingga mempersulit interpretasi secara teoritis. Dengan demikian, maka meskipun secara teoritis analisis untuk interpretasi hasil uji sondir telah ada, dalam praktek penggunaan uji sondir secara esensial tetap bersifat empiris. Interpretasi hasil uji sondir (Rahardjo, 1995) antara lain:

1. Tahanan ujung (q_c).

Tahanan ujung diperoleh dari perkenaan ujung konus untuk memperoleh tahanan tanah yang dipenetrasi. Tahanan ujung diukur sebagai gaya penetrasi persatuan luas penampang ujung konus (q_c). Besarnya nilai ini menunjukkan identifikasi jenis tanah. Pada tanah pasiran, perlawanan ujung yang besar menunjukkan tanah pasir padat. Sedangkan perlawanan ujung kecil menunjukkan pasir halus. Perlawanan ujung yang kecil juga

menunjukkan tanah lempung karena kecilnya kuat geser dan pengaruh tekanan air pori saat penetrasi.

2. Gesekan selimut (f_s).

Gesekan selimut (f_s) diperoleh dari hasil pengukuran perlawanan ujung konus dan selimut bersama-sama ditekan ke dalam tanah dikurang hasil pengukuran tanah ujung konus dengan kedalaman penetrasi yang sama. Gesekan selimut diukur sebagai gaya penetrasi persatuan luas selimut konus (f_s). Gesekan selimut digunakan untuk menginterpretasikan sifat-sifat tanah untuk klasifikasi tanah dan memberikan data yang dapat langsung digunakan untuk perencanaan pondasi tiang.

3. Friction ratio (fr atau R_f).

Friction ratio merupakan perbandingan antara gesekan selimut (f_s) dan tahanan ujung (q_c). Ratio gesekan (fr) dari hasil sondir dapat digunakan untuk membedakan tanah berbutir halus dengan tanah yang berbutir kasar (memperkirakan jenis tanah yang diselidiki).

- a. Harga Friction Ratio $< 1\%$ biasanya adalah untuk tanah pasir.
- b. Harga Friction Ratio $> 1\%$ biasanya adalah untuk tanah lempung.
- c. Harga Friction Ratio $> 5\%$ atau 6% untuk jenis tanah organik (peat)

Hubungan antara tahanan konus (q_c) terhadap konsistensi tanah (Sunggono, 1995) terlihat pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Hubungan Nilai Tahanan Konus Terhadap Konsistensi Tanah

Tahanan Konus (q_c) kg/cm^2	Konsistensi
< 5	Sangat lunak
5-10	Lunak
10-20	Teguh
20-40	Kenyal
40-80	Sangat kenyal
80-150	Keras
>150	Sangat keras

Tabel 3.3 di atas tampak bahwa semakin tinggi nilai q_c maka konsistensi tanah semakin baik. Tanah keras berada pada q_c antara 80-100 kg/cm² dan tanah sangat keras dengan $q_c \geq 150$ kg/cm².

Cone penetration test (CPT) ada dua jenis CPT 2,5 ton $q_c \leq 250$ kg/cm² memiliki kedalaman 30 meter dan CPT 5 ton ≤ 500 kg/cm² memiliki kedalaman 50 meter. (Ardiansyah Rony, 2009).

3.4 Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Uji CBR dilakukan untuk mengukur tahanan penetrasi tanah dan membandingkannya dengan nilai standar yang di peroleh dari pengujian CBR dari batu pecah. Uji CBR dilakukan baik di laboratorium maupun di lapangan. Pengujian CBR laboratorium dilakukan pada benda uji tanah yang akan digunakan lapangan. Benda uji material tertentu yang di padatkan di uji dalam *mould* CBR untuk menentukan nilai CBR-nya. Uji CBR lapangan dilakukan untuk menentukan nilai CBR di area proyek pada tanah asli atau pada tanah yang padatkan (Hardiyatmo,2011). Metoda pengujian laboratorium SNI 03-1744-1989. Nilai CBR untuk berbagai jenis tanah dapat dilihat tabel 3.4.

Tabel 3.4 .Nilai CBR Berbagai Jenis Tanah (Wignal, dkk, 2003)

Jenis Tanah	Indeks Plastisitas	CBR (%)
Heavi Clay (Lempung berat)	70	1- 2
	60	1,5 - 2
	50	2 - 2,5
	40	2 - 3
Silty Clay (Lempung Lumpur)	30	3 - 3,5
Sandy Clay (Lempung Pasir)	20	4 - 6
	10	5 - 7
Sandy (Poorly graded)	Non Plastis	10 - 20
(Well graded)	Non plastis	15 - 20
Sandy gravel	Non plastis	20 - 80

3.5 California Bearing Ratio (CBR) Di Laboratorium

Tes CBR atau *California Bearing Ratio Test* (CBR) adalah suatu percobaan yang dilakukan untuk mengetahui suatu kekuatan tanah. Tes ini merupakan salah satu macam dari beberapa tes penetrasi yang ada. Pengujian CBR Laboratorium dimaksudkan untuk menentukan CBR tanah dan campuran tanah agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. CBR laboratorium adalah perbandingan antara beban suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. CBR laboratorium biasanya digunakan untuk perencanaan pembangunan jalan baru dan dan lapangan terbang. Untuk menentukan nilai CBR laboratorium harus disesuaikan dengan peralatan dan data pengujian kepadatan yaitu pengujian pemadatan ringan tanah dan pemadatan berat tanah.

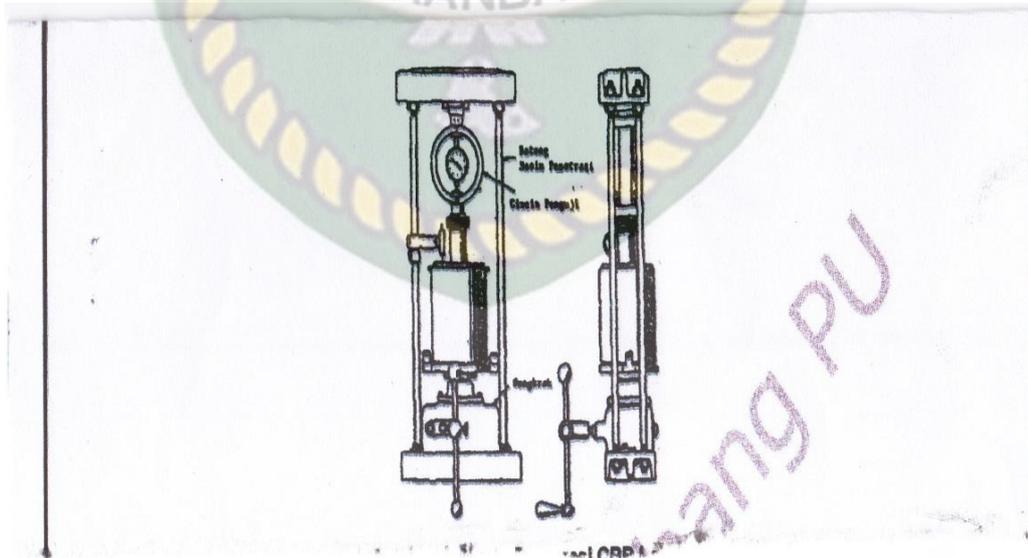
Prosedur CBR laboratorium sesuai SNI-03-1744-1989 antara lain peralatan, benda uji, cara pengujian, perhitungan, pelaporan dan pencatatan dijelaskan berikut. meliputi peralatan, benda uji, cara pengujian dan perhitungan sebagai berikut.

3.5.1 Peralatan CBR Laboratorium

Pelantaran CBR laboratorium sebagai berikut:

1. Mesin penetrasi (*Loading meachine*) dilengkapi alat pengukur beban berkapasitas sekurang-kurangnya 4,45 ton atau 10.000 lb dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm atau 0.05'' per menit lihat gambar 3.7.
2. Cetakan logam berbentuk silinder diameter bagian dalam $152,4 \pm 0,6609$ mm atau $6'' \pm 0,0026''$ dan tinggi $177,8 \pm 0.13$ mm atau $7'' \pm 0,0005''$. Cetakan harus dilengkapi leher sambung dengan tinggi 50.8 mm atau 2, 0' dan keping alas logam yang berlubang-lubang dengan tebal 9, 53 mm atau $\frac{3}{8}$ '' dan diameter lubang tidak lebih dari 1, 59 mm atau $\frac{1}{16}$ ''.

3. Piringan pemisah dari logam (spacer disc) dengan diameter 150,8 mm atau 5 ¹⁵/₁₆" dan tebal 61,4 mm atau 2,416"
4. Alat penumbuk sesuai dengan cara pengujian pemadatan ringan untuk tanah (SKBI 3.3.30 1987/UDC. 624.131.43 (2)) atau pengujian pemadatan berat untuk tanah (SKBI 3.3.30 1987/UDC. 624.131.53 (2))
5. Alat pengukur pengembangan (swell) yang terdiri dari keping pengembangan yang berlubang-lubang dan batang pengatur, tripod logam, dan arloji penunjuk, lihat gambar 3.8.
6. Keping bahan dengan berat 2,72 kg (5 lb), diameter 194,2 mm atau 5 ⁷/₈" dengan lubang tengah berdiameter 54,0 mm atau 2 ¹/₈"
7. Torak penetrasi dari logam berdiameter 49,5 mm atau 1,95" luas 1935 mm² atau 3 inchi² dan panjang tidak kurang dari 101,6 mm atau 4"
8. Dua buah arloji pengukur penetrasi, dengan ketelitian 0,01 mm atau 0,001"
9. Peralatan lain seperti tajam, alat perataan dan tempat untuk redaman
10. Alat timbang sesuai cara : pengujian pemadatan ringan untuk tanah (SKBI 3.3.30 1987/UDC. 624.131.43 (2)) atau pengujian pemadatan berat untuk tanah (SKBI 3.3.30 1987/UDC. 624.131.53 (2))



Gambar 3.2 Mesin Penetrasi CBR Laboratorium (SNI 03-1744-1989)

5. Buka leher sambung dan ratakan dengan alat perata. Tambal lubang-lubang yang mungkin terjadi pada permukaan karena lepasnya butir-butir kasar dengan bahan yang lebih halus. Keluarkan piringan pemisah, balikan dan pasang kembali cetakan yang berisi benda uji pada keping alas, kemudian timbang
6. Pemeriksaan CBR Langsung, benda uji ini telah siap untuk diperiksa bila dikehendaki CBR yang direndam (Soaed CBR) harus dengan langkah-langkah berikut “
7. Pasang keping pengembangan diatas permukaan benda uji dan kemudian pasang keping pemberat yang dikehendaki minimum seberat 4,5 kg atau 10 lb atau sesuai dengan keadaan beban perkerasaan. Rendaman cetakan beserta beban didalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun dari bawah. Pasang tripod beserta arloji pengukur pengembangan. Catat pembacaan pertama dan biarkan benda uji selama 4 x 24 jam. Permukaan air selama perendaman harus tetap (kira-kira 2,5 cm diatas permukaan benda uji). Tanah berbutir halus atau berbutir kasar yang dapat melakukan air lebih cepat dapat direndam daalaam waktu yang lebih singkat sampai pembacaan arloji tetap. Pada akhir perendaman catat pembacaan arloji pengembangan
8. Keluarkan cetakan dari bak air dan miringkan selama 15 menit sehingga air bebas mengalir habis. Jagalah agar selama pengeluaran air tersebut permukaan benda uji tidak terganggu
9. Ambil beban dari cetakan, kemudian cetakan beserta isinya ditimbang. Benda uji CBR yang direndam telah siap untuk dilakukan pengujian.

3.5.3. Cara Pengujian CBR Laboratorium

Cara pengujian untuk CBR laboratorium sebagai berikut:

1. Letakkan keping pemberat diatas permukaan benda uji seberat minimal 4, kg atau 10 lb atau sesuai dengan perkerasaan
2. Untuk benda uji yang direndam, bebaan harus sama dengan beban yang dipergunakan waktu perendaman. Pertama letakan keping pemberat 2,27

kg atau 5 lb untuk memecah pengembangnya permukaan benda uji pada bagian lubang keping pemberat. Pemberatan selanjutnya di pasang setelah torak disentuh pada permukaan benda uji

3. Berikan pembebanan dengan teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm / menit atau 0,05"/menit. Catat pembacaan pada penetrasi 0,312 mm atau 0,0125": 0,62 mm atau 0,025": 1,25 mm atau 0,05", 0,187 mm atau 0,075". 2,5 mm atau 0,10", 3,75 mm atau 0,15 mm, 5 mm atau 0,20", 7,5 mm atau 0,30", 10 mm atau 0,40" dan 12,5 mm atau 0,50 mm.
4. Catat beban maksimum dan penetrasinya bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 12,5 mm atau 0,50 mm
5. Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air dari lapisan atas benda uji setebal 25,4 mm atau 1"
6. Bila diperlukan kadar air rata-rata maka air sekurang-kurangnya 10 gram untuk tanah berbutir halus atau sekurang-kurangnya 500 gram untuk tanah berbutir kasar

3.5.4. Perhitungan CBR Laboratorium

Perhitungan dalam CBR laboratorium berikut ini:

1. Pengembangan (Swell) ialah perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi beda uji semula dinyatakan dalam persen
2. Hitunglah pembebanan dalam kg atau lb dan gambarkan grafik beban terhadap penetrasi. Pada beberapa kejadian permulaan, terdapat keadaan kurva beban cekung akibat dari tidak keteraturan permukaan atau sebab-sebab lain. Dalam keadaan ini titik nolnya harus dikoreksi
3. Dengan menggunakan harga-harga beban yang sudah di koreksi pada penetrasi 2,54 mm atau 0,1" dan 50,8 mm atau 0,2" hitung harga CBR dengan cara membagi beban yang terjadi masing-masing dengan beban standar 70,31 kg/cm² atau 1000psi dan 105,47 kg/cm² atau 1500 psi dan dikalikan masing-masing dengan 100. Umumnya harga CBR diambil pada

penetrasi 2,54 mm atau 0,1” Bila harga yang didapat pada penetrasi 2,54 mm atau 0,1”, percobaan tersebut harus di ulangi. Apabila percobaan ulangan ini masing tetap menghasilkan nilai CBR pada penetrasi 5,08 mm atau 0,2’ Bila beban maksimum dicapai pada penetrasi sebelum 5,08 mm atau 0,2 mm” maka harga CBR diambil dari beban maksimum tersebut dan dibagi dengan beban standar yang sesuai.

3.6. Penetrometer Konus Dinamis (*Dynamic Cone Penetrometer, DCP*)

Pendugaan dinamis atau dikenal dengan DCP (*dynamic Cone Penetrometer*) dikembangkan oleh TRRL (*Transportand Road Research Laboratory*), Crowthorne Berkshire, Inggris. DCP merupakan alat yang terdiri dari tiga bagian utama, yang satu sama lain harus disambung dengan kaku.

Adapun berupa istilah DCP (Departemen pekerjaan umum, 2008)

1. Alat penetrometer konus dinamis (*Dynamic Cone Penetrometer, DCP*) adalah suatu alat yang terdiri dari tiga bagian utama, yang satu sama lain harus disambung sehingga cukup kaku.
2. *California Bearing Ratio* (CBR) adalah rasio beban penetrasi suatu bahan dengan piston standar yang mempunyai luas 1935 mm (3 inci persegi) terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi 1,27 mm/menit (0,05 inci permenit)
3. Konus adalah logam terbuat dari baja keras, yang bagian ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 30° untuk bahan granular. Untuk hal-hal khusus seperti tanah berbutir halus digunakan kerucut dengan sudut 60°, penggunaan sudut konus akan menentukan pula rumus atau grafik hubungan nilai DCP dan CBR yang harus digunakan untuk menentukan nilai CBR.
4. Lubang uji (*test pits*) adalah pengujian dengan membuat lubang uji yang umumnya berukuran 60 cm x 60 cm untuk mengetahui jenis lapisan perkerasan sampai kedalaman tertentu atau tanah dasar.

Penggunaan kelebihan dan kelemahan menggunakan DCP sebagai berikut..

Kelebihan alat DCP

1. Perubahan lapisan tanah dapat diketahui melalui perubahan kemiringan.
2. Meminimalisir gangguan permukaan tanah.
3. Informasi kekuatan dan desain dapat dikorelasikan dengan uji lainnya (CBR,dll).
4. Biaya murah dan waktu yang dibutuhkan sedikit (cepat).

Kelemahan alat 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 mengukur kekuatan).

Prosedur pelaksanaan CBR dengan menggunakan alat *Dynamic Cone penetrometer* (DCP) peralatan dan personil serta cara pengujian CBR menggunakan alat DCP.

3.6.1 Peralatan Alat Dan Personil Menggunakan Alat DCP

Peralatan utama dan personil penetrometer konus dinamis (DCP) sebagai berikut

1. Peralatan Utama

Alat penetrometer konus dinamis (DCP) terdiri dari tiga bagian utama yang satu sama lain harus disambung sehingga cukup kaku :

Bagian atas

- a. Pemegang.
- b. Batang bagian atas diameter 16 mm, tinggi jatuh setinggi 575 mm
- c. Penumbuk berbentuk silinder berlubang, berat 8 kg.

Bagian tengah

- a. Landasan penahan penumbuk terbuat dari baja.
- b. Cincin peredam kejut.
- c. Pegangan untuk pelindung mistar penunjuk kedalaman.

Bagian bawah

- a. Batang bagian bawah, panjang 90 cm, diameter 16 mm.
- b. Batang penyambung, panjang antara 40 cm sampai dengan 50 cm, diameter 16 mm dengan ulir dalam dibagian ujung yang satu dan ulir luar diujung lainnya.
- c. Mistar berskala, panjang 1 meter, terbuat dari plat baja.
- d. Konus terbuat dari baja keras berbentuk kerucut dibagian ujung, diameter 20 mm, sudut 60° atau 30°
- e. Cincin pengaku.

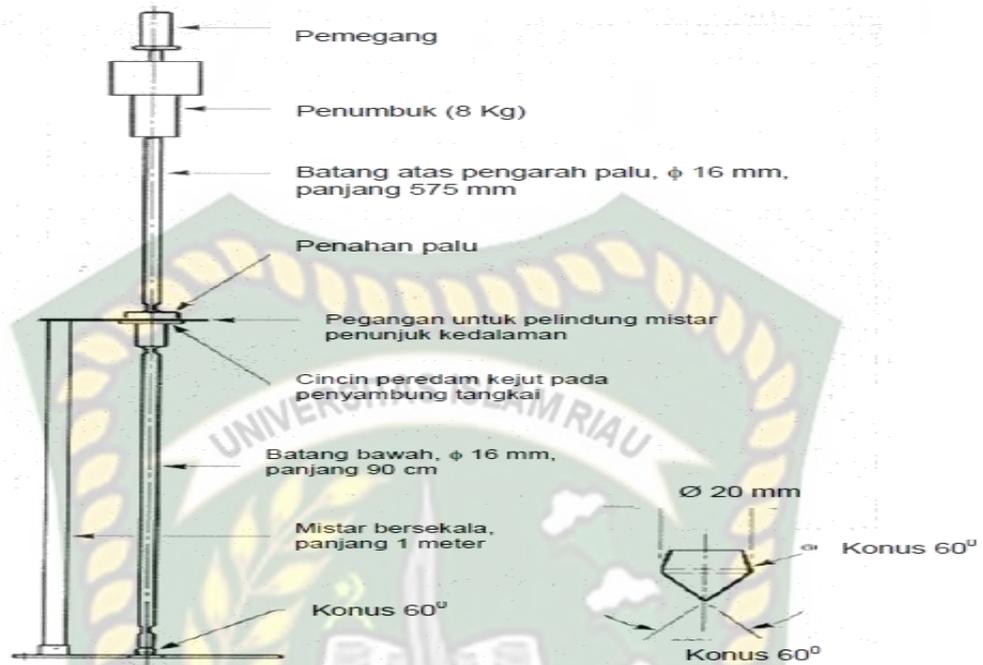
2. Alat bantu

Peralatan bantu adalah cangkul, sekop, blincong, pahat, linggis, palu, core drill, apabila pengujian pada lapisan perkerasan beraspal, alat ukur panjang/pita ukur yang bisa di kunci, kunci pas, fomulir lapangan dan alat tulis.

3. Personil

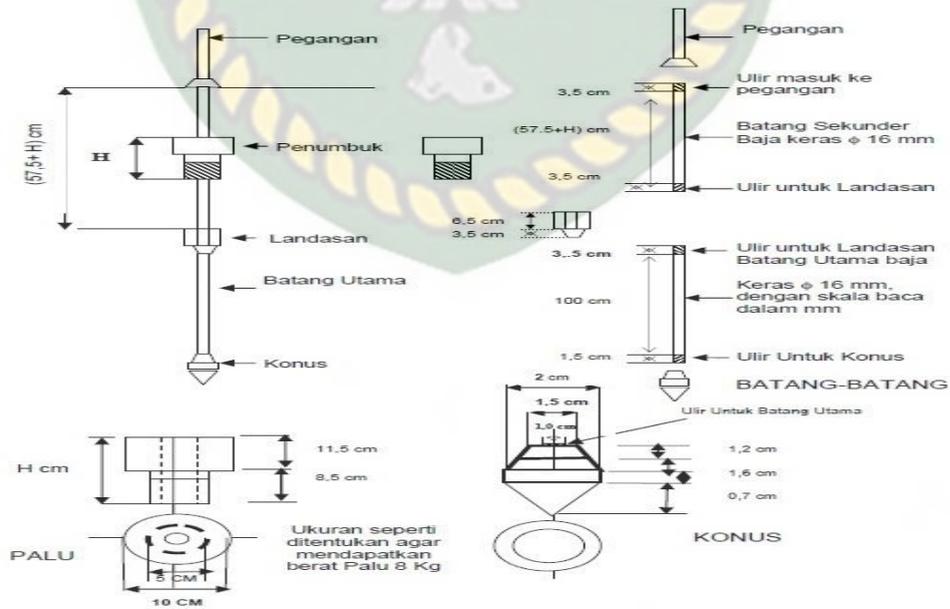
Pengujian DCP memerlukan 3 orang teknisi, yaitu :

- a. Satu orang memegang peralatan yang sudah terpasang dengan tegak.
- b. Satu orang untuk mengangkat dan menjatuhkan penumbuk.
- c. Satu orang untuk mencatat hasil.



Gambar 3.4 Penetrometer Konus Dinamis
(Departemen Pekerjaan Umum, 2008)

Gambar 3.4 merupakan penetrometer konus dinamis dengan konus 60⁰ berfungsi alat yang di rancang untu menguji kekuatan lapisan tanah dasar .



Gambar 3.5 Bagian dari Pentrometer Konus Dinamis
(Departemen pekerjaan umum, 2008)

Gambar 3.5 merupakan bagian dari penetrometer konus dinamis dengan konus 60° .

3.6.2 Cara Pengujian Alat DCP

Cara pengujian alat DCP sebagai berikut

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 :
 - a. Angkat penumbuk pada tangkai bagian atas dengan hati-hati sehingga menyentuh batas pegangan.
 - b. Lepaskan penumbuk sehingga jatuh bebas dan tertahan pada landasan.
 - c. Lakukan langkah-langkah pada 3.4.2.3 a dan 3.4.2.3.b diatas, catat jumlah tumbukan dan kedalaman DCP, sesuai ketentuan-ketentuan untuk lapis fondasi bawah atau tanah dasar yang terdiri dari bahan yang tidak keras maka pembacaan kedalaman sudah cukup untuk setiap 1 tumbukan atau 2 tumbukan. Lapis fondasi yang terbuat dari bahan berbutir yang cukup keras, maka harus dilakukan pembacaan kedalaman pada setiap 5 tumbukan sampai dengan 10 tumbukan.
 - d. Hentikan pengujian apabila kecepatan penetrasi kurang dari 1 mm/ 3 tumbukan. Selanjutnya lakukan pengeboran atau penggalian pada titik tersebut sampai mencapai bagian yang dapat diuji kembali.
4. Pengujian pertitik , dilakukan minimum duplo (dua kali) dengan jarak 20 cm dari titik uji satu ketitik uji lainnya. Langkah-langkah setelah pengujian.
 - a. Siapkan peralatan agar dapat diangkat atau dicabut keatas.
 - b. Angkat penumbuk dan pukulkan beberapa kali dengan arah ke atas sehingga menyentuh pegangan dan tangkai bawah terangkat keatas permukaan tanah.

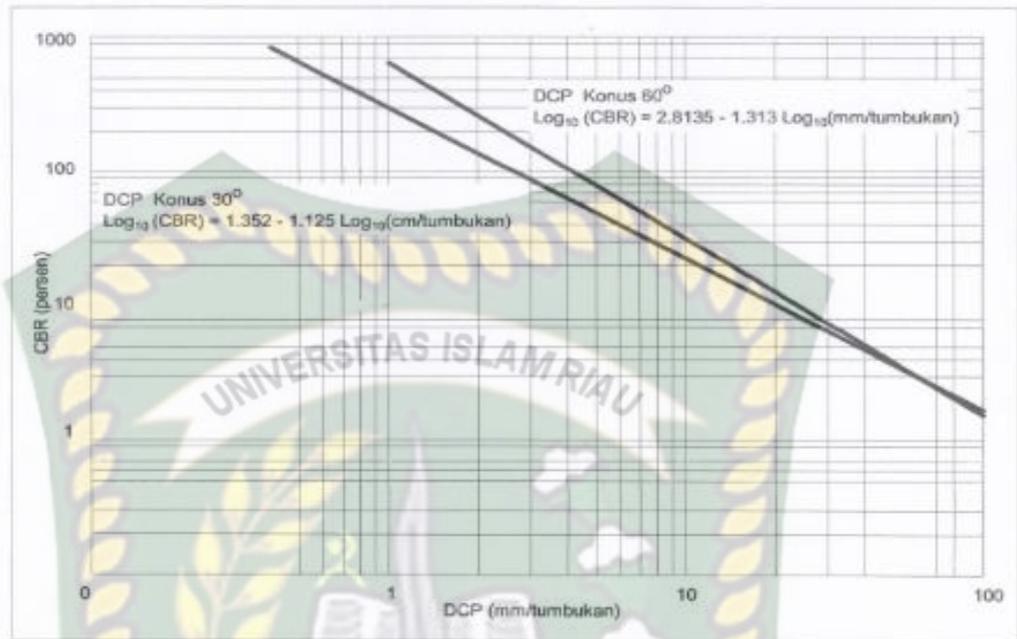
- c. Lepaskan bagian-bagian yang tersambung secara hati-hati, bersihkan alat dari kotoran dan simpan pada tempatnya.
- d. Tutup kembali lubang uji setelah pengujian.

3.6.3 Cara Menentukan Nilai CBR

Cara menentukan nilai CBR dengan pencatatan

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 kumulatif (total) tumbukan dan kumulatif penetrasi, terdiri dari sumbu tegak dan sumbu datar, pada bagian tegak menunjukkan kedalaman penetrasi dan arah horizontal menunjukkan jumlah tumbukan.
3. Plotkan hasil pengujian lapangan pada sumbu digrafik.
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 pada 3.3.3.4, 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 formula hubungan nilai DCP dengan CBR dengan cara menarik nilai kecepatan penetrasi pada sumbu horizontal keatas sehingga memotonggaris tebal untuk 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.

Hubungan nilai DCP dengan CBR dapat tergantung dengan DCP konus 30° atau DCP konus 60° (Departemen pekerjaan umum, 2008)



Gambar 3.6. Hubungan Nilai DCP dengan CBR

Gambar 3.6 harga CBR untuk tiap lapisan di dapat dengan persamaan (Departemen pekerjaan umum, 2008)

$$\text{Log CBR} = 2,8136 - 1,313 \text{ Log } (D) \text{ (DCP konus } 60^0) \quad (3.1)$$

Menghitung CBR rata-rata untuk keseluruhan tebal perkerasaan dengan persamaan (Sondakh, 2012)

$$\text{CBR}_{avg} = \left[\frac{(\sqrt[3]{\text{CBR}_1}) + (\sqrt[3]{\text{CBR}_2}) + \dots + (\sqrt[3]{\text{CBR}_n})}{H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n} \right]^3 \quad (3.2)$$

Dimana:

D = Kedalaman Penetrasi (mm/tumbukan)

H_n = Ketebalan Lapisan Tanah Ke- n

3.7 Analisa Korelasi

Analisa korelasi yaitu analisis yang mengetahui hubungan antara dua variabel atau lebih. Output dari korelasi untuk mengukur kuat lemahnya hubungan antar dua variabel (Priyatno, 2016) dapat dilihat Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Output Nilai Korelasi (Priyatno, 2016)

Nilai	Tingkat Hubungannya
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,4 - 0,599	Sedang
0,6 – 0,799	Kuat
0,8 -1,000	Sangat Kuat

Tabel 3.4 Output nilai korelasi akan di dapat koefisien korelasi. Koefisien ini digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan, arah hubungan 0,6 – 0,799 memiliki hubungan kaitan kuat dan nilai 0,8 - 1,00 memiliki hubungan kaitan sangat kuat.

Pengujian apakah signifikan atau tidak maka bisa menggunakan signifikansi 0,05 Artinya jika signifikasi < 0,05 maka terjadi hubungan signifikan, sedangkan signifikasi > 0,05 maka tidak terjadi hubungan signifikan. (Priyatno, 2016).

3.8 Aplikasi Uji Sondir Untuk Kepadatan Tanah Dan CBR

Karena ukuran yang relatif besar, sondir standar kurang cocok untuk mengevaluasi hasil pemadatan tanah di permukaan setebal (30-40 cm) dan penggunaannya baru bisa setelah beberapa lapisan pemadatan yaitu pada kedalaman lebih besar dari 30 cm (Ardiansyah, 2009).

Raharjo at al (1995) menggunakan sondir mini untuk melaksanakan pengontrol hasil pemadatan tanah dilapangan. Mendapatkan nilai CBR *in-situ*, uji sondir dapat digunakan berdasarkan korelasi empirik, data-data yang dapat menunjang belum begitu banyak (Ardiansyah Rony, 2009) Schmertmann mendapatkan korelasi untuk tanah pasir dengan persamaan.

$$CBR = \frac{1}{3} q_c \quad (3.3)$$

Sedangkan Raharjo 1995 memperoleh korelasi CBR dari tanah lempung dengan persamaan.

$$CBR = \frac{1}{2} q_c \quad (3.4)$$

Dimana:

CBR = California bearing rasio (%)

q_c = Qonus Cone (Kg/cm²)

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian ini terdiri dari sub bab yaitu lokasi penelitian, tahapan dalam penelitian, teknik pengumpulan data, langkah – langkah analisis penelitian, prosedur pengujian CBR laboratorium, dan prosedur pelaksanaan CBR lapangan menggunakan alat DCP. Adapun isi dari sub bab sebagai berikut.

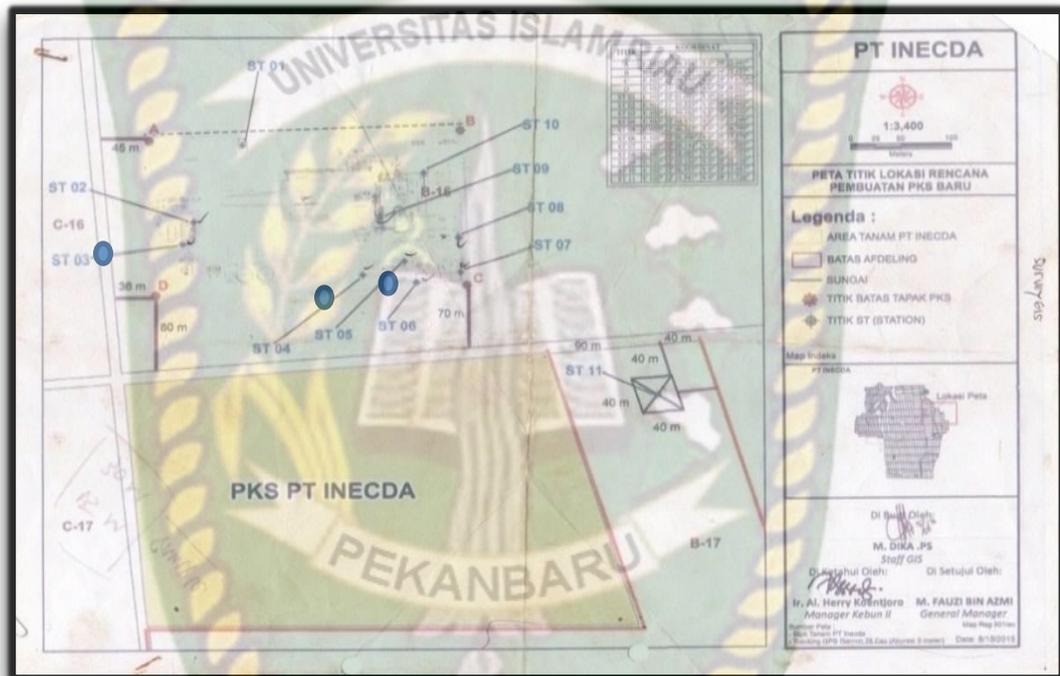
4.1 Lokasi Penelitian

Objek penelitian ini di lokasi di Indragiri Hulu dan Pekanbaru yang telah diadakan pengujian lapangan dengan uji sondir (CPT) dan uji dinamis (DCP) serta pengambilan sample tanah untuk CBR laboratorium (tiga titik data primer dan tiga titik data sekunder). Adapun lokasi penelitian dapat dilihat Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Lokasi Penelitian

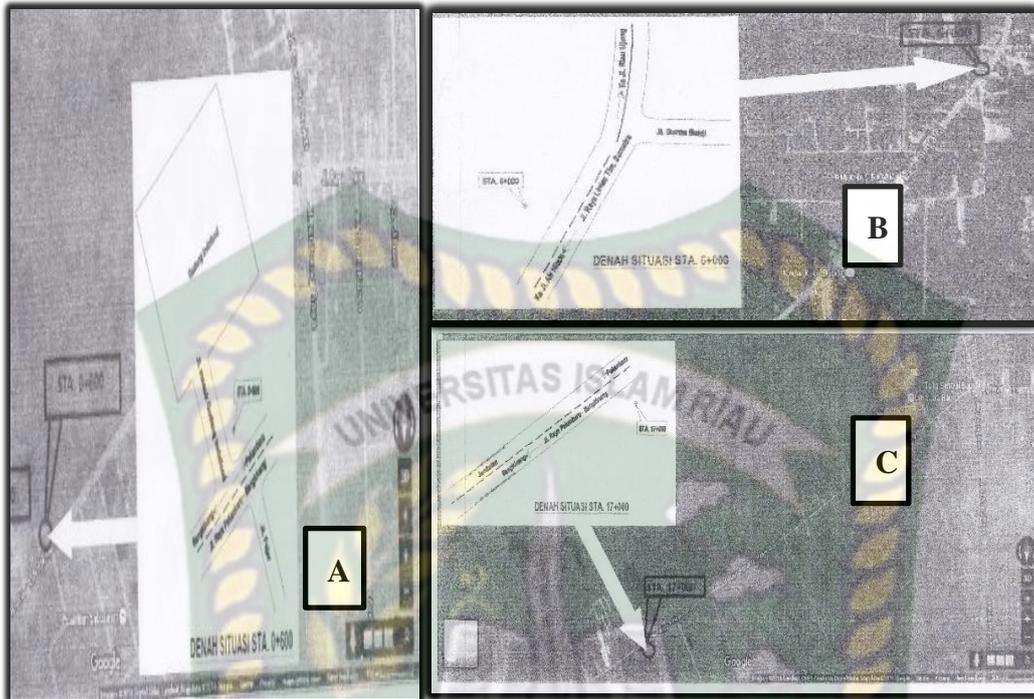
Titik	Lokasi	Proyek
ST 03 (0 ⁰ 29'26,230")	Desa Petala Bumi Seberida - Rengat	Pembangunan
ST 04 (0 ⁰ 29'27,299")	Desa Petala Bumi Seberida - Rengat	PKS
ST 05 (0 ⁰ 29'26,799")	Desa Petala Bumi Seberida - Rengat	PT. Inecda
STA 0+600	Jln. Raya Pekanbaru - Bengkinang	Pembangunan
STA 6+000	Jln. Air Hitam di Pekanbaru	Jalan Nasional
STA 17+000	Jln. Raya Pekanbaru - Bengkinang	Propinsi Riau

Tabel 4.1 Lokasi penelitian ST 03 dengan sumbu titik koordinat $0^{\circ}29'26,230''$, ST 04 ($0^{\circ}29'27,299''$) dan ST 05 ($0^{\circ}29'27,299''$) merupakan tiga titik lokasi kasus di Indragiri Hulu pada pembangunan PKS PT. Inecda sedangkan pada pembangunan jalan nasional propinsi Riau untuk di Pekanbaru STA 0+600, STA 6+000 dan STA 17+000. Lokasi penelitian pada pembangunan PKS PT.Inecda di Indragiri Hulu Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian Di Indragiri Hulu

Gambar 4.1 Lokasi Penelitian di Indragiri Hulu dapat dilihat pada titik label biru di ST.03, ST. 04 dan ST.05 pada tahun 2015. Sedangkan studi kasus di Pekanbaru pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Lokasi Penelitian Di Pekanbaru

Gambar 4.2 Lokasi penelitian (A). STA 0+600 (B). STA 6+000 dan (C) STA 17+000 pembangunan jalan Nasional di Pekanbaru pada tahun 2016.

4.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini tahapan yang dilakukan penelitian ini sebagai berikut:

1. Persiapan.

Mendapatkan referensi literatur dari buku-buku yang berisikan tentang dasar-dasar teori serta rumus-rumus perhitungan yang dapat mendukung penulisan penelitian ini.

2. Pengumpulan data.

Pengumpulan data di berupa objek tanah sub grade (lapisan tanah dasar) pada data primer berupa pengambilan sampel tanah langsung di lapangan

untuk CBR laboratorium tiga titik di pembangunan PKS PT. Inecda di Indragiri Hulu dan enam titik turun ke lapangan melakukan DCP dan data sekunder berupa data dari CPT / sondir enam titik yang diperoleh dari CV. Momen Area dan CBR laboratorium tiga titik pembangunan jalan Nasional Propinsi Riau.

3. Analisa data.

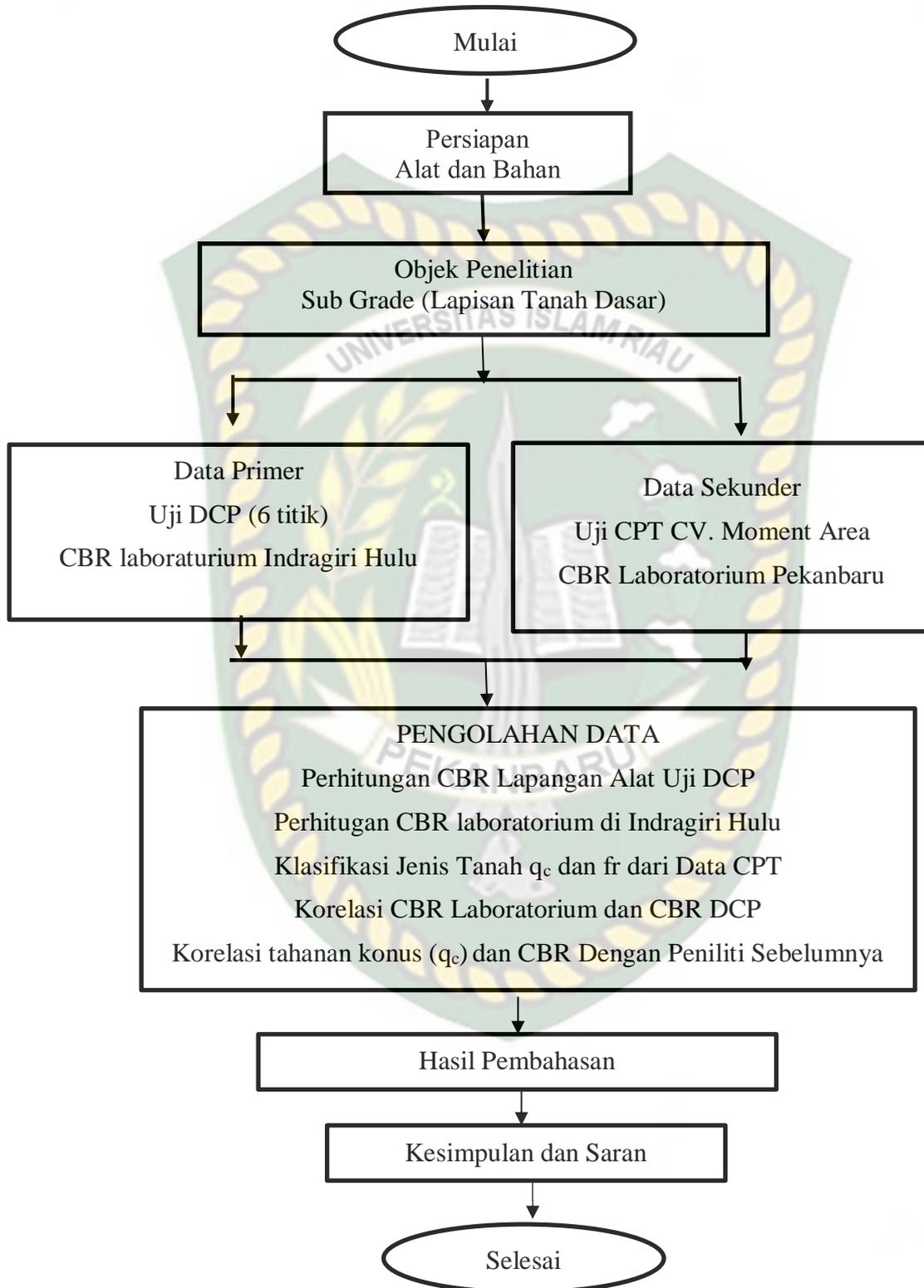
Data DCP didapatkan dicari nilai CBR dan menguji tiga buah sample tanah laboratorium Universitas Islam Riau untuk dapatkan CBR laboratorium.

(ST. 03, ST.04 dan ST.05) dan data sondir yang didapat yaitu angka friksi (f_r) dan perlawanan konus (q_c) diplotkan ke grafik klasifikasi tanah Robertson dan Campanella (1986) pada kedalaman 0 – 1 meter diambil persentase klasifikasi tanah nilai terbesar.

4. Hasil dan Pembahasan

Tahap ini, hal yang dilakukan menghubungkan perbedaan CBR laboratorium dan CBR uji DCP. Korelasikan tanah yang didapat dari data CPT / Sondir nilai tahanan konus (q_c) dengan CBR laboratorium dan CBR lapangan alat uji DCP. Mengklasifikasikan tanah dari nilai tahanan sondir (q_c) dan nilai CBR didapat baik data DCP atau CBR laboratorium untuk mendapatkan nilai perbandingan CBR/q_c .

5. Sebagai penutup dibuat kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang terkait dalam di penelitian. Bagan alir tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

4.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data objek penelitian tanah sub grade (lapisan tanah dasar) yang dilakukan pada penelitian ini :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan langsung ke lokasi penelitian yaitu melakukan DCP (enam titik) dan pengambilan sampel tanah (tiga titik di Indragiri Hulu) untuk pengujian CBR laboratorium Universitas Islam Riau.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data hasil CPT (enam titik) dari CV. Moment Area pada tiga titik di pembangunan PKS PT. Inecda pada tahun 2015 dan tiga titik di pembangunan Jalan Nasional Propinsi Riau pada tahun 2016. CBR laboratorium tiga titik di Pekanbaru pada tahun 2016.

4.4 Langkah – Langkah Analisis

Langkah-langkah analisis yang dilakukan sebagai berikut :

1. Studi literatur yaitu berupa laporan - laporan penelitian yang telah diterbitkan, artikel-artikel atau buku-buku yang ditulis oleh para ahli yang memberikan pendapat, pengalaman, teori-teori dalam penyusunan penelitian ini.
2. Pengumpulan data objek penelitian sub grade data primer dan data sekunder. Data primer uji DCP dua lokasi dan sample tanah CBR laboratorium di Indragiri Hulu di laboratorium Universitas Islam Riau. Data sekunder diperoleh dari CV. Momen Area yakni Data CPT enam titik dan CBR laboratorium di Pekanbaru.
3. Perhitungan data DCP dan pengujian sample tanah di laboratorium Universitas Islam Riau dengan menggunakan pedoman SNI-03-1744-1989 sehingga didapat nilai CBR laboratorium di Indragiri Hulu. Nilai *cone* tahanan ujung (q_c) dan angka friksi (f_r) data sondir di plotkan ke grafik

Robertson dan Campanella (1986), sehingga didapatkan klasifikasi tanahnya data CPT plotkan q_c dan f_r di persentasekan.

4. Menentukan korelasi CBR laboratorium dengan CBR lapangan dan jenis tanah berdasarkan nilai CBR.
5. Mengkorelasikan diperoleh dari data sondir q_c dengan nilai CBR lapangan di DCP dan CBR laboratorium
6. Hasil akhir dari analisis dilakukan pembahasan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Tanah pasir Schmertmann $CBR = \frac{1}{3} q_c$ dan Raharjo (1995) memperoleh korelasi CBR tanah lempung $CBR = \frac{1}{2} q_c$.

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini meliputi gambaran umum, hasil pengolahan data, dan pembahasan analisis penelitian. Adapun isi dari sub bab sebagai berikut.

5.1 Gambaran Umum

Penelitian ini, penelitian difokuskan pada mengkorelasikan nilai *cone resistance* (q_c) data *Cone Penetration Test* (CPT) dengan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) data *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan CBR laboratorium di enam titik pada kedalaman 1 meter. Mengkorelasikan nilai CBR laboratorium dengan CBR hasil uji DCP dan peneliti akan menggunakan grafik yang dikeluarkan oleh Robertson dan Campanella (1986) untuk mengklasifikasi tanah berdasarkan data CPT untuk mengetahui jenis tanah yang dapat. Hasil mengkorelasikan data CPT dengan nilai CBR data DCP dan CBR laboratorium di dapat hubungannya dan dibandingkan dengan peneliti sebelumnya CBR *In-situ* untuk Schemertmann tanah pasir sebagai $CBR = \frac{1}{3} q_c$ dan korelasi CBR dari tanah lempung $CBR = \frac{1}{2} q_c$ (Rahardjo,1995).

5.2 Hasil Pengolahan Data

Hasil pengolahan data penelitian ini meliputi data *California Bearing Ratio* (CBR) lapangan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), CBR laboratorium dan klasifikasi jenis tanah data *Cone Penetration Test* (CPT).

5.2.1 CBR Lapangan Alat Uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

Alat uji *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) yang merupakan alternatif untuk mendapatkan nilai CBR lapangan. Adapun penelitian ini melakukan alat uji DCP ke enam titik, pelaksanaan uji DCP di lapangan sesuai prosedur departemen.

Pekerjaan umum: 2008 dengan menggunakan ukuran konus 60⁰. Data lapangan di dapat dlakukan perhitungan CBR alat uji DCP pada lampiran A-1 (Menggunakan rumus persamaan 3.1 dan 3.2) dan jenis tanah berdasarkan CBR (dapat dilihat pada tabel 3.4 landasan teori) dapat dilihat tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil CBR Alat Uji DCP Dan Klasifikasi Tanah

Titik	CBR (%)	Jenis tanah	Keterangan
ST.03	4,21	Lempung berpasir	Lokasi Indragiri Hulu
ST.04	11,37	Pasir gradasi buruk	Pembangunan
ST.05	9,37	Pasir gradasi buruk	PKS PT. Inecda.
STA 0+600	2,40	Lempung berat	Lokasi Pekanbaru
STA 6+000	3,05	Lempung Lumpur	Pembangunan
STA 17+000	9,79	Pasir gradasi buruk	Jalan Nasional Propinsi Riau

Tabel 5.1 Hasil CBR alat uji DCP maka di dapat jenis tanah seperti pada ST.03 CBR 4,21 % jenis tanah lempung berpasir dan ST.04 CBR 2,40% jenis tanah pasir gradasi buruk.

5.2.2 CBR Laboratorium

Tes *California Bearing Ratio Test* (CBR) laboratorium dalam penelitian ada enam titik, tiga titik di Indragiri Hulu merupakan data primer pengujian secara langsung di laboratorium Universitas Islam Riau dan tiga titik data di Pekanbaru merupakan data sekunder dari CV. Moment Area. Pengujian CBR laboratorium sesuai SNI-03-1744-1989. Penelitian ini di ambil CBR laboratorium terendam selama empat hari adapun data di dapat tiga titik di laboratorium Universitas Islam Riau dapat dilihat pada data lampiran A-3 data sebelum benda uji (sample tanah) di lakukan terendam dan sesudah terendam serta perhitungan beban penetrasi pada benda uji dengan alat pengujian CBR. maka di dapat pada lampiran A-4 nilai CBR penetrasi 0,1 atau CBR Penetrasi 0,2 yang maksimum dan jenis tanah berdasarkan CBR (di lihat pada tabel 3.4 landasan teori) di dapat Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Pengujian CBR Laboratorium Dan Jenis Tanah

Titik	CBR (%)	Jenis tanah	Lokasi
ST.03	4,89	Lempung berpasir	Pembangunan PKS PT. Inecda di Indragiri Hulu
ST.04	14,44	Pasir gradasi buruk	
ST.05	12,89	Pasir gradasi buruk	

Tabel 5.2 Pengujian CBR laboratorium Universitas Islam Riau dan jenis tanah didapat seperti ST.03 CBR 4,89 % dengan jenis tanah Lempung berpasir dan ST.04 CBR 14,44 % jenis tanah pasir gradasi buruk. Adapun untuk data CBR sekunder di dapat pada CV. Momen Area dapat dilihat pada data A-2 sebagai berikut.

Tabel 5.3 CBR Laboratorium (Pembangunan Jalan Nasional Propinsi Riau pada tahun 2016 dari CV. Momen Area)

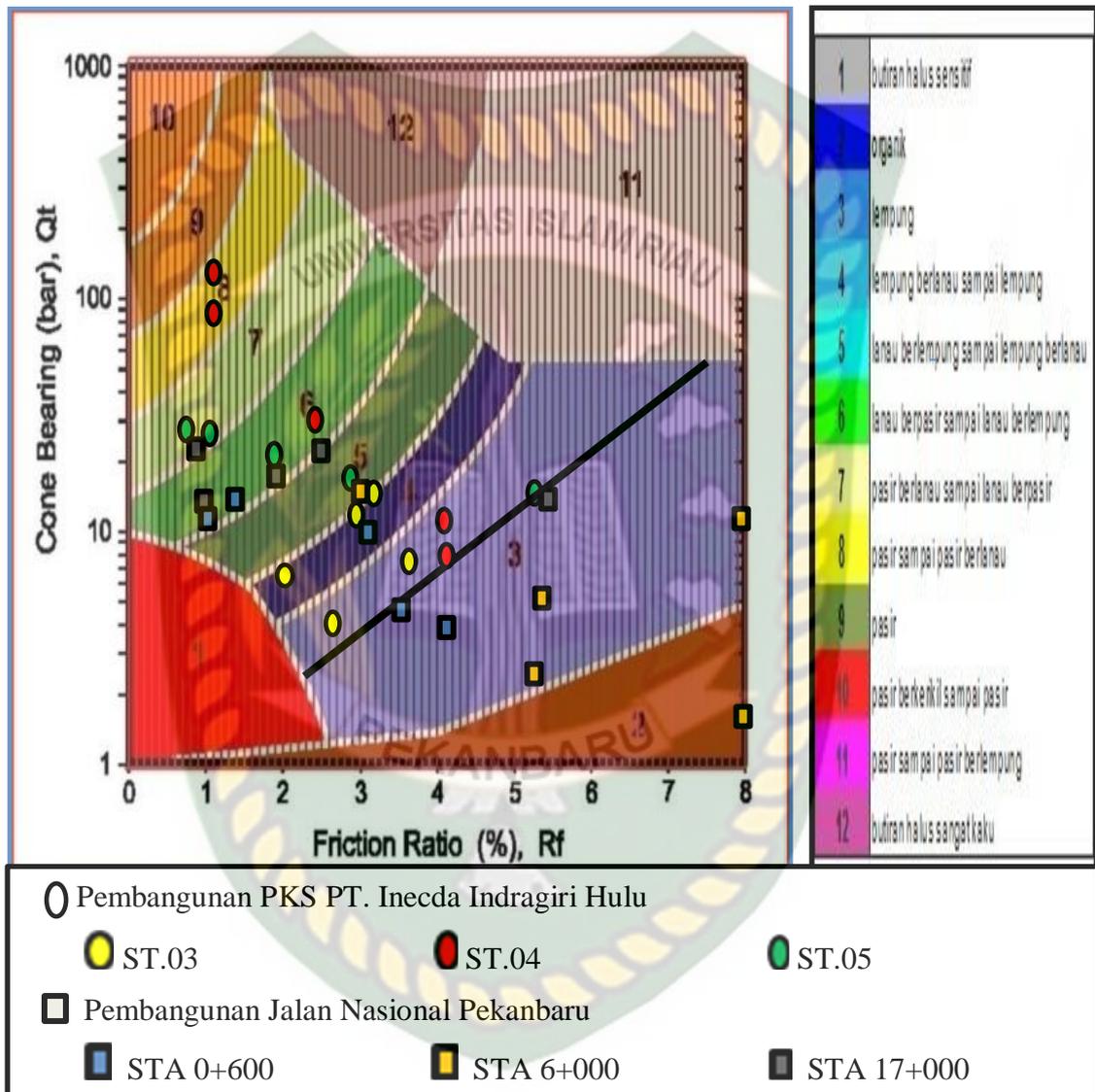
Titik	CBR (%)	Jenis Tanah	Lokasi
STA 0+600	2,67	Lempung berat	Pembangunan Jalan Nasional Prop. Riau di Pekanbaru
STA 6+000	3,44	Lempung lumpur	
STA 17+000	11,33	Pasir gradasi buruk	

Tabel 5.3 CBR laboratorium Universitas Islam Riau dan jenis tanah didapat seperti ST.03 CBR 4,89 % dengan jenis tanah Lempung berat dan ST.04 CBR 14,44 % jenis tanah pasir gradasi buruk.

5.2.3. Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan *Cone Penetration Test* (CPT)

Cone penetration test (CPT) yang digunakan penelitian ini merupakan sondir 2.5 ton. Klasifikasi tanah Robertson dan Campanella (1986) *cone resistant* (q_c) satuan Bar maka nilai q_c pada data CPT satuan kg/cm^2 di konversikan ke Bar di kalikan 0.981. Nilai *cone resistant* atau tahanan konus (q_c) dan *friction Ratio*

(fr) di plotkan pada gambar Robertson dan Campanella (1986) berdasarkan lampiran A-4 dan A-5 maka di dapatkan klasifikasi jenis tanah pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Klasifikasi Tanah berdasarkan q_c dan fr

Gambar 5.1 tahanan konus (q_c) dan *friction Ratio* (fr) di plotkan pada gambar Robertson dan Campanella (1986), tanda lingkaran untuk pembangunan PKS PT. Inecda Indragiri Hulu dan tanda persegi untuk pembangunan jalan Nasional Propinsi Riau di Pekanbaru. Gambar 5.1 dapat di jelaskan.

1. Lempung (daerah 3) tanda lingkaran untuk ST.03 (kuning), ST.04 (merah) dan ST. 05 (Hijau) merupakan lempung mendekati lempung berlanau (daerah 4) seperti ST.03 dengan qc 8 kg/cm² dan fr 2,01 % sedangkan tanda persegi STA 0+600 (biru), STA 6+000 (orange) dan STA 17+000 (abu-abu) merupakan lempung mendekati organik (daerah 2) seperti STA 0+600 dengan qc 6 kg/cm² dan fr 4,02 %.
2. Lempung berlanau (daerah 4) tanda lingkaran untuk ST.03 (kuning) merupakan lempung berlanau mendekati lanau (daerah 5) untuk tanda persegi STA 0+600 (biru), merupakan lempung berlanau mendekati lempung (daerah 3).
3. Lanau berlempung (daerah 5) tanda lingkaran untuk ST.05 (hijau) merupakan lanau berlempung mendekati lanau berpasir (daerah 6) sedangkan tanda persegi STA 6+000 (orange), merupakan lempung berlanau mendekati lempung.
4. Lanau berpasir (daerah 6) tanda lingkaran ST.04 (merah) dan ST.05 (merah) merupakan lanau berpasir mendekati pasir (daerah 7) sedangkan daerah tanda persegi STA 0+600 (biru) dan STA 17+000 (abu-abu) merupakan lanau berpasir mendekati lanau berlempung.
5. Lanau berpasir (daerah 6) tanda lingkaran ST.04 (merah) dan ST.05 (merah) merupakan lanau berpasir mendekati pasir (daerah 7) sedangkan daerah tanda persegi STA 0+600 (biru) dan STA 17+000 (abu-abu) merupakan lanau berpasir mendekati lanau berlempung.
6. Pasir berlanau (daerah 7) tanda lingkaran ST.05 (Hijau) merupakan pasir lanau mendekati pasir (daerah) sedangkan daerah tanda persegi STA 17+000 (abu-abu) merupakan pasir lanau mendekati lanau pasir. Gambar 5.1 dapat di jelaskan di Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Klasifikasi Jenis Tanah qc Dan Fr Kedalaman 0,00 -2,00 meter

Titik	Kedalaman (m)	qc (Kg/cm ²)	qc (Bar)	Fr (%)	Klasifikasi Tanah
ST.03	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,20	8,00	7,85	2,01	Lempung berlanau mendekati lanau
	0,40	12,00	11,77	3,35	Lempung berlanau mendekati lanau
	0,60	10,00	9,81	3,22	Lempung berlanau mendekati lanau
	0,80	7,00	6,87	3,45	Lempung mendekati lempung berlanau
	1,00	6,00	5,89	2,68	Lempung mendekati lempung berlanau
ST.04	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,20	8,00	7,85	4,02	Lempung mendekati lempung berlanau
	0,40	10,00	9,81	4,02	Lempung mendekati lempung berlanau
	0,60	15,00	14,72	2,68	Lanau berpasir mendekati pasir berlanau
	0,8	175,00	171,68	1,14	Pasir berlanau mendekati pasir
	1,00	85,00	83,39	1,14	Pasir berlanau mendekati pasir
ST.05	0,00	0,00	0,00	-	
	0,20	17,00	16,68	2,84	Lanau berlempung mendekati lanau berpasir

Tabel 5.4 Klasifikasi Jenis Tanah qc Dan Fr Kedalaman 0,00 -2,00 meter (Lanjutan)

ST.05	0,40	41,00	40,22	0,98	Pasir berlanau mendekati pasir
	0,60	22,00	21,58	2,19	Lanau berpasir mendekati pasir berlanau
	0,80	40,00	39,24	1,01	Pasir berlanau mendekati pasir
	1,00	12,00	11,77	5,36	Lempung mendekati lempung berlanau
STA 0+600	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,20	13,00	12,75	1,24	Lanau berpasir mendekati lanau berlempung
	0,40	6,00	5,89	4,02	Lempung mendekati organik
	0,60	7,00	6,87	3,45	Lempung mendekati organik
	0,80	10,00	9,81	3,22	Lempung berlanau mendekati lempung
	1,00	17,00	16,68	1,42	Lanau berpasir mendekati lanau berlempung
STA.6+000	0,00	0,00	0,00	0,00	-
	0,20	18,00	17,66	3,13	Lanau berlempung sampai lempung berlanau
	0,40	10,00	9,81	8,05	Lempung mendekati organik
	0,60	6,00	5,89	5,36	Lempung mendekati organik
	0,80	3,00	2,94	5,36	Lempung mendekati organik
	1,00	2,00	1,96	8,05	organik

Tabel 5.4 Klasifikasi Jenis Tanah q_c Dan f_r Kedalaman 0,00 -2,00 meter (Lanjutan)

STA 17+000	0,00	0,00	0,00	-	-
	0,20	20,00	19,62	2,84	Lanau berpasir mendekati lanau berlempung
	0,40	35,00	34,34	0,98	Pasir berlanau mendekati lanau berpasir
	0,60	18,00	17,66	2,19	Lanau berpasir mendekati lanau berlempung
	0,80	15,00	14,72	1,01	Lanau berlempung mendekati lempung berlanau
	1,00	12,00	11,77	5,36	Lempung mendekati lempung organik

Berdasarkan tabel 5.4 pembangunan PKS PT. Inecda Indragiri Hulu memiliki nilai tahanan konus (q_c) lebih besar dari pada pembangunan jalan Nasioal di Pekanbaru karena hubungan nilai tahan konus semakin tinggi terhadap konsistensi tanah semakin baik. (tabel 3.4 landasan teori), dapat di persentase klasifikasi tanah q_c dan f_r data CPT pada pembangunan PKS PT. Inecda Indragiri Hulu (ST.03,ST.04 dan ST.05) dan pembanguan Jalan Propinsi Riau (STA 0+600,STA 6+000 dan STA 17+000) lihat tabel 5.5

Tabel. 5.5 Persentase Klasifikasi Jenis Tanah q_c Dan f_r Data CPT

Titik	Persentase	Klasifikasi Jenis Tanah
ST.03	60 %	Lempung berlanau mendekati lanau
	40 %	Lempung mendekati lempung berlanau
ST.04	40 %	Pasir berlanau mendekati pasir
	20 %	Lanau berpasir mendekati pasir berlanau
ST.05	40%	Lempung mendekati lempung berlanau
	40%	Pasir berlanau mendekati pasir
	20%	Lanau berpasir mendekati pasir berlanau
	20%	Lanau berlempung mendekati lanau berpasir
STA 0+600	20%	Lempung mendekati lempung berlanau
	40%	Lanau berpasir mendekati lanau berlempung
	20%	Lempung berlanau mendekati lempung
STA 6+000	40%	Lempung mendekati organik
	20%	Lanau berlempung sampai lempung berlanau
	60%	Lempung mendekati organik
STA 17+000	20%	Organik
	20%	Pasir berlanau mendekati lanau berpasir
	40%	Lanau berpasir mendekati lanau berlempung
	20%	Lanau berlempung mendekati lempung berlanau
	20%	Lempung mendekati lempung organik

Tabel 5.5 didapat berdasarkan tabel 5.4 kedalaman 0,00 - 1,00 meter per 0,20 meter seperti ST.03 pada kedalaman 0,2 klasifikasi tanah lempung berlanau mendekati lanau dengan, kedalaman 0,4 klasifikasi tanah lempung berlanau mendekati lanau, kedalaman 0,6 klasifikasi tanah lempung berlanau mendekati lanau, kedalaman 0,8 klasifikasi lempung mendekati lempung lanau dan kedalaman 1,00 klasifikasi lempung mendekati lempung lanau, maka untuk tanah lempung berlanau mendekati lanau di dapat $(3/5) \times 100 = 60\%$ dan untuk tanah lempung mendekati lempung lanau $(2/5) \times 100 = 40\%$. Berdasarkan persentase jenis tanah dapat di klasifikasikan jenis tanah di dapat q_c rata-rata dominan

seperti ST.03 klasifikasi tanah terdiri 60% lempung berlanau lempung berlanau mendekati lanau maka q_c di ambil rata – rata jenis tanah persentase besar di dapat pada ST.03 pada kedalaman 0,2 meter nilai q_c 8 kg/cm², kedalaman 0,4 meter nilai q_c 12 kg/cm², kedalaman 0,6 meter nilai q_c 10 kg/cm² maka pada ST.03 q_c rata-rata 10 kg/cm², ST.04, ST 05, STA 0+600, STA 6+000 dan STA 17+000 pada tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Klasifikasi Jenis Tanah dan Tahanan Konus

Titik	Klasifikasi Jenis Tanah	Tahanan Konus (q_c) Kg/cm ²
ST.03	Lempung berlanau mendekati lanau	10
ST.04	Pasir berlanau mendekati pasir	91,67
ST.05	Pasir berlanau mendekati pasir	40,50
STA 0+600	Lempung mendekati organik	6,50
STA 6+000	Lempung mendekati organik	6,33
STA17+000	Pasir berlanau mendekati lanau berpasir	35

Tabel 5.6 merupakan klasifikasi tanah berdasarkan tahanan konus (q_c) dan dan *friction Ratio* (fr) di plotkan pada gambar Robertson dan Campanella (1986) seperti tanah ST. 03 merupakan lempung berlanau mendekati lanau nilai tahanan konus (q_c) Rata-rata 10 kg/cm² dan ST. 04 merupakan pasir berlanau mendekati pasir dengan q_c rata-rata 91,67 kg/cm². Pada tabel 5.6 dapat dilihat semakin tinggi nilai tahan konus (q_c) terhadap konsistensi tanah semakin baik.

5.3 Pembahasan Analisis Penelitian

Pembahasan analisis penelitian ini meliputi korelasi nilai CBR laboratorium dan CBR lapangan alat DCP, korelasi antara nilai tahana konus (q_c) dengan CBR lapangan dan CBR laboratorium, korelasi q_c dan CBR dengan peniliti sebelumnya.

5.3.1. Korelasi CBR Laboratorium dan CBR Lapangan Alat Uji DCP

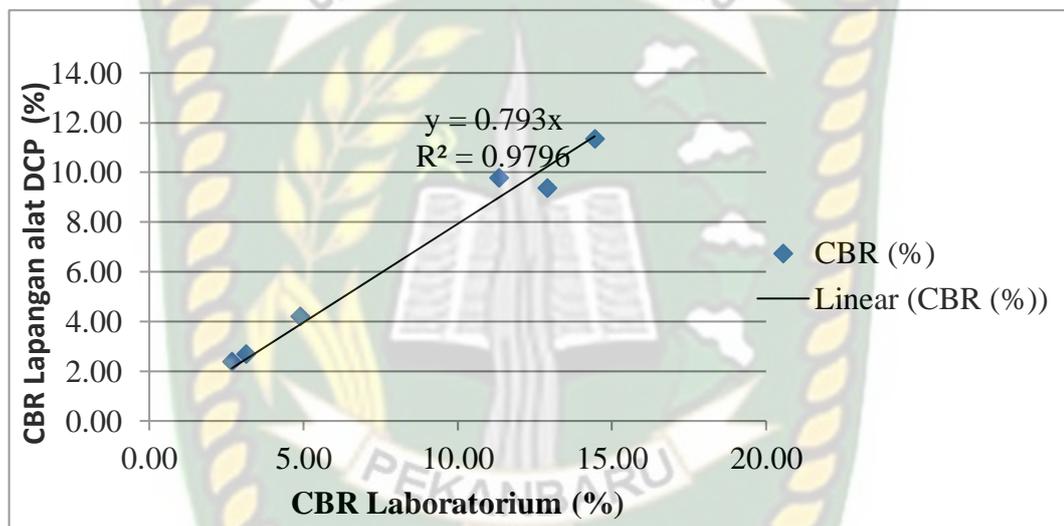
Berdasarkan hasil pengolahan data nilai CBR laboratorium (Tabel 5.2) dan CBR lapangan alat uji DCP (Tabel 5.1) maka di dapat hubungan persentase CBR DCP berbanding nilai CBR laboratorium ($\text{CBR DCP} / \text{CBR laboratorium} \times 100$) maka dapat di lihat Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Korelasi CBR alat Uji DCP dan CBR Laboratorium

Titik	CBR DCP (%)	CBR Laboratorium (%)	Jenis Tanah	Persentase CBR DCP dan CBR Laboratorium (%)	Lokasi
ST.03	4,21	4,89	Lempung berpasir	86,09	Pembangunan PKS PT.Inecda Indragiri Hulu
ST.04	11,37	14,44	Pasir gradasi buruk	78,74	
ST.05	9,37	12,89	Pasir gradasi buruk	72,69	
Rata-Rata				79,17	
STA 0+600	2,40	2,67	Lempung berat	89,88	Pembangunan Jalan Propinsi Riau Pekanbaru
STA 6+000	3,05	3,44	Lempung Lumpur	88,66	
STA 17+000	9,79	11,33	Pasir gradasi buruk	86,40	
Rata-rata				88,31	

Berdasarkan tabel 5.7 Klasifikasi pada tanah pasir memiliki persentase CBR alat DCP berbanding CBR laboratorium rendah seperti ST.04 nilai 78,74%, ST.05 nilai 72,69% lebih kecil dari pada jenis tanah lempung ST.03 nilai 86,09 %. Pembangunan jalan Propinsi Riau di Pekanbaru jenis tanah pasir STA 17+000 nilai 86,40 % kecil dari pada jenis tanah lempung STA. 6+000 nilai 88,66 % dan STA 0+600 nilai 89,88% sehingga persentase rata-rata pembangunan PKS PT. Inecda di Indragiri Hulu lebih kecil (79,17 %) di bandingkan pembangunan jalan

Propinsi Riau (88,31%) karena pembangunan PKS PT. Inecda ada dua titik (ST.04 dan ST.05) merupakan jenis tanah pasir. Pada Tabel 5.1 dapat nilai CBR alat uji DCP lebih kecil dari CBR laboratorium, jenis tanah pasir CBR alat uji DCP memiliki nilai persentase kecil terhadap laboratorium (CBR DCP perbedaan semakin besar dari CBR laboratorium) sedangkan pada jenis tanah lempung memiliki nilai pesentase besar terhadap laboratorium (CBR DCP perbedaan semakin kecil dari CBR laboratorium). Korelasi CBR laboratorium dengan CBR lapangan didapat dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Korelasi CBR Laboratorium Dengan CBR Lapangan

Berdasarkan Gambar 5.2 dapat dilihat korelasi CBR laboratorium dengan tahanan konus (q_c) nilai koefisien determinasi (R Square) 0,9796 memiliki hubungan sangat kuat (lihat Tabel 3.6 pada landasan teori). Angka tersebut mengandung arti bahwa nilai variabel CBR laboratorium berpengaruh kuat terhadap variabel nilai CBR lapangan alat uji DCP, sedangkan sisanya 0,0204 oleh vaiabel lain di luar yang dalam di penelitian. Korelasi persamaan regresi linear CBR laboratorium dengan CBR lapangan di dapat $Y = 0,793 X$, jika bertambahnya nilai CBR lapangan maka akan bertambah nilai sebesar 0,793 CBR laboratorium. Korelasi persamaan regresi linear di buat persamaan 5.1

$$CBR\ lapangan = 0,793\ CBR\ Laboratorium \dots\dots\dots(5.1)$$

5.2.2. Korelasi Nilai q_c Dengan Nilai CBR Berdasarkan Jenis Tanah

Nilai Tahanan konus (q_c) dengan nilai CBR lapangan alat uji DCP dan CBR laboratorium berdasarkan jenis tanah nilai tahanan konus (berdasarkan tabel 5.6) dengan CBR laboratorium (berdasarkan tabel 5.2 dan tabel 5.3) dan CBR alat uji DCP (berdasarkan tabel 5.1) maka di korelasikan lihat Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Korelasi Nilai q_c Dengan Nilai CBR Berdasarkan Jenis Tanah

Titik	q_c (kg/cm ²)	CBR laboratorium	CBR lapangan alat DCP	CBR lab / q_c	CBR DCP/ q_c	Jenis Tanah (berdasarkan CPT)
ST.03	10	4,89	4,21	0,49	0,42	Lempung berlanau mendekati lanau
ST.04	91,67	14,44	11,37	0,16	0,12	Pasir berlanau mendekati pasir
ST.05	40,50	12,89	9,37	0,32	0,23	Pasir berlanau mendekati pasir
STA 0+600	6,50	2,67	2,4	0,41	0,37	Lempung mendekati organik
STA 6+000	6,33	3,44	3,05	0,54	0,48	Lempung mendekati organik
STA 17+000	35	11,33	9,79	0,32	0,28	Pasir berlanau mendekati lanau berpasir

Tabel 5.8 dapat jelaskan bahwa dari jenis tanah bagus sampai jenis tanah jelek berdasarkan jenis tanah nilai tahanan konus (q_c).

1. Tanah pasir berlanau mendekati pasir pada CBR lapangan alat uji DCP pada ST.04 dengan 0,12 q_c dan ST. 05 dengan 0,23 q_c , maka rata-rata 0,18 q_c . CBR laboratorium pada ST.04 dengan 0,16 q_c dan ST. 05 dengan 0,32 q_c maka rata-rata 0,24 q_c
2. Tanah pasir berlanau mendekati lanau berpasir pada CBR lapangan alat uji DCP pada ST.17+000 dengan 0,28 q_c . CBR laboratorium pada ST.17+000 dengan 0,32 q_c .
3. Tanah lempung berlanau mendekati lanau pada CBR lapangan alat uji DCP pada ST.17+000 dengan 0,42 q_c . CBR laboratorium pada ST.17+000 dengan 0,49 q_c .
4. Tanah lempung mendekati organik pada CBR lapangan alat uji DCP pada ST.0+600 dengan 0,37 q_c dan ST.6+000 dengan 0,48 q_c maka rata-rata 0,425 q_c . CBR laboratorium pada ST.0+600 dengan 0,41 q_c dan ST.6+000 dengan 0,54 q_c . maka rata-rata 0,475 q_c .

Berdasarkan Tabel 5.8 maka diperoleh jika nilai perbandingan CBR/ q_c Semakin kecil maka diperoleh jenis tanah bagus dan semakin jelek jenis tanah yang di peroleh maka nilai CBR/ q_c semakin tinggi. Tabel 5.8 di dapat nilai rata-rata berdasarkan jenis tanah lempung dan pasir CBR/ q_c pada tabel 5.9

Tabel 5.9 Nilai CBR/ q_c Berdasarkan Jenis Tanah lempung dan Pasir

Titik	CBR Lapangan DCP CBR/ q_c	CBR Laboratorium CBR/ q_c	Jenis Tanah
ST.03	0,42	0,49	Lempung
STA 0+600	0,37	0,41	
STA 17+000	0,48	0,54	
Lempung Rata-rata	0,42	0,48	
ST.04	0,12	0,16	Pasir
ST.05	0,23	0,32	
ST.0+600	0,28	0,32	
Pasir Rata-rata	0,21	0,26	

Berdasarkan Tabel 5.9 maka di dapat jenis tanah lempung CBR lapangan 0,42 q_c dan pasir 0,21 q_c sedangkan jenis tanah pasir CBR laboratorium 0,48 q_c dan pasir 0,26 q_c .

5.2.3 Membandingkan Penelitian Dengan Penelitian Sebelumnya

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya berdasarkan korelasi CBR dengan tahanan konus (q_c) pada Schmentmaan, Rahardjo (1995), Achmad (2009) dan Irfan (2009) pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Perbandingan Penelitian dengan penelitian sebelumnya.

Penelitian	CBR lapangan / q_c	CBR laboratorium/ q_c
Peneliti	CBR menggunakan DCP Pasir 0,21 q_c Lempung 0,42 q_c Transisi berbagai jenis tanah (Pasir dan Lempung)	Pasir 0,26 q_c Lempung 0,48 q_c Transisi berbagai jenis tanah (Pasir dan Lempung)
Schmentmaan	CBR menggunakan Field CBR Pasir 0,33 q_c	-
Raharjo (1995)	CBR menggunakan Field CBR Lempung 0,5 q_c	-
Ahmad (2009)	CBR menggunakan DCP Lempung 0,27 q_c	-
Irfan (2010)	CBR menggunakan DCP Lempung 0,52 Transisi berbagai jenis tanah (Lempung)	-

Berdasarkan Tabel 5.10 dapat lihat perbedaan dan persamaan dalam penelitian seperti Raharjo mengatakan lempung 0,5 q_c CBR (*In-situ*) menggunakan Field CBR, sedangkan penulis tanah lempung 0,42 q_c (CBR alat uji DCP) dan CBR laboratorium 0,48 q_c dan transisi berbagai jenis tanah lempung seperti tanah lempung mendekati organik, maka berdasarkan teori CBR lempung 0,5 q_c mendekati CBR laboratorium pada peneliti.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut

6.1 Kesimpulan

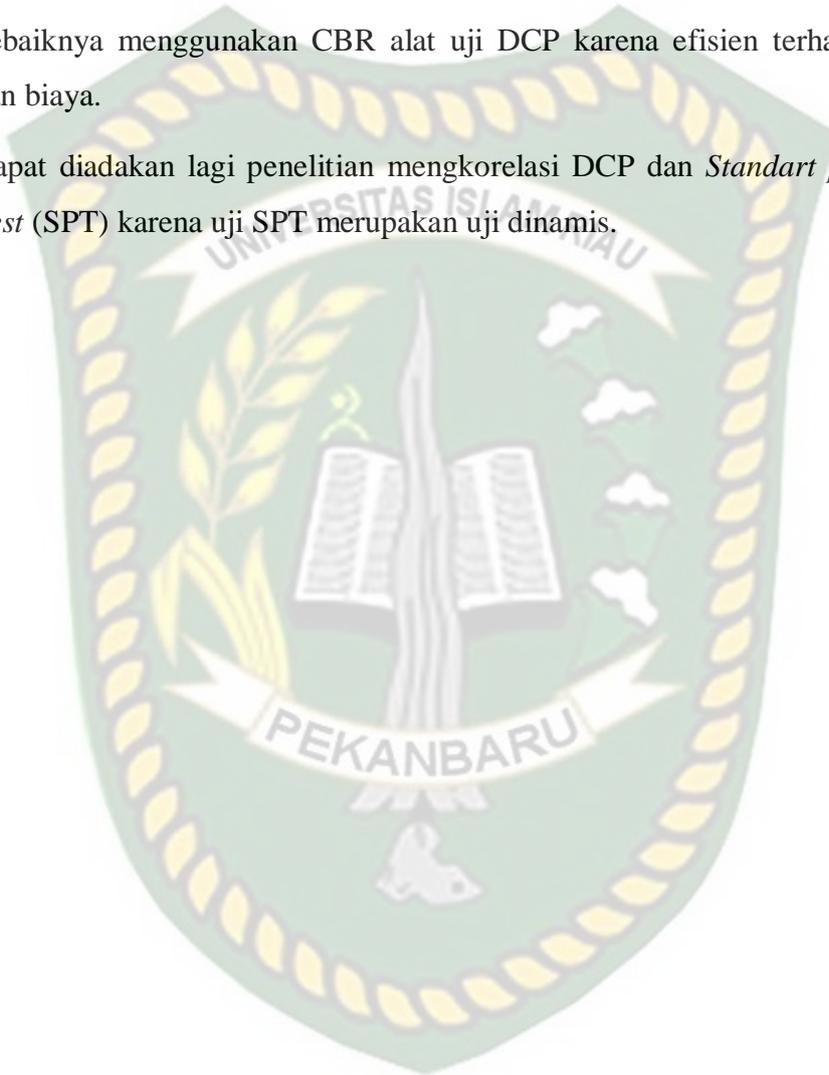
Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut

1. Nilai CBR alat uji DCP yang di peroleh selalu lebih kecil dari nilai CBR laboratorium. Rasio nilai CBR uji DCP berbanding CBR laboratorium berkisar 72% - 90%, dimana pada tanah lempung memiliki nilai lebih tinggi (tanah lempung rasio mendekati CBR laboratorium).
2. Korelasi nilai tahanan konus dengan CBR laboratorium pada penelitian nilai lebih mendekati teori Schmentmaan pasir $CBR = \frac{1}{3} q_c$ dan lempung Raharjo (1995) $CBR = \frac{1}{2} q_c$, pada penelitian pasir 0,26 q_c dan lempung 0,48 q_c sedangkan CBR alat uji DCP pasir 0,21 q_c dan lempung 0,42 q_c .
3. Korelasi nilai tahanan konus dengan CBR alat uji DCP dan CBR laboratorium, hasil penelitian berbagai jenis tanah (jenis tanah baik sampai jenis tanah jelek). Tanah pasir berlanau mendekati pasir CBR alat uji DCP 0,18 q_c dan CBR laboratorium 0,24 q_c . Tanah pasir berlanau mendekati lanau berpasir 0,28 q_c dan CBR laboratorium 0,32 q_c . Tanah lempung berlanau mendekati lanau pada CBR alat uji DCP 0,42 q_c dan CBR laboratorium dengan 0,49 q_c . Tanah lempung mendekati organik CBR alat uji DCP 0,425 q_c dan CBR laboratorium 0,475 q_c , nilai perbandingan CBR/q_c semakin kecil diperoleh jenis tanah baik dan semakin jelek jenis tanah yang di peroleh maka nilai CBR/q_c semakin tinggi.

6.2 Saran

Berikut ini adalah saran-saran atas dasar penelitian untuk dijadikan sebagai pertimbangan sehubungan dengan hasil penelitian ini:

1. Sebaiknya menggunakan CBR alat uji DCP karena efisien terhadap waktu dan biaya.
2. Dapat diadakan lagi penelitian mengkorelasi DCP dan *Standart penetration Test* (SPT) karena uji SPT merupakan uji dinamis.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F.2009“ Korelasi Nilai Hambatan Konus q_c dengan CBR Lapangan Pada tanah lempung desa Imbodu” [http://publikasiilmiah.ums.ac.id//11oktober 2012 pukul 17:38 wib](http://publikasiilmiah.ums.ac.id//11oktober2012pukul17:38wib)).
- Ardiansyah Rony, 2009, *Penyelidikan Geoteknik*, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Badan Standar Nasional Indonesia (BSN), 1989, *Cara Pengujian CBR laboratorium*, SNI 03-1744-1989, Jakarta.
- Badan Standar Nasional Indonesia (BSN), 2008, *Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan alat siondir* , SNI 2827, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2008“*Cara Uji CBR Dynamic Cone Penetrometer(DCP)*”, Bandung.
- Djarmiko, 1993, *Mekanika Tanah 2*, Kanisius, Malang
- Hardiyatmo, 2011, *Pondasi I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, 2011, *Mekanika I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Hardiyatmo, 2015, *Perencanaan Perkerasan Jalan Penyelidikan Tanah*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Irfan, 2014, *Korelasi Nilai q_c Data CPT Dengan Nilai CBR Data DCP di Beberapa Lokasi Pekanbaru*, Skripsi, Universitas Islam Riau, Pekanbaru
- Prisia, 2013, “*Hubungan Nilai CBR Laboratorium Dan DCP Pada Tanah Yang Dipadatkan Pada Ruas Jalan Wori- Likupang Kabupten Minahasa Utara*” Jurnal sipil Statik Vo. 1 (368-376). Universitas Sam Ratulangi.
- Rahardjo, P.P, 1995 “*Uji Sondir, Interpretasi dan Aplikasinya untuk Perancangan Pondasi,*” Jakarta.
- Robertson, P.K dan Campanella, R.G. 1989, “*Guidelines For Geotechnical Design Using The Cone Penetrometer Test and CPT With Pore Pressure Measurement*”, Hogentogler & Company, Inc
- Priyatno duwi, 2016, *Belajar Alat Analisis Data Dan Cara Pengolahan Data Dengan SPSS*, Gaya media, Yogyakarta.
- Prasetyo Bambang, 2014, *Konsep Dasar Statika*, Erlangga, Jakarta.
- Sunggono, KH, 1995, *Teknik Sipil*, Nova, Bandung
- Sondakh & Assa, 2012, *Modul pratikum Labortorium Uji Tanah*, Politeknik Negeri Manado, Manado.
- Wignal Arthur dkk, 2003, *Proyek Jalan teori dan praktek* ,Erlangga, Jakarta.