

# KORELASI DAYA DUKUNG TANAH DASAR YANG DIDAPAT DARI HASIL UJI SONDIR (*CONE PENETRATION TEST*), *DYNAMIC CONE PENETROMETER (DCP)* DAN *PLATE BEARING TEST*

Mardianus<sup>1</sup>, Abubakar Alwi<sup>2</sup>, Aprianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

<sup>2</sup>Dosen Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email: Imardianus@gmail.com

## ABSTRAK

Untuk mengetahui daya dukung tanah metode pengujian yang dapat dilakukan seperti pengujian sondir, DCP dan *Plate Bearing Test*. Maksud dari penelitian ini adalah untuk menggambarkan sejauh mana korelasi dari hasil pengukuran daya dukung tanah dasar yang di dapatkan dengan menggunakan alat sondir, DCP dan *Plate Bearing Test*. Penelitian dilakukan pada lokasi rencana pembangunan gedung Gelanggang Olahraga Kabupaten Sekadau, Provinsi Kalimantan Barat. Pengujian diambil sebanyak 10 (sepuluh) titik uji setiap pengujian yang dilaksanakan yang ditinjau pada kedalaman sampai 1 meter dibawah permukaan tanah. Karakteristik tanah yang diuji merupakan jenis tanah pasir dengan butiran halus, dimana sangat memungkinkan untuk dicoba pada kondisi tanah yang agak keras menggunakan alat sondir, DCP dan *Plate Bearing Test* sebagai metode uji untuk menentukan daya dukung tanah dasarnya. Dari penelitian ini diperoleh korelasi kuat antara CBR DCP dengan modulus *subgrade* dan CBR DCP dengan  $q_c$  Sondir serta korelasi cukup antara  $q_c$  Sondir dengan modulus *subgrade* pada jenis tanah pasir dengan butiran halus yang ditinjau pada kedalaman 1 meter di bawah permukaan tanah dengan analisa korelasi *Polynomial*. Sedangkan untuk korelasi sangat kuat menggunakan korelasi berganda SPSS antara Sondir dengan korelasi DCP - Modulus *Subgrade* dengan kondisi tanah dan kedalaman yang sama.

Kata kunci: daya dukung, *dynamic cone penetrometer (DCP)*, korelasi, *plate bearing test*, sondir (*cone penetration test*)

## ABSTRACT

To find out the carrying capacity of soil testing methods that can be done such as sondir testing, DCP and *Plate Bearing Test*. The purpose of this study is to describe the extent of the correlation that had from the results of the measurement as carrying capacity of the subgrade obtained by using a sondir, DCP and *Plate Bearing Test*. The study was conducted at the location of the Sports Center development plan of Sekadau Regency, West Kalimantan Province. The test is taken as many as 10 (ten) test points every test carried out which is reviewed at depths up to 1 meter below the ground surface. The characteristics of the soil being tested is a type of sand soil with fine grains, which is very possible to be tested in rather harsh soil conditions using sondir, DCP and *Plate Bearing Test* as a test method to determine the carrying capacity of the subgrade. From this study obtained a strong correlation between CBR DCP with subgrade modulus and CBR DCP with Sondir  $q_c$  as well as sufficient correlation between Sondir  $q_c$  and subgrade modulus in fine-grained sand soil types reviewed at a depth of 1 meter below the ground surface that had used by *Polynomial* correlation analysis. Whereas for very strong correlation using SPSS multiple correlation between Sondir with DCP - Subgrade Modulus which had from the test capacity on the same soil conditions and depth level.

Keywords: bearing capacity, *dynamic cone penetrometer (DCP)*, correlation, *plate bearing test*, sondir (*cone penetration test*).

## I. PENDAHULUAN

Dalam pekerjaan konstruksi perkerasan jalan, baik itu menggunakan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku, lapisan pendukung yang paling dasar merupakan lapisan tanah dasar atau biasanya disebut dengan *subgrade*. Lapisan ini dapat berupa tanah asli, tanah galian, ataupun tanah urugan tergantung dari aspek kebutuhannya. Kekuatan struktur suatu perkerasan sangat bergantung pada

daya dukung tanah dasar, yakni pada kepadatannya. Bila pada lapisan tanah dasar suatu perkerasan tidak mencapai tingkat kepadatan yang diperlukan maka perkerasan tersebut akan mengalami kerusakan bahkan sampai pada lapisan permukaan.

Seperti yang diketahui, konstruksi jalan menjadi suatu konstruksi yang vital karena menjadi aksesibilitas penghubung antara satu tempat ke tempat lainnya, seperti akses masuk dari jalan ke

suatu lokasi gedung. Ditambah lagi dengan padatnya aktivitas keluar masuk tempat tersebut tentunya membutuhkan perkerasan jalan yang baik. Dalam pekerjaan pembangunan gedung Gelanggang Olahraga (GOR) di Kabupaten Sekadau contohnya. Jalan Merdeka Selatan yang menjadi akses penghubung untuk menuju lokasi GOR Sekadau ini direncanakan dengan perkerasan kaku dan menggunakan tanah asli sebagai lapisan tanah dasarnya, oleh karena itu penelitian untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah sangat diperlukan dalam konstruksi perkerasan jalan ini.

Penyelidikan tanah dilaksanakan untuk memperoleh data tanah yang diperlukan baik untuk perencanaan maupun untuk pelaksanaan. Untuk mengetahui daya dukung tanah metode yang dapat dilakukan sangat bervariasi seperti, *Sand Cone*, *Proctor Test*, Sondir (*Cone Penetration Test*), *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), *Hand Penetrometer*, serta *Plate Bearing Test*. Metode pengujian yang dilakukan seperti Sondir, DCP, dan *Plate Bearing Test*, merupakan metode uji yang umum digunakan karena memiliki keuntungan yang sama yaitu, ekonomis dan pengoperasiannya yang mudah.

Setiap metode pengujian mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing, baik dalam hal akurasi, ekonomis, dan kapasitas alat. Seperti DCP yang merupakan salah satu alat pada survei terhadap daya dukung tanah yang umum digunakan karena sangat ekonomis dan mudah dalam pengoperasiannya, namun demikian DCP juga memiliki beberapa kelemahan-kelemahan, antara lain:

- Kedalaman pengujian maksimal satu meter.
  - Penyimpangan kedudukan alat dari posisi vertikal menyebabkan kesalahan pengukuran relatif besar, sedangkan DCP sendiri tidak mempunyai kedudukan yang permanen. (*MBT Utama PT, Brosur Alat DCP, MBT Utama PT, Jakarta*)
- Sedangkan metode uji *Plate Bearing Test* merupakan pengujian yang hanya pada bagian atas permukaan tanah dasar. Parameter yang dihasilkan dari pengujian tersebut adalah modulus *subgrade*.

Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut maka pengujian terhadap nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dilapangan menggunakan alat uji DCP dan *Plate Bearing Test* perlu dikorelasi dengan suatu hasil pengujian sondir, atau pengujian penetrasi tanah guna memperoleh daya dukung tanah pada kedalaman yang bisa lebih dari 1 meter. Hasil uji sondir sendiri memberikan hasil data perlawanan konus qc dengan gesekan selimut fs dimana nilai-nilai tersebut dapat memberikan

informasi data jenis tanah dan beberapa parameter tanah.

Pengujian dilaksanakan untuk memperoleh korelasi antara ketiga pengujian alat tersebut, pada kondisi tanah yang sama. Penelitian ditujukan untuk mengaplikasikan dilapangan yang dapat dipergunakan secara luas oleh para ahli Teknik Sipil terhadap hubungan diantara ketiganya. Oleh sebab itu dalam penelitian ini, penulis membahas tentang “Korelasi Daya Dukung Tanah Dasar Yang Didapat Dari Hasil pengujian Sondir, DCP) dan *Plate Bearing Test*”, sehingga pengujian ini nantinya bisa mendapatkan pengujian yang lebih efisien.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka masalah-masalah penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Sejauh mana perbedaan antara nilai kekuatan daya dukung tanah dasar yang didapatkan dari hasil pengujian dengan alat Sondir, DCP dan *Plate Bearing Test*?
- b. Apakah ada hubungan atau korelasi antara hasil Uji Sondir (SNI 2827:2008), DCP (ASTM D6951) dan *Plate Bearing Test* (ASTM D1194-94)?
- c. Seberapa besar faktor korelasi yang dihasilkan dari tingkat perbedaan hasil data yang diperoleh?

Untuk menggambarkan sejauh mana korelasi dari hasil pengukuran daya dukung tanah dasar yang di dapatkan dengan menggunakan alat Sondir, DCP dan *Plate Bearing Test*.

Tujuan yang ingin untuk mengetahui seberapa besar daya dukung tanah dasar yang didapat dengan menggunakan alat Sondir (*Cone Penetration Test*), DCP dan *Plate Bearing Test* dengan membuat persamaan-persamaan korelasi nilai hasil DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*), Sondir (*Cone Penetration Test*), dan *Plate Bearing Test*.

Hasil dari penelitian ini di harapkan berguna sebagai acuan terhadap korelasi yang didapat pada penggunaan alat Sondir (*Cone Penetration Test*), DCP dan *Plate Bearing Test* sebagai alat ukur pengujian kekuatan tanah pada deskripsi tanah yang sama dengan deskripsi tanah dilokasi dimana penelitian dilaksanakan dan juga bisa dapat memberikan pengujian yang lebih efisien.

Pembatasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Data penelitian ini diambil pada lokasi rencana pembangunan gedung Gelanggang Olahraga (GOR) Kabupaten Sekadau, Kalimantan Barat.
2. Alat yang digunakan sondir (*Cone Penetration Test*), DCP dan *Plate Bearing Test*.
3. Menentukan nilai korelasi yang didapat dari hasil pengujian Sondir, DCP dan *Plate Bearing Test*.

- Data yang digunakan adalah data sekunder dan data primer sebanyak 10 titik Sondir (*Cone Penetration Test*), 10 titik DCP dan 10 titik *Plate Bearing Test*, dimana didalam penarikan kesimpulan nantinya lebih bersifat objektif.
- Untuk melakukan tes, penguji Sondir (*Cone Penetration Test*), DCP dan *Plate Bearing Test* hanya dilakukan pada kedalaman maksimal 1 meter.

## II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

### Tinjauan Umum Tentang Tanah

Secara umum, tanah merupakan material yang terdiri dari himpunan butiran mineral-mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas, yang terletak di atas batuan dasar (Hardiyatmo, 2001). Diantara ruang partikel-partikel terdapat zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong tersebut. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dan sifat fisik dari tanah kebanyakan bergantung dari faktor ukuran, bentuk, serta kandungan kimia dari partikel tersebut (Braja M. Das, 1995).

### 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. Banyak sistem klasifikasi tanah yang telah disusun antara lain sistem klasifikasi Dudal-Soeprahardjo, *Sistem Soil Taxonomy* (USDA), *Sistem World Reference Base for Soil Resources*, *Sistem Unified Soil Classification System* (USCS) dan *Sistem American Association of State Highway and Transporting Official* (AASHTO).

**Tabel 1.** Kriteria Kekuatan Koefisien Korelasi (Sumber: Shahin et. Al, 2000)

Koefisien Korelasi	Kriteria
0	Tidak ada korelasi antara dua variabel
>0-0,25	Korelasi sangat lemah
>0,25-0,5	Korelasi cukup
>0,5-0,75	Korelasi kuat
>0,75-0,99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi sempurna

### Korelasi

korelasi adalah salah satu teknik statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel atau lebih yang sifatnya kuantitatif. Misalkan kita mempunyai dua variabel x dan y kita ingin menguji apakah hubungannya berbanding

lurus atau terbalik atau bahkan tidak mempunyai hubungan sama sekali.

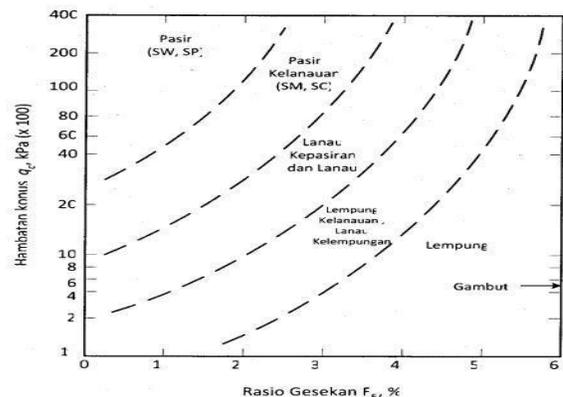
### Pengujian Sondir ( Cone Penetration Test)

Sondir telah lama populer di Indonesia karena relatif mudah pemakaiannya, ekonomis dan dapat memberikan gambaran profil tanah secara terus menerus meskipun masih dalam tarap kualitatif.

Alat tes sondir terdiri atas silinder besi dengan ujung berbentuk kerucut yang dikenal dengan nama konus yang ditekan kedalam tanah secara vertikal, kemudian tahanan konus dan gesekan samping diukur secara terus menerus. Metode ini dikembangkan di Swedia pada tahun 1917 oleh *Swedish State Railways*, dan kemudian oleh *Danish Railways* (1927).

Dalam ilmu teknik sipil peranan tes sondir sebagai alat pengujian dilapangan sangat diperlukan hal ini karena dapat memberikan manfaat dan kesimpulannya itu antara lain :

- Menentukan profil tanah dan mengidentifikasi jenis tanah.
- Merupakan data pendukung bagi informasi pengeboran tanah.
- Mengevaluasi karakteristik jenis tanah.
- Menentukan daya dukung tanah dan kedalaman tanah keras.
- Mengevaluasi hasil perbaikan tanah.
- Mengevaluasi potensi likuifaksi pada tanah pasir.



**Gambar 1.** Grafik klasifikasi jenis tanah berdasarkan pengukuran CPT (Sumber: Robertson & Campanella 1983 dalam Budi, 2011)

### Pengujian Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

DCP atau *Dynamic Cone Penetration* adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah dasar langsung ditempat. Daya dukung tanah dasar tersebut diperhitungkan berdasarkan pengolahan

atas hasil test DCP yang dilakukan dengan cara mengukur berapa dalam (mm) ujung konus masuk ke dalam tanah dasar tersebut setelah mendapat tumbukan palu geser pada landasan batang utamanya

**Tabel 2.** Hubungan tekan konus dan konsistensi CPT (Sumber: Balai Penyelidikan Tanah untuk Jalan Pusat, Penelitian dan pengembangan Jalan Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum)

Tekan Konus $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Konsistensi
0 – 5	Sangat lembek ( <i>Very Soft</i> )
5 – 10	Lembek ( <i>Soft</i> )
10 - 20	Teguh ( <i>Medium Stiff</i> )
20 – 40	Kenyal ( <i>Stiff</i> )
40 – 80	Sangat kenyal ( <i>Very Stiff</i> )
80 – 100	Keras ( <i>Hard</i> )

. Korelasi antara banyaknya tumbukan dan penetrasi ujung konus dari alat DCP ke dalam tanah akan memberikan gambaran kekuatan tanah dasar pada titik-titik tertentu. Semakin dalam konus yang masuk untuk setiap tumbukan artinya makin lunak tanah dasar tersebut. Data yang dihasilkan adalah CBR lapangan tanah dasar pada titik yang ditinjau.

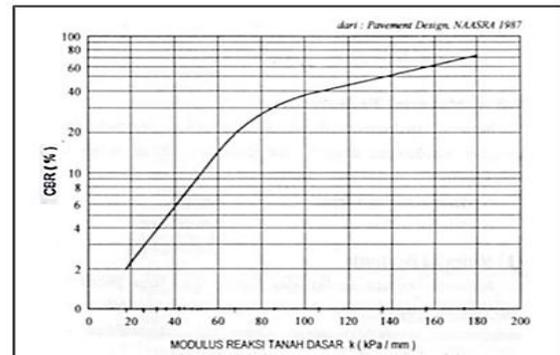
### Pengujian Plate Bearing Test

*Plate Bearing Test* merupakan pengujian lapangan yang memberikan kapasitas daya dukung (*bearing capacity, q<sub>u</sub>*) pada lapisan tanah di bawahnya. Hasil pengujian ini dapat digunakan sebagai parameter desain atau untuk mengkonfirmasi asumsi desain yang diambil. Hasil *Plate Bearing Test* dapat digunakan untuk menentukan besarnya modulus subgrade (*k<sub>s</sub>*) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$k_s = \frac{LOAD/A}{\Delta h} \quad (1)$$

Dimana:

- k<sub>s</sub>* : Modulus Reaksi *Subgrade* (kPa/mm)
- LOAD : Beban yang diterima tanah (kg)
- A : Luas penampang sampel tanah (mm<sup>2</sup>)
- $\Delta h$  :Tebal penurunan tanah setelah diberi beban (mm)
- q* : 50% daya dukung kondisi *yield*



**Gambar 2.** Kurva hubungan nilai *k<sub>s</sub>* dengan hasil CBR NAASRA 1987(Zaika, 2014)

### 3. Metodologi Penelitian

#### Metode Penelitian

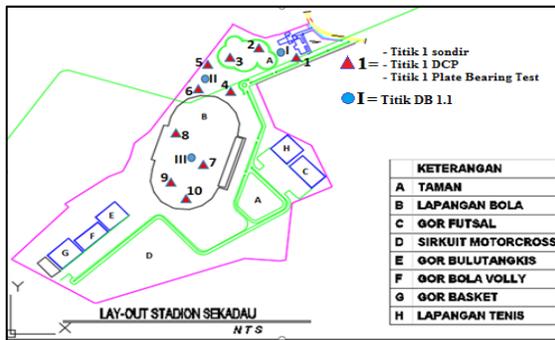
Metode yang digunakan dalam penelitian ini digolongkan sebagai penelitian Korelasional, dimana pada pengujian ini hipotesanya akan membuktikan kekuatan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikatnya, bukan membuktikan ada atau tidaknya hubungan antara kedua variabel tadi, yang berarti hipotesa dalam penelitian ini adalah hipotesa kerja (hipotesa yang menunjukkan adanya hubungan antara variabel yang satu dengan yang lainnya).

#### Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember tahun 2019 sampai Januari tahun 2020. Penelitian ini bertempat di lokasi rencana pembangunan gedung Gelanggang Olahraga (GOR) Kabupaten Sekadau, di Jalan Mardeka Selatan, Desa Sungai Ringin, Kecamatan Sekadau Hilir, Kabupaten Sekadau, Provinsi Kalimantan Barat. Lokasi penelitian dapat dilihat pada (Gambar 3) dan lokasi penelitian titik pengujian dapat dilihat pada (Gambar 4).



**Gambar 3.** Lokasi penelitian



**Gambar 4.** Lokasi penelitian titik pengujian  
**Prosedur Penelitian**

**Pengujian Sondir (Cone Penetration Test)**

Maksud dari percobaan ini untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam persatuan luas. Hambatan lekat tanah adalah perlawanan gesar tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya persatuan panjang.

**Peralatan Sondir (Cone Penetration Test)**

1. Mesin sondir 2 ton dan manometer.
2. Manometer, kapasitas 0-250 kg/cm<sup>2</sup>
3. Seperangkat pipa sondir lengkap dengan batang dalam dengan panjang masing-masing 1 meter.
4. Bikonus.
5. Besi kanal dan sekrup pengunci.
6. 4 (empat) angker dan perlengkapan.
7. Kunci-kunci pipa, alat pembersih, oli, minyak hydrolic.

**Pelaksanaan percobaan:**

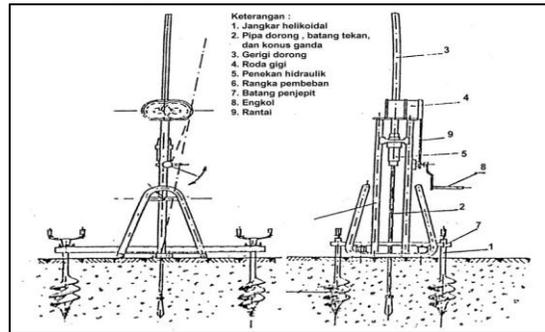
1. Memasang mesin sondir secara vertikal pada titik pengujian menggunakan angkur yang dimasukan secara kuat kedalam tanah.
2. Memasang konus dan bikonus pada ujung rangkaian pipa pertama pada mesin sondir.
3. Menekan pipa sondir untuk memasukan konus dan bikonus sampai kedalaman tertentu, umumnya setiap 20 cm.
4. Melakukan pencatatan manometer pada setiap kedalaman 20 cm.
5. Mengulang prosedur 3 dan 4 sampai kedalaman tertentu.
6. Setelah mencapai kedalaman tersebut, selanjutnya mencabut pipa sondir hingga selesai.

**Pengujian DCP**

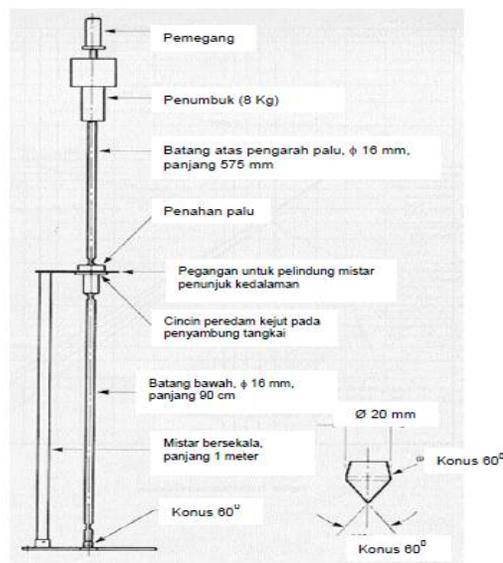
Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah dasar, timbunan, dan atau suatu sistem perkerasan secara cepat dan praktis.

- Peralatan dan Spesifikasi alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) :

1. Mistar ukur, panjang 1 meter.
2. Batang penetrasi, diameter 16 mm dengan



**Gambar 5.** Rangkaian alat penetrasi konus



**Gambar 6.** *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

3. Konus, baja yang diperkeras dengan diameter 20 mm dan sudut kemiringan 60°.
4. Landasan penumbuk, terbuat dari baja.
5. Stang pelurus
6. Palu penumbuk, berat 8 kg dengan tinggi jatuh 575 mm.
7. Kunci pas
8. Tas (tempat membawa alat).

• Pelaksanaan percobaan:

1. Meletakkan penetrometer yang telah dirakit diatas permukaan tanah yang akan diperiksa lalu susun alat tersebut sedemikian rupa sehingga berada dalam posisi vertikal. Penyimpangan sedikit saja akan mengakibatkan kesalahan pengukuran yang relatif besar.
2. Melakukan pembacaan dari penunjukan mistar ukur ( $X_0$ ) dalam satuan mm yang terdekat pada posisi awal. Penunjukan  $X_0$  ini tidak perlu tepat

- pada angka nol karena nilai  $X_0$  ini akan diperhitungkan pada penetrasi.
- Mengangkat palu penumbuk sampai menyentuh pemegang, kemudian melepaskannya sehingga menumbuk landasan penumbuknya. Tumbukan ini menyebabkan konus menembus tanah dibawahnya kemudian dibaca penurunan mistar ukurnya ( $X_1$ ) setelah terjadi penetrasi.
  - Mengulang prosedur 3 dan 4 sampai batas kedalaman yang akan diperiksa (1m), untuk mendapatkan nilai  $X_1, X_2, X_3$ , dan seterusnya.

### Pengujian *Plate Bearing Test*

Maksud dari percobaan ini merupakan pengujian untuk menentukan daya dukung tanah di lapangan. Parameter yang dihasilkan dari pengujian *plate bearing test* adalah nilai modulus *subgrade*. Untuk pelaksanaan uji pembebanan dilakukan dengan cara pembebanan tidak langsung, dimana prinsip kerjanya adalah plat baja ditekan dengan menggunakan *hydraulic jack* yang diletakkan di atas pelat baja. Bagian bawah ditumpukkan pada suatu perkuatan menggunakan ankur.

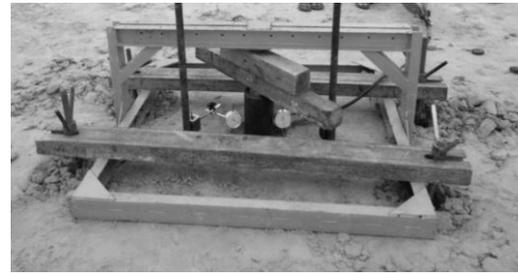
- Alat-alat yang digunakan.

Adapun peralatan yang digunakan pada uji pembebanan ini antara lain :

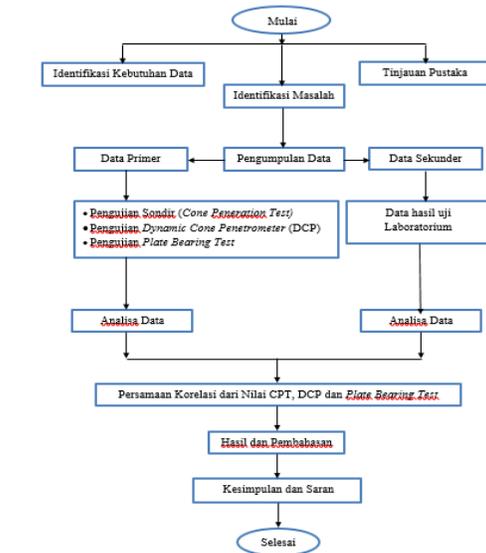
- Hydraulic jack* dengan kapasitas 10 ton dengan ketelitian 50 kg.
- Arloji ukur (*dial gauge*) 2 buah
- Stopwatch* untuk mengukur waktu pembebanan.
- Meja beban dari bahan baja.
- Pelat baja.
- Besi kanal dan sekrup pengunci.
- 4 (empat) anker dan perlengkapannya
- Waterpass*

- Pelaksanaan Percobaan:

- Menggali lubang dengan diameter setidaknya 4B (B merupakan diameter pelat baja yang digunakan) dengan kedalaman rencana kemudian pelat baja tersebut diletakkan pada bagian tengah lubang.
- Menyusun peralatan uji pembebanan yang diawali dengan memasang anker untuk mengikat meja beban, kemudian *hydraulic jack* diletakkan diatas pelat percobaan, bagian atas *hydraulic jack* menyentuh meja beban.
- Menambahkan beban sebesar 10% setiap kenaikan beban dari beban rencana yang disalurkan dari *hydraulic jack*. Nilai hasil uji pembebanan dibaca melalui dial dengan beban awal hingga jarum pada beban dial tidak bergerak lagi
- Melakukan pencatatan terhadap dial yang memantau penurunan pelat baja selama proses penambahan beban tersebut berlangsung.



Gambar 7. *Plate Bearing Test*



Gambar 8. Diagram alir penelitian Metode Analisa Statistik Hasil Uji Lapangan

Metode analisa statistik hasil uji lapangan pada penelitian ini digunakan dengan menggunakan metode garis regresi sederhana dan regresi berganda.

Adapun persamaan umum dari garis regresi adalah:

- Persamaan regresi sederhana
$$Y = a + bX \quad (2)$$

Dimana :

- b : koefisien regresi
- a : konstanta
- Y : variabel terikat
- X : variabel bebas

- Persamaan regresi berganda
$$Y = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 \dots + b_n.X_n \quad (3)$$

Dimana :

- Y = Variabel terikat
- a,  $b_1, b_2, b_n$  = Koefisien Regresi
- $X_1, X_2, X_n$  = Variabel bebas

- Persamaan regresi polinomial
$$Y_i = \beta_0 + \beta_1.X_i + \beta_2.X_i^2 \dots \beta_p.X_i^p \quad (4)$$

Dimana :

$Y_i$  = Variabel terikat  
 $a, \beta_1, \beta_2, \beta_p$  = Koefisien Regresi  
 $X_1, X_2, X_p$  = Variabel bebas

Dalam penelitian ini, yang dimaksud variabel bebas adalah data yang berada pada sumbu X, sedangkan variabel terikatnya adalah data yang berada pada sumbu Y.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan hasil pengeboran dalam dan dangkal, didapatkan sampel tanah tidak terganggu (*Undisturbed Sample*) untuk selanjutnya dilakukan uji laboratorium terkait dengan sifat fisik dan mekanis tanah. Adapun hasil pengujian sifat fisik dan mekanis tanah tersebut, dapat diuraikan sebagai berikut pada sub bab ini.

**Tabel 3.** Data hasil laboratorium sifat fisik dan mekanis tanah DB1.1 (Hasil Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Untan)

Pengujian Kedalaman (m)	Hasil 1-1.5
Berat Jenis Tanah (Gs)	2.663
Berat Tanah Kering $\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	1.668
Berat Tanah Basah $\gamma_m$ (t/m <sup>3</sup> )	2.086
Kadar Air $W_n$ (%)	25.032
Angka Pori (e)	0.596
Batas Cair $w_l$ (%)	25.830
Batas Plastis $w_p$ (%)	20.150
Indeks Plastis (%)	5.680
Indeks Kompresi (Cc)	0.912
Koefisien Konsolidasi (cm <sup>2</sup> /s)	2.444E-03
UCS (kg/cm <sup>2</sup> )	0.237
Kohesi (kg/cm <sup>2</sup> )	0.239
Sudut Geser $\phi$ (o)	26.519
<b>Hasil Hidrometer dan Analisa Saringan</b>	
Pasir	70 %
Lanau	23 %
Lempung	7 %

Data dari hasil pengujian sifat fisik dan mekanis titik pengeboran DB1.1 merupakan parameter jenis tanah untuk pengujian Sondir (*cone penetration test*), DCP dan *Plate Bearing Test* pada titik 1, 2, dan 3.

Data dari hasil pengujian sifat fisik dan mekanis titik pengeboran DB1.2 merupakan parameter jenis tanah untuk pengujian Sondir (*cone penetration test*), DCP dan *Plate Bearing Test* pada titik 4, 5, dan 6.

Data dari hasil pengujian sifat fisik dan mekanis titik pengeboran DB1.3 merupakan parameter jenis tanah untuk pengujian Sondir (*cone penetration*

*test*), DCP dan *Plate Bearing Test* pada titik 7, 8, 9 dan 10.

**Tabel 4.** Data hasil laboratorium sifat fisik dan mekanis tanah DB1.2 (Hasil Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Untan)

Pengujian Kedalaman (m)	Hasil 1-1.5
Berat Jenis Tanah (Gs)	2.685
Berat Tanah Kering $\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	1.469
Berat Tanah Basah $\gamma_m$ (t/m <sup>3</sup> )	1.890
Kadar Air $W_n$ (%)	28.684
Angka Pori (e)	0.828
Batas Cair $w_l$ (%)	26.490
Batas Plastis $w_p$ (%)	21.290
Indeks Plastis (%)	5.200
Indeks Kompresi (Cc)	0.672
Koefisien Konsolidasi (cm <sup>2</sup> /s)	1.13E-02
UCS (kg/cm <sup>2</sup> )	0.284
Kohesi (kg/cm <sup>2</sup> )	0.254
Sudut Geser $\phi$ (°)	26.565
<b>Hasil Hidrometer dan Analisa Saringan</b>	
Pasir	71.5%
Lanau	24.5%
Lempung	4%

**Tabel 5.** Data hasil laboratorium sifat fisik dan mekanis tanah DB1.3 (Hasil Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Untan)

Pengujian Kedalaman (m)	Hasil 2-2.5
Berat Jenis Tanah (Gs)	2.649
Berat Tanah Kering $\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	1.649
Berat Tanah Basah $\gamma_m$ (t/m <sup>3</sup> )	1.984
Kadar Air $W_n$ (%)	20.287
Angka Pori (e)	0.612
Batas Cair $w_l$ (%)	20.440
Batas Plastis $w_p$ (%)	13.270
Indeks Plastis (%)	7.170
Koefisien Konsolidasi (cm <sup>2</sup> /s)	6.54E-03
UCS (kg/cm <sup>2</sup> )	0.073
Kohesi (kg/cm <sup>2</sup> )	0.114
Sudut Geser $\phi$ (o)	10.148
<b>Hasil Hidrometer dan Analisa Saringan</b>	
Pasir	64.5%
Lanau	26.5%
Lempung	9%

**Hasil Penelitian Lapangan  
Hasil Pengujian Dengan Alat Uji Sondir  
(Cone Penetration Test).**

Dari sepuluh (10) titik lokasi pengujian Sondir (Cone Penetration Test) diperoleh hasil:

**Tabel 7.** Hasil pengujian sondir pada kedalaman 1 meter dibawah permukaan tanah

No.	Titik	qc Sondir kg/cm <sup>2</sup>	qc Sondir (kPa)	Jenis Tanah	Konsistensi Tanah
1	1	5	0,5	Clay	soft
2	2	13	1,3	Clay	Medium Stiff
3	3	12	1,2	Clay	Medium Stiff
4	4	10	1	Clay	Medium Stiff
5	5	6	0,6	Clay	soft
6	6	9	0,9	Clay	soft
7	7	8	0,8	Clay	soft
8	8	12	1,2	Clay	Medium Stiff
9	9	9	0,9	Clay	soft
10	10	12	1,2	Clay	Medium Stiff

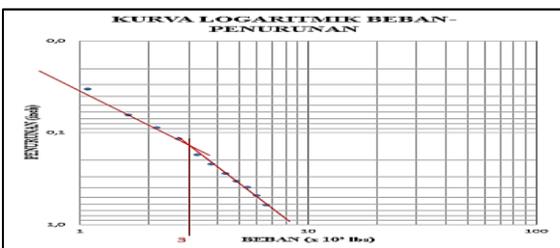
**Hasil Pengujian Dengan Alat Uji Dynamic  
Cone Penetrometer (DCP)**

Dari sepuluh (10) titik lokasi pengujian DCP diperoleh hasil:

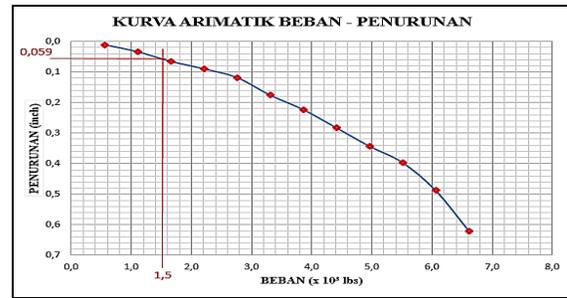
**Tabel 8.** Hasil Pengujian DCP

No.	Titik	CBR DCP (%)
1	1	5.36
2	2	11.38
3	3	11.19
4	4	8.13
5	5	9.34
6	6	13.71
7	7	10.23
8	8	11.63
9	9	8.48
10	10	10.65

**Hasil Pengujian Dengan Alat Uji Plate Bearing Test**



**Gambar 9.** Grafik logaritmik beban-penurunan



**Gambar 10.** Grafik kurva arimatik beban-penurunan

**Tabel 9.** Hasil pengujian titik satu (1) plate bearing test diperoleh hasil:

Lokasi : Gedung Olahraga Kabupaten Sekadau, Kalimantan Barat			
Diameter : 254 mm		Luas Pelat (A) : 78,5 inch <sup>2</sup>	
<b>q</b>	<b>Δh</b>	<b>Daya Dukung Ultimit (q<sub>u</sub>)</b>	<b>Modulus Subgrade (k<sub>s</sub>)</b>
(kg)	Inch	(lbs)	(kPa/mm)
1,500	0,059	300	17,583

**Tabel 10.** Sepuluh (10) titik hasil pengujian plate bearing test diperoleh hasil:

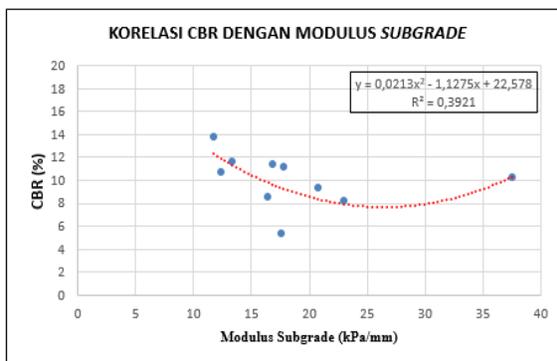
No.	Titik	Modulus Subgrade (kPa/mm)
1	1	17,583
2	2	16,905
3	3	17,866
4	4	23,053
5	5	20,748
6	6	11,722
7	7	37,586
8	8	13,338
9	9	16,425
10	10	12,417

**Korelasi Antara Nilai CBR DCP dan Modulus subgrade dengan Korelasi Polynomial**

**Tabel 11.** Hasil pengujian CBR DCP dan modulus subgrade

Titik	Plate Bearing Test Modulus Subgrade (kPa/mm)	DCP CBR (%)
	X (variabel bebas)	Y (variabel terikat)

1	17,583	5,36
2	16,905	11,38
3	17,866	11,19
4	23,053	8,13
5	20,748	9,34
6	11,722	13,71
7	37,586	10,23
8	13,338	11,63
9	16,425	8,48
10	12,417	10,65



**Gambar 11.** Grafik korelasi *polynomial* CBR DCP dengan modulus *subgrade*

Dari Gambar 11. diketahui koefisien determinan diperoleh nilai  $R^2$  adalah 0,3921 dengan nilai  $R = 0.3921^{1/2} = 0.626$  hal ini menunjukkan adanya hubungan antara dua set variabel dengan memberikan nilai korelasi kuat dan diperoleh persamaan:

$$y = 0,0213x^2 - 1,1275x + 22,578$$

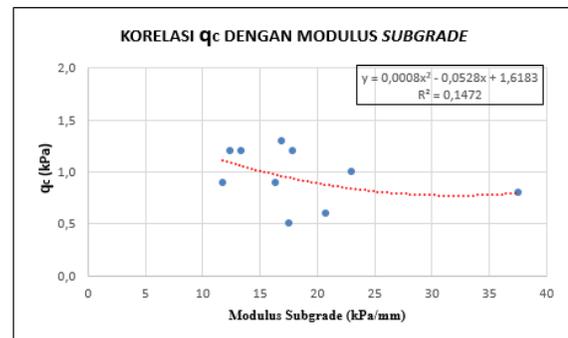
Dengan batasan parameter nilai  $x$ , ( $12 < x < 38$ ) dan  $y$ , ( $5 < y < 14$ ).

**Korelasi Antara Nilai Modulus *subgrade* dan  $q_c$  Sondir dengan Korelasi *Polynomial***

**Tabel 12.** Hasil pengujian modulus subgrade dan  $q_c$  Sondir

Titik	<i>Plate Bearing Test</i>	Sondir
	Modulus <i>Subgrade</i> (kPa/mm)	$q_c$ (kPa)
	X (variabel bebas)	Y (variabel terikat)
1	17,583	0,5
2	16,905	1,3
3	17,866	1,2
4	23,053	1,0

5	20,748	0,6
6	11,722	0,9
7	37,586	0,8
8	13,338	1,2
9	16,425	0,9
10	12,417	1,2



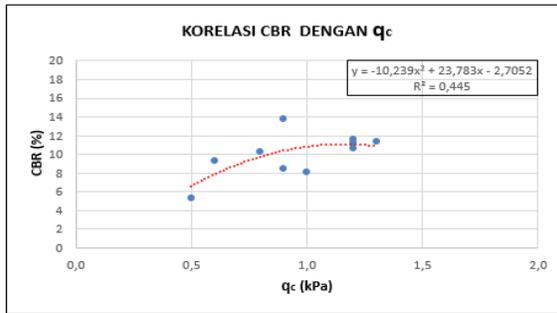
**Gambar 12.** Grafik korelasi *polynomial* Modulus *subgrade* dengan  $q_c$  Sondir

Dari Gambar 12. diketahui koefisien determinan diperoleh nilai  $R^2$  adalah 0.1472 dengan nilai  $R = 0.1472^{1/2} = 0.384$  hal ini menunjukkan adanya hubungan antara dua set variabel dengan memberikan nilai korelasi cukup dan diperoleh persamaan:  $y = 0,0008x^2 - 0,0528x + 1,6183$  Dengan batasan parameter nilai  $x$ , ( $12 < x < 38$ ) dan  $y$ , ( $0,5 < y < 2$ ).

**Korelasi Antara Nilai  $q_c$  Sondir dan CBR DCP dengan Metode Korelasi *Polynomial***

**Tabel 13.** Hasil pengujian  $q_c$  Sondir dan CBR DCP

Titik	Sondir	DCP
	$q_c$ (kPa)	CBR (%)
	X (variabel bebas)	Y (variabel terikat)
1	0,5	5,36
2	1,3	11,38
3	1,2	11,19
4	1,0	8,13
5	0,6	9,34
6	0,9	13,71
7	0,8	10,23
8	1,2	11,63
9	0,9	8,48
10	1,2	10,65



**Gambar 13.** Grafik korelasi *polynomial* CBR DCP dengan qc sondir

Dari Gambar 13. diketahui koefisien determinan diperoleh nilai  $R^2$  adalah 0.445 dengan nilai  $R = 0.445^{1/2} = 0.667$ . hal ini menunjukkan adanya hubungan antara dua set variabel dengan memberikan nilai korelasi kuat dan diperoleh persamaan:  $Y = -10,239x^2 + 23,783x - 2,7052$

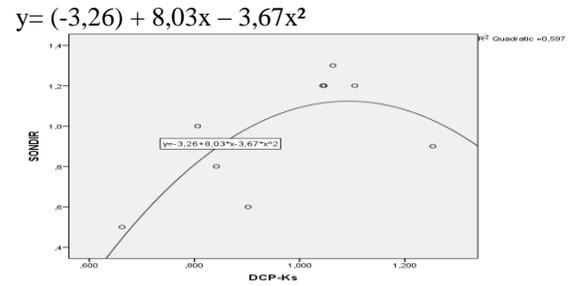
Dengan batasan parameter nilai x, ( $0,5 < x < 2$ ) dan y, ( $5 < y < 14$ )

**Analisa Korelasi Berganda SPSS Sondir dengan Korelasi Modulus subgrade (ks) - Dynamic Cone Penetrometer (DCP)**

**Tabel 14.** Hasil pengujian sondir dan korelasi modulus subgrade (ks) - DCP

Titik	Sondir	DCP	Plate Bearing Test	Korelasi DCP-ks
	qc (kPa)	CBR (%)	ks (kPa/mm)	
	Y (variabel terikat)	X1	X2	X (variabel bebas)
1	0,5	5,36	17,583	0,662
2	1,3	11,38	16,905	1,063
3	1,2	11,19	17,866	1,044
4	1	8,13	23,053	0,806
5	0,6	9,34	20,748	0,902
6	0,9	13,71	11,722	1,253
7	0,8	10,23	37,586	0,842
8	1,2	11,63	13,338	1,105
9	0,9	8,48	16,425	0,876
10	1,2	10,65	12,417	1,047

Dari Gambar 14. diketahui koefisien determinan  $R^2$  diperoleh 0.597 dengan nilai  $R = 0.597^{1/2} = 0.773$ , hal ini menunjukkan adanya hubungan antara tiga set variabel dengan memberikan nilai sangat kuat dan diperoleh persamaan analisa korelasi berganda tersebut adalah:



**Gambar 14.** Grafik analisa korelasi berganda SPSS sondir dengan korelasi modulus subgrade (ks) – DCP

**Tabel 15.** Coefficients hasil uji SPSS

Model	Coefficients <sup>a</sup>	
	Unstandardized Coefficients	
	B	Std. Error
1 (Constant)	,434	,457
DCP	,066	,035
Ks	-,007	,011

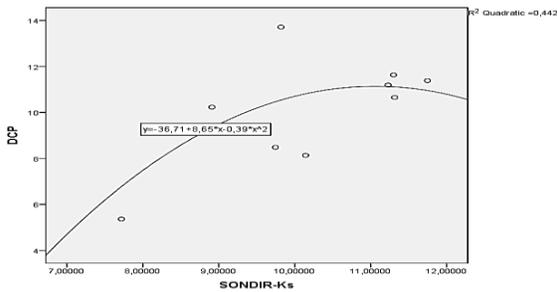
a. Dependent Variable: SONDIR

Dengan batasan parameter nilai x, ( $0,5 < x < 2$ ) dan y, ( $0,5 < y < 2$ ). Sedangkan berdasarkan Tabel 15. diperoleh persamaan korelasi DCP-ks yaitu,  $Y = 0,434 + (0,006)X1 + (-0,007)X2$  dengan nilai constanta 0,434 dan variabel X1 nilai DCP dan X2 nilai ks pada (Tabel 14).

**Analisa Korelasi Berganda SPSS DCP dengan Korelasi Sondir - Modulus Subgrade (ks)**

**Tabel 16.** Hasil pengujian DCP dengan korelasi sondir - modulus subgrade (ks)

Titik	DCP	Sondir	Plate Bearing Test	Korelasi Sondir - ks
	CBR (%)	qc (kPa)	ks (kPa/mm)	
	Y (variabel terikat)	X1	X2	X (variabel bebas)
1	5,36	0,5	17,583	7,71813
2	11,38	1,3	16,905	11,74684
3	11,19	1,2	17,866	11,22951
4	8,13	1	23,053	10,14365
5	9,34	0,6	20,748	8,17075
6	13,71	0,9	11,722	9,81908
7	10,23	0,8	37,586	8,91123
8	11,63	1,2	13,338	11,30052
9	8,48	0,9	16,425	9,74533
10	10,65	1,2	12,417	11,31496



**Gambar 15.** Grafik analisa korelasi berganda SPSS DCP dengan korelasi sondir-modulus *subgrade* ( $k_s$ )

**Tabel 17.** *Coefficients* hasil uji SPSS

Model	<i>Coefficients</i> <sup>a</sup>	
	Unstandardized Coefficients B	Std. Error
1 (Constant)	5,483	3,701
SONDIR	5,023	2,702
Ks	-,016	,098

a. *Dependent Variable:* DCP

Dari Gambar 15. diketahui Koefisien Determinan  $R^2$  diperoleh 0,442 dengan nilai  $R = 0,442^{1/2} = 0,665$ . hal ini menunjukkan adanya hubungan antara tiga set variabel dengan memberikan nilai korelasi kuat kuat dan diperoleh persamaan analisa korelasi berganda tersebut adalah:

$$y = (-36,71) + 8,65x - 0,39x^2$$

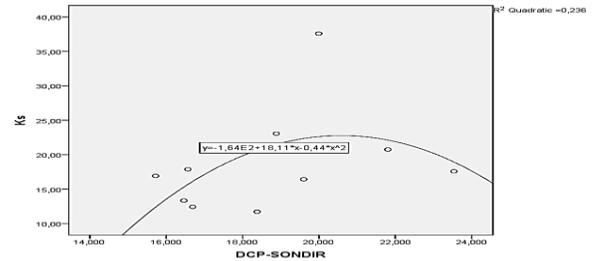
Dengan batasan parameter nilai  $x$ ,  $7 < x < 12$  dan  $5 < y < 14$ . Sedangkan berdasarkan Tabel 17. diperoleh persamaan korelasi sondir –  $k_s$  yaitu,  $Y = 5,483 + 5,023X_1 + (-0,016)X_2$  dengan nilai constanta 5,483 dan variabel  $X_1$  nilai sondir dan  $X_2$  nilai Modulus *Subgrade* berdasar pada (Tabel 16).

#### **Analisa Korelasi Berganda SPSS Modulus *Subgrade* ( $k_s$ ) dengan Korelasi Sondir – DCP**

Tabel 18. Hasil pengujian modulus *subgrade* ( $k_s$ ) dengan korelasi sondir – DCP

Titik	<i>Plate Bearing Test</i>	DCP	Sondir	Korelasi
	$k_s$ (kPa/mm) Y (variabel terikat)	CBR (%) X1	$q_c$ (kPa) X2	DCP-Sondir X (variabel bebas)
1	17,583	5,36	0,5	23,536
2	16,905	11,38	1,3	15,72
3	17,866	11,19	1,2	16,566
4	23,053	8,13	1	18,883
5	20,748	9,34	0,6	21,805
6	11,722	13,71	0,9	18,381
7	37,586	10,23	0,8	19,995

8	13,338	11,63	1,2	16,463
9	16,425	8,48	0,9	19,602
10	12,417	10,65	1,2	16,692



**Gambar 17.** Grafik analisa korelasi berganda SPSS modulus *subgrade* ( $k_s$ ) dengan korelasi sondir - DCP

**Tabel 19.** *Coefficients* hasil uji SPSS

Model	<i>Coefficients</i> <sup>a</sup>	
	Unstandardized Coefficients B	Std. Error
(Constant)	28,793	12,226
DCP	-,234	1,456
SONDIR	-8,102	12,377

a. *Dependent Variable:*  $k_s$

Dari Gambar 17. diketahui koefisien determinan  $R^2$  diperoleh 0,236 dengan nilai  $R = 0,236^{1/2} = 0,486$ , hal ini menunjukkan adanya hubungan antara tiga set variabel dengan memberikan nilai korelasi cukup dan diperoleh persamaan analisa korelasi berganda tersebut adalah:  $y = (-1,64E2) + 18,11x - 0,44x^2$

Dengan batasan parameter nilai  $x$ , ( $15 < x < 24$ ) dan  $y$ , ( $12 < y < 38$ ). Sedangkan berdasarkan Tabel 19. diperoleh persamaan korelasi DCP-sondir yaitu,  $Y = 28,793 + (-0,234)X_1 + (-8,102)X_2$  dengan nilai constanta 28,793 dan variabel  $X_1$  nilai DCP dan  $X_2$  nilai sondir berdasar pada (Tabel 18).

## **IV. PENUTUP**

### **Kesimpulan**

1. Bahwa terdapat hubungan atau korelasi kuat antara CBR *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dengan modulus *subgrade* dan CBR *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dengan  $q_c$  Sondir (*Cone Penetration Test*) serta korelasi cukup antara  $q_c$  Sondir (*Cone Penetration Test*) dengan modulus *subgrade* pada jenis tanah pasir dengan butiran halus yang ditinjau pada kedalaman 1 meter di bawah permukaan tanah dengan analisa korelasi *Polynomial*.
2. Dari hasil analisa diperoleh korelasi sangat kuat menggunakan korelasi berganda SPSS antara Sondir (*Cone Penetration Test*) dengan korelasi *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) - Modulus *Subgrade* ( $k_s$ ) yang ditinjau pada kedalaman 1 meter di bawah permukaan tanah pada jenis

tanah pasir dengan butiran halus yang memberikan hasil nilai korelasi  $R^2 = 0.597$  dengan nilai  $(r) = 0.773$

### Saran

1. Untuk penelitian korelasi sebaiknya dilaksanakan pada jalan baru karena pengambilan data akan lebih seragam pada lokasi yang akan ditinjau serta pengujian yang ditinjau diambil pada kedalaman yang sama.
2. Hasil penelitian ini memang belum sempurna, namun kiranya dapat dijadikan sebagai pembandingan ataupun sebagai data sekunder untuk penelitian selanjutnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Fadly. 2011. *KORELASI NILAI HAMBATAN KONUS ( $q_c$ ) DAN CBR LAPANGAN PADA TANAH LEMPUNG DESA IMBODU*. Fakultas Teknik: Universitas Negeri Gorontalo.
- Budi, G. S. 2011. *Pondasi Dangkal Edisi Pertama*. Andi: Yogyakarta.
- Christandy, Yosua.; Novan Dwi Pranantya.; Ir. Yohanes Yuli Mulyanto, MT.; Ir. Budi Setiadi, MT. *Kajian Nilai Modulus Reaksi Subgrade Dan Nilai CBR Berdasarkan Pengujian Di Laboratorium*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik: Universitas Katolik Soegijapranata Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur, Semarang 50234, Indonesia
- Das, Braja. M., dan Mochtar, Indra Surya.B.(1998). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1 dan 2 Erlangga, Jakarta.
- Hariandy, M. Taufik. 2016. *Korelasi Nilai MP Berdasarkan Pengujian MACKINTOSH PROBE Dengan Nilai  $Q_c$  Sondir (CONE PENETRASI TEST)*. Fakultas Teknik: Universitas Tangjungpura.
- Helmi. 2015. *Korelasi Nilai California Bearing Ratio (CBR) Lapangan Dengan Menggunakan Alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP) dan California Bearing Ratio (CBR)* Mekanis. Fakultas Teknik: Universitas Tangjungpura.
- Padagi, Eduard Asna. 2014. *Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Sifat-sifat Fisik dan Mekanis Tanah*. Fakultas Teknik: Universitas Tangjungpura.
- Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil. 2008. *Pedoman Cara uji CBR dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) ini disusun untuk dijadikan memberikan acuan bagi perencana, pelaksana, dan pengawas dalam melakukan evaluasi kekuatan tanah dasar dan lapis fondasi jalan dengan prosedur yang cepat*. DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM.
- Putri, A. Aguslimi Shafira.; Amiruddin.; Syamsuddin. 2007. *Penentuan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Hasil Pengukuran Cone Penetration Test (CPT) Dan Uji Laboratorium*. Program Studi Geofisika FMIPA: Universitas Hasanuddin.
- MISLINIYATI, RENA. 2011. *ANALISIS HASIL PENYELIDIKAN TANAH "PLATE BEARING TEST" UNTUK PENENTUAN PARAMETER DISAIN PONDASI (Studi Kasus Lokasi Rencana Pembangunan PLTU Jawa Barat)*. Fakultas Teknik: Universitas Bengkulu.
- Rahmawati, A.; Zaika, Y.; Suryo, E. A. (2014). *Perbandingan Modulus Reaksi Subgrade Berdasarkan Uji CBR Terhadap Hasil Uji Beban Pelat (Studi Kasus Perencanaan Perkerasan Kaku)*. Malang: Universitas Brawijaya Malang.
- Soewignjo Agus Nugroh. 2019. *Value Estimation of California Bearing Ratio from Hand Cone Penetrometer Test for Pekanbaru Soils*. Civil Engineering Department, University of Riau, Indonesia.
- Sahid, Raharjo. 2014. *Cara Melakukan Analisis Regresi Multiples (Berganda) dengan SPSS*. [online]. Available at: <URL: <https://www.spssindonesia.com/2014/02/analisis-regresi-multipes-dengan-spss.html>
- Sumiyati, Gunawan. 2014. *KORELASI NILAI CPT DAN SPT PADA LOKASI RING ROAD UTARA YOGYAKARTA*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- SNI 2827:2008. *Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir*. <http://area.tekniksipil.blogspot.com/2019/05/download-sni-2827-2008-pengujian.html>
- Widianto, Bambang. 1995. *Korelasi Antara Nilai Kekuatan Tanah Dengan Menggunakan DCP dan Sondir*. Fakultas Teknik: Universitas Tangjungpura.
- Yupi, Ardianto. 2017. *Menentukan Nilai CBR Menggunakan Alat DCP Dalam Grafik dan Persamaan Fungsi*. Fakultas Teknik: Universitas Lampung.