

**STUDI ANALISIS PERENCANAAN DAYA DUKUNG TANAH
DENGAN MENGGUNAKAN DATA SONDIR
PADA PEMBUATAN TRASE BARU LINTAS LABUHAN
BELAWAN**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Sastra Satu
Universitas Medan Area

OLEH:

MUHAMMAD ROZY ALFRIZAL
188110038



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 2/11/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)2/11/23

**STUDI ANALISIS PERENCANAAN DAYA DUKUNG TANAH
DENGAN MENGGUNAKAN DATA SONDIR
PADA PEMBUATAN TRASE BARU LINTAS LABUHAN
BELAWAN**

SKRIPSI

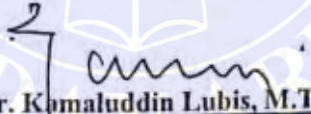
Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

OLEH:

Muhammad Rozy Afrizal
188110038

Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing


Ir. Kamaluddin Lubis, M.T.
0105066202

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Rahmad Syah, S.Kom., M.kom
01055058804

Ketua Prodi Teknik Sipil


Hermansyah, ST., MT
0106088004

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rozy Afrizal
NPM : 188110038
Jurusan : Teknik Sipil
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Studi Analisis Perencanaan Daya Dukung Tanah Dengan Menggunakan Data Sondir Pada Pembuatan Trase Baru Lintas Labuhan Belawan.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Penelitian ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Medan, 09 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan

Muhammad Rozy Afrizal
NPM 188110038

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Rozy Afrizal

Npm : 18 811 0038

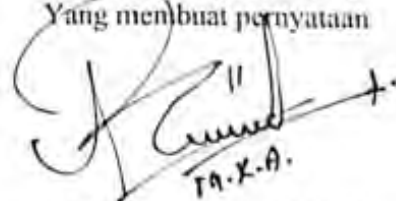
Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya saya yang berjudul Studi Analisis Perencanaan Daya Dukung Tanah Dengan Menggunakan Data Sondir Pada Pembuatan Trase Baru Lintas Labuhan Belawan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Medan, 09 Agustus 2023
Yang membuat pernyataan



Muhammad Rozy Afrizal
188110038

RIWAYAT HIDUP

Muhammad Rozy Afrizal, lahir di Kecamatan Lubuk Pakam, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 04 Juli 2000. Anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sugeng dan Almh. Ibu Roisah Sinaga. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar SD N 106184 Lubuk Pakam dan melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP N 4 Lubuk Pakam dan lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di Yayasan Perguruan Swasta Nusantara Lubuk Pakam dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018 saya melanjutkan pendidikan Starta satu (S-1) disalah satu Universitas Medan Area dan mengambil jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Medan Area.



KATA PENGANTAR

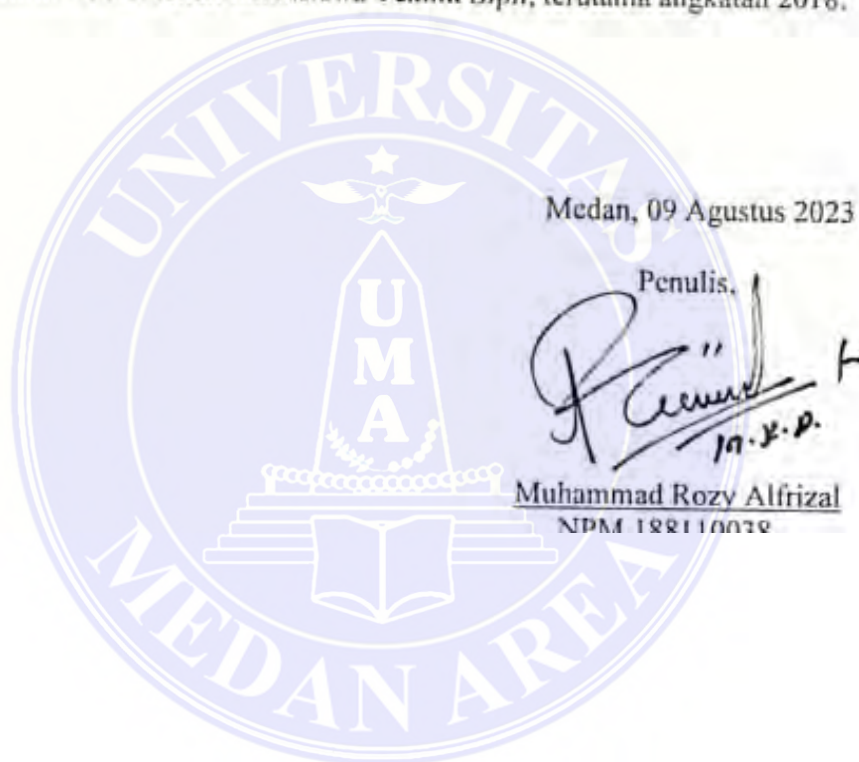
Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Studi Analisis Perencanaan Daya Dukung Tanah Dengan Menggunakan Data Sondir Pada Pembuatan Trase Baru Lintas Labuhan Belawan.**” Dan tidak lupa juga kita hadiahkan beserta Sholawat dan salam kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Daya Dukung Tanah Pada Pembuatan Trase Baru Lintas Labuan Belawan.

Selama penyusunan Penelitian ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini kepada:

1. Kedua orang tua saya yang sangat berperan dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak, Dr.Rahmad Syah, S.Kom, M,Kom Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

4. Bapak Hermansyah, S.T., M.T Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pembuatan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, M.T, Dosen PembimbingI yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pembuatan skripsi ini.
6. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil, terutama angkatan 2018.



ABSTRAK

Cone Penetration Test (CPT) merupakan alat yang didesain untuk mengetahui serta menguji kekuatan lapisan tanah dengan cara cepat dan akurat dan merupakan salah satu alat pengujian tanah yang sering digunakan hingga saat ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah serta mengetahui lapisan-lapisan tanah yang ada di sepanjang perlintasan kereta api lintas Labuhan – Belawan dengan menggunakan alat *Cone Penetration Test (CPT)* atau alat sondir ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi pustaka dan pengujian langsung dilapangan. Dari hasil data *Cone Penetration Test (CPT)* ini kemudian diolah dan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel 2020*. Kemudian hasil dari pengolahan dan analisis tanah merupakan tanah (lempung, lanau) dengan kedalaman dari permukaan tanah hingga kedalaman 17 meter merupakan tanah lunak yang memiliki rentang nilai tahanan konus (Cr) yaitu 5 - 20 kg/cm^2 dan rentang nilai rasio gesekan (fr) yaitu 3,3 - 25% dimana nilai ini diklasifikasikan sebagai jenis tanah lempung sampai lanau dengan konsistensi tanah sangat lunak sampai teguh, di kedalaman 17 sampai 23 meter merupakan tanah lunak yang memiliki rentang nilai tahanan konus (Cr) yaitu 40 - 80 kg/cm^2 dan rentang rasio gesekan (fr) yaitu 1,3 - 1,4% dimana nilai ini diklasifikasikan sebagai jenis tanah lanau dengan konsistensi tanah sangat kenyal, dan di kedalaman 23 sampai 30 meter terdapat tanah keras yang memiliki nilai tahanan konus (Cr) yaitu 80 - 150 kg/cm^2 dan rentang rasio gesekan (Fr) yaitu 1,1 - 1,7% dimana nilai ini diklasifikasikan sebagai jenis tanah lempung berlanau dengan warna abu-abu gelap dan memiliki tingkat kekakuan rendah.

Kata Kunci: Jalan Kereta Api, Daya Dukung Tanah, Sondir, *Cone Penetration Test (CPT)*

ABSTRACT

The Cone Penetration Test (CPT) is a tool designed to determine and test the strength of soil layers in a fast and accurate way and is one of the most frequently used soil testing tools today. The purpose of this study was to determine the carrying capacity of the soil and to find out the layers of soil that exist along the Labuhan - Belawan railroad crossing using the Cone Penetration Test (CPT) or sondir tool. The method used in this research is the method of literature study and direct testing in the field. From the results of the Cone Penetration Test (CPT) data, it is then processed and analyzed using Microsoft Exel 2020 software. Then the results of soil processing and analysis are soil (clay, silt) with a depth from the soil surface to a depth of 17 meters which is a soft soil that has the range of the value of the cone resistance (Cr) is 5 - 20 kg/ kg/(cm)² and the value range of the friction ratio (fr) is 3.3 - 25% where this value is classified as a type of clay soil to silt with a very soft to firm soil consistency, and at a depth of 17 to 23 meters is soft soil which has a value range of conical resistance (Cr) of 40 – 80 kg/(cm)² and a range of friction ratio (fr) of 1.3 – 1.4% where this value classified as a silt soil type with a very springy soil consistency. and at a depth of 23 to 30 meters there is hard soil which has a conical resistance (Cr) value of 80 – 150 kg/ kg/(cm)² and a friction ratio (Fr) range of 1.1 – 1.7% where this value is classified as This type of clay is a silty clay with a dark gray color and has a low level of stiffness.

Keywords: *Railway, Soil Bearing Capacity, Sondir, Cone Penetration Test (CPT)*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

RIWAYAT HIDUP

KATA PENGANTAR i

ABSTRAK iii

ABSTRACT iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR NOTASI ix

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Maksud dan Tujuan 2

1.3 Rumusan Masalah 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSATAKA 4

2.1 Penelitian Terdahulu 4

2.2 Defenisi Tanah 6

2.3 Klasifikasi Tanah 10

2.4 Tanah Lunak 12

2.5	Spesifikasi Tanah DAsar	13
2.6	Sondir	14
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1	Deskripsi	20
3.2	Lokasi Penelitian	22
3.3	Teknis Analisa Data	23
3.4	Kondisi Tanah Eksisting	23
3.5	Kerangka Berfikir	25
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Hasil Analisa Perhitungan sondir BH-1	26
4.2	Hasil Analisa Perhitungan sondir BH-2	42
4.3	Perbandingan Sondir BH-1 dan BH-2	61
4.4	Pembahasan	62
4.4.1	Tes Sondir BH-1	63
4.4.2	Tes Sondir BH-2	64
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1	Kesimpulan	66
4.2	Saran	66

DAFTAR PUSTAKA

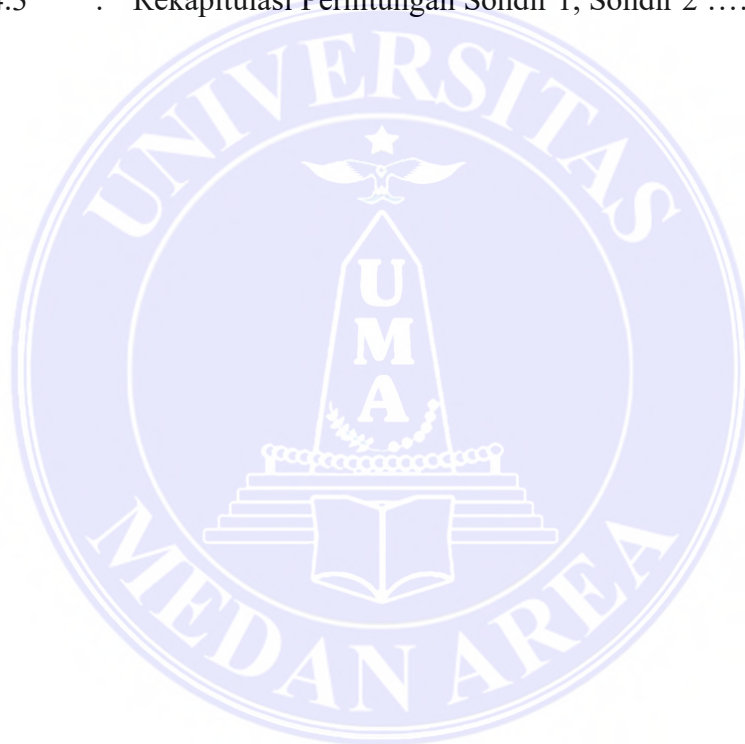
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Batasan-Batasan Ukuran Jenis Golongan Tanah Beberapa sistem	12
Gambar 2.2	: Alat Sondir Dengan Bikonus Biasa	17
Gambar 2.3	: Alat Bikonus	18
Gambar 2.4	: Alat Sondir	18
Gambar 3.1	: Lokasi Penelitian	22
Gambar 3.2	: Lokasi Penelitian	22
Gambar 3.3	: Bagan Alir Penelitian	25
Gambar 4.1	: Grafik Perlawanan Konus Terhadap Geser Pada BH-1	41
Gambar 4.2	: Grafik Perlawanan Konus Terhadap Geser Pada BH-2	60
Gambar 4.3	: Grafik Perlawanan Konus Terhadap Geser Pada BH-1 dan BH-2	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Klasifikasi Butiran Tanah USCS, MIT,AASHTO,USDA dan ASTM	11
Tabel 2.2	: Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah.....	11
Tabel 4.1	: Perhitungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir S-1.....	38
Tabel 4.2	: Perhitungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir S-2	56
Tabel 4.3	: Rekapitulasi Perhitungan Sondir 1, Sondir 2	61



DAFTAR NOTASI

Fs	:	Perlawanan Geser Lokal, kg/cm^2
Cr	:	Perlawanan Konus, kg/cm^2
Fr	:	Angka Banding Geser, %
Tf	:	Geseran Total, kg/cm
Rf	:	Angkak banding geser, %
Cw	:	Pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus, kg/cm^2
Tw	:	Pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus dan geser, kg/cm^2
Api	:	Luas penampang piston, ($20 cm^2$)
Ac	:	Luas penampang konus, ($10 cm^2$)
As	:	Luas selimut geser, ($150 cm^2$)
qa	:	Daya dukung izin
qu	:	Daya dukung ultimate (ultimate bearing capacity)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebelum pembangunan suatu proyek diperlukannya perencanaan terlebih dahulu agar berdirinya suatu struktur di atas permukaan tanah tidak mengalami gangguan pada saat proses pembangunan maupun berdirinya suatu struktur diatas permukaan tanah. Begitu juga pada perencanaan pembangunan trase baru kereta api tentunya harus memiliki tanah yang bergradasi baik dan tingkat kekerasan yang baik. Untuk itu diperlukannya uji pada daya dukung tanah pada perencanaan Rel Kereta Api. Hal ini merupakan elemen penting karena nilai daya dukung tanah sangat berpengaruh pada tebal perkerasan lapisan tanah dasar untuk menentukan kapasitas dukung tanah dasar, ada beberapa metode pengujian yang digunakan seperti pengujian sondir dengan alat *Cone Penetration Test* (CPT) dilapangan dengan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP).

Cone Penetration Test (CPT) atau dikenal dengan uji penetrasi kerucut statis inilah yang akan digunakan pada proyek pembangunan trase baru kereta api sepanjang jalur lintas Labuhan - Belawan. Dari tes CPT ini akan didapat nilai perlawanan penetrasi konus. Penetrasi konus merupakan perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam persatuan luas. Nilai perlawanan penetrasi konus dapat diketahui dengan membaca manometer . Nilai yang penting diukur dari uji sondir adalah hambatan ujung konus (Cr).

Tujuan dari sondir ini , yaitu untuk mengetahui lapisan tanah dari permukaan sampai kedalaman tertentu karena disetiap daerah kondisi tanah tentunya berbeda-beda. Maka dari itu diperlukannya uji sondir agar dapat diketahui kondisi lapisan tanah.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun Maksud dan Tujuan Penelitian Skripsi ini adalah:

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisis perencanaan daya dukung tanah pada trase baru kereta api lintas Labuhan – Belawan.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan daya dukung tanah pada trase berdasarkan data sondir dilapangan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di kemukakan, maka diambil rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana cara menganalisis daya dukung tanah pada trase lintas Labuhan – Belawan dengan data sondir dilapangan?
2. Bagaimana cara menganalisis daya dukung tanah dengan data *Cone Penetration Test (CPT)* ?

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian skripsi ini adalah perencanaan tidak menghitung perencanaan daya dukung tanah dan hanya menganalisis daya dukung tanah langsung pada lintasan rel kereta api Lintas Labuhan – Belawan menggunakan data sondir.

1.5 Manfaat Penelitian

Penulisan penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Bagi Penulis

Sebagai bekal ilmu pengetahuan tentang daya dukung tanah menggunakan data sondir.

2. Akademisi

Sebagai referensi pada penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan Studi Analisis Perencanaan Daya Dukung Tanah Dengan Menggunakan Data Sondir Pada Pembuatan Trase Baru Kereta Api Lintas Labuhan Belawan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Uji sondir merupakan salah satu pengujian penetrasi pada tanah untuk mengetahui setiap lapisan tanah dan dapat diketahui nilai perlawanan konus dari kondisi kekerasan tanah untuk didirikannya suatu konstruksi di permukaan tanah tersebut. Jenis sondir yang banyak digunakan yaitu (*Ducth Cone Penetrometer*), dan ujung penetrometer yang sering digunakan adalah Konus dan Bikonus, sondir ini dapat mencapai kedalaman 30m atau lebih apabila tanah yang di uji merupakan tanah lunak dan nilai perlawanan konus yang termasuk lapisan tanah keras adalah $80 - 150 \text{ kg/cm}^2$, dan yang sangat keras $> 150 \text{ kg/cm}^2$.

Berikut merupakan jurnal yang berkaitan dengan uji sondir seperti yang terlampir di bawah ini:

Menurut Aulia Mia Alma dan Mega Puspa Kartika Dera (2021) Dalam merencanakan jalan rel kereta api diatas tanah lunak ini direncanakan jalan rel kereta api konvensional dengan bantalan beton pratekan dan rel UIC 54 diantara tanah lunak direkayasa sedemikian agar dapat dibebani perkerasan jalan rel kereta api. Ada pun hasil penelitian ini dimana tebal balas 30 cm, tebal sub balas 15 cm, bantalan beton pratekan (200x25x21) dan beban dinamis sebesar 15,26 ton.

Menurut Cristian Matthew dan Chaidir Anwar Makarim (2020) Analisis stabilitas lereng timbunan berdasarkan Pd T-06-2004-B dengan menggunakan metode *bishop simplified* menghasilkan faktor keamanan 1.59 dan analisis penurunan total lapisan tanah dasar dengan metode konvensional menghasilkan

penurunan total sebesar 0.2793 m selama masa layanan timbunan 10 tahun yang berarti metode konstruksi prapembebanan memenuhi syarat minimum ketinggian timbunan dengan elevasi dari tanah dasar $+2.22 \text{ m} > +1.8 \text{ m}$.

Menurut Abdul Razaq (2011) Pengaplikasian geosintetik mampu mengurangi penurunan yang terjadi pada struktur rel diatas subgrade tanah lunak. Pada pembebanan tepi struktur rel, geosintetik memberikan pengurangan penurunan rata-rata sebesar 52,5% berdasarkan pengujian model tereduksi.

Menurut I Gusti Ngurah Nyoman Wismantara dan Putu Budiarnaya (2020) Daya dukung tanah yang rendah ini terjadi karena proses konsolidasi yang berlangsung lama dan lambat. Untuk mengatasi masalah ini, para ahli geoteknik telah mencoba memodifikasi beberapa metode untuk meningkatkan daya dukung akhir dari tanah lunak. Ada banyak metode yang telah diperkenalkan dan digunakan secara luas untuk meningkatkan daya dukung. Makalah ini membahas tentang empat metode yaitu Metode Tumpukan Bambu, Metode *Pre Loading*, Metode Drainase Pasir Vertikal, Metode *Geotextile*. Metode Tumpukan Bambu menggunakan bambu sebagai penguat tanah lunak. Metode *Pre Loading* menggunakan *Pre Loading* sebagai awal pemuatan. Pembebanan ini bertujuan untuk melakukan proses settlement dalam waktu yang lebih singkat. Metode Drainase Pasir Vertikal membutuhkan pemasangan Drainase vertikal untuk membersihkan pasir pada lapisan tanah. Proses konsolidasi setelah draining dan preloading diharapkan dapat berlangsung dalam waktu yang lebih singkat. Metode Geotekstil menggunakan material geotekstil sebagai gaya tarik untuk memperkuat tanah lunak sehingga daya dukung ultimit meningkat. Daya dukung maksimum akan diperoleh jika pengguna memasangnya serta kondisi lapisan tanah.

Menurut Irma Ridhayani dan Irfan Saputra (2021) lapisan tanah keras yang ada di kampus Padhang-Padhang Universitas Sulawesi Barat dengan menggunakan alat pengujian lapangan *Cone Penetration Test (CPT)* dari 5 titik pengujian diolah dan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel 2007*. Hasil pengolahan dan analisis data adalah tanah berkoheesi (lempung, lanau) dengan kedalaman yang dicapai pada titik 1 yaitu 3,60 m dengan nilai konus 150 kg/cm², titik 2 2,20 m dengan nilai konus 155 kg/cm², titik 3 3,20 m dengan nilai konus 155 kg/cm², titik 4 4,00 m dengan nilai konus 150 kg/cm² dan titik 5 4,40 m dengan nilai konus 150 kg/cm². Daya dukung tanah yang didapat pada titik 1 berkisar antara 3,14 – 18,67 kg/cm², titik 2 berkisar antara 6,20 – 19,23 kg/cm², titik 3 berkisar antara 5,29 – 19,23 kg/cm², titik 4 berkisar antara 4,50 – 18,67 kg/cm², titik 5 berkisar antara 3,93 – 18,67 kg/cm².

2.2 Defenisi Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral– mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan– bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang–ruang kosong diantara partikel– partikel padat tersebut (Das, Braja M.2017).

Menurut (Hardiyatmo 2019:1) Dalam pengertian teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (loose), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh zat organik, karbonat, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi udara, air,

ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Bentuk terjadinya tanah dari bebatuan induknya, dapat berupa proses kimia maupun proses fisik. Proses terbentuknya tanah secara fisik yang mengubah bebatuan menjadi partikel-partikel kecil, akibat terjadinya pengaruh dari air, angin, erosi, es, manusia, atau hancurnya partikel-partikel tanah akibat dari perubahan suhu maupun cuaca. Partikel-partikel tanah mungkin berbentuk bergerigi, bulat, ataupun bentuk-bentuk lain-lain diantaranya. Secara umum, terjadinya pelapukan akibat proses kimia yang dapat terjadi oleh pengaruh karbondioksida, oksigen, air (mengandung alkali maupun asam) dan proses-proses kimia yang lainnya. Jika hasil dari pelapukan telah berpindah dari tempatnya disebut sebagai tanah terangkut (*transported soil*) dan apabila tanah masih berada pada tempat asalnya disebut sebagai tanah residual (*residual soil*).

Menurut (Bowles 1984:25) Tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari semua atau salah satu dari jenis tanah berikut: Berangkal (*boulders*) potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 - 300 mm. untuk kisaran ukuran 150 - 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*) atau pebbles. Kerikil (*gravel*) partikel batuan yang berukuran 5 - 150 mm. Pasir (*sand*) partikel batuan yang berukuran 0,074 - 5 mm. Berkisar dari kasar (3 - 5 mm) sampai halus (<1 mm). Lanau (*silt*) partikel batuan yang berukuran dari 0,002 - 0,074 mm. Lempung (*clay*) partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Koloid (*colloids*) partikel mineral yang “diam”, berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Seiring dengan berkembangnya teknologi di bidang konstruksi, banyak kegiatan konstruksi yang semakin fokus pada perilaku tanah. Tanah merupakan salah satu komponen yang menunjang stabilitas suatu struktur. Tanah sangat erat kaitannya dengan beban sehingga jika suatu struktur dibangun di atas tanah tersebut, diharapkan tidak terjadi kerusakan dikemudian hari.

Tanah berfungsi sebagai pondasi pendukung suatu konstruksi atau bahan dari suatu konstruksi itu sendiri seperti jalan raya, trase, jembatan, bangunan gedung, dan yang lainnya. Pada kenyataannya pembangunan suatu konstruksi tidak selalu berada diatas tanah dasar yang relatif baik. Ada kalanya pembangunan suatu konstruksi dibangun di atas tanah yang kurang baik atau biasa disebut tanah lunak (*soft soil*). Oleh karena itu, sifat-sifat dan perilaku tanah menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu pekerjaan konstruksi.

Ada beberapa macam jenis-jenis tanah dilapangan yaitu:

1. Keriki dan Pasir merupakan agregat yang tak berkohesi yang terdiri dari sub angranular atau granular. Partikel berukuran 1/8 inci sampai 6/8 inci disebut sebagai kerikil sedangkan partikel berukuran $< 1/8$ inci disebut sebagai pasir. Dan fragmen bergaris tengah lebih besar dari 8 inci dinamakan sebagai bongkahan (*boulders*)
2. Gambut (*peat*) Tanah Gambut adalah agregat berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuhan-tumbuhan. Tanah gambut berwarna coklat terang dan hitam, bersifat kompresibel sehingga tidak mungkin menompang pondasi.

3. Lempung Organik (*organic clay*) Lempung Organik adalah tanah lempung yang sebagian sifat-sifat fisis pentingnya dipengaruhi adanya bahan organik yang terpisah dalam keadaan jenuh lempung organik cenderung bersifat sangat kompresibel tapi pada keadaan kering kekuatannya sangat tinggi. Tanah lempung berwarna abu-abu tua atau hitam dan berbau.
4. Lempung (*clay*) Tanah Lempung adalah agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah.
5. Lanau Organik (*organic silt*) Lanau organik adalah tanah yang agak plastis, berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus. Warna tanah bervariasi dari abu-abu terang sampai abu-abu sangat gelap, disamping itu bisa mengandung H₂S, CO₂, serta berbagai gas hasil peluruhan tumbuhan yang akan memberikan bau khas kepada tanah. Permeabilitas tanah lanau organik sangat rendah sedangkan kompresibilitasnya sangat tinggi.
6. Lanau Anorganik (*inorganic silt*) Lanau Anorganik adalah tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau samasekali tidak ada. Jenis yang plastisnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimentasi yang kadang-kadang disebut tepung batuan (*rockflour*), sedangkan yang sangat plastis mengandung partikel berwujud serpihan dan dikenal sebagai lanau plastis

2.3 Klasifikasi Tanah

Secara umum, klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah kedalam kelompok yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya. Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem yang mengatur jenis-jenis tanah yang berbeda beda, tetapi mempunyai sifat-sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok.

Klasifikasi ini pada umumnya didasarkan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran-ukuran butirannya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil separates size limits*) (Das. Braja M. 2017). Adapun pengelompokannya dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi butiran tanah menurut USCS, MIT, AASHTO, USDA dan ASTM

Klasifikasi Tanah	Ukuran Butiran (mm)				
	Menurut	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
USCS (<i>Unified Soil Classification System</i>)	75 – 4,75	4,75 – 0,075	Butiran halus (lanayu atau lempung)		
				<0,075	
MIT (<i>Massachusetts Intitute of Technology and British Standart</i>)	60 – 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002		<0,0002
AASHTO (<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>)	75 – 2	2 - 0,075	0,075 - 0,005	0,005 - 0,001	< 0,001
USDA (<i>United State Departement of Algiculture</i>)	75 – 2	2 - 0,05	0,05 - 0,002		< 0,002
ASTM (<i>American Society for Testing and Materials</i>)	75 - 4,75	4,75 - 0,075	0,075 - 0,005	0,005 - 0,001	< 0,001

(sumber: Hardiyatmo, 2019)

Kerikil (*gravels*) adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadangkadang juga mengandung partikel-partikel mineral quartz, feldspar, dan mineral mineral lain.

Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.

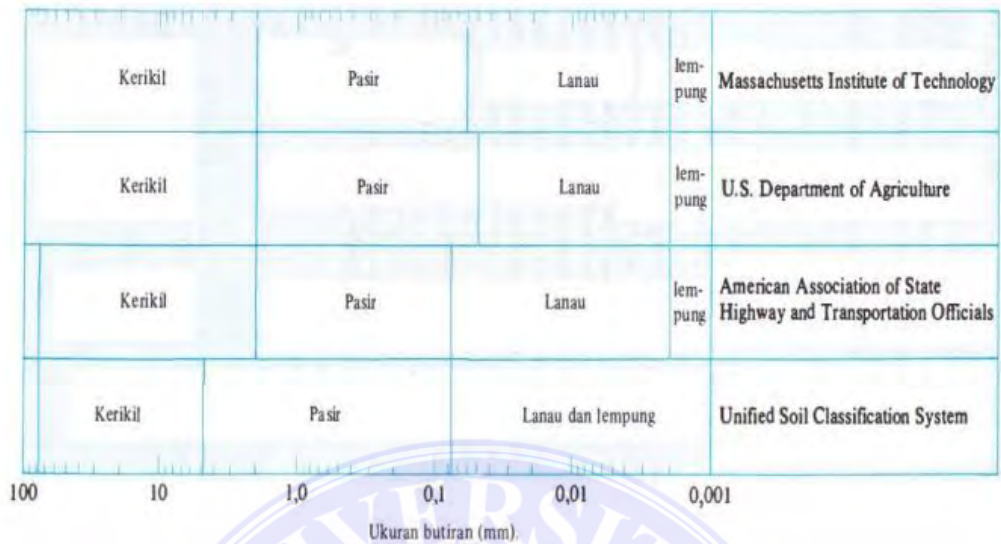
Lanau (*silts*) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika.

Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika.

Tabel 2.2 : Batasan – Batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama Golongan	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
<i>Massachusset Institute of Technology (MIT)</i>	>2	2 - 0,06	0,06 - 0,002	< 0,002
<i>U.S. Department of Agriculture (USDA)</i>	>2	2 - 0,05	0,05 - 0,002	< 0,002
<i>American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)</i>	76,2 - 2	2 - 0,075	0,075 - 0,002	< 0,002
<i>Unidield Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)</i>	76,2 - 4,75	4,75 - 0,075	Halus (Yaitu lanau dan lempung < 0,0075)	

(Sumber: DAS, 1991)



Gambar 2.1 Batasan-batasan Ukuran Jenis Golongan Tanah Beberapa Sistem (Sumber: DAS. 1991)

2.4 Tanah Lunak

Soetjiono (2008) dan Pasaribu (2008) tanah lunak adalah tanah yang bersifat lemah, secara alamiah terbentuk dari proses pengendapan sebagai lapisan aluvial, biasanya terdapat di dataran aluvial, rawa dan danau; dan ditinjau secara mekanisme kejadian adalah tanah deposit yang sangat kompresif dan kuat gesernya rendah, yang mana kuat geser *undrained* lapangan kurang dari 40 kPa dan kompresibilitas tinggi.

Salah satu jenis tanah lunak adalah tanah gambut. Tanah gambut merupakan tanah yang secara fisik dan teknik kurang memenuhi persyaratan dan ketentuan dalam pekerjaan konstruksi, karena tanah gambut memiliki kandungan air dan kompresibilitas yang sangat tinggi, serta mempunyai kapasitas dukung tanah yang rendah. Tanah gambut (*peat*) termasuk tanah organik, secara visual terlihat sebagai massa berserat mengandung kekayuan, biasanya berwarna gelap dan berbau tumbuhan yang membusuk.. Tanah ini

mengandung bahan organik yang tinggi mempunyai kuat geser yang rendah, mudah mampat dan bersifat asam yang dapat merusak material bangunan.

Secara umum tanah lunak memiliki sifat sebagai berikut.

1. Tanah terdiri dari butiran – butiran yang halus.
2. Kandungan air yang tinggi.
3. Plastisitas tinggi.
4. Permeabilitas yang rendah.
5. Daya dukung relatif rendah.
6. Sifat kompresibilitas yang tinggi.
7. Sifat kembang susut yang tinggi.
8. Potensi penurunan konsolidasi yang besar dalam waktu yang cukup lama.

Tanah lunak mempunyai sifat :

1. Kekuatan geser rendah
2. Daya mampat (potensi penurunan) besar bila terjadi peningkatan tegangan efektif

2.5. Spesifikasi Tanah Dasar

Untuk menopang struktur jalan rel yang stabil dibutuhkan tanah dasar yang mampu mendukung beban struktur jalan rel tersebut dan beban kereta api yang akan melintasinya. Tanah dasar merupakan pondasi bagi struktur jalan rel sehingga daya

dukung tanah dasar harus mampu menerima beban yang terjadi diatas jalan rel dan menghindari penurunan tanah yang terjadi sehingga struktur jalan rel dapat stabil.

Menurut PM 60 badan jalan terbagi menjadi 2 yaitu badan jalan di daerah timbunan dan badan jalan di daerah galian. Pada pekerjaan ini dilakukan peninggian elevasi sehingga badan jalan merupakan daerah timbunan. Badan jalan pada daerah timbunan terdiri dari lapis dasar, timbunan dan tanah dasar Perencanaan lapis dasar dan timbunan mengikat pada spesifikasi dan metode pelaksanaan yang akan dilakukan. Tanah dasar merupakan pondasi dari struktur dan badan jalan rel yang dipengaruhi oleh kondisi tanah eksisting.

Untuk persyaratan tanah dasar yang harus terpenuhi untuk desain struktur jalan rel adalah sebagai berikut

- Berdasarkan PM 60
 - 1 Tanah dasar harus mampu memikul lapis dasar dan bebas dari masalah penurunan.
 - 2 Daya dukung tanah dasar yang di uji dengan pengujian beban plat dukung berdiameter 30 cm (ASTM D 1196) tidak boleh kurang dari 70 MN/m²
- Berdasarkan perhitungan dengan rumus *elastic beam*, kebutuhan daya dukung tanah adalah 7,76 kg/cm²
- Berdasarkan data sondir, nilai perlawanan ujung konus yang digunakan sebagai tanah dasar adalah 12 kg/cm².

2.6 Sondir

Pengujian sondir merupakan salah satu pengujian penetrasi yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah pada setiap lapisan serta mengetahui

kedalaman lapisan pendukung yaitu lapisan tanah keras. Hal ini dimaksudkan agar dalam mendesain pondasi yang akan digunakan sebagai penyokong kolom bangunan yang ada di atasnya yang memiliki factor keamanan yang tinggi sehingga bangunan di atasnya mengalami stabilitas yang tinggi dan tidak mengalami penurunan atau *settlement* yang dapat membahayakan dari sisi keselamatan bagi penghuni bangunan yang ada didalamnya. Banyak terjadi kegagalan struktur bangunan yang roboh akibat tidak diperhatikan akan pentingnya pengujian *soil test* ini, untuk itu sangat disarankan untuk melakukan pengujian tanah (sondir), sehingga dapat didesain jenis pondasi yang aman dan efektif sesuai dengan karakteristik tanah dari bangunan yang akan dibangun.

Hubungan daya dukung tanah dengan data sondir (Cr). Hubungan nilai tahanan konus terhadap konsistensi tanah, sebagai berikut :

- a. Tanah yang sangat lunak nilai $q_c < 5 \text{ kg/cm}^2$
- b. Lunak $5 - 10 \text{ kg/cm}^2$
- c. Teguh $10 - 20 \text{ kg/cm}^2$
- d. Kenyal $20 - 40 \text{ kg/cm}^2$
- e. Sangat kenyal $40 - 80 \text{ kg/cm}^2$
- f. Keras $80 - 150 \text{ kg/cm}^2$
- g. Sangat keras $> 150 \text{ kg/cm}^2$

Sondir yang sering digunakan di Indonesia adalah Sondir (*Ducth Cone Penetrometer*), juga disebut dengan *Ducth Deep Sondir Aparatus* adalah suatu alat statis yang berasal dari negara Belanda.

Ada dua macam ujung penetrometer yang biasa dipakai yaitu *Standart type* (Bikonus) dan yang ujungnya adalah sebuah kerucut (konus) yang mempunyai sudut 60° dengan luas penampang 10 cm^2 . alat sondir dapat mencapai kedalaman 30 m atau lebih bila tanah yang akan diselidiki lunak.

Berat sondir ada dua macam yang sering digunakan yaitu :

1. *Medium weight* (sondir ringan 2 ton) + 0 – 250 kg/cm^2
2. *Heavy weight* (sondir berat 10 ton) + 0 – 2500 kg/cm^2

Alat sondir terdiri dari empat bagian penting yaitu :

1. Mesin penekan
2. Stang dengan panjang 1 meter terdiri dari stang dalam dan stang luar
3. Ujung konus dan terbagi atas 2 macam yaitu :
 - a *Patent konus (single)*
 - b *Double Action (bikonus)*
4. Manometer, yaitu penunjuk tingkat kekerasan tanah atau kepadatan dari lapisan tanah diujung konus.

Alat sondir akan menghasilkan gambaran baik mengenai kondisi tanah walaupun tidak memberikan keterangan kepada kita mengenai jenis tanah atau kandungan tanah itu sendiri, tetapi tidak mungkin juga dapat menentukan secara tepat kedalaman dari bermacam-macam lapisan tanah yang dijumpai.

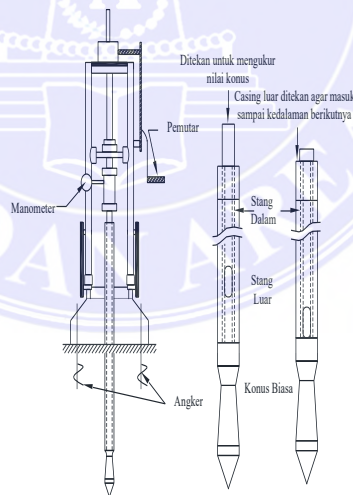
Alat sondir ini sangat cocok dengan keadaan topografi di Indonesia karena banyak terdapat lapisan lempung sehingga mudah ditembus alat ini.

Untuk diperhatikan dengan benar bahwa alat nilai konus yang diperoleh dengan alat dukung tanah yang bersangkutan, nilai konus merupakan suatu alat empiris yang mungkin dapat dihubungkan secara empiris pula dengan sifat lain

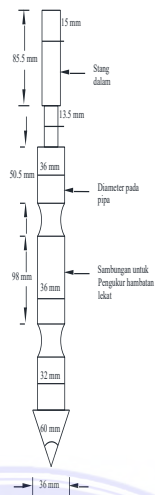
daripada tanah tersebut misalnya nilai sondir. Pada tanah berpasir dapat dipakai sebagai penunjuk mengenai kepadatan relatif pasir tersebut.

Alat penetrometer Belanda (sondir) adalah alat yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 60° dengan luas ujung $1,54 \text{ in}^2$ (10 cm^2). Alat ini digunakan dengan cara ditekan kedalam tanah terus menerus dengan kecepatan 20 mm/det , sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi terus menerus diukur.

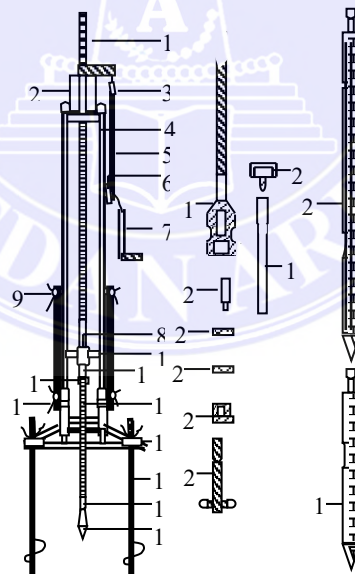
Dari alat penetrometer yang lazim dipakai, sebagian besar mempunyai selubung geser (bikonus) yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrometer tersebut jadi kita dapat membaca secara terpisah harga perlawanan ujung konus dengan harga hambatan geser dari tanah. Selubung geser mempunyai luas muka sekitar $23,25 \text{ in}^2$ atau sekitar 150 cm^2



Gambar 2.2 : Alat sondir dengan bikonus biasa
Sumber : SNI 2827:2008



Gambar 2.3 : Alat bikonus
Sumber : SNI 2827:2008



Gambar 2.4 : Alat Sondir
Sumber : SNI 2827:2008

Secara analisis untuk menghitung ,

Selisih perlawanan konus Cr dengan perlawanan konus dan geser Tr Nilai selisih

Perlawanan Cr dengan Tr dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Sf = (Tr - Cr) \dots\dots\dots(1)$$

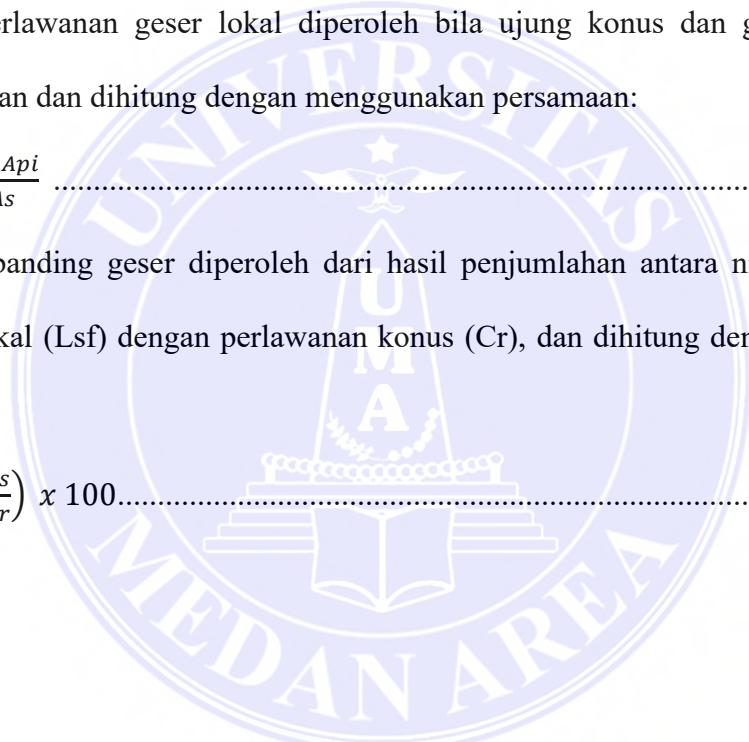
Nilai dari Cr adalah nilai dari pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus.

Nilai perlawanan geser lokal diperoleh bila ujung konus dan geser terdorong bersamaan dan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$fs = \frac{sf \cdot Api}{As} \dots\dots\dots(2)$$

Angka banding geser diperoleh dari hasil penjumlahan antara nilai perlawanan geser lokal (Lsf) dengan perlawanan konus (Cr), dan dihitung dengan persamaan berikut:

$$Fr = \left(\frac{fs}{Cr}\right) \times 100 \dots\dots\dots(3)$$



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi

Penelitian ini berlokasi pada Proyek Jalur Kereta Api lintas Labuan – Belawan (Km.19+200 sampai dengan Km.21+325) Sts. Tepatnya di sepanjang perbaikan jalur kereta api lintas labuhan belawan. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif, Data kuantitatif adalah data yang dapat dinyatakan dalam angka dan dapat diukur dilapangan. Penelitian ini juga menggunakan data primer berupa pengambilan sampel secara langsung sedangkan data sekunder diambil dari instansi serta dari beberapa literatur.

Evaluasi kondisi lapisan tanah ini berdasarkan hasil pengujian sondir sesuai dengan SNI 2827:2008 dengan mempelajari grafik gabungan dari nilai qc dan kedalamannya didapatkan dari beberapa kondisi lapisan tanah yang berada dilokasi pengambilan sampel tersebut. Lapisan tanah ini dibagi menjadi beberapa lapisan dimana setiap lapisan memiliki Batasan nilai (Cr) tertentu. Studi analisis ini, evaluasi lapisan tanah berdasarkan hasil pengujian sondir.

Berdasarkan data pengujian sondir dapat diperkirakan karakteristik lapisan tanah yang ada di lokasi pengujian.

Analisis data dilakukan Untuk dapat mengetahui nilai koefisien tanah yang ada di kampus padang- padang unsulbar maka dilakukan langkah-langkah berikut:

1. Melakukan pengujian pemeriksaan tanah pada titik-titik yang telah ditentukan dengan alat sondir guna untuk mendapat data/nilai perlawanan

konus (Cr) dan nilai perlawanan konus dan geser (Tw) yang dihasilkan dari pembacaan manometer pada alat tersebut.

2. Tiap titik yang telah didapat nilai perlawanan konus (Cr) dan nilai perlawanan konus dan geser (Tw) kemudian di analisis
3. Cara yang digunakan untuk menganalisis data sondir tersebut menggunakan 2 cara yaitu grafis dan analisis. Persyaratan yang diperlukan dalam pengujian sondir adalah sebagai berikut :

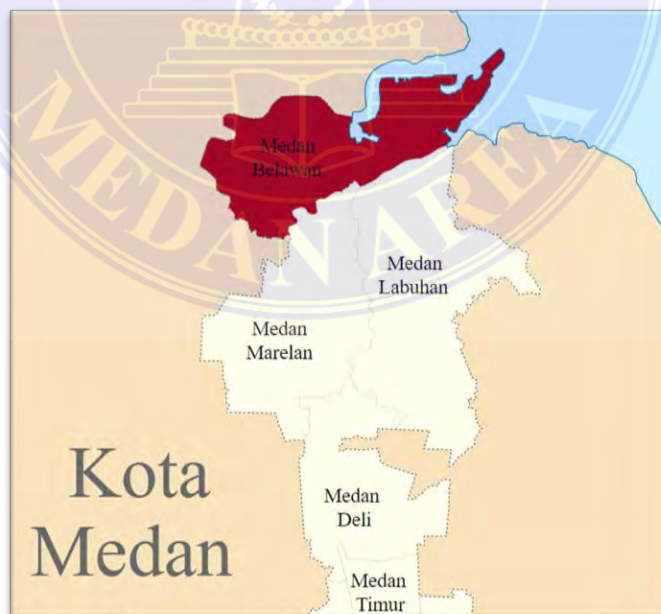
1. Ketelitian peralatan ukur dengan koreksi sekitar 5 %.
2. Deviasi standar pada alat penetrasi secara mekanik: Untuk perlawanan konus (Cr) adalah 10 %. Untuk perlawanan geser (fs) adalah 20%
3. Alat ukur harus dapat mengukur perlawanan penetrasi di permukaan dengan dilengkapi alat yang sesuai, seperti mesin pembeban hidraulik.
4. Alat perlengkapan mesin pembeban harus mempunyai kekakuan yang memadai, dan diletakkan di atas dudukan yang kokoh serta tidak berubah arah pada waktu pengujian
5. Pada alat sondir ringan (< 200 kg) biasanya tidak dapat menembus untuk 2 m s.d 3 m sehingga datanya tidak bermanfaat
6. Pada alat sondir berat (> 200 kg) digunakan sistem angker; namun di daerah tanah lunak tidak dapat digunakan kecuali dengan pemberian beban menggunakan karung-karung pasir

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Jalur Kereta Api lintas Labuan – Belawan (Km.19+200 sampai dengan Km.21+325) Sts.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
Sumber: *googleearth 2023*



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian
Sumber: *Google Maps 2023*

3.3 Teknis Analisa Data

Setelah pengumpulan data sekunder, selanjutnya akan dilakukan perhitungan daya dukung berdasarkan data sondir. Perhitungan pada data sondir akan dilakukan pada tiap kedalaman 1 meter sampai dengan kedalaman terakhir yang terdapat pada data tersebut. Kemudian dilakukan analisis dan diambil suatu kesimpulan.

3.4 Kondisi Tanah Ekisting

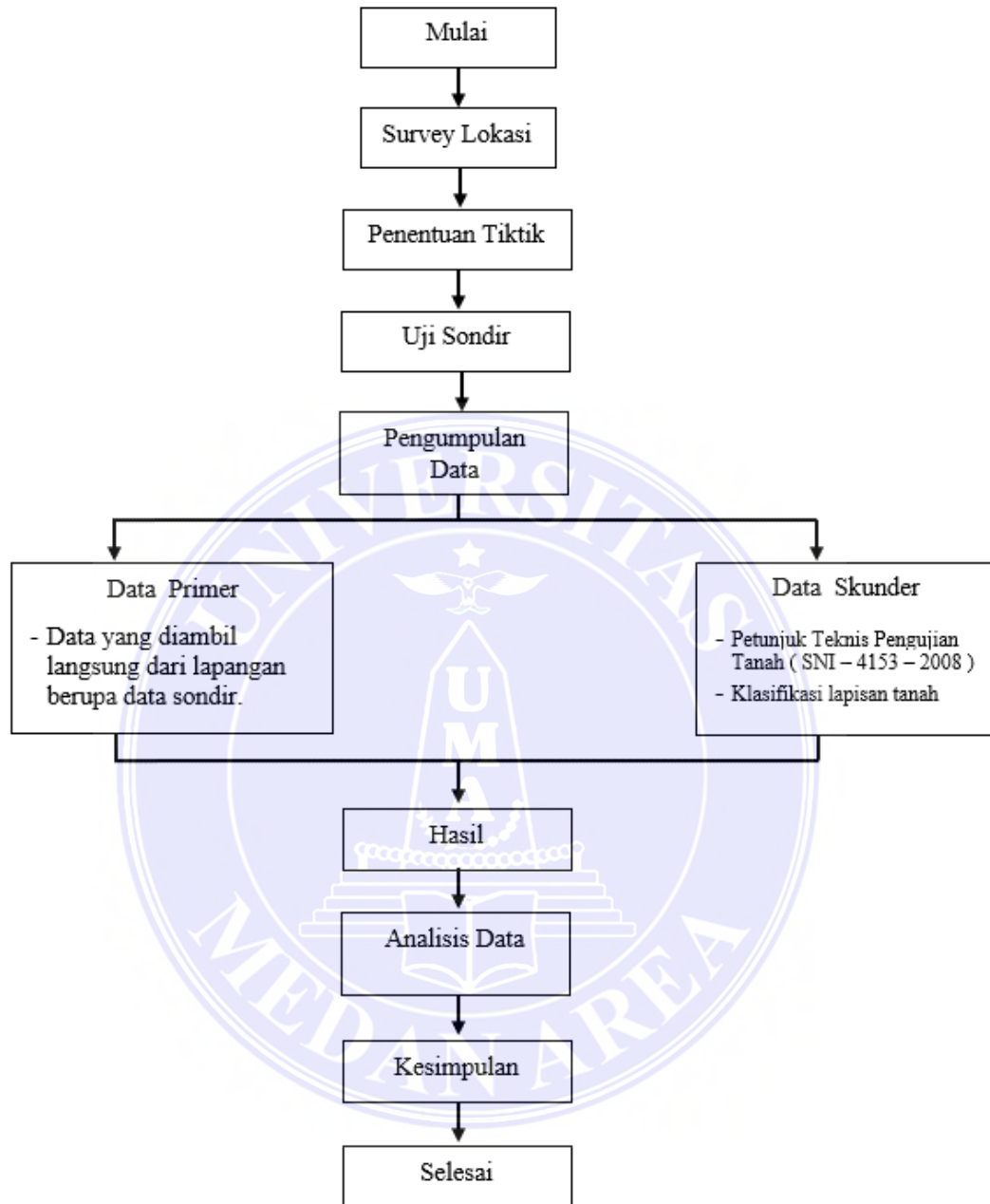
Pada tanah eksisting yang diteliti, kondisi tanah tersebut dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

No	Kedalaman	Jenis Tanah	Catatan
1	0 m – 5 m	Tanah lempung berlanau,	Berwarna abu-abu Kehitaman,plastis rendah dan memiliki tingkat kekerasan rendah.
2	5 meter – 13 meter	Lanau, berpasir halus	Warna abu -abu, plastis rendah dan memiliki tingkat kekerasan rendah.
3	13 meter – 24,50 meter	Lempung berlanau	Warna abu-abu cerah,memiliki tingkat kekeresan rendah, plastis sedang sampai rendah.

4	24,50 meter – 30.00 meter	Lempung berlanau	Warna abu-abu gelap, memiliki tingkat kekakuan rendah, tergolong rendah.
---	---------------------------	------------------	--



3.5 Kerangka Berfikir



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

Sumber : Data Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwasannya titik sondir 1 dan sondir 2 tidak terlalu jauh angka tahanan konus terhadap gesekan, dengan kedalaman 0 sampai 7 meter didapat tanah lunak dengan nilai Cr $5 - 10 \text{ kg/cm}^2$. Kemudian dengan kedalaman 7 sampai dengan 12 meter didapat tanah lunak dengan nilai Cr $10 - 20 \text{ kg/cm}^2$, dengan kedalaman 12 sampai dengan 23 meter didapat tanah sangat lunak dengan nilai Cr $40 - 80 \text{ kg/cm}^2$. Kemudian dikedalaman 23 sampai 30 meter terdapat tanah keras dengan nilai Cr $80 - 150 \text{ kg/cm}^2$.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti penulis memberikan saran berupa diperlukannya penelitian lebih lanjut mengenai metode perbaikan tanah yang akan digunakan pada pekerjaan ini, mengingat keterbatasan lahan yang dimiliki dan lintas merupakan jalur aktif jalan kereta api.

DAFTAR PUSTAKA

- Alma Mia Aulia, Dera Kartika Mega, Gatot Rusbintardjo, Lisa Fitriyana. 2022.
Perencanaan Jalan Kereta Api Di Atas Tanah Lunak
- Craig, R.F. 1989. Mekanika Tanah Edisi Keempat. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M. 2017. Mekanika Tanah Jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- Irma Ridhayani, Irfan Saputra. 2021. Studi Analisis Daya Dukung Tanah
Berdasarkan Data Sondir Di Kampus Padhang-Padhang Universitas
Sulawesi Barat.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia 2012. Peraturan Menteri
Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang persyaratan Teknis Jalur
Kereta Api. Jakarta : Kemnterian Perhubungan Republik Indonesia.
- Najoan. 2002. Interpretasi Hasil Uji dan Penyusunan Laporan Penyelidikan
Geoteknik. Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum.
- Najoan. 2002. Interpretasi Hasil Uji dan Penyusunan Laporan Penyelidikan.
- Prayogo, Kukuh.2016. Penyelidik Sruktur Dan Karakteristik Tanah Untuk Desain
Iradiatorv Gamma Kapasitas 2 Mci.Jurnal Perangkat Nuklir. Volume 10, No
01. Halaman 30-31
- Santoso, S. 2010. Mastering SPSS 18. PT. Alex Media Komputindo. Jakarta
- Soemitro, R.A.A.2005 . Laporan Penelitian Ristek 2005. ITS. Surabaya.
- Wiqoyah,Q. 2014. Buku Ajar Mekanika Tanah II Teknik Sipil. Universitas
Muhammadiyah Surakarta.
- Wesley, Laurence D. 2012. Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan & Residu.
Yogyakarta.

Wesley, L.D. 2017. Mekanika Tanah Edisi Baru. Penerbit CV. ANDI OFFSET,
Yogyakarta. 278 hal



Lampiran Foto Lapangan



Gambar 1. Proses Pengujian tanah menggunakan Tes Sondir
Sumber : Data Lapangan



Gambar 2. Proses Pengujian tanah menggunakan Bor Mesin
Sumber : Data Lapangan



Gambar 3. Survey Kondisi lapangan Didaerah Labuhan Belawan
Sumber : Data Lapangan



Gambar 4. Menunjukkan Elevasi Rel Sudah Setinggi Jalan
Sumber : Data Lapangan



Gambar 5. Menunjukkan Trase Setelah Kondisi Genangan
Sumber : Data Lapangan



Gambar 6. Menunjukkan Dampak Trase Setelah Rutin Terendam Banjir Rob
Sumber : Data Lapangan



Gambar 7. Stasiun Labuhan Belawan
Sumber : Data Lapangan

Lampiran Foto Dokumen

SONDERING TEST PENETRATION							
				Project: DED PENANGANAN ROB PADA JALUR KA LABUAN - BELAWAN LINTAS MEDAN-BELAWAN			
Test No : S-1				Soil Technician :			
Capacity : 2.50 Ton.				Geotechnical Engineer : Titi Hayati			
GWL : 1.20 m				Sondering Master : Sandy			
Coordinate : N:03°44'11.25514" E: 098°40'37.75544"				Date : 28-04-22			
Depth (m)	Cone Resistant (Cr) (kg/cm ²)	Total Resistant (Tr) (kg/cm ²)	Skin Friction (Sf) (kg/cm ²)	Skin Friction x 20/10 (kg/cm)	Total Skin Friction (Tsf) (kg/cm)	Local Skin Friction (Lsf) (kg/cm)	Friction Ratio (FR) (%)
0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
0.20	6.00	8.00	2.00	4.00	4.00	0.20	3.3
0.40	13.00	15.00	2.00	4.00	8.00	0.20	1.5
0.60	5.00	7.00	2.00	4.00	12.00	0.20	4.0
0.80	8.00	10.00	2.00	4.00	16.00	0.20	2.5
1.00	5.00	7.00	2.00	4.00	20.00	0.20	4.0
1.20	2.00	4.00	2.00	4.00	24.00	0.20	10.0
1.40	6.00	8.00	2.00	4.00	28.00	0.20	3.3
1.60	2.00	4.00	2.00	4.00	32.00	0.20	10.0
1.80	3.00	5.00	2.00	4.00	36.00	0.20	6.7
2.00	1.00	3.00	2.00	4.00	40.00	0.20	20.0
2.20	4.00	6.00	2.00	4.00	44.00	0.20	5.0
2.40	2.00	4.00	2.00	4.00	48.00	0.20	10.0
2.60	5.00	7.00	2.00	4.00	52.00	0.20	4.0
2.80	2.00	4.00	2.00	4.00	56.00	0.20	10.0
3.00	7.00	9.00	2.00	4.00	60.00	0.20	2.9
3.20	11.00	13.00	2.00	4.00	64.00	0.20	1.8
3.40	15.00	17.00	2.00	4.00	68.00	0.20	1.3
3.60	12.00	14.00	2.00	4.00	72.00	0.20	1.7
3.80	17.00	19.00	2.00	4.00	76.00	0.20	1.2
4.00	12.00	14.00	2.00	4.00	80.00	0.20	1.7
4.20	10.00	12.00	2.00	4.00	84.00	0.20	2.0
4.40	15.00	17.00	2.00	4.00	88.00	0.20	1.3
4.60	11.00	13.00	2.00	4.00	92.00	0.20	1.8
4.80	13.00	15.00	2.00	4.00	96.00	0.20	1.5
5.00	8.00	10.00	2.00	4.00	100.00	0.20	2.5
5.20	6.00	8.00	2.00	4.00	104.00	0.20	3.3
5.40	11.00	13.00	2.00	4.00	108.00	0.20	1.8
5.60	9.00	12.00	3.00	6.00	114.00	0.30	3.3
5.80	15.00	17.00	2.00	4.00	118.00	0.20	1.3
6.00	21.00	23.00	2.00	4.00	122.00	0.20	1.0
6.20	18.00	20.00	2.00	4.00	126.00	0.20	1.1
6.40	22.00	24.00	2.00	4.00	130.00	0.20	0.9
6.60	17.00	19.00	2.00	4.00	134.00	0.20	1.2
6.80	15.00	17.00	2.00	4.00	138.00	0.20	1.3
7.00	13.00	15.00	2.00	4.00	142.00	0.20	1.5
7.20	10.00	12.00	2.00	4.00	146.00	0.20	2.0
7.40	7.00	9.00	2.00	4.00	150.00	0.20	2.9
7.60	4.00	6.00	2.00	4.00	154.00	0.20	5.0
7.80	8.00	10.00	2.00	4.00	158.00	0.20	2.5

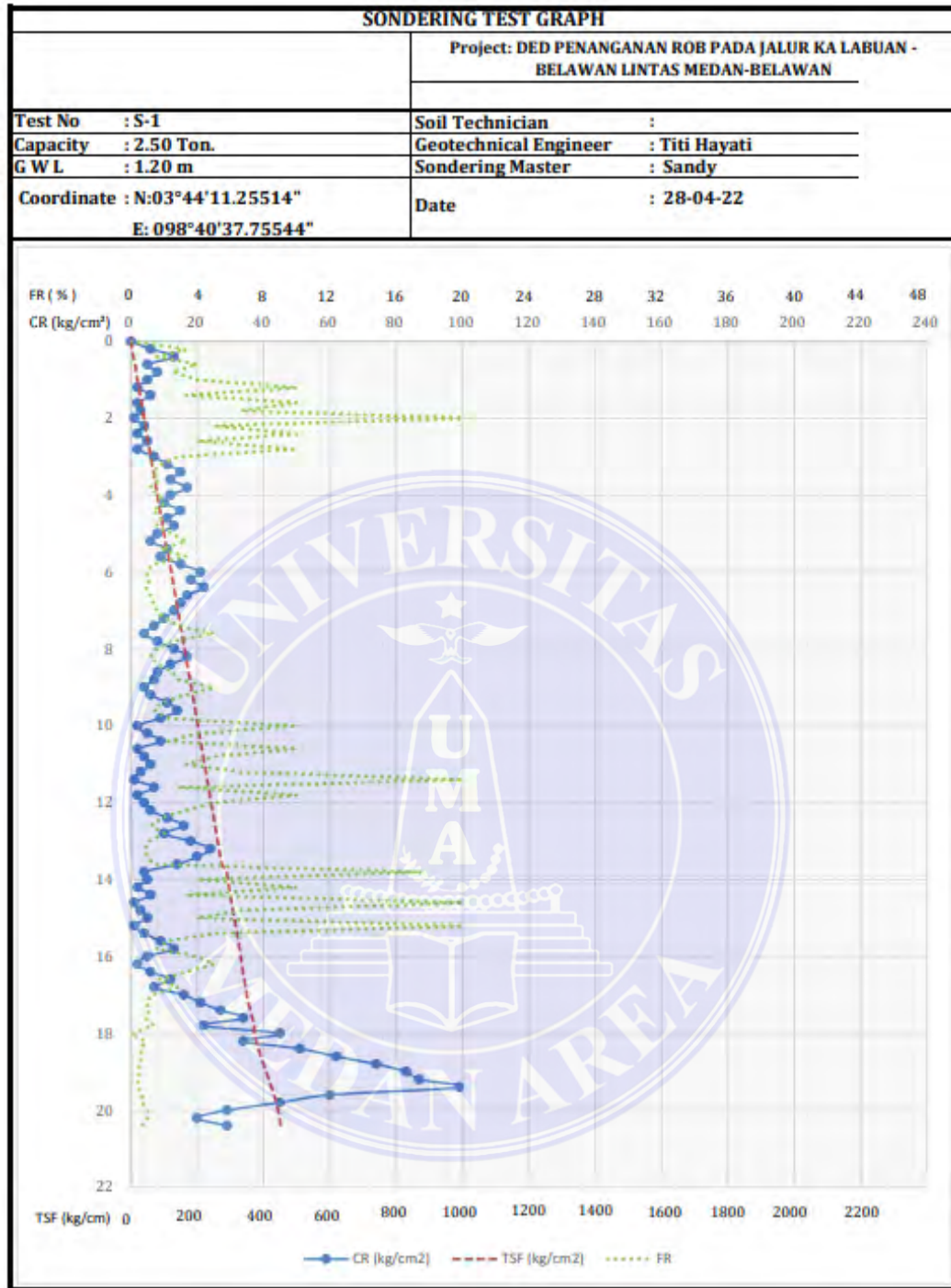
Gambar 1. Hasil Data Lapangan Dari Tes Sondir Dikedalaman 0m – 7m
Sumber : Data Lapangan

SONDERING TEST PENETRATION							
				Project: DED PENANGANAN ROB PADA JALUR KA LABUAN - BELAWAN LINTAS MEDAN-BELAWAN			
Test No : S-1				Soil Technician :			
Capacity : 2.50 Ton.				Geotechnical Engineer : Titi Hayati			
G W L : 1.20 m				Sondering Master : Sandy			
Coordinate : N:03°44'11.25514" E: 098°40'37.75544"				Date : 28-04-22			
Depth (m)	Cone Resistant (Cr) (kg/cm ²)	Total Resistant (Tr) (kg/cm ²)	Skin Friction (Sf) (kg/cm ²)	Skin Friction x 20/10 (kg/cm)	Total Skin Friction (Tsf) (kg/cm)	Local Skin Friction (Lsf) (kg/cm)	Friction Ratio (FR) (%)
8.00	13.00	15.00	2.00	4.00	162.00	0.20	1.54
8.20	17.00	19.00	2.00	4.00	166.00	0.20	1.18
8.40	12.00	14.00	2.00	4.00	170.00	0.20	1.67
8.60	8.00	10.00	2.00	4.00	174.00	0.20	2.50
8.80	7.00	9.00	2.00	4.00	178.00	0.20	2.86
9.00	4.00	6.00	2.00	4.00	182.00	0.20	5.00
9.20	6.00	8.00	2.00	4.00	186.00	0.20	3.33
9.40	11.00	13.00	2.00	4.00	190.00	0.20	1.82
9.60	14.00	16.00	2.00	4.00	194.00	0.20	1.43
9.80	9.00	11.00	2.00	4.00	198.00	0.20	2.22
10.00	2.00	4.00	2.00	4.00	202.00	0.20	10.00
10.20	5.00	7.00	2.00	4.00	206.00	0.20	4.00
10.40	9.00	11.00	2.00	4.00	210.00	0.20	2.22
10.60	2.00	4.00	2.00	4.00	214.00	0.20	10.00
10.80	4.00	6.00	2.00	4.00	218.00	0.20	5.00
11.00	6.00	8.00	2.00	4.00	222.00	0.20	3.33
11.20	3.00	5.00	2.00	4.00	226.00	0.20	6.67
11.40	1.00	3.00	2.00	4.00	230.00	0.20	20.00
11.60	7.00	9.00	2.00	4.00	234.00	0.20	2.86
11.80	2.00	4.00	2.00	4.00	238.00	0.20	10.00
12.00	4.00	6.00	2.00	4.00	242.00	0.20	5.00
12.20	6.00	8.00	2.00	4.00	246.00	0.20	3.33
12.40	11.00	13.00	2.00	4.00	250.00	0.20	1.82
12.60	16.00	18.00	2.00	4.00	254.00	0.20	1.25
12.80	10.00	12.00	2.00	4.00	258.00	0.20	2.00
13.00	18.00	20.00	2.00	4.00	262.00	0.20	1.11
13.20	24.00	26.00	2.00	4.00	266.00	0.20	0.83
13.40	20.00	22.00	2.00	4.00	270.00	0.20	1.00
13.60	14.00	16.00	2.00	4.00	274.00	0.20	1.43
13.80	4.00	11.00	7.00	14.00	288.00	0.70	17.50
14.00	5.00	7.00	2.00	4.00	292.00	0.20	4.00
14.20	2.00	4.00	2.00	4.00	296.00	0.20	10.00
14.40	6.00	8.00	2.00	4.00	300.00	0.20	3.33
14.60	1.00	3.00	2.00	4.00	304.00	0.20	20.00
14.80	3.00	5.00	2.00	4.00	308.00	0.20	6.67
15.00	5.00	7.00	2.00	4.00	312.00	0.20	4.00
15.20	1.00	3.00	2.00	4.00	316.00	0.20	20.00
15.40	4.00	6.00	2.00	4.00	320.00	0.20	5.00
15.60	9.00	11.00	2.00	4.00	324.00	0.20	2.22
15.80	13.00	15.00	2.00	4.00	328.00	0.20	1.54

Gambar 2. Hasil Tes Sondir Kedalaman 8meter – 15meter
Sumber : Data Lapangan

SONDERING TEST PENETRATION							
				Project: DED PENANGANAN ROB PADA JALUR KA LABUAN - BELAWAN LINTAS MEDAN-BELAWAN			
Test No : S-1				Soil Technician :			
Capacity : 2.50 Ton.				Geotechnical Engineer : Titi Hayati			
G W L : 1.20 m				Sondering Master : Sandy			
Coordinate : N:03°44'11.25514" E: 098°40'37.75544"				Date : 28-04-22			
Depth (m)	Cone Resistant (Cr) (kg/cm ²)	Total Resistant (Tr) (kg/cm ²)	Skin Friction (Sf) (kg/cm ²)	Skin Friction x 20/10 (kg/cm)	Total Skin Friction (Tsf) (kg/cm)	Local Skin Friction (Lsf) (kg/cm)	Friction Ratio (FR) (%)
16.00	5.00	7.00	2.00	4.00	332.00	0.20	4.00
16.20	2.00	3.00	1.00	2.00	334.00	0.10	5.00
16.40	6.00	8.00	2.00	4.00	338.00	0.20	3.33
16.60	12.00	14.00	2.00	4.00	342.00	0.20	1.67
16.80	7.00	9.00	2.00	4.00	346.00	0.20	2.86
17.00	16.00	18.00	2.00	4.00	350.00	0.20	1.25
17.20	21.00	23.00	2.00	4.00	354.00	0.20	0.95
17.40	27.00	30.00	3.00	6.00	360.00	0.30	1.11
17.60	34.00	37.00	3.00	6.00	366.00	0.30	0.88
17.80	22.00	25.00	3.00	6.00	372.00	0.30	1.36
18.00	45.00	45.00	-	-	372.00	-	0.00
18.20	34.00	37.00	3.00	6.00	378.00	0.30	0.88
18.40	51.00	54.00	3.00	6.00	384.00	0.30	0.59
18.60	62.00	66.00	4.00	8.00	392.00	0.40	0.65
18.80	74.00	78.00	4.00	8.00	400.00	0.40	0.54
19.00	83.00	87.00	4.00	8.00	408.00	0.40	0.48
19.20	87.00	91.00	4.00	8.00	416.00	0.40	0.46
19.40	99.00	103.00	4.00	8.00	424.00	0.40	0.40
19.60	60.00	64.00	4.00	8.00	432.00	0.40	0.67
19.80	45.00	48.00	3.00	6.00	438.00	0.30	0.67
20.00	29.00	32.00	3.00	6.00	444.00	0.30	1.03
20.20	20.00	22.00	2.00	4.00	448.00	0.20	1.00
20.40	29.00	31.00	2.00	4.00	452.00	0.20	0.69
20.60	34.00	36.00	2.00	4.00	456.00	0.20	0.59
20.80	18.00	20.00	2.00	4.00	460.00	0.20	1.11
21.00	13.00	15.00	2.00	4.00	464.00	0.20	1.54
21.20	7.00	9.00	2.00	4.00	468.00	0.20	2.86
21.40	12.00	14.00	2.00	4.00	472.00	0.20	1.67
21.60	8.00	10.00	2.00	4.00	476.00	0.20	2.50
21.80	14.00	16.00	2.00	4.00	480.00	0.20	1.43
22.00	19.00	21.00	2.00	4.00	484.00	0.20	1.05
22.20	10.00	12.00	2.00	4.00	488.00	0.20	2.00
22.40	5.00	7.00	2.00	4.00	492.00	0.20	4.00
22.60	13.00	15.00	2.00	4.00	496.00	0.20	1.54
22.80	19.00	21.00	2.00	4.00	500.00	0.20	1.05
23.00	14.00	16.00	2.00	4.00	504.00	0.20	1.43
23.20	18.00	20.00	2.00	4.00	508.00	0.20	1.11
23.40	11.00	13.00	2.00	4.00	512.00	0.20	1.82
23.60	17.00	19.00	2.00	4.00	516.00	0.20	1.18

Gambar 3. Hasil Tes Sondir Kedalaman 16m – 23m
Sumber : Data Lapangan



Gambar 4. Grafik Hasil Tes Sondir Kedalaman 0m – 20m
Sumber : Data Lapangan

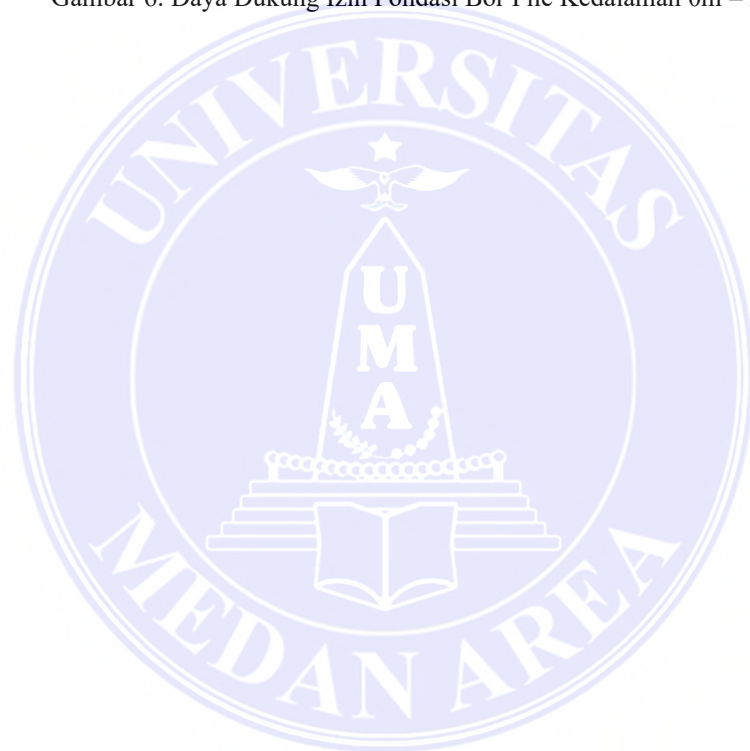
Kedalaman (m)	Cr (kg/cm ²)	TSF (kg/cm)	φ = 25 cm		φ = 30 cm		φ = 35 cm		φ = 40 cm		φ = 45 cm		φ = 50 cm		φ = 55 cm		φ = 60 cm	
			Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)
			19.00	83.00	408.00	54.90	19.60	48.98	24.49	44.78	29.71	42.12	35.52	39.07	41.06	36.19	46.48	33.51
19.20	87.00	416.00	52.88	19.34	48.01	24.39	44.55	29.84	40.68	35.01	37.75	40.46	34.69	45.55	32.42	50.99	30.33	56.36
19.40	99.00	424.00	51.59	19.23	47.76	24.51	43.34	29.57	39.34	34.55	36.12	39.65	33.61	44.97	31.21	50.13	29.38	55.61
19.60	60.00	432.00	47.67	18.57	43.67	23.47	39.57	28.25	35.93	32.99	33.01	37.83	30.81	42.95	28.87	48.12	27.49	53.72
19.80	45.00	438.00	44.67	18.07	41.24	22.88	37.52	27.59	34.41	32.37	31.46	37.00	29.58	42.17	28.12	47.62	26.40	52.71
20.00	29.00	444.00	42.33	17.70	38.60	22.24	35.89	27.09	32.86	31.73	30.62	36.65	28.77	41.74	27.20	46.96	25.34	51.73
20.20	20.00	448.00	39.36	17.16	36.85	21.81	34.55	26.65	32.41	31.62	30.49	36.71	28.27	41.48	26.44	46.37	25.11	51.64
20.40	29.00	452.00	38.46	17.05	36.26	21.73	34.24	26.64	32.73	31.92	30.44	36.82	28.23	41.60	26.50	46.61	25.57	52.38
20.60	34.00	456.00	35.94	16.61	34.76	21.37	33.61	26.49	32.06	31.69	29.95	36.63	28.17	41.71	26.71	47.00	25.49	52.48
20.80	18.00	460.00	32.27	15.92	33.08	20.96	31.98	25.94	30.18	30.82	28.95	36.10	27.63	41.42	26.22	46.68	24.98	52.05
21.00	13.00	464.00	29.58	15.44	31.04	20.45	30.10	25.28	29.29	30.47	28.79	36.14	27.59	41.55	26.38	47.01	24.87	52.12
21.20	7.00	468.00	25.88	14.75	28.36	19.74	29.20	25.03	29.18	30.54	28.31	35.96	27.60	41.72	26.18	46.99	25.12	52.61
21.40	12.00	472.00	22.30	14.09	26.40	19.25	28.65	24.91	28.60	30.36	28.28	36.08	27.57	41.86	26.71	47.70	25.49	53.24
21.60	8.00	476.00	18.25	13.32	24.02	18.63	26.98	24.34	28.17	30.25	27.87	35.95	27.35	41.83	26.60	47.76	25.47	53.41
21.80	14.00	480.00	17.08	13.16	21.64	18.01	25.60	23.89	27.25	29.89	27.50	35.84	27.14	41.82	26.72	48.06	25.88	54.10
22.00	19.00	484.00	15.89	12.99	18.85	17.27	23.28	23.06	26.15	29.43	27.11	35.72	27.07	41.92	26.54	48.06	25.94	54.36
22.20	10.00	488.00	14.95	12.87	16.35	16.62	20.59	22.07	23.95	28.39	25.71	34.92	25.93	41.12	25.71	47.40	25.41	53.91
22.40	5.00	492.00	14.35	12.83	15.31	16.40	17.70	21.00	21.90	27.42	24.45	34.22	25.48	40.91	25.58	47.44	25.21	53.87
22.60	13.00	496.00	14.62	12.97	15.44	16.53	16.87	20.78	20.46	26.78	23.59	33.78	25.31	40.93	25.62	47.66	25.53	54.44
22.80	19.00	500.00	14.17	12.95	15.63	16.69	16.23	20.63	18.34	25.78	22.14	32.94	24.52	40.43	25.53	47.74	25.70	54.84
23.00	14.00	504.00	13.59	12.91	14.65	16.49	15.33	20.37	16.59	24.98	19.82	31.52	22.69	39.07	24.33	46.70	24.68	53.81
23.20	18.00	508.00	13.98	13.07	14.21	16.45	15.43	20.53	15.96	24.77	17.85	30.44	21.31	38.08	23.54	46.08	24.53	53.82
23.40	11.00	512.00	13.50	13.05	13.27	16.27	14.17	20.12	14.76	24.26	15.89	29.16	18.83	36.17	21.50	44.21	23.06	52.25
23.60	17.00	516.00	15.23	13.49	14.92	16.86	15.10	20.61	16.18	25.14	16.66	29.82	18.38	35.96	21.57	44.45	23.66	53.16

Gambar 5. Daya Dukung Izin Pondasi Tiang Pancang Kedalaman 0m – 23m



Kedalaman (m)	Cr (kg/cm ²)	TSF (kg/cm)	D = 40 cm		D = 45 cm		D = 50 cm		D = 55 cm		D = 60 cm		D = 65 cm		D = 70 cm	
			Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)	Cr-r (kg/cm ²)	Qi (ton)
16.00	5.00	332.00	11.46	8.97	12.10	11.10	13.26	8.68	13.76	16.62	14.73	20.13	16.06	24.53	17.64	29.92
16.20	2.00	334.00	12.17	9.29	13.86	12.07	14.53	9.51	15.56	18.09	16.90	22.21	18.49	27.26	20.12	33.14
16.40	6.00	338.00	14.20	10.19	15.20	12.83	16.76	10.97	18.15	20.20	19.77	24.99	21.38	30.54	23.02	36.95
16.60	12.00	342.00	15.41	10.75	17.50	14.11	19.33	12.65	21.16	22.65	22.83	27.95	24.44	34.00	26.26	41.19
16.80	7.00	346.00	17.19	11.54	19.71	15.33	21.94	14.35	24.14	25.08	25.81	30.84	27.66	37.64	27.88	43.35
17.00	16.00	350.00	20.30	12.90	22.85	17.05	25.53	16.70	27.58	27.87	29.59	34.47	29.72	40.00	29.37	45.35
17.20	21.00	354.00	24.03	14.51	26.23	18.90	28.83	18.86	31.15	30.77	31.58	36.42	31.11	41.62	30.15	46.43
17.40	27.00	360.00	28.12	16.29	29.87	20.91	32.45	21.23	33.14	32.45	32.83	37.71	31.82	42.53	30.46	46.96
17.60	34.00	366.00	32.39	18.16	34.26	23.33	34.28	22.43	34.24	33.42	33.26	38.23	32.09	42.95	31.08	47.89
17.80	22.00	372.00	36.47	19.94	36.01	24.34	34.97	22.88	33.99	33.33	32.97	38.06	32.11	43.10	31.39	48.42
18.00	45.00	372.00	39.88	21.37	38.29	25.54	36.27	23.72	34.45	33.69	33.78	38.82	33.08	44.16	31.93	49.11
18.20	34.00	378.00	40.79	21.83	38.23	25.60	35.82	23.43	34.22	33.61	33.55	38.73	32.56	43.71	31.26	48.38
18.40	51.00	384.00	41.87	22.35	38.84	26.01	36.76	24.05	35.24	34.52	33.56	38.85	32.42	43.68	30.96	48.13
18.60	62.00	392.00	41.94	22.48	39.29	26.36	37.32	24.41	35.10	34.55	33.06	38.52	31.55	42.88	30.56	47.79
18.80	74.00	400.00	42.16	22.68	39.71	26.69	37.06	24.24	34.63	34.32	32.34	38.00	30.77	42.18	29.72	46.90
19.00	83.00	408.00	42.12	22.76	39.07	26.47	36.19	23.67	33.51	33.57	31.52	37.37	29.69	41.15	28.74	45.81
19.20	87.00	416.00	40.68	22.26	37.75	25.88	34.69	22.69	32.42	32.84	30.33	36.41	28.76	40.29	27.76	44.74
19.40	99.00	424.00	39.34	21.79	36.12	25.13	33.61	21.99	31.21	32.03	29.38	35.67	28.07	39.69	26.66	43.50
19.60	60.00	432.00	35.93	20.47	33.01	23.59	30.81	20.15	28.87	30.31	27.49	34.03	25.97	37.53	24.49	40.90
19.80	45.00	438.00	34.41	19.91	31.46	22.86	29.58	19.35	28.12	29.82	26.40	33.12	24.73	36.28	23.61	39.90
20.00	29.00	444.00	32.86	19.33	30.62	22.50	28.77	18.82	27.20	29.20	25.34	32.24	24.10	35.71	23.21	39.52
20.20	20.00	448.00	32.41	19.19	30.49	22.49	28.27	18.49	26.44	28.67	25.11	32.09	24.06	35.74	22.95	39.28
20.40	29.00	452.00	32.73	19.38	30.44	22.51	28.23	18.47	26.50	28.78	25.57	32.60	24.29	36.08	23.37	39.90

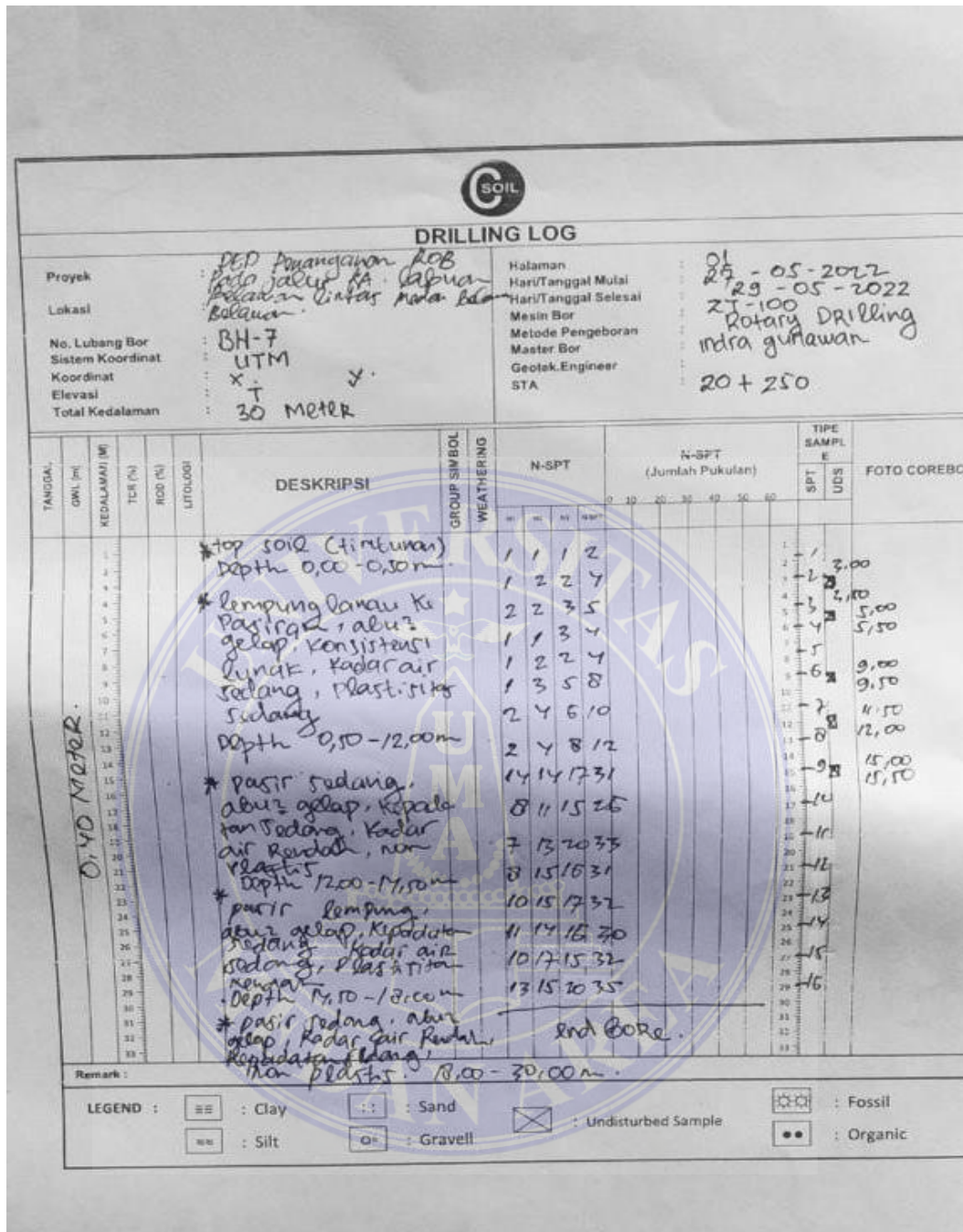
Gambar 6. Daya Dukung Izin Pondasi Bor Pile Kedalaman 0m – 20m



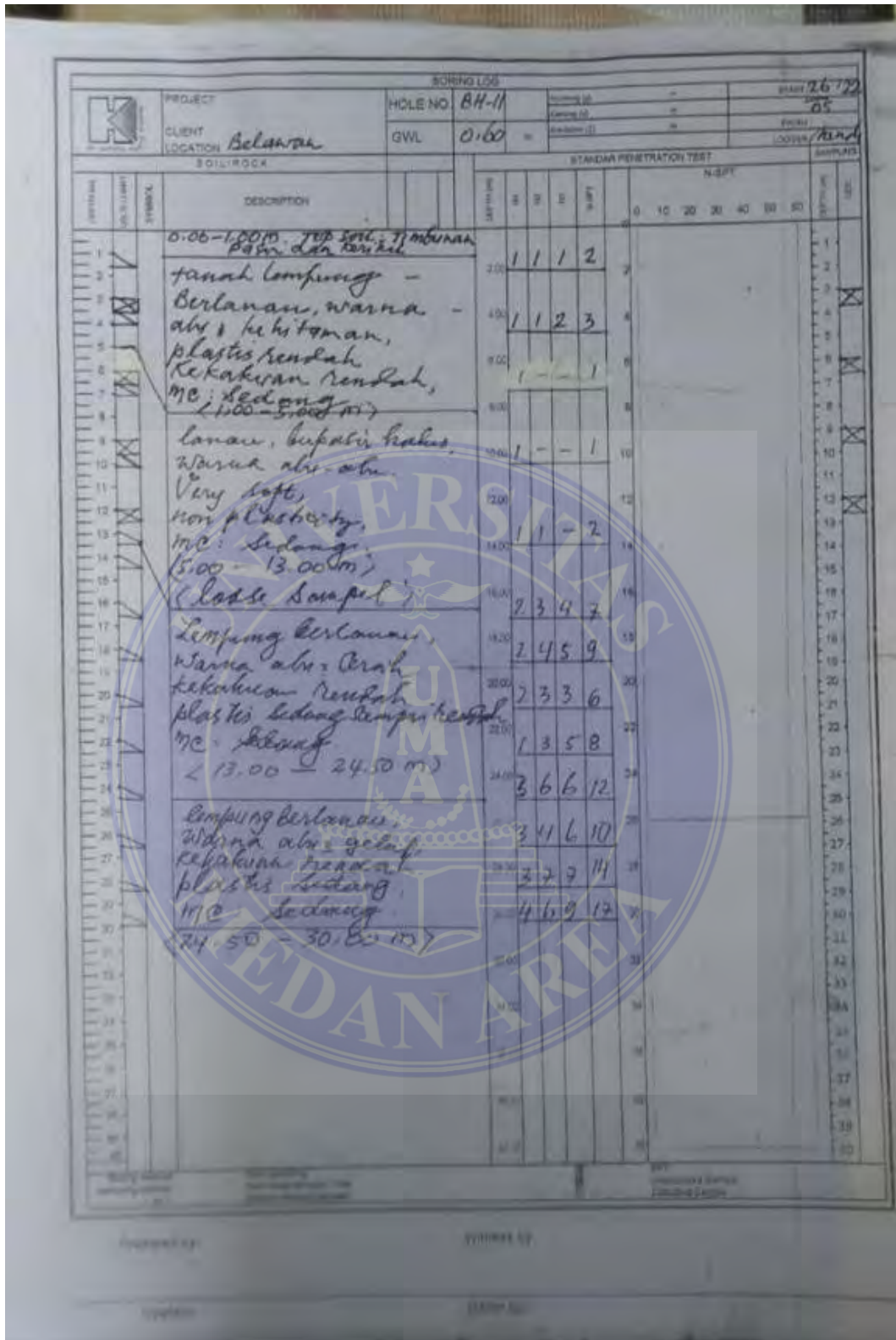
SONDBING TEST PENETRATION								
PT. PENTAGRAPHI PANGKajenean Geotechnical Engineers			Di PT Pentagrapih, Blok gedung Fabrik SA Lathum Belawan Subang Medan Selatan					
Test No S 2	Capacity ± 250 Ton	Soil Technician Titi Hayati		Geotechnical Engineer Sandy				
GWL 1,20 m		Soil Testing Master Date 28-04-22		Sample : 16 + 050				
Coordinate M 3° 44' 11,25544" E 98° 40' 37,25544"		GTA						
Depth (m)	Cone Resistant (C) (kg/cm ²)	Total Resistant (T) (kg/cm ²)	Depth (m)	Cone Resistant (C) (kg/cm ²)	Total Resistant (T) (kg/cm ²)	Depth (m)	Cone Resistant (C) (kg/cm ²)	Total Resistant (T) (kg/cm ²)
0,00	—	—	0,20	5	7	0,20	20	22
0,20	6	8	0,40	9	11	0,40	29	31
0,40	13	15	0,60	2	4	0,60	34	36
0,60	5	7	0,80	4	6	0,80	18	20
0,80	8	10	1,00	6	8	1,00	13	15
1,00	5	7	1,20	3	5	1,20	7	9
1,20	2	4	1,40	3	5	1,40	12	14
1,40	6	8	1,60	2	4	1,60	8	10
1,60	2	4	1,80	4	6	1,80	14	16
1,80	3	5	2,00	2	4	2,00	19	21
2,00	1	3	2,20	6	8	2,20	10	12
2,20	4	6	2,40	11	13	2,40	5	7
2,40	2	4	2,60	16	18	2,60	13	15
2,60	5	7	2,80	15	17	2,80	19	21
2,80	2	4	3,00	18	20	3,00	14	16
3,00	7	9	3,20	2	4	3,20	18	20
3,20	11	13	3,40	20	22	3,40	11	13
3,40	15	17	3,60	14	16	3,60	17	19
3,60	12	14	3,80	7	9	3,80	22	24
3,80	17	19	4,00	5	7	4,00	15	17
4,00	12	14	4,20	2	4	4,20	7	9
4,20	10	12	4,40	6	8	4,40	14	16
4,40	15	17	4,60	5	7	4,60	5	7
4,60	11	13	4,80	15	17	4,80	5	7
4,80	8	10	5,00	5	7	5,00	11	13
5,00	6	8	5,20	4	6	5,20	8	10
5,20	11	13	5,40	9	11	5,40	14	16
5,40	9	11	5,60	13	15	5,60	25	27
5,60	15	17	5,80	5	7	5,80	25	27
5,80	21	23	6,00	2	4	6,00	20	22
6,00	18	20	6,25	6	8	6,25	17	19
6,25	22	24	6,40	12	14	6,40	21	23
6,40	17	19	6,60	1	3	6,60	3	5
6,60	15	17	6,80	12	14	6,80	20	22
6,80	13	15	7,00	4	6	7,00	18	20
7,00	10	12	7,20	7	9	7,20	16	18
7,20	17	19	7,40	6	8	7,40	14	16
7,40	14	16	7,60	10	12	7,60	11	13
7,60	8	10	7,80	15	17	7,80	20	22
7,80	17	19	8,00	11	13	8,00	16	18
8,00	12	14	8,20	6	8	8,20	13	15
8,20	19	21	8,40	14	16	8,40	17	19
8,40	11	13	8,60	9	11	8,60	14	16
8,60	6	8	8,80	15	17	8,80	20	22
8,80	11	13	9,00	14	16	9,00	17	19
9,00	11	13	9,20	6	8	9,20	14	16
9,20	11	13	9,40	11	13	9,40	20	22
9,40	11	13	9,60	14	16	9,60	17	19
9,60	11	13	9,80	11	13	9,80	14	16
10,00	2	4	10,20	11	13	10,20	14	16

Gambar 7. Hasil Tes Sondir

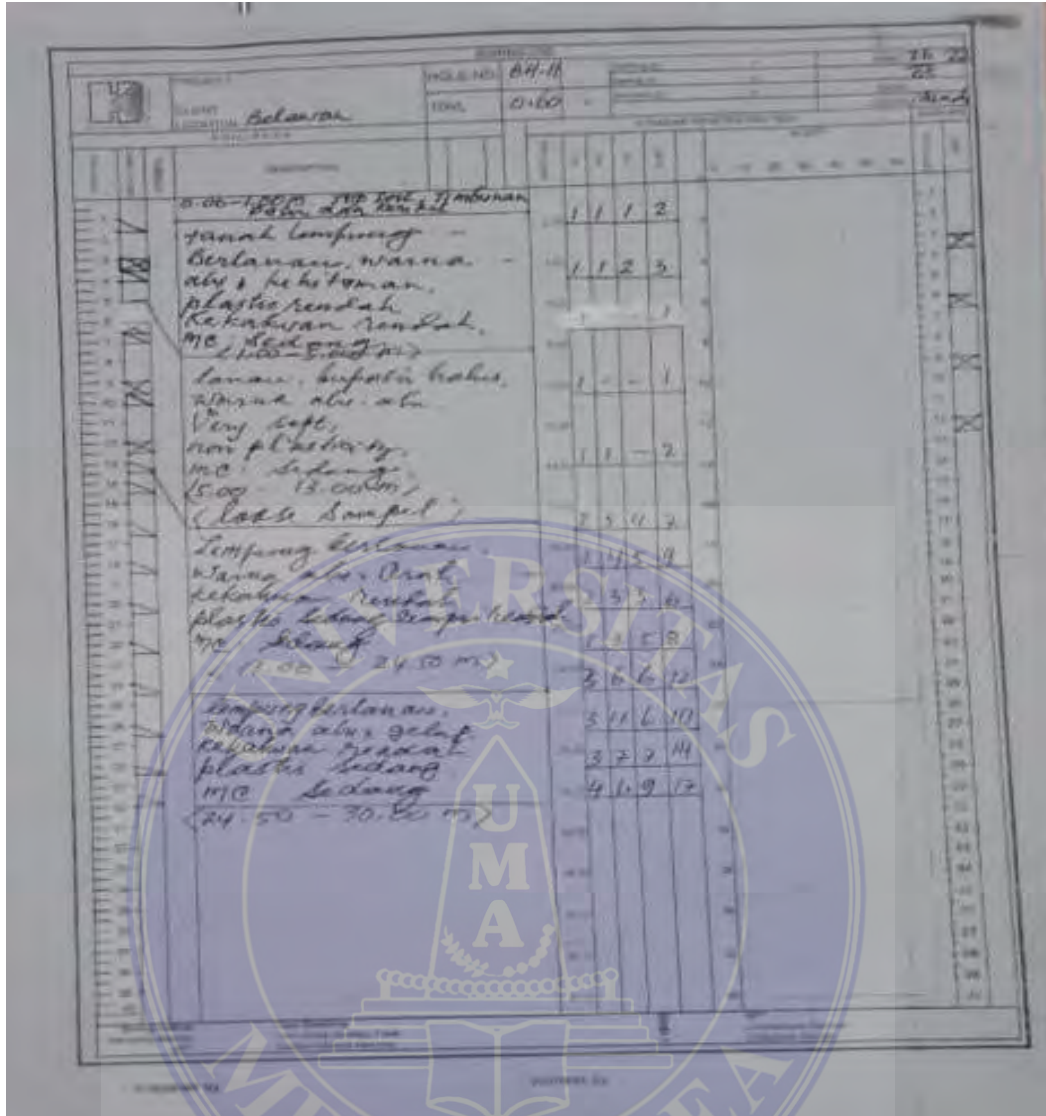
Sumber : Data Lapangan



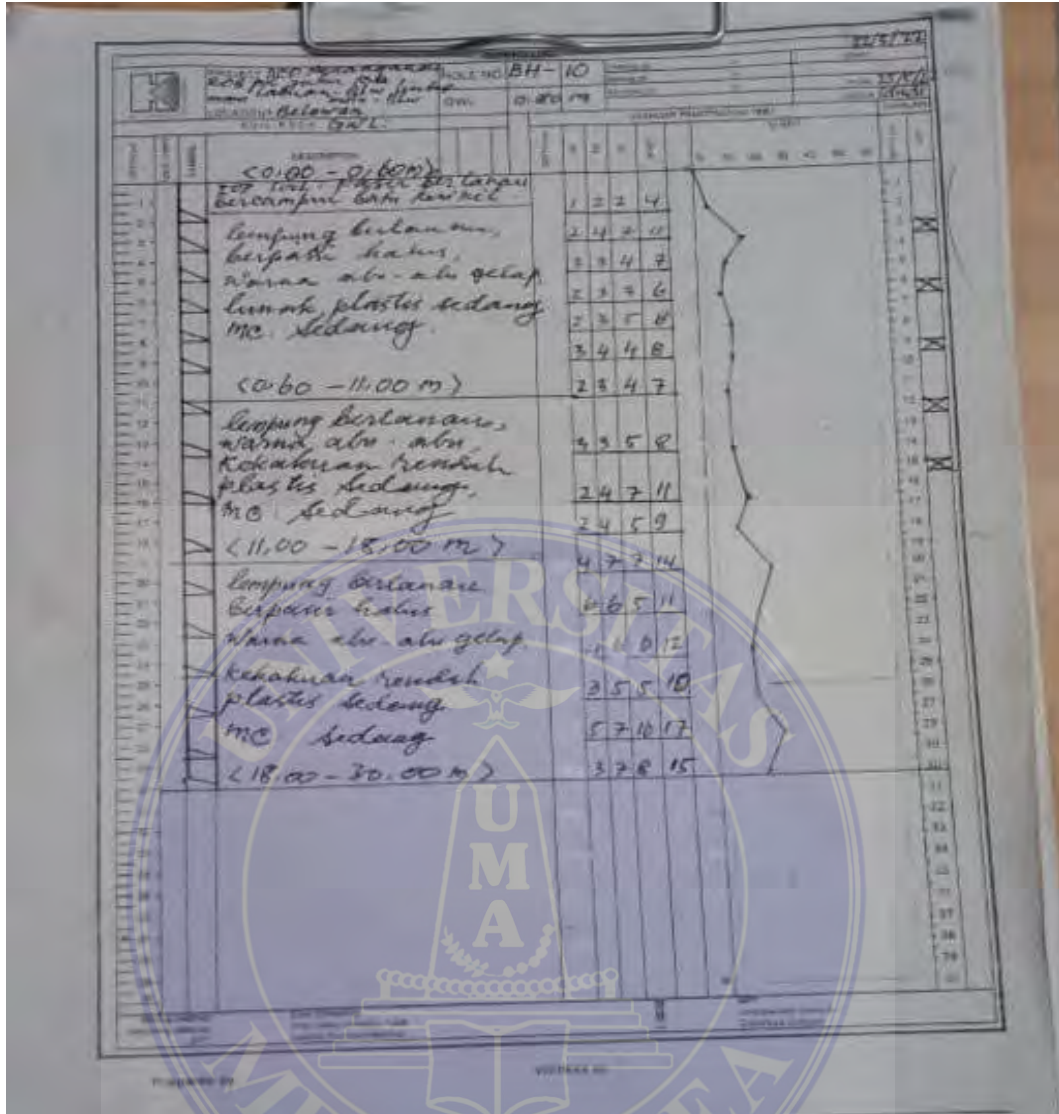
Gambar 8. Hasil Drilling Log
 Sumber : Data Lapangan



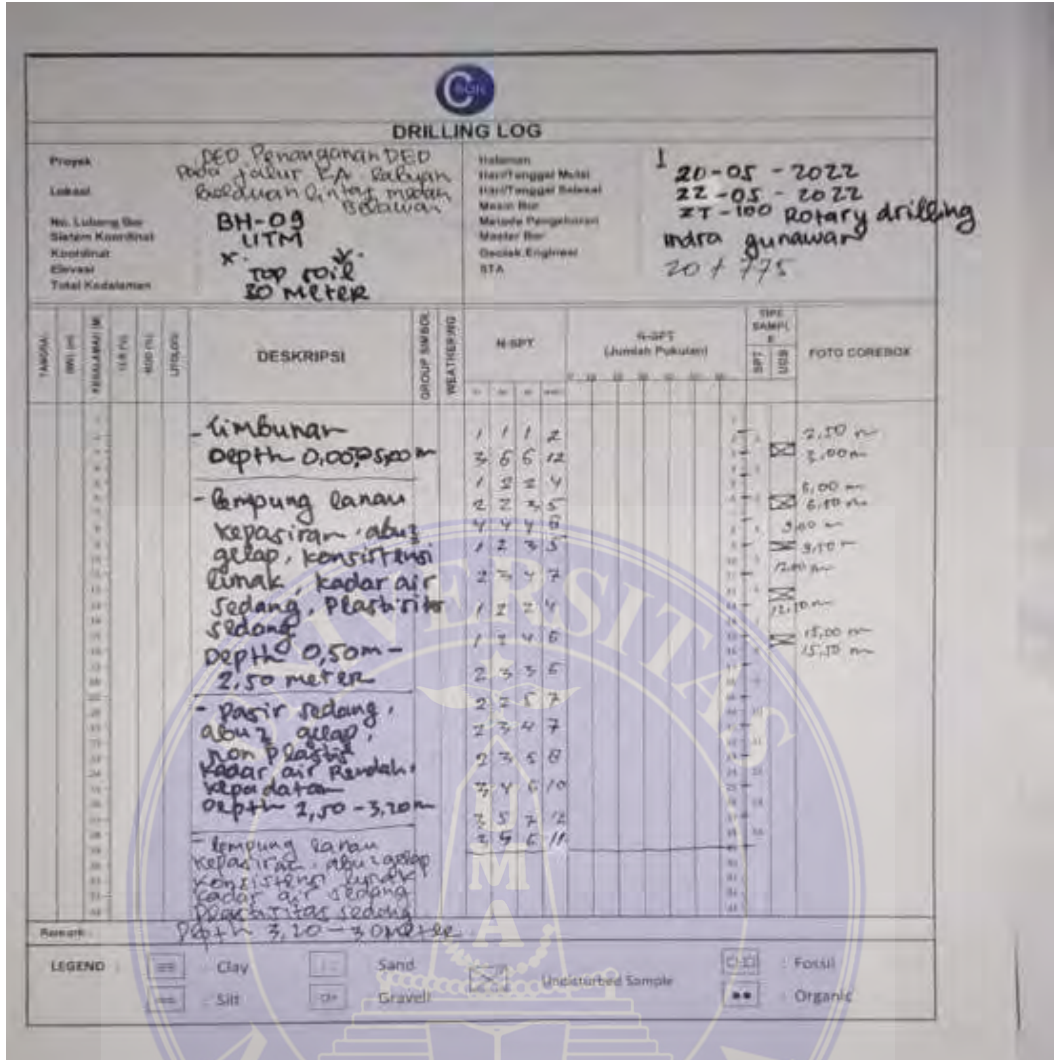
Gambar 9. Hasil Boring Log
Sumber : Data Lapangan



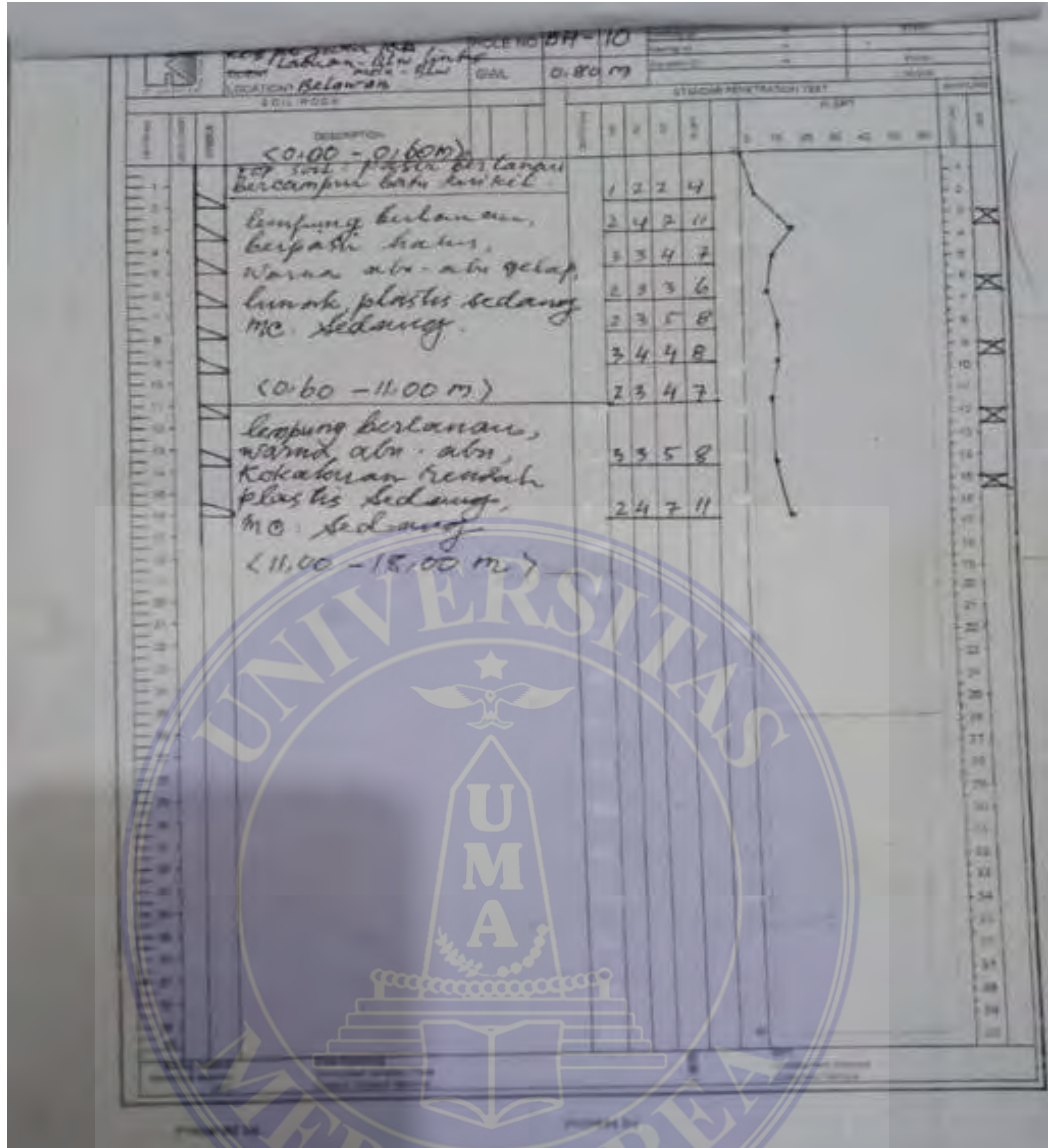
Gambar 10. Hasil Driling Log
Sumber : Data Lapangan



Gambar 11. Hasil Boring Log
Sumber : Data Lapangan



Gambar 12. Hasil Driling Log
 Sumber : Data Lapangan



Gambar 13. Hasil Boring Log
 Sumber : Data Lapangan

Interval (m)	Description	Values
0.00 - 0.30	0.30 - 1.00 m pasir halus warna - keplastisan, kepatatan - rentah tidak berplastis, MC: Rendah	1 5 2 4 1 5 5 8 2 3 3 6
1.00 - 2.00	1.00 - 2.00 m lempung berplastis - warna abu-abu - gelap kebiru-kebiruan lunak, plastisitas rendah, MC: sedang	1 1 3 4 2 3 3 6 1 2 3 5 2 3 3 6 3 2 4 6
2.00 - 3.00	3.00 - 12.00 m lempung berplastis warna hitam-abu gelap kebiruan rentah, plastisitas sedang MC: sedang	2 3 4 7 3 5 4 9 2 2 5 7 3 2 10 17
12.00 - 20.00	12.00 - 20.00 m lempung berplastis warna abu-abu kepatatan rendah plastisitas sedang MC: sedang	4 2 7 14 3 4 6 10 3 2 9 16 3 7 8 15
20.00 - 30.00	20.00 - 30.00 m lempung berplastis warna abu-abu gelap kepatatan rendah plastisitas sedang MC: sedang	

Gambar 14. Hasil Boring Log
Sumber : Data Lapangan

Studi Analisis Perencanaan Daya Dukung Tanah Dengan Menggunakan Data Sondir Pada Pembuatan Trase Baru Lintas Labuhan Belawan

Study Of Analysis Of Land Bearing Capacity Planning Using Sondir Data In The Construction Of New Trails Of Labuhan Belawan Crossing



Muhammad Rozy Afrizal¹⁾, Kamaluddin²⁾
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universita Medan Area, Indonesia
Email: Rozyyalfrizal@gmail.com

Abstrak

Cone Penetration Test (CPT) merupakan alat yang didesain untuk mengetahui serta menguji kekuatan lapisan tanah dengan cara cepat dan akurat dan merupakan salah satu alat pengujian tanah yang sering digunakan hingga saat ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah serta mengetahui lapisan-lapisan tanah yang ada di sepanjang perlintasan kereta api lintas Labuhan – Belawan dengan menggunakan alat *Cone Penetration Test (CPT)* atau alat sondir ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi pustaka dan pengujian langsung dilapangan. Dari hasil data *Cone Penetration Test (CPT)* ini kemudian diolah dan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel 2020*. Kemudian hasil dari pengolahan dan analisis tanah merupakan tanah (lempung, lanau) dengan kedalaman dari permukaan tanah hingga kedalaman 17 meter merupakan tanah lunak yang memiliki rentang nilai tahanan konus (C_r) yaitu 5 - 20 kg/cm^2 dan rentang nilai rasio gesekan (f_r) yaitu 3,3 - 25% dimana nilai ini diklasifikasikan sebagai jenis tanah lempung sampai lanau dengan konsistensi tanah sangat lunak sampai teguh, di kedalaman 17 sampai 23 meter merupakan tanah lunak yang memiliki rentang nilai tahanan konus (C_r) yaitu 40 - 80 kg/cm^2 dan rentang rasio gesekan (f_r) yaitu 1,3 - 1,4% dimana nilai ini diklasifikasikan sebagai jenis tanah lanau dengan konsistensi tanah sangat kenyal, dan di kedalaman 23 sampai 30 meter terdapat tanah keras yang memiliki nilai tahanan konus (C_r) yaitu 80 - 150 kg/cm^2 dan rentang rasio gesekan (f_r) yaitu 1,1 - 1,7% dimana nilai ini diklasifikasikan sebagai jenis tanah lempung berlanau dengan warna abu-abu gelap dan memiliki tingkat kekakuan rendah.

Kata Kunci: Jalan Kereta Api, Daya Dukung Tanah, Sondir, *Cone Penetration Test (CPT)*

ABSTRACT

The Cone Penetration Test (CPT) is a tool designed to determine and test the strength of soil layers in a fast and accurate way and is one of the most frequently used soil testing tools today. The purpose of this study was to determine the carrying capacity of the soil and to find out the layers of soil that exist along the Labuhan - Belawan railroad crossing using the Cone Penetration Test (CPT) or sondir tool. The method used in this research is the method of literature study and direct testing in the field. From the results of the Cone Penetration Test (CPT) data, it is then processed and analyzed using Microsoft Exel 2020 software. Then the results of soil processing and analysis are soil (clay, silt) with a depth from the soil surface to a depth of 17 meters which is a soft soil that has the range of the value of the cone resistance (Cr) is 5 - 20 kg/ kg/(cm)² and the value range of the friction ratio (fr) is 3.3 - 25% where this value is classified as a type of clay soil to silt with a very soft to firm soil consistency, and at a depth of 17 to 23 meters is soft soil which has a value range of conical resistance (Cr) of 40 – 80 kg/(cm)² and a range of friction ratio (fr) of 1.3 – 1.4% where this value classified as a silt soil type with a very springy soil consistency. and at a depth of 23 to 30 meters there is hard soil which has a conical resistance (Cr) value of 80 – 150 kg/ kg/(cm)² and a friction ratio (Fr) range of 1.1 – 1.7% where this value is classified as This type of clay is a silty clay with a dark gray color and has a low level of stiffness.

Keywords: *Railway, Soil Bearing Capacity, Sondir, Cone Penetration Test (CPT)*

How to Cite: Muhammad Rozy Afrizal. (2023), Studi Analisis Perencanaan Daya Dukung Tanah Dengan Menggunakan Data Sondir Pada Pembuatan Trase Baru Kereta Api Lintas Labuhan Belawan

PENDAHULUAN

Daya dukung tanah pada perencanaan Rel Kereta Api merupakan elemen penting, karena nilai daya dukung tanah sangat berpengaruh pada tebal perkerasan lapisan tanah dasar untuk menentukan kapasitas dukung tanah dasar, ada beberapa metode pengujian yang digunakan seperti pengujian sondir dengan alat Dutch Cone Penetration Test (CPT) dilapangan dengan menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Uji sondir atau dikenal dengan uji penetrasi kerucut statis banyak digunakan di Indonesia. Pengujian ini merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tanah. Nilai-nilai tahanan kerucut statis atau hambatan konus (Cr) yang diperoleh dari pengujian dapat langsung dikorelasi-kan dengan kapasitas dukung tanah (Hardiyatmo, 2010). Pada uji sondir, terjadi perubahan yang kompleks dari tegangan tanah saat penetrasi sehingga hal ini mempersulit interpretasi secara teoritis. Dengan demikian meskipun secara teoritis interpretasi hasil uji sondir telah ada dalam prakteknya uji sondir tetap bersifat empiris (Rahardjo, 2008).

Nilai yang penting diukur dari uji sondir adalah hambatan ujung konus (Cr).

Jalur kereta api lintas labuhan belawan merupakan jalur aktif untuk bongkar muat barang dari pusat industri di daerah sumatera utara. Jalur ini rawan terkena banjir tahunan atau Banjir ROB. Sepanjang jalur kereta api lintas Labuhan Belawan dari km 19+200 sampai km 21+325 yang rutin mengalami genangan air, akan dibangun jalur baru disamping jalur rel kereta api lama yang merupakan tanah daerah pesisir yang dapat dilihat tanah di daerah tersebut merupakan tanah tergolong gradasi tidak baik, terdapat campuran lanau di dekat muara, tanah pasir di dekat pesisir, dan tanah campuran dari pasir, lanau, hingga tanah yang memiliki kadar air garam yang tinggi. Maka dengan ini penulis mengambil judul skripsi “ Studi Analisis Perencanaan Daya Dukung Tanah Dengan Menggunakan Data Sondir Pada Pembuatan Trase Baru Kereta Api Lintas Labuhan Belawan“, dimana penelitian ini untuk menghitung daya dukung tanah dengan Metode Mayerhoff menggunakan data Sondir.

TINJAUAN PUSTAKA

Klasifikasi Tanah

klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah kedalam kelompok yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya. Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem yang mengatur jenis-jenis tanah yang berbeda beda, tetapi mempunyai sifat-sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok.

Klasifikasi ini pada umumnya didasarkan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran-ukuran butirannya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil separates size limits*).

Kerikil (*gravels*) adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadangkala juga mengandung partikel-partikel mineral quartz, feldspar, dan mineral-mineral lain.

Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.

Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral quartz dan feldspar. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.

Lanau (*silts*) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika.

Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika.

Tanah Lunak

Salah satu jenis tanah lunak adalah tanah gambut. Tanah gambut merupakan tanah yang secara fisik dan teknik kurang memenuhi persyaratan dan ketentuan dalam pekerjaan konstruksi, karena tanah gambut memiliki kandungan air dan kompresibilitas yang sangat tinggi, serta mempunyai

kapasitas dukung tanah yang rendah. Tanah gambut (*peat*)

termasuk tanah organik, secara visual terlihat sebagai massa berserat mengandung kayu, biasanya berwarna gelap dan berbau tumbuhan yang membusuk.. Tanah ini mengandung bahan organik yang tinggi mempunyai kuat geser yang rendah, mudah mampat dan bersifat asam yang dapat merusak material bangunan.

Spesifikasi Tanah Dasar

Untuk menopang struktur jalan rel yang stabil dibutuhkan tanah dasar yang mampu mendukung beban struktur jalan rel tersebut dan beban kereta api yang akan melintasinya. Tanah dasar merupakan pondasi bagi struktur jalan rel sehingga daya dukung tanah dasar harus mampu menerima beban yang terjadi di atas jalan rel dan menghindari penurunan tanah yang terjadi sehingga struktur jalan rel dapat stabil.

Menurut PM 60 badan jalan terbagi menjadi 2 yaitu badan jalan di daerah timbunan dan badan jalan di daerah galian. Pada pekerjaan ini dilakukan peninggian elevasi sehingga badan jalan merupakan

daerah timbunan. Badan jalan pada daerah timbunan terdiri dari lapis dasar, timbunan dan tanah dasar. Perencanaan lapis dasar dan timbunan mengikat pada spesifikasi dan metode pelaksanaan yang akan dilakukan. Tanah dasar merupakan pondasi dari struktur dan badan jalan rel yang dipengaruhi oleh kondisi tanah eksisting.

Sondir

Pengujian sondir merupakan salah satu pengujian penetrasi yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah pada setiap lapisan serta mengetahui kedalaman lapisan pendukung yaitu lapisan tanah keras. Hal ini dimaksudkan agar dalam mendesain pondasi yang akan digunakan sebagai penyokong kolom bangunan yang ada di atasnya yang memiliki factor keamanan yang tinggi sehingga bangunan di atasnya mengalami stabilitas yang tinggi dan tidak mengalami penurunan atau *settlement* yang dapat membahayakan dari sisi keselamatan bagi penghuni bangunan yang ada di dalamnya. Banyak terjadi kegagalan struktur bangunan yang roboh akibat tidak -

diperhatikan akan pentingnya pengujian *soil test* ini, untuk itu sangat disarankan untuk melakukan pengujian tanah (sondir), sehingga dapat didesain jenis pondasi yang aman dan efektif sesuai dengan karakteristik tanah dari bangunan yang akan dibangun. Hubungan daya dukung tanah dengan data sondir (C_r). Hubungan nilai tahanan konus terhadap konsistensi tanah, sebagai berikut :

- h. Tanah yang sangat lunak nilai $q_c < 5 \text{ kg/cm}^2$
- i. Lunak $5 - 10 \text{ kg/cm}^2$
- j. Teguh $10 - 20 \text{ kg/cm}^2$
- k. Kenyal $20 - 40 \text{ kg/cm}^2$
- l. Sangat kenyal $40 - 80 \text{ kg/cm}^2$
- m. Keras $80 - 150 \text{ kg/cm}^2$
- n. Sangat keras $> 150 \text{ kg/cm}^2$

Alat penetrometer Belanda (sondir) adalah alat yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 60° dengan luas ujung $1,54 \text{ in}^2$ (10 cm^2). Alat ini digunakan dengan cara ditekan kedalam tanah terus menerus dengan kecepatan 20 mm/det , sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi terus menerus diukur.

Dari alat penetrometer yang lazim dipakai, sebagian besar mempunyai selubung geser (bikonus) yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrometer tersebut jadi kita dapat membaca secara terpisah harga perlawanan ujung konus dengan harga hambatan geser dari tanah. Selubung geser mempunyai luas muka sekitar $23,25 \text{ in}^2$ atau sekitar 150 cm^2 .

Secara analisis untuk menghitung, Selisih perlawanan konus C_r dengan perlawanan konus dan geser T_r Nilai selisih Perlawanan C_r dengan T_r dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$S_f = (T_r - C_r)$$

Nilai dari C_r adalah nilai dari pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus.

Nilai perlawanan geser lokal diperoleh bila ujung konus dan geser terdorong bersamaan dan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$f_s = \frac{s_f \cdot A_{pi}}{A_s}$$

Angka banding geser diperoleh dari hasil penjumlahan antara nilai perlawanan geser local (Lsf) dengan perlawanan konus (Cr), dan dihitung dengan persamaan berikut:

$$Fr = \left(\frac{f_s}{C_r} \right) \times 100$$

METODOLOGI PENELITIAN

Deskripsi

Penelitian lapangan yang berlokasi pada Proyek Jalur Kereta Api lintas Labuan – Belawan (Km.19+200 sampai dengan Km.21+325) Sts. Tepatnya di sepanjang perbaikan jalur kereta api lintas labuhan belawan. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif, Data kuantitatif adalah data yang dapat dinyatakan dalam angka dan dapat diukur dilapangan. Penelitian ini juga menggunakan data primer berupa pengambilan sampel secara langsung sedangkan data sekunder diambil dari instansi serta dari beberapa literatur. Evaluasi kondisi lapisan tanah ini berdasarkan hasil pengujian sondir sesuai dengan SNI 2827:2008 dengan mempelajari grafik gabungan dari nilai qc dan kedalamannya lapisan tanah yang

berada dilokasi pengambilan sampel tersebut. Lapisan tanah ini dibagi menjadi beberapa lapisan dimana setiap lapisan memiliki Batasan nilai (Cr) tertentu. Studi analisis ini, evaluasi lapisan tanah berdasarkan hasil pengujian sondir.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Jalur Kereta Api lintas Labuan – Belawan (Km.19+200 sampai dengan Km.21+325) Sts.

Teknis Analisa Data

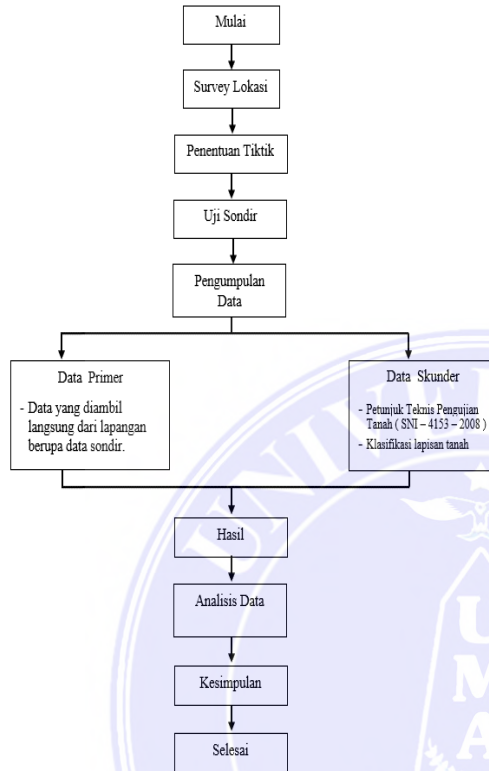
Setelah pengumpulan data sekunder, selanjutnya akan dilakukan perhitungan daya dukung berdasarkan data sondir. Perhitungan pada data sondir akan dilakukan pada tiap kedalaman 1 meter sampai dengan kedalaman terakhir yang terdapat pada data tersebut. Kemudian dilakukan analisis dan diambil suatu kesimpulan.

Kondisi Tanah Ekisting

Pada tanah eksisting yang diteliti, kondisi tanah tersebut dapat dilihat pada Kedalaman 0 m – 30 m merupakan jenis tanah lempung berlanau Berwarna

abu-abu Kehitaman,plastis rendah dan memiliki tingkat kekerasan rendah.

Kerangka Berpikir



Gambar 1. Tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

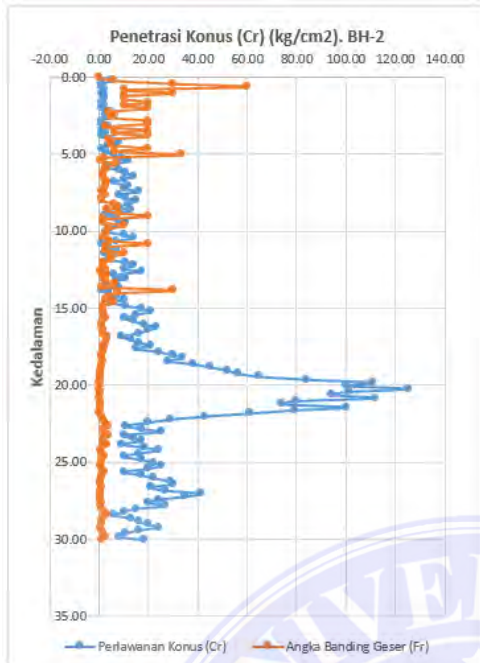
Di bagian ini dijelaskan hasil dari pengolahan data dan pembahasannya sesuai dengan titik BH-1 dan BH-2 untuk uji kondisi tanah eksisting yang di teliti. Rencananya hasil dari data sondir BH-1 dan BH-2 ini akan dihitung hasil perlawanan konus(Cr) dan angka banding gesernya (Fr),

kemudian dari hasil perhitungan tersebut dapat diliat struktur tanahnya apakah keras,lunak dan sangat lunak. Perhitungan ini dihitung menggunakan *Microsoft Exel* dan perhitungan manual.

Hasil

Pada pengujian sondir di titik 1 dan 2 menggunakan alat sondir ringan dengan kapasitas 2,5 Ton sedangkan konus yang digunakan menggunakan tipe bikonus. Pembacaan perlawanan konus dan nilai perlawanan geser dilakukan sampai kedalaman didapat tanah keras dengan nilai perlawanan konus mencapai $80 - 150 \text{ kg/cm}^2$.

Dari pengujian sondir di titik 1 dan titik 2 dapat dilihat di tabel 1 bahwa pada kedalaman 17 sampai 20 didapat perlawanan konus (Cr) sebesar $80 - 150 \text{ kg/cm}^2$. Gambar 1 menunjukkan nilai perlawanan konus (Cr) didapat dari perlawanan dengan ujung konus yang terdorong dari nilai (Cr) merupakan nilai pembacaan manometer itu sendiri setiap kedalaman 1 meter dan nilai geser totalnya sebesar (Fr) 1,4% sampai 1,6%.



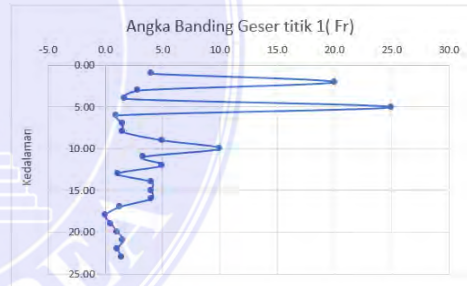
Gambar 1. Grafik perlawanan konus Cr kg/cm^2 dan Geseran Total Fr %

Dari geseran total didapat hasil penjumlahan nilai geser total (Fr) sebelumnya f_s per 20cm, untuk nilai angka banding geser pada titik sondir 1 didapat nilai tertinggi dikedalaman 5 meter dengan angka banding geser total sebesar 25,0% dan nilai angka banding geser pada titik sondir 2 didapat nilai tertinggi dikedalaman 5 meter dengan angka banding geser total sebesar 33,3%. Angka banding geser diperoleh dari hasil penjumlahan dari nilai perlawanan geser total (Fr) dengan perlawanan konus (Cr). Karena nilai konus pada titik sondir 1 dan titik sondir 2 sudah mencapai titik kekerasan tanah pada manometer

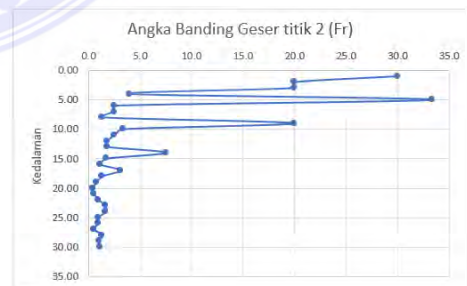
sebesar 80 - 150 kg/cm^2 , maka pengujian sondir dapat dihentikan, dengan asumsi bahwa batas pembacaan dari sondir dengan kapasitas 2,5 ton dengan nilai sebesar 150 kg/cm^2 .

Tabel 1. Hasil pengujian sondir titik 1 dan 2

HASIL PERALAMAN KONSUS														
DED PERALAMAN FIBI PADA JALUR KA LABUAN - BELAWAN LINTAS MEDAN BELAWAN														
Titik No. S. 2		Jah Tekniksian												
Gedung: 2-98 Ton		Londhronan Inggris												
No. R. 1-88 m		Sondirng Master												
Cantok: N 83-44" 2554"		Sanda												
E. 88-40" 2554"		Date: 28-04-22												
Depth	Case	Case	Total	Slab	Slab	Slab	Total	Total	Local	Local	Friction	Friction	Friction	Friction
(m)	1	2	(Tf1)	(Tf2)	(Tf3)	(Tf4)	(Tf1+2)	(Tf1+2+3)	(Tf1+2)	(Tf1+2)	(Fr1)	(Fr2)	(Fr3)	(Fr4)
	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration	Penetration
	(Cr1)	(Cr2)	(Fr1)	(Fr2)	(Fr3)	(Fr4)	(Fr1+2)	(Fr1+2+3)	(Fr1+2)	(Fr1+2)	(Fr1)	(Fr2)	(Fr3)	(Fr4)
0.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
2.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
4.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
6.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
8.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
10.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
12.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
14.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
16.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
18.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
20.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
22.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
24.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
26.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
28.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20
30.00	1.00	1.00	2.00	4.00	2.00	0.27	0.40	1.07	1.07	1.07	0.20	0.20	0.20	0.20



Gambar 2. Grafik Angka Banding Geser Fr %



Gambar 3. Grafik Angka Banding Geser Fr %

Tabel 2. Klasifikasi berdasarkan nilai Cr dan Fr

Hasil Sondir		
Nilai Konus (Cr) Kg/cm ²	Perlawanan Geser (Fr) kg/cm ²	Klasifikasi
6	0.15 - 0.40	humus, Lempung Sangat Lunak
6 - 10	0.20	Pasir Kelanauan Lepas, Pasir Sayang Lepas
	0.20 - 0.60	Lempung Lembek, Lempung Kelanauan Lembek
10 - 30	0.10	Kerikil Lepas
	0.10 - 0.40	pasir Lepas
	0.40 - 0.80	Lempung atau Lempung Kelanauan
30 - 60	0.80 - 2.00	Lempung Sedikit Kenyal
	1.50	Pasir Kelanauan, Pasir sedikit Padat
	1.50 - 3.00	Lempung atau Lempung Kelanauan Kenyal
	1.00	Kerikil Kepasiran Lepas
	1.00 - 3.00	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan kerikil kenyal
150	3.00	Lempung kerikil kenyal
	1.00 - 2.00	Pasir padat, Pasir kerikil padat, Pasir Kasar Padat

Sumber : Ir. Sunggono kh (1995), buku Teknik Sipil, penerbit NOVA, Bandung

Dari hasil perhitungan pengujian sondir dengan kedalaman 0 sampai dengan 2 meter merupakan jenis tanah lunak dengan nilai Cr 5 - 10 kg/cm^2 . Di kedalaman 2 sampai dengan 4 meter merupakan jenis tanah sangat lunak karena memiliki nilai Cr yang sangat rendah yaitu Cr < 5 kg/cm^2 . Di kedalaman 4 sampai dengan 7 merupakan jenis tanah sangat lunak karena memiliki nilai Cr yaitu Cr < 5 kg/cm^2 . Di kedalaman 7 sampai dengan 10 meter memiliki nilai Cr berjenis Teguh yaitu 10 - 20 kg/cm^2 . Di kedalaman 10 sampai dengan 12 merupakan jenis tanah tergolong lunak yang memiliki nilai Cr yaitu 5 - 10 kg/cm^2 . Dikedalaman 12 sampai dengan 17 merupakan jenis tanah kenyal yang memiliki nilai Cr 20 - 40

kg/cm^2 . Dikedalaman 17 sampai 20 merupakan jenis tanah keras yang memiliki nilai Cr 80 - 150 kg/cm^2 . Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa jenis tanah di lokasi sondir 1 dan sondir 2 di kedalaman 1 sampai 17 meter merupakan jenis tanah lanau berpasir halus karena belum mendapatkan kedalaman tanah keras dominan klasifikasi tanah merupakan jenis tanah lanau berpasir halus dan lempung berlanau.

Tabel 3. Karakteristik Lapisan Tanah Berdasarkan Nilai Cr

No	Kedalaman	Jenis Tanah	Catatan
1	0 m - 5 m	Tanah berlanau, lempung	Berwarna abu-abu Kehitaman,plastic rendah dan memiliki tingkat kekerasan rendah.
2	5 meter - 13 meter	Lanau, halus berpasir	Warna abu -abu, plastic rendah dan memiliki tingkat kekerasan rendah.
3	13 meter - 24,50 meter	Lempung berlanau	Warna abu-abu cerah,memiliki tingkat kekerasan rendah, plastic sedang sampai rendah.
4	24,50 meter - 30,00 meter	Lempung berlanau	Warna abu-abu gelap, memiliki tingkat kekakuan rendah, tergolong rendah.

Analisis Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Sonir

Studi analisis daya dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban yang bekerja diatasnya. Daya dukung izin (qu) merupakan beban maksimum dimana

tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami beban keruntuhan.

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwasannya titik sondir 1 dan sondir 2 tidak terlalu jauh angka tahanan konus terhadap gesekan, dengan kedalaman 0 sampai 7 meter didapat tanah lunak dengan nilai C_r 5 – 10 kg/cm^2 . Kemudian dengan kedalaman 7 sampai dengan 12 meter didapat tanah lunak dengan nilai C_r 10 – 20 kg/cm^2 , dengan kedalaman 12 sampai dengan 23 meter didapat tanah sangat lunak dengan nilai C_r 40 – 80 kg/cm^2 . Kemudian di kedalaman 23 sampai 30 meter terdapat tanah keras dengan nilai C_r 80 - 150 kg/cm^2 .

Referensi

- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M. 2017. *Mekanika Tanah Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Irma Ridhayani, Irfan Saputra (2021) *Studi Analisis Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir Di Kampus Padhang-Padhang Universitas Sulawesi Barat*. *Jurnal analisis daya dukung tanah*, 38 – 42 .
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Jakarta
- Najoan. 2002. *Interpretasi Hasil Uji dan Penyusunan Laporan Penyelidikan Geoteknik*. Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum.
- Najoan. 2002. *Interpretasi Hasil Uji dan Penyusunan Laporan Penyelidikan Prayogo, Kuku*. 2016. *Penyelidikan Struktur Dan Karakteristik Tanah Untuk Desain Iradiatorv Gamma Kapasitas 2 Mci*. *Jurnal Perangkat Nuklir*. Volume 10, No 01. Halaman 30-31
- Prayogo, Kuku. 2016. *Penyelidikan Struktur Dan Karakteristik Tanah Untuk Nuklir*. Volume 10, No 01. Halaman 30-31.
- Santoso, S. 2010. *Mastering SPSS 18*. PT. Alex Media Komputindo. Jakarta
- Soemitro, R.A.A. 2005. *Laporan Penelitian Ristek 2005*. ITS. Surabaya.
- Terzaghi, K., Peck, R. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Wiqoyah, Q. 2014. *Buku Ajar Mekanika Tanah II Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wesley, Laurence D. 2012. *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan & Residu*. Yogyakarta.

Wesley, L.D. 2017. Mekanika Tanah Edisi Baru. Penerbit CV. ANDI OFFSET, Yogyakarta. 278 hal

Wesley, L.D. 1997. Mekanika Tanah. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta. 278 hal

Tanah Lunak. <https://text-id.123dok.com/document/ozlmo6ly4-pengertian-tanah-lunak-karakteristik-tanah-lunak.html>

