

# **ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE PADA PROYEK GEDUNG ONKOLOGI**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**MOGA FORANDI PANJAITAN  
218110064**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 10/12/25

Access From (repositori.uma.ac.id)10/12/25

# **ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE PADA PROYEK GEDUNG ONKOLOGI**

## **SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelara Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**Oleh:**

**MOGA FORANDI PANJAITAN  
218110064**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Proyek Gedung Onkologi  
Nama : Moga Forandi Panjaitan  
NPM : 218110064  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing



Hermansyah, S.T., M.T  
Pembimbing



Dr. Eng. Supratno, S.T., MT  
Dekan



Dr. Fika Esmata Wulandari, S.T., M.T  
Koordinator Program Studi

Tanggal Lulus : 1 September 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 1 September 2025



Moga Forandi Panjaitan  
218110064

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Moga Forandi Panjaitan  
NPM : 218110064  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Proyek Gedung Onkologi

. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 1 September 2025  
Yang menyatakan



(Moga Forandi Panjaitan)



## RIWAYAT HIDUP

Moga Forandi Panjaitan, dilahirkan di Desa Simarhempa, Kec. Sipahutar Kab Tapanuli Utara Pada tanggal 17 November 2002. Anak keempat dari empat bersaudara, dari Alpirin Panjaitan dan Esti br Sibarani. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD N 177041 Simarhempa Kec. Sipahutar Kab. Tapanuli Utara Tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan ke SMP N 1 Sipahutar Kec. Sipahutar Kab. Tapanuli Utara dan lulus pada tahun 2017. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMK St. Nahanson Parapat Sipoholon Kec. Sipoholon Kab. Tapanuli Utara dan lulus pada tahun 2020 dan pada tahun 2021 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Rehabilitasi dan Renovasi Stadion Teladan.



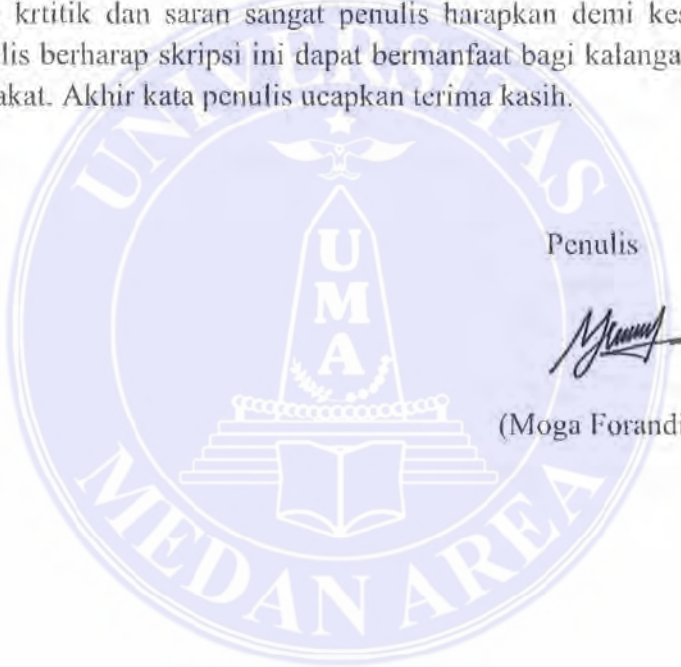
KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Proyek Gedung Onkologi . Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Hermansyah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman Angkatan 2021 yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Moga Forandi Panjaitan)



## DAFTAR ISI

	Halaman
ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE PADA PROYEK GEDUNG ONKOLOGI .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGHANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
ABSTRAK .....	x
ABSTRAK .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Rumusan Masalah .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Peneliti Terdahulu .....	5
2.2 Tanah.....	7
2.3 Klasifikasi Tanah.....	9
2.4 Penyelidikan Tanah ( <i>Soil Investigation</i> ) .....	10
2.4.1 Pengujian Sondir atau <i>Cone Penetration Test</i> (CPT) .....	10
2.4.2 Pengujian Standard Penetration Test (SPT).....	14
2.4.3 Deep Boring atau Pengeboran Dalam .....	15
2.5 Pengujian Labolatorium .....	16
2.6 Pondasi .....	26
2.6.1 Pondasi Dangkal ( <i>shallow foundation</i> ) .....	27
2.6.2 Pondasi dalam ( <i>deep foundation</i> ).....	29
2.7 Kapasitas Daya Dukung Pondasi .....	36
2.7. Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data Tanah.....	37



2.7.1. Kapasitas Daya Dukung IjiTiang Pancang ( <i>Metode Bagemann</i> ) .....	37
2.8. Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Kekuatan Bahan .....	38
2.9. Menghitung Daya Dukung Tiang Kelompok.....	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	40
3.1. Lokasi Penelitian .....	40
3.2. Tahap Penelitian .....	41
3.2.1. Survey .....	41
3.2.2. Studi Literatur .....	41
3.2.3. Identifikasi Masalah .....	41
3.2.4. Pengumpulan Data .....	41
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	42
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1. Gambaran Umum Pondasi Gedung Onkologi.....	43
4.2. Hasil Pengujian Sondir.....	43
4.3. Analisa Pembebanan .....	44
4.3.1 Analisa Pembebanan Kolom.....	45
4.4. Perhitungan Daya Dukung Pondasi .....	53
4.4.1 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Data Sondir	53
4.5. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Kekuatan Bahan ...	57
4.6. Kebutuhan Jumlah Tiang Akibat Beban Struktur .....	58
4.6.1 Kebutuhan Jumlah Tiang Berdasarkan Data Sondir .....	58
4.6.2 Kebutuhan Jumlah Tiang Berdasarkan Kekuatan Bahan.....	58
4.7. Daya Dukung Tiang Tunggal.....	59
4.7.1 Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Data Sondir.....	59
4.7.2 Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Kekuatan Bahan	59
4.8. Daya Dukung Tiang Grub .....	60
4.8.1 Efisiensi Grub Tiang .....	60
4.8.2 Daya Dukung Tiang Grub Berdasarkan Data Sondir.....	61
4.8.3. Daya Dukung Tiang Grub Berdasarkan Kekuatan Bahan ....	62
4.9. PEMBAHASAN .....	64
BAB V PENUTUP .....	66
1.1. Kesimpulan.....	66
1.2. Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....	68
LAMPIRAN	

## ABSTRAK

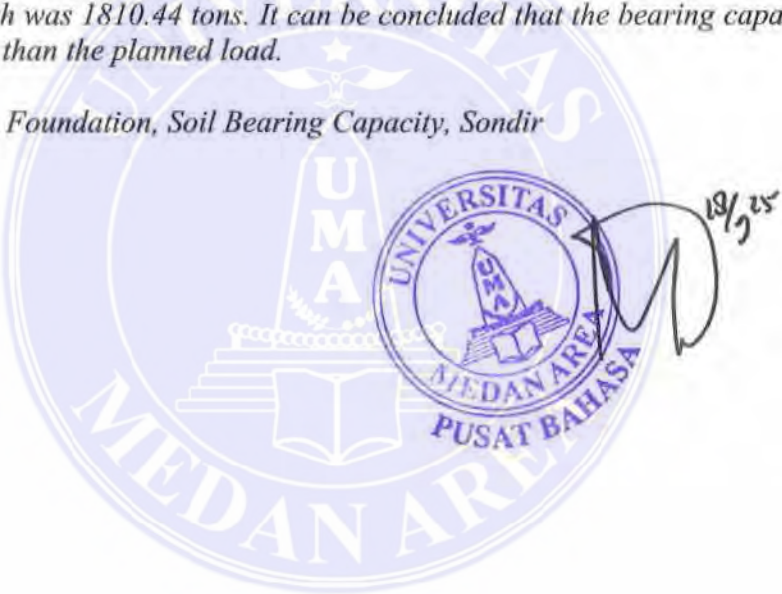
Pembangunan infrastruktur vertikal seperti rumah sakit, gedung pendidikan, dan fasilitas layanan publik memerlukan perencanaan struktur bawah yang matang, khususnya dalam sistem pondasi. Pondasi sebagai elemen struktural bertugas menyalurkan beban bangunan ke tanah dasar secara aman dan stabil. Pondasi sebagai elemen struktural bertugas menyalurkan beban bangunan ke tanah dasar secara aman dan stabil. Dengan menggunakan metode Begeman berapakah selisih nilai daya dukung dari sondir I dan II. Dengan menggunakan metode Converse-Laberre dan Los Angeles Group, menentukan efisiensi grub tiang. Metode Begeman dapat untuk menghitung daya dukung ultimit pondasi tiang pancang dan metode Begemann dihitung dengan menggunakan teori mekanika tanah. Beban terfaktor bangunan berdasarkan kombinasi pembebanan sebesar  $\pm 216,834696$  ton. Berdasarkan perhitungan dengan Metode Bagemann (1965) dari data sondir didapat daya dukung tiang tunggal titik sondir I: 391,3863 ton, titik sondir II: 253,667 ton. Berdasarkan kekuatan beton ( $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ) diperoleh daya dukung tiang sebesar 351,68 ton dan didapat daya dukung tiang grub titik sondir I: 735,023 ton, titik sondir II: 435,29 ton dan berdasarkan kekuatan bahan diperoleh sebesar 1810,44 ton. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai daya dukung lebih besar dari beban rencana.

**Kata Kunci:** Tanah, Pondasi, Daya Dukung Tanah, Sondir

**ABSTRACT**

*The development of vertical infrastructure such as hospitals, educational buildings, and public service facilities requires careful planning of substructures, particularly in the foundation system. Foundations, as structural elements, serve to safely and stably transfer building loads to the underlying soil. Using the Begeman method, the difference in bearing capacity values between Sondir I and II was determined. The Converse-Laberre and Los Angeles Group methods were used to determine pile group efficiency. The Begeman method was used to calculate the ultimate bearing capacity of pile foundations, and the calculation was performed using soil mechanics theory. The factored building load based on load combination was approximately  $\pm 216.834696$  tons. Based on calculations using the Begeman method (1965) from Sondir data, the single pile bearing capacity at Sondir I point was 391.3863 tons and at Sondir II point was 253.667 tons. Based on concrete strength ( $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ), the pile bearing capacity was 351.68 tons, and the pile group bearing capacity at Sondir I point was 735.023 tons and at Sondir II point was 435.29 tons, while the bearing capacity based on material strength was 1810.44 tons. It can be concluded that the bearing capacity value is greater than the planned load.*

**Keywords:** Soil, Foundation, Soil Bearing Capacity, Sondir



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Hasil uji sondir .....	44
Tabel 2 Beban mati pada atap .....	45
Tabel 3 Beban hidup pada atap .....	45
Tabel 4 Beban mati lantai 6-8 .....	46
Tabel 5 Beban hidup lantai 6-8 .....	47
Tabel 6 Beban mati lantai 4-5 .....	47
Tabel 7 Beban Hidup lantai 4-5 .....	48
Tabel 8 Beban mati lantai 3 .....	48
Tabel 9 Beban hidup lantai 3 .....	49
Tabel 10 Beban mati lantai 2 .....	50
Tabel 11 Beban hidup lantai 2 .....	51
Tabel 12 Beban mati lantai 1 .....	52
Tabel 13 Beban hidup lantai 1 .....	53
Tabel 14 Hasil rekapitulasi dari lantai 1-9 .....	53
Tabel 15 Kapasitas daya dukung pondasi bore pile .....	56
Tabel 16 Rekapitulasi hasil perhitungan data sondir dan bahan .....	57
Tabel 17 Rekapitulasi hasil perhitungan tiang tunggal dan grub .....	64

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Blok contoh tanah .....	8
Gambar 2 Rangkaian alat penetrasi konus .....	13
Gambar 3 Penetrasi dengan SPT .....	15
Gambar 4 Pondasi telapak .....	28
Gambar 5 Pondasi menerus .....	28
Gambar 6 Pondasi rakit .....	29
Gambar 7 Pondasi tiang pancang .....	30
Gambar 8 Pondasi tiang pancang kayu .....	30
Gambar 9 Pondasi tiang pancang baja .....	31
Gambar 10 Pondasi tiang pancang beton .....	32
Gambar 11 Pondasi bored pile .....	32
Gambar 12 Tahapan pelaksanaan pondasi bored pile metode kering .....	33
Gambar 13 Tahapan pelaksanaan pondasi bored pile metode basah .....	34
Gambar 14 Tahapan pelaksanaan pondasi bored pile metode casing .....	35
Gambar 15 Lokasi penelitian .....	40
Gambar 16 Diagram alir penelitian .....	42
Gambar 17 Denah Pondasi Bore pile .....	44
Gambar 18 Denah Pembebanan Kolom .....	45
Gambar 19 Beban hidup menurut sni 1727:2013 .....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Gambar shop drawing.....	67
Lampiran 2. Detail pondasi <i>bored pile</i> .....	67
Lampiran 3. Hasil uji sondir 1 .....	68
Lampiran 4. Grafik sondir 1 .....	69
Lampiran 5. Hasil uji sondir 2.....	70
Lampiran 6 Grafik sondir 2 .....	71
Lampiran 7 Grafik gabungan S I & S II.....	72
Lampiran 8 Dokumentasi Penelitian.....	73



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pembangunan infrastruktur vertikal seperti rumah sakit, gedung pendidikan, dan fasilitas layanan publik memerlukan perencanaan struktur bawah yang matang, khususnya dalam sistem pondasi. Pondasi sebagai elemen struktural bertugas menyalurkan beban bangunan ke tanah dasar secara aman dan stabil. Dalam konteks bangunan bertingkat tinggi atau yang berada di atas tanah lunak, pemilihan jenis pondasi dalam seperti *bore pile* menjadi sangat krusial (Rahardjo & Santoso, 2022). Penggunaan pondasi *bore pile* banyak diterapkan karena kemampuannya dalam menembus lapisan tanah lunak hingga mencapai lapisan keras dengan daya dukung tinggi. Gedung Onkologi merupakan salah satu proyek strategis nasional dalam bidang kesehatan. Mengingat fungsinya sebagai pusat layanan medis, struktur bangunan harus dirancang dengan standar teknis tinggi, termasuk sistem pondasinya. Beban operasional dari alat medis, aktivitas pasien, serta kemungkinan ekspansi vertikal di masa depan menjadi faktor yang harus diperhitungkan. Maka dari itu, evaluasi daya dukung pondasi *bore pile* pada proyek ini sangat relevan untuk menjamin keandalan jangka panjang. Dengan latar kondisi tanah berpotensi lunak di lokasi gedung onkologi, pendekatan kuantitatif terhadap investigasi geoteknik sangat diperlukan. Rencana penelitian mencakup pengumpulan data CPT/SPT, analisis sifat kekuatan geser dan konsolidasi, serta estimasi *ultimate* dan *allowable bearing capacity*. Selanjutnya, validasi estimasi teoritis dengan uji lapangan diharapkan menghasilkan rekomendasi pondasi yang lebih akurat dan andal. Pendekatan ini akan mengarah

pada desain yang efisien dan aman bagi struktur gedung onkologi yang direncanakan.

Secara umum permasalahan pondasi dalam lebih rumit dari pondasi dangkal. Untuk hal ini penulis mencoba mengkonsentrasikan Tugas Akhir ini pada perencanaan pondasi dalam, yaitu *bore pile* (pondasi *bore pile*). Pondasi *bore pile* adalah suatu pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor. Daya dukung bore pile diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser atau selimut (*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara bored pile dan tanah disekelilingnya. *Bore pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kesesuaian daya dukung pondasi *bore pile* yang diterapkan di proyek Gedung Onkologi dengan kondisi tanah aktual berdasarkan data investigasi lapangan. Evaluasi dilakukan melalui pendekatan kuantitatif berdasarkan parameter tanah hasil uji sondir dan data bor, kemudian dihitung menggunakan metode teoritis seperti metode  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\lambda$  yang relevan dengan kondisi tanah di lokasi proyek (Sutrisno & Permana, 2020). Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang valid untuk pelaksanaan dan pengawasan konstruksi pondasi. Metode *Begeman* dapat untuk menghitung daya dukung ultimit pondasi tiang pancang dan metode *Begemann* dihitung dengan menggunakan teori mekanika tanah. Secara khusus,

informasi daya dukung pondasi *bore pile* dikumpulkan selama konstruksi. Sebagai bagian dari penyelidikan ini, kemampuan daya dukung pondasi tiang secara manual dievaluasi. Hal ini berdasarkan informasi dari pengujian dinamik lapangan yaitu pengujian Sondir. Judul skripsi saya, " Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Proyek Gedung Onkologi ".

## **1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.2.1 Maksud Penelitian**

1. Untuk mengetahui seberapa besar nilai daya dukung pada pada Proyek Gedung Onkologi.
2. Untuk Mengetahui seberapa besar nilai daya dukung kelompok tiang pada pondasi *bore pile* dengan menggunakan data sondir.

### **1.2.2 Tujuan Penelitian**

1. Dengan menggunakan metode Begeman berapakah selisih nilai daya dukung dari sondir I dan II.
2. Dengan menggunakan metode *Converse-Laberre* dan *Los Angeles Group* berapakah efisiensi tiang grub.

## **1.3. Rumusan Masalah**

Adapun beberapa masalah yang timbul dalam pembahasan ini yaitu:

1. Berapa nilai daya dukung pondasi bored pile pada Proyek Gedung Onkologi berdasarkan hasil uji sondir (CPT)?
2. Berapa selisih perbandingan nilai daya dukung berdasarkan sondir I & II?
3. Berapa selisih efisiensi tiang grub ?

#### 1.4. Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah yang diambil untuk menulis skripsi ini adalah:

1. Data yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari Proyek Gedung Onkologi.
2. Data sondir adalah satu-satunya sumber data yang digunakan untuk menentukan daya dukung pondasi.
3. Metode Perhitungan menggunakan Metode *Begemann*.
4. Tidak menghitung penurunan.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan sumbangan pemikiran bagi pembaharuan kurikulum di Program Studi Teknik Sipil UMA.
2. Memberikan sumbangan ilmiah dalam ilmu Teknik Sipil.
3. Sebagai pijakan, referensi dan penambah wawasan bagi peneliti sehingga dapat menjadi bekal pada saat terjun kedalam dunia pekerjaan nantinya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Peneliti Terdahulu**

Pada penulisan skripsi ini penulis melakukan kajian referensi dengan menggunakan beberapa jurnal sebagai berikut:

1. Husnah,H.(2015) dengan judul penelitian Analisa Daya Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Pondasi Tissue Block 5 & 6. Peneliti menggunakan beberapa metode yaitu: Metode Mayerhoff dan Metode Aoki De Alencar. Tujuan dari penelitian ini untuk menghitung daya dukung tiang pancang dan bored pile dari hasil sondir dan Standard Penetrasi Test (SPT), membandingkan hasil daya dukung tiang pancang dan penurunan yang terjadi hanya pada tiang pancang. Dari data sondir dan SPT yang diperoleh dan dihitung dengan beberapa metode diperoleh hasil perhitungan untuk tiang pancang, yaitu data sondir dengan menggunakan metode Aoki De Alencar titik-1 Qult = 396,81 ton dan titik-2 Qult = 428,22 ton, dengan metode langsung titik-1 Qult = 366,595 ton dan titik-2 Qult = 428,22 ton. Untuk data SPT menggunakan metode Mayerhoff diperoleh titik-1 Qult = 577,237 ton dan titik-2 Qult = 543,743 ton. Untuk penurunan tiang tunggal dihitung menggunakan metode Poulos dan Davis sebesar 8,15 mm. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan daya dukung pondasi yang lebih baik digunakan adalah daya dukung tiang pancang dari data sondir.
2. Selly Suci Abadi, Dkk dengan judul penelitian Analisis Perbandingan Kapasitas Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Hasil Pengujian

SPT dan CPT. Peneliti menggunakan beberapa metode yaitu: perhitungan data SPT menggunakan metode Reese & O'Neil (1989), Reese & Wright (1997) dan Skemton dan data CPT menggunakan metode Bagemann dan deRuiter & Beringen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan data CPT dan SPT dengan menggunakan beberapa metode. Dari data CPT dengan menggunakan metode Bagemann  $Q_u = 738,77$  kN lebih optimis dibandingkan dengan menggunakan metode deRuiter dan Beringen  $Q_u = 587,9$  kN. Sedangkan hasil perhitungan data SPT dengan menggunakan metode Reese & Wright (1977)  $Q_u = 1044,6$  kN, metode Reese dan O'Neil (1989)  $Q_u = 749,98$  kN dan Skemton  $Q_u = 610,04$  kN. Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan data SPT lebih baik dan juga lebih optimis dibandingkan dengan data CPT.

3. Amelisa Eka Putri dengan judul penelitian Kajian Daya Dukung Pondasi Bored Pile Untuk Gedung Bertingkat. Dengan menggunakan metode Bagemann. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung daya dukung pondasi bore pile berdasarkan hasil data sondir. Dari hasil perhitungan kapasitas daya dukung pondasi berdasarkan data sondir kedalaman 20 m dimana terdiri dari 3 macam dimensi dengan nilai daya dukung yang berbeda yaitu diameter 40 cm dimana untuk titik 1 = 273,877 ton, titik 2 = 131,048 ton, dan titik 3 = 246,110 ton. Diameter 50 cm dimana untuk titik 1 = 348,235 ton, titik 2 = 169,177 ton, dan titik 3 = 312,968 ton. Diameter 60 cm dimana untuk titik 1 = 425,378 ton, titik 2 = 209,665 ton dan titik 3 = 382,339 ton. Dari hasil perhitungan dapat

disimpulkan untuk melakukan pelaksanaan pondasi tiang pancang sebaiknya setelah melakukan perhitungan dilakukan test pile terhadap tiang pancang tersebut untuk mengetahui nilai penurunan, apakah sesuai dengan perhitungan dan keadaan yang sebenarnya dilapangan.

## 2.2 Tanah

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Ukuran dari partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar, tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut.

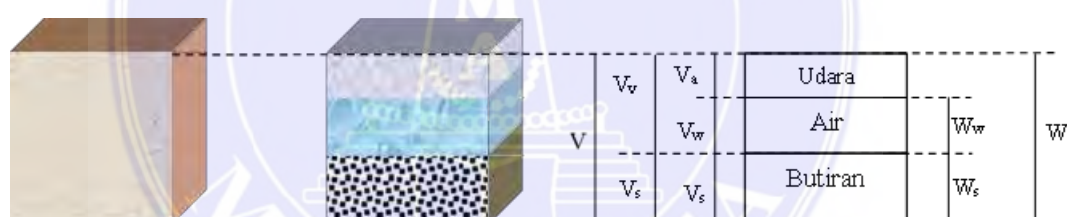
Tanah, pada kondisi alam, terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran tersebut dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air. Material ini berasal dari hasil pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali dipengaruhi oleh sifat batuan induk yang merupakan material asalnya, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut.

Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula kandungan bahan organik. Material campurannya, kemudian dipakai sebagai

nama tambahan di belakang material unsur utamanya. Sebagai contoh, lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau, dengan material utamanya adalah lempung dan sebagainya.

Tanah terdiri dari 3 (tiga) komponen, yaitu: udara, air, dan bahan padat. Udara dianggap tak mempunyai pengaruh teknis, sedang air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang di antara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya, tanah dikatakan dalam kondisi jenuh. Bila rongga terisi oleh udara dan air, tanah pada kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*). Tanah kering adalah tanah yang tak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol (H. C. Hardiyatmo, 1996).

Kondisi tanah beserta komponen-komponennya terlihat pada gambar blok tanah dibawah ini.



Gambar 1. Blok Contoh Tanah (Sutarman, 2013)

Dimana:

$V_s$  = Volume Butiran Padat

$W_s$  = Berat Butiran Padat

$V_v$  = Volume Rongga Pori

$W_w$  = Berat Volume Air

$V_w$  = Volume Air

$W_a$  = Berat Udara, Dianggap sama

$V_a$  = Volume Udara

dengan nol

$V$  = Volume Total

$W$  = Berat Total

## 2.3 Klasifikasi Tanah

Suatu jenis klasifikasi tanah yang dikenal sebagai klasifikasi tanah membedakan tanah-tanah yang berbeda namun berkaitan ke dalam kategori dan sub-kelompok berdasarkan tujuan penggunaannya. Untuk menjelaskan secara ringkas karakteristik tanah umum yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang panjang, sistem klasifikasi menawarkan istilah yang mudah dimengerti. Mayoritas sistem klasifikasi tanah yang dibuat untuk penggunaan teknik didasarkan pada karakteristik indeks tanah dasar seperti kepadatan dan distribusi ukuran butiran. Meskipun saat ini terdapat banyak teknik untuk mengklasifikasikan tanah, tidak satupun yang benar-benar memberikan pemahaman. Klasifikasi tanah memiliki kriteria sebagai berikut:

1. Tanah Kohesif

Tanah kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir-butirnya seperti tanah lempung.

2. Tanah Non-Kohesif

Tanah Non – Kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir-butirnya atau hampir tidak mengandung lempung seperti pasir.

3. Tanah Organik

Tanah Organik adalah tanah yang sifatnya sangat di pengaruhi oleh bahan-bahan organik (sifat tidak baik) seperti sisa – sisa hewani maupun tumbuh-tumbuhan.



## 2.4 Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Pada perencanaan pondasi terlebih dahulu perlu diketahui susunan lapisan tanah yang sebenarnya pada suatu tempat dan juga hasil pengujian laboratorium dari sampel tanah yang diambil dari berbagai kedalaman lapisan tanah dan mungkin kalau ada perlu juga diketahui hasil pengamatan lapangan yang dilakukan sewaktu pembangunan gedung-gedung atau bangunan-bangunan lain yang didirikan dalam kondisi tanah yang serupa. Secara umum maksud dari pekerjaan penyelidikan tanah adalah untuk mendapatkan data teknis atau parameter tanah yang dapat mewakili kondisi tanah setempat untuk digunakan sebagai parameter desain.

Penyelidikan tanah adalah proses pengambilan contoh (*sample*) tanah yang bertujuan untuk menyelidiki karakteristik tanah tersebut. Dalam mendesain fondasi, penting bagi para engineer untuk mengetahui sifat setiap lapisan tanah seperti berat isi tanah, daya dukung ataupun daya rembes dan juga ketinggian muka air tanah. Oleh sebab itu, penyelidikan tanah adalah pekerjaan awal yang harus dilakukan sebelum memutuskan akan menggunakan jenis fondasi dangkal atau fondasi dalam.

Beberapa metode yang ada dalam penyelidikan tanah di lapangan antara lain sebagai berikut:

### 2.4.1 Pengujian Sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT)

*Cone Penetration Test* (CPT) merupakan salah satu pengujian tanah yang berfungsi untuk mengetahui karakteristik tanah pada lokasi yang akan dilakukan pembangunan konstruksi. Pengujian CPT atau sondir adalah pengujian dengan menggunakan alat sondir yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 60° dan

dengan luasan ujung  $1,54 \text{ in}^2$  ( $10 \text{ cm}^2$ ). Alat ini digunakan dengan cara ditekan ke dalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap  $20 \text{ mm/detik}$ , sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi (qc) juga terus diukur.

Dilihat dari kapasitasnya, alat sondir dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sondir ringan (2 ton) dan sondir berat (10 ton). Sondir ringan digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai  $150 \text{ kg/cm}^2$ , atau kedalam maksimal 30 m, dipakai untuk penyelidikan tanah yang terdiri dari lapisan lempung, lanau dan pasir halus. Sondir berat dapat mengukur tekanan konus  $500 \text{ kg/cm}^2$  atau kedalam maksimal 50 m, dipakai untuk penyelidikan tanah di daerah yang terdiri dari lempung padat, lanau padat dan pasir kasar.

Keuntungan utama dari penggunaan alat ini adalah tidak perlu diadakan pemboran tanah untuk penyelidikan. Tetapi tidak seperti pada pengujian SPT, dengan alat sondir sampel tanah tidak dapat diperoleh untuk penyelidikan langsung ataupun untuk uji laboratorium. Tujuan dari pengujian sondir ini adalah untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah yang merupakan indikator dari kekuatan tanahnya dan juga dapat menentukan dalamnya berbagai lapisan tanah yang berbeda.

Dari alat penetrometer yang lazim dipakai, sebagian besar mempunyai selubung geser (bikonus) yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrasi tersebut. Jadi pembacaan harga perlawanan ujung konus dan harga hambatan geser dari tanah dapat dibaca secara terpisah. Ada 2 tipe ujung konus pada sondir mekanis yaitu:

1. Konus biasanya, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan biasanya digunakan pada tanah yang berbutir kasar, dimana besar perlawanannya lekatnya kecil.
2. Bikonus, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan hambatan lekatnya dan biasanya digunakan pada tanah yang berbutir halus.

dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara kedalaman setiap lapisan tanah dengan besarnya nilai sondir yaitu perlawanan penetrasi konus atau perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus yang dinyatakan dalam gaya per satuan panjang.

Dari hasil sondir diperoleh nilai jumlah perlawanan (JP) dan nilai perlawanan konus (PK), sehingga hambatan lekat (HL) dapat dihitung sebagai berikut:

1. Hambatan Lekat (HL)
2. Jumlah Hambatan Lekat (JHL)

$$HL = (JP - PK) \times \frac{A}{B}$$

$$JHL = \sum_0^i HL$$

Dimana:

JP = Jumlah Perlawanan, perlawanan ujung konus + selimut (kg/cm<sup>2</sup>)

PK = Perlawanan penetrasi konus,  $q_c$  (kg/cm<sup>2</sup>)

A = Interval pembacaan (setiap kedalaman 20 cm)

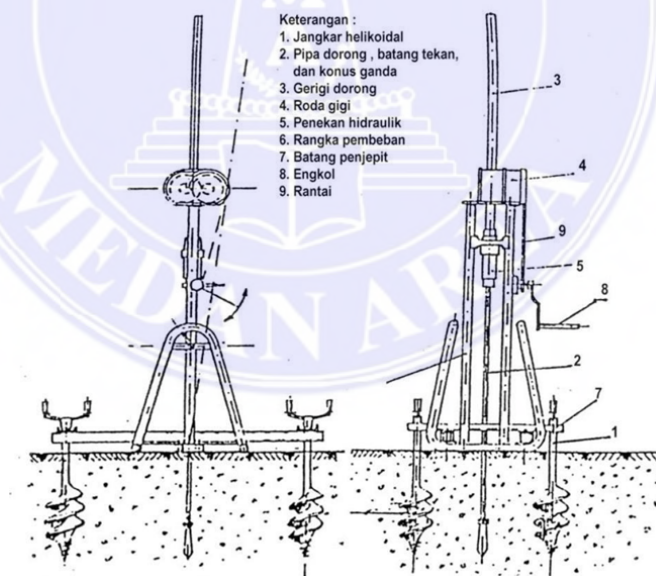
B = Faktor alat = Luas konus/Luas torak = 10 cm

i = Kedalaman lapisan tanah yang ditinjau (m)

JHL = Jumlah Hambatan Lekat (kg/cm)

Data sondir tersebut digunakan untuk mengidentifikasi dari profil tanah terhadap kedalaman. Hasil akhir dari pengujian sondir ini dibuat dengan menggambarkan variasi tahanan ujung ( $q_c$ ) dengan gesekan selimut ( $f_s$ ) terhadap kedalamannya. Bila hasil sondir diperlukan untuk mendapatkan daya dukung tiang, maka diperlukan harga kumulatif gesekan (jumlah hambatan lekat), yaitu dengan menjumlahkan harga gesekan selimut terhadap kedalaman, sehingga pada kedalaman yang ditinjau dapat diperoleh gesekan total yang dapat digunakan untuk menghitung gesekan pada kulit tiang.

Besaran gesekan kumulatif (*total friction*) diadaptasikan dengan sebutan jumlah hambatan lekat (JHL). Bila hasil sondir digunakan untuk klasifikasi tanah, maka cara pelaporan hasil sondir yang diperlukan adalah menggambarkan tahanan ujung ( $q_c$ ), gesekan selimut ( $f_s$ ) dan ratio gesekan (FR) terhadap kedalaman tanah.



Gambar 2. Rangkaian Alat Penetrasi Konus (SNI 2827:2008)

Standar tentang Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir di Indonesia adalah SNI 2827:2008, yang merupakan revisi dari SNI 03-2827-1991,

yang mengacu pada ASTM D1586-84 (1994), *Standard penetration test and split barrel sampling off soils*.

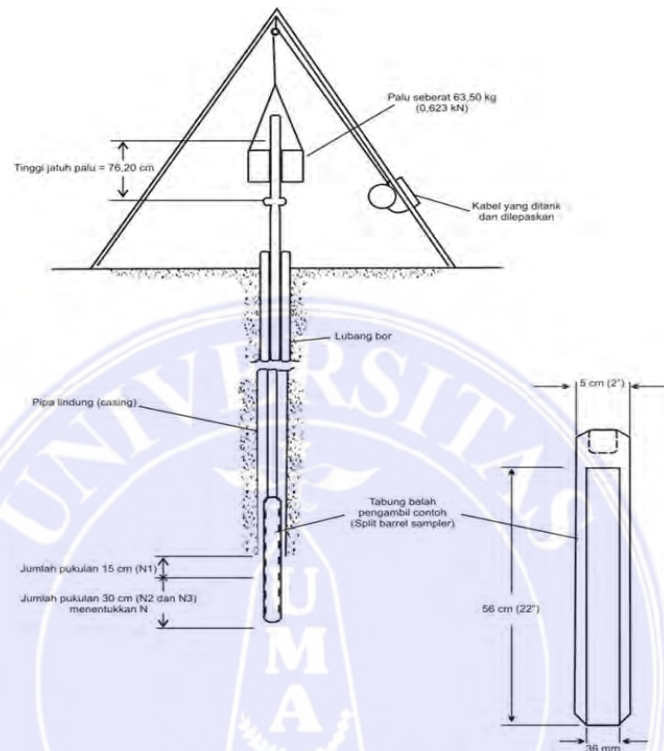
## 2.4.2 Pengujian Standard Penetration Test (SPT)

*Standard Penetration Test* (SPT) adalah metode yang paling berguna untuk menentukan kondisi-kondisi tanah yang dilakukan dengan mengukur perlawanan akibat penurunan standard sampler pada waktu pengeboran. Pengujian tanah dengan *Standard Penetration Test* (SPT) adalah cara yang paling populer dan ekonomis untuk mendapatkan informasi keadaan di bawah permukaan tanah. *Standard Penetration Test* (SPT) dapat digunakan untuk jenis tanah non-kohefif seperti sand, sand clay dan batuan (*gravel*). *Standard Penetration Test* (SPT) adalah suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan.

*Pengujian Standard Penetration Test* (SPT) meliputi pemukulan tabung belah berdinding tebal ke dalam bersamaan dengan pengukuran jumlah pukulan, memasukkan tabung belah yang dijatuhkan sedalam 300 mm secara vertikal. Cara ini dilakukan dengan cara memukul tabung standar ke dalam lubang yang telah dibor 450 mm, kemudian menjatuhkan palu seberat 63,5 kg dari ketinggian 760 mm. Palu tersebut dijatuhkan berulang-ulang hingga didapatkan jumlah pukulan. Jumlah pukulan yang dihitung adalah saat melakukan penetrasi tanah sedalam 150 mm. Sedangkan jumlah pukulan yang dipakai adalah penetrasi tanah pada 300 mm terakhir. Saat melaksanakan pengeboran, mata bor akan dilepas bila telah mencapai tanah yang akan diuji, kemudian mata bor tersebut diganti dengan alat bernama standard split barrel sampler atau yang disebut tabung belah standar.



Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke-dua dan ke-tiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m).



Gambar 3. Penetrasi dengan SPT (SNI 2827:2008)

### 2.4.3 Deep Boring atau Pengeboran Dalam

Tes *Deep boring* adalah pekerjaan pengambilan sample tanah asli untuk mengetahui kondisi tanah per-layer dan jika dimungkinkan sampai ke tanah keras. Dalam boring ini sekaligus dilakukan pengambilan sample tanah tak terganggu serta pengujian SPT (*standard penetration test*) disetiap interval 2 m pada masing-masing titik bor. Hal ini mengacu sesuai dengan prosedur ASTM D1586, dengan berat hammer adalah 63,5 kg dan tinggi jatuh bebas hammer adalah 76 cm. Contoh tanah yang diperoleh dari tabung SPT, dimasukan dalam kantong plastik dan diberi label nama sesuai dengan nilai/jumlah pukulan, kedalaman dan nomor

bornya. Contoh tanah yang diperoleh dari SPT tersebut bisa digunakan untuk visual description maupun uji laboratorium bila diperlukan.

Tahapan pelaksanaan *deep boring* yaitu: melakukan pengumpulan data lapangan yang akan digunakan sebagai area pembangunan gedung, menentukan satu titik untuk test boring, memasang peralatan pada titik tersebut, pengeboran dilakukan terus menerus dengan cara rotary core drilling. Pengeboran ini dilaksanakan dengan sistem rotary drilling, tabung inti (*core barrel*) yang digunakan adalah single core barrel Ø 73 mm, panjang 1,5 m.

## 2.5 Pengujian Labolatorium

Pengujian labolatorium adalah serangkaian uji teknis yang dilakukan di laboratorium untuk mengetahui daya dukung, sifat-sifat fisik dan mekanik tanah. Untuk itu diambil contoh tanah terganggu (*disturbed sample*) dan contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) yang diambil dari lapangan dilaksanakan pengujian laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat tanah yaitu sifat-sifat pengenalan (*index properties*) dan sifat - sifat teknis (*engineering properties*).

Cara pelaksanaan pengujian laboratorium untuk tanah loose dilaksanakan menggunakan sistem remoulded dari bahan contoh tanah terganggu. Metode pengujian laboratorium menggunakan metode dan standar American Society for Testing Material (ASTM) yang meliputi pengujian sebagai berikut dibawah ini.

### 1. Pengujian Kadar Air (*Moisture Content*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar air tanah. Yang dimaksud kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang

tekandung dalam tanah dengan berat tanah tersebut dinyatakan dalam persen (%).

Suatu tanah pada umumnya terdiri dari tiga bagian yaitu udara, air dan butiran tanah. Cara mengetahui banyaknya air yang terkandung di dalam tanah ialah dengan cara mengeringkan tanah tersebut sampai kering sehingga tidak ada lagi air yang tersisa pada tanah tersebut. Dengan mengurangi berat tanah basah dan tanah kering maka akan didapat berat air yang terkandung pada tanah. Prosedur pengujian tanah untuk menentukan kadar air dilaksanakan dengan tahapan berikut:

a. Pesiapan Bahan Uji

Bahan tanah untuk benda uji diambil dari contoh tanah tidak terganggu yang telah diambil dari lapangan.

b. Persiapan Peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain neraca dengan ketelitian 0.1 gram, krus atau cawan kecil, oven dan peralatan tambahan lainnya berupa alat tulis dan tabel pencatat data dan hasil pengujian.

c. Penentuan Kadar Air

Benda uji yang telah dipersiapkan dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui berat dan tanda cawannya, kemudian dimasukkan kedalam oven pengering. Selama 24 jam dengan suhu  $\pm 100^{\circ}$  C. Setelah tanah dalam cawan kering ditimbang dan beratnya dicatat.

Misalkan:

Berat cawan + tanah basah, =  $W_1$  gram

Berat cawan + tanah kering, =  $W_2$  gram

Berat cawan kosong, =  $W_3$  gram

Maka kadar air:

$$M_C = \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_3} \times 100 \% \quad (2.1)$$

Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada tabel labolatorium.

## 2. Pengujian Berat Isi (*Unit Weight*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai berat isi (*unit weight*), angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*) dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

Berat isi tanah ( $\gamma$ ) didapat melalui hasil bagi berat tanah asli dengan volume tanah tersebut. Cara untuk mengukur volume tanah ialah dengan memasukkan sampel tanah yang diujikan ke dalam suatu ring yang sudah diketahui volume silinder dalamnya. Selanjutnya volume tanah bisa diambil dari volume silinder dalam ring tersebut. Perlu dicatat bahwa tanah yang diujikan harus dalam keadaan undisturbed agar dapat mewakili keadaan tanah di lapangan.

### a. Persiapan Benda Uji

Benda uji yang digunakan adalah benda uji tanah tidak terganggu yang diperoleh dari titik bor mesin lokasi pengambilan benda uji di lapangan.

### b. Persiapan Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah Extruder yaitu alat pendorong benda uji dari tabung yang berisi benda uji, timbangan ketelitian 0.01 gram, gergaji pemotong benda uji, cincin pengujinyang telah diketahui volumenya.

### c. Penentuan Berat Isi

Tanah benda uji dari dalam tabung didorong pakai ekstruder dan diterima/dimasukkan ke dalam cincin penguji tanpa mempengaruhi tingkat kepadatannya setelah cincin persis terisi penuh dengan benda uji lalu ditimbang kemudian benda uji dikeluarkan dari cincin, cincin dibersihkan dan ditimbang ( $W_1$  gram) kemudian diukur diameter dalam cincin dan tingginya untuk mengetahui volume tanah yang masuk ke dalam cincin penguji ( $V \text{ cm}^3$ ), jadi berat isi tanah adalah :

$$V = \frac{w_1 - w_2}{\rho} \text{ (gram/cm}^3\text{)}$$

Hasil pengujian berat isi dapat dilihat pada lampiran tabel data laboratorium.

### 3. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis tanah. Berat jenis didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi butiran tanah dengan berat isi air dengan isi yang sama pada temperatur tertentu. Alat yang digunakan untuk menghitung berat jenis tanah ialah piknometer.

Prosedur pengujian tanah untuk menentukan berat jenis dilaksanakan dengan tahapan berikut:

#### a. Persiapan benda uji

Bagian dari sampel tanah tidak terganggu dikeringkan

#### b. Persiapan peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain timbangan dengan ketelitian 0,1 gram, tabung piknometer, bak air, air suling, alat tulis dan tabel pencatat hasil pengujian.

#### c. Penentuan berat jenis air



1. Piknometer dalam keadaan bersih ditimbang, =  $W_1$  gram
2. Piknometer yang bersih diisi dengan air suling sampai batas yang ditentukan dan ditimbang pada suhu  $24^0\text{ C} = W_4$  gram
3. Piknometer yang bersih diisi benda uji tanah, =  $W_2$  gram
4. Piknometer yang berisi benda uji tanah diisi dengan air sulingh sampai proses pori tanah terisi air suling sampai batas, =  $W_3$  gram

$$GS = \frac{w_2 - w_1}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)}$$

#### 4. Pengujian Batas-Batas Atterberg (*Atterberg Limits*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas.

##### a. Batas cair (*liquid limit*)

Percobaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan cair. Berdasarkan kadar airnya, perilaku tanah dapat digolongkan dalam empat keadaan, yakni padat, semi padat, plastis dan cair. Kadar air tanah pada batas-batas antara keempat keadaan ini dinamakan batas-batas Atterberg. Batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air batas dimana suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis. Cara penentuan batas cair dengan memakai cawan cassagrande, dilakukan pada sampel dengan kadar air yang berbeda. Tiap sampel tanah dihitung kadar airnya dan dihitung jumlah ketukan. Hubungan antara kadar air dengan log jumlah ketukkan digrafikkan, dan batas cair dapat ditentukan dengan mencari nilai kadar air yang berhubungan dengan jumlah ketukan = 25.

Prosedur pengujian tanah untuk menentukan batas cair dilaksanakan dengan tahapan berikut:

1. Persiapan Benda Uji

Benda uji tanah untuk menentukan besaran batas cair diambil seberat 100 gram (untuk benda uji batas cair dan batas plastis), lolos saringan no.40.

2. Persiapan Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah timbangan dengan ketelitian 0.1 gram, alat batas *Atterberg standard*, *Grooving Tool*, Spatula, Cawan, Plat kaca 30 x 30 x 0,9 cm<sup>3</sup>, oven pengering, scop pengaduk dan alat pembersih dan pengering peralatan.

3. Pengujian Batas Cair (*liquid limit*)

Benda uji yang telah dipersiapkan dibagi 2 (dua). Sebagian dari tanah ini diletakkan diatas plat kaca dan diaduk agar keadaannya homogen. Benda uji yang telah homogen ini disendok sebagian dimasukkan kedalam cawan alat batas cair, permukaan benda uji dalam cawan diratakan sejajar dengan bidang horizontal, pembuatan alur dilakukan membagi dua benda uji dalam cawan dengan *grooving tool* kemudian diadakan pengetukan dengan cara memutar engkol sampai alur yang membagi dua benda uji diatas cawan bertemu. Setelah keadaan ini dicapai jumlah ketukan dicatat dan diperiksa kadar air benda uji. Hal yang sama diulang hingga terdapat minimal lima jumlah ketukan/pukulan yang berbeda dengan kadar air yang berbeda pula. Hasil ini digambarkan dalam

grafik, kadar air (*ordinat*) versus jumlah pukulan (*absis*). Besar batas cair diambil dari jumlah  $n$  dua puluh lima pukulan.

b. Batas plastis (*plastic limit*)

Percobaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis. Batas plastis adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis, atau kadar air batas dimana tanah berubah dari keadaan plastis menjadi semi plastis. . Batas plastis dapat ditentukan melalui percobaan, yakni kadar air dimana tanah apabila digulung dengan diameter 1/8 in (3,2 cm) menjadi retak retak.

Prosedur pengujian tanah untuk menentukan batas plastis dilaksanakan dengan tahapan berikut:

Bagian benda uji yang telah dipersiapkan pada saat pengujian batas cair diletakkan diatas plat kaca dibentuk dengan cara mengulung hingga berdiameter  $\pm 3.0$  mm dengan panjang  $\pm 7$  cm sampai keadaan permukaan retak-retak. Untuk mencapai kondisi ini benda uji tanah digeleng-gelengkan diatas plat kaca dengan telapak tangan. Kadar air yang diperoleh merupakan besaran batas plastis.

Hasil pengujian batas-batas atterberg dapat dilihat pada lampiran tabel data laboratorium.

5. Pengujian Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui persentase susunan butir tanah sesuai dengan batas klasifikasinya sehingga dapat diketahui jenis tanah yang diuji. Analisa ayakan merupakan kegiatan mengayak dan menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan dimana lubang ayakan

tersebut makin kecil secara beruntun. Sebelum memulai mengayak, contoh tanah dikeringkan terlebih dahulu dan semua gumpalan yang ada akan dipecah menjadi partikel yang lebih kecil lagi. Setelah diayak dengan cara getaran, massa tanah yang tertahan pada setiap ayakan ditimbang. Kemudian besarnya butiran-butiran tanah tersebut diplotkan dalam grafik semi log yang disebut grafik lengkung pembagian butiran. Kurva distribusi ukuran butiran dapat digunakan untuk membandingkan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda.

Prosedur pengujian tanah untuk menentukan analisa saringan dilaksanakan dengan tahapan berikut:

a. Persiapan benda uji

Benda uji ini dikeringkan dan dipisahkan butiran tanahnya dengan cara memukul gumpalan butiran dengan martil karet (tetap dijaga agar butiran tanah tidak hancur). Setelah ditimbang siap dimasukkan pada susunan saringan tertentu, sesuai dengan Amerika *Society for Testing Material* (ASTM).

b. Persiapan peralatan

Peralatan yang digunakan adalah saringan dengan susunan nomor saringan yang dipersyaratkan, timbangan, dan mesin penggetar saringan.

c. Penentuan gradasi butiran

Benda uji yang telah dipersiapkan dan ditimbang beratnya dimasukkan ke dalam satu susunan saringan selanjutnya susunan saringan dimasukkan ke alat penggetar selanjutnya untuk diadakan penggetaran

$\pm 15$  menit. Setelah penyaringan diadakan kemudian benda uji yang tertahan untuk setiap nomor saringan tersusun ditimbang dan dicatat.

Hasil pengujian analisa saringan dapat dilihat pada lampiran tabel data laboratorium.

#### 6. Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)

Tujuan pengujian geser langsung dimaksudkan untuk menentukan parameter perlawanan geser tanah. Parameter yang dapat menunjukkan kemampuan tanah, untuk menerima gaya geser adalah harga kohesi ( $c$ ) dan sudut geser ( $\phi$ ) tanah untuk mendapatkan kohesi dan sudut geser suatu lapisan tanah diperlukan pengujian geser langsung.

Prosedur pengujian tanah untuk menentukan kuat geser langsung dilaksanakan dengan tahapan berikut:

##### a. Persiapan benda uji

Bahan uji yang digunakan untuk pengujian ini adalah benda uji tanah tidak terganggu yang telah diambil dari titik kedalaman tertentu dilapangan.

##### b. Persiapan peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah satu set alat geser langsung terdiri dari proving ring untuk mengukur tekanan geser, dongkrak untuk memberi tekanan, batu berpori, arloji/dial untuk menentukan besar pergeseran beban untuk memberikan tekanan normal dan cincin tempat benda uji yang akan ditentukan nilai kohesi dan sudut gesernya.

##### c. Penentuan besaran kohesi $c$ dan sudut geser $\phi$



Benda uji dimasukkan ke dalam cincin penguji dan diberi tegangan vertikal yang konstan, kemudian diberikan tegangan geser sampai tercapai besaran maksimum. Tegangan geser ini diberikan dengan kecepatan bergerak yang konstan, secara perlahan-lahan sehingga tegangan pori diperkirakan tetap nol. Untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser diadakan pengujian beberapa kali dengan memakai nilai tegangan normal yang berbeda.

#### 7. Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Pengujian ini dilakukan untuk tanah lempung atau lanau bila mana lempung tersebut mempunyai derajat kejenuhan ( $S_r$ ) 100% maka kekuatan geser dapat ditentukan langsung dari nilai *unconfined*. Jika *unconfined compression strenght* =  $q_u$ , maka kekuatan geser  $c_u = q_u/2$ . Sedangkan  $q_u$  didapat dari hasil pengujian yaitu besar beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat tegangan aksial mencapai 20%.

Presedur pengujian tanah untuk menentukan kuat geser langsung dilaksanakan dengan tahapan berikut:

##### a. Persiapan benda uji

Benda uji yang digunakan adalah benda uji tanah yang tidak terganggu yang telah dibawa dari hasil pengeboran di lapangan

##### b. Persiapan peralatan dan pelaksanaan pengujian

Peralatan yang digunakan adalah satu set alat uji tekan bebas yang dilengkapi dengan proving ring dan dial pengukur tekanan bebas  $q_u$ , dial pengukur regangan dan alat penggerak serta dua buah plat

penghantar tekanan. Penentuan besaran tekanan bebas ( $q_u$ ) dilakukan dengan memasukkan benda uji yang telah dipersiapkan ke antara plat penghantar beban, kemudian tekanan dibiarkan dengan kecepatan konstan sampai mencapai regangan maksimum. Besar gaya yang diberikan dibaca pada dial proving ring dan besar  $q_u$  diperoleh dari gaya axial yang diberikan dibagi luas penampang benda uji yang ditekan.

## 2.6 Pondasi

Pondasi tiang (*piled foundation*), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung beban struktur atas dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Sehingga untuk mendistribusikan beban tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan gesekan antara tiang dan tanah (tiang pancang apung) maupun dengan tahanan ujung dari tiang itu. sehingga distribusi beban pada tiang pancang merupakan kombinasi dari tahanan samping dan tahanan ujung.

Perencanaan dalam pemilihan fondasi suatu bangunan ditentukan berdasarkan jenis tanah, kekuatan dan daya dukung tanah dan beban bangunan itu sendiri. Pada tanah yang memiliki daya dukung baik, maka fondasinya juga membutuhkan konstruksi yang sederhana. Jika tanahnya tidak stabil dan memiliki daya dukung yang buruk, maka penentuan fondasinya juga harus lebih teliti.

Fondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban bangunan, gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain. Di samping itu, tidak boleh terjadi penurunan

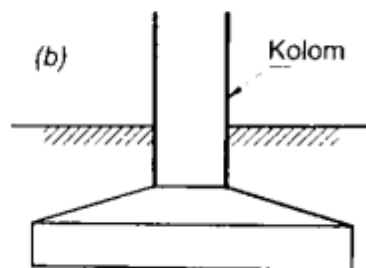
melebihi batas yang diizinkan. Agar kegagalan fungsi fondasi dapat dihindari, maka fondasi bangunan harus diletakkan pada lapisan tanah yang cukup keras, padat dan kuat mendukung beban bangunan tanpa menimbulkan penurunan yang berlebihan.

### 2.6.1 Pondasi Dangkal (*shallow foundation*)

Fondasi dangkal adalah fondasi yang memindahkan beban secara langsung ke lapisan tanah. Dikatakan fondasi dangkal bila kedalaman fondasi dari muka tanah kurang atau sama dengan lebar fondasi ( $D \leq B$ ). Fondasi dangkal digunakan untuk bangunan yang tidak terlalu tinggi serta mempunyai keadaan tanah yang keras untuk menahan beban bangunan yang akan ditopangnya. Penggunaan fondasi dangkal juga dipengaruhi oleh keadaan struktur tanah, tanah yang lembek serta tanah yang mempunyai daya dukung yang rendah tidak cocok digunakan untuk jenis fondasi dangkal. Berdasarkan bentuk konstruksinya fondasi dangkal dibedakan menjadi 3 (tiga) macam yaitu sebagai berikut:

#### 1. Pondasi Telapak/*footplat*

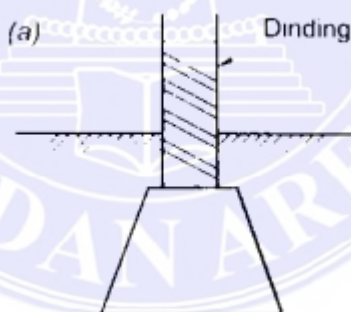
Pondasi telapak/*footplat* adalah jenis pondasi dangkal yang digunakan untuk menyalurkan beban dari struktur bangunan ke tanah. Pondasi ini biasanya berbentuk lempengan beton atau plat yang memiliki ukuran lebih besar daripada tapak kolom yang menopangnya. Pondasi telapak/*footplat* dirancang untuk mendistribusikan beban ke tanah secara merata dan lebih luas, sehingga mencegah terjadinya penurunan yang tidak merata pada bangunan. Pondasi telapak/*footplat* sering digunakan untuk bangunan bertingkat karena dinilai lebih stabil dan mampu menahan berat.



Gambar 4. Pondasi Telapak/*Footplat* (Nusa Setiani, 2022)

#### 5. Pondasi Menerus

Pondasi menerus adalah jenis pondasi dangkal yang berbentuk memanjang dan diletakkan di bawah dinding atau deretan kolom bangunan. Pondasi ini berfungsi untuk menyebarkan beban dari struktur bangunan ke tanah secara merata sepanjang garis pondasi.



Gambar 5. Pondasi Menerus (Nusa Setiani, 2022)

#### 6. Pondasi rakit/*raft*

Pondasi rakit/*raft* jenis pondasi dangkal berupa pelat beton bertulang besar yang mendukung seluruh atau sebagian besar struktur bangunan, terutama digunakan untuk menyebarkan beban bangunan secara merata ke tanah.



Gambar 6. Pondasi Rakit/Raft

Sumber: Nusa Setiani, 2022

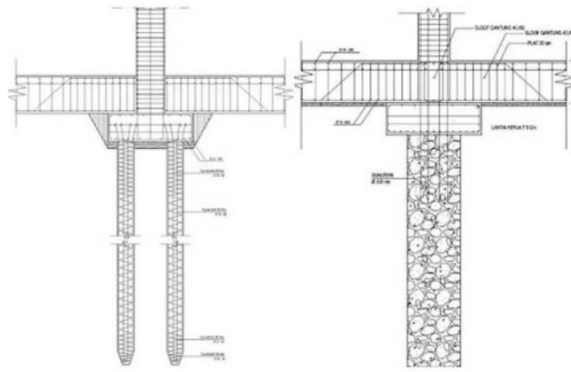
### 2.6.2 Pondasi dalam (*deep foundation*)

Pondasi dalam adalah jenis pondasi yang digunakan untuk menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah keras yang berada di kedalaman tertentu, jauh di bawah permukaan tanah. Dikatakan pondasi dalam jika kedalaman suatu pondasi dari muka tanah adalah lebih dari lima kali lebar pondasi ( $D > 5B$ ). Pondasi ini digunakan ketika lapisan tanah di permukaan tidak cukup kuat untuk mendukung beban bangunan. Pondasi dalam dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu sebagai berikut:

#### 1. Pondasi tiang pancang (*piled foundation*)

Pondasi tiang pancang adalah salah satu jenis pondasi dalam yang menggunakan elemen panjang dan ramping yang dipancang ke dalam tanah untuk menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah keras di kedalaman tertentu. Pondasi tiang pancang umumnya digunakan apabila struktur tanah yang akan dibangun mempunyai kemungkinan untuk bergeser. Selain itu juga pondasi jenis ini biasa digunakan apabila terdapat sebuah drainase dibawah tanah.



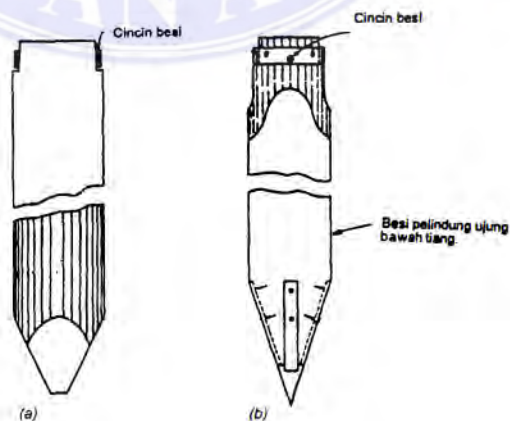


Gambar 7. Pondasi Tiang Pancang (*Nusa Setiani, 2022*)

Berdasarkan material yang digunakan pondasi tiang pancang dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis yaitu sebagai berikut:

### 1. Pondasi tiang pancang kayu (*timber pile*)

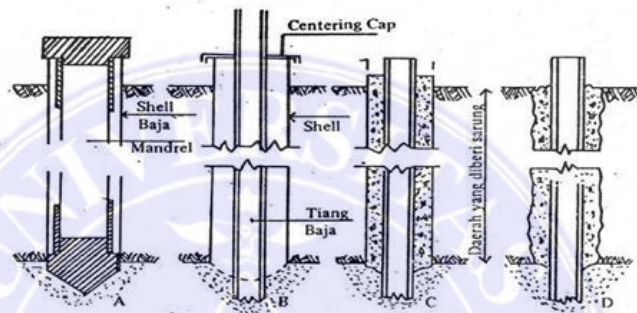
Pondasi tiang pancang kayu umumnya murah dan mudah penanganannya. Permukaan tiang dapat dilindungi ataupun tidak dilindungi tergantung dari kondisi tanah. Untuk menghindari kerusakan pada saat pemancangan, ujung tiang dilindungi dengan sepatu besi. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiang kayu tunggal dapat mencapai 270-300 kN.



Gambar 8. Pondasi Tiang Pancang Kayu (*Hardiyatmo, 1996*)

## 2. Pondasi tiang pancang baja (*steel pile*)

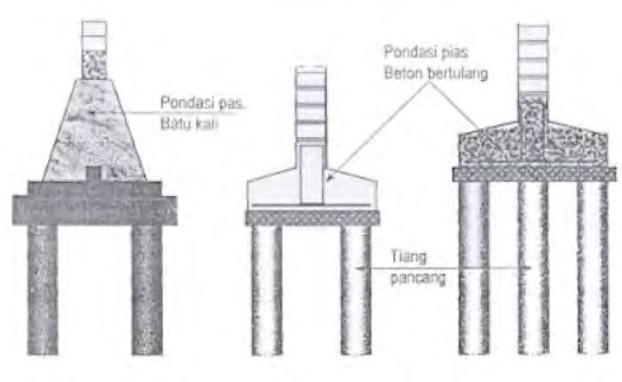
Pondasi tiang pancang baja adalah jenis pondasi dalam yang menggunakan tiang dari baja untuk menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah yang lebih dalam dan kuat. Tiang pancang baja sering digunakan pada proyek konstruksi di lokasi dengan kondisi tanah yang tidak stabil, seperti tanah lunak, berawa, atau daerah pesisir.



Gambar 9. Pondasi Tiang Pancang Baja  
Sumber: Sardjono H. S., 1988

## 3. Pondasi tiang pancang beton

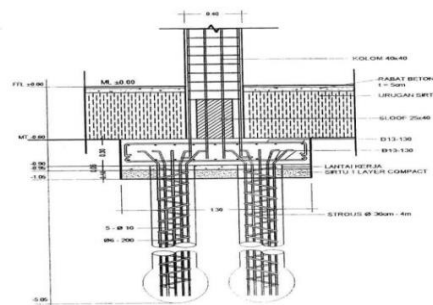
Pondasi tiang pancang beton dibagi kedalam dua kategori dasar yaitu tiang pracetak (*precast list*) dan tiang cor ditempat (*cast-in situ piles*). Tiang pracetak dapat dibuat dengan menggunakan beton bertulang biasa, yang penampangnya bisa jadi busur sangkar atau segi delapan (*octagonal*). Penulangan diperlukan untuk memungkinkan tiang mampu melawan momen lentur ketika pengangkatan, beban vertikal dan momen lentur yang diakibatkan oleh beban lateral. Tiang dicetak dengan panjang yang diinginkan dan dirawat sampai sebelum dibawa ketempat pemancangan.



Gambar 10. Pondasi Tiang Pancang Beton (Nusa Setiani, 2022)

## 2. Pondasi *Bore Pile* (tiang bor)

Pondasi bored pile berfungsi untuk mentransfer beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih dalam dan stabil. Proses pembuatannya melibatkan pengeboran lubang vertikal, pemasangan tulangan baja, dan pengecoran beton di lokasi. Metode ini cocok digunakan di area sempit atau perkotaan di mana metode pondasi lain seperti tiang pancang sulit diterapkan. Pondasi bored pile adalah jenis pondasi dalam yang dibuat dengan cara pengeboran vertikal ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton bertulang. Metode ini sering digunakan untuk mendukung struktur bangunan bertingkat tinggi, jembatan, atau proyek konstruksi di area terbatas.

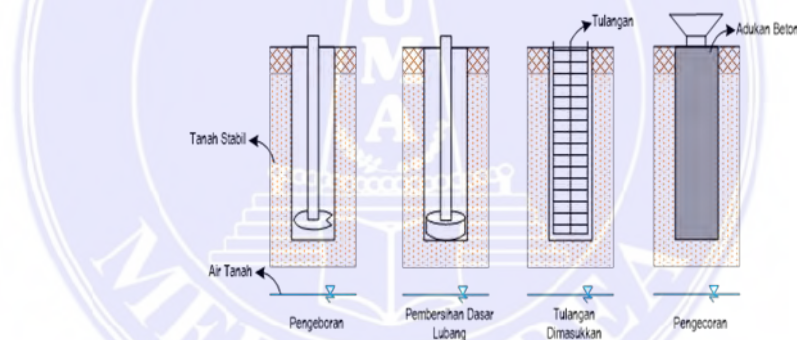


Gambar 11. Pondasi Bored Pile (Nusa Setiani, 2022)

Metode pelaksanaan pondasi *bore pile* ada 3 (tiga) macam, yaitu sebagai berikut:

a. Metode kering

Metode kering dalam pelaksanaan pondasi *bore pile* adalah teknik pengeboran yang dilakukan tanpa menggunakan pipa pelindung (*casing*) dan tanpa bantuan air untuk menjaga kestabilan dinding lubang bor. Metode ini cocok diterapkan pada kondisi tanah tertentu yang memungkinkan pengeboran dilakukan tanpa risiko longsor atau masuknya air ke dalam lubang. Dasar lubang bor yang kotor oleh rontokan tanah dibersihkan, tulangan yang telah dirangkai dimasukkan kedalam lubang bor kemudian dicor.



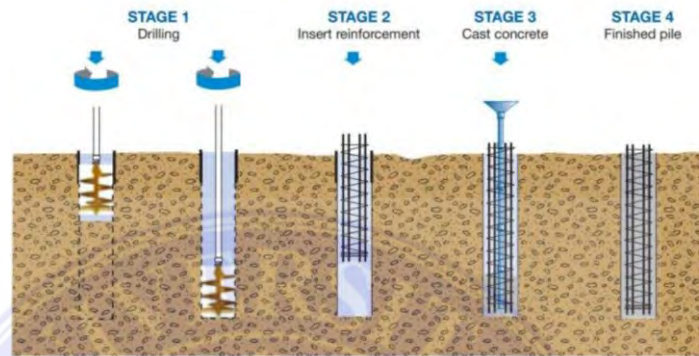
Gambar 12. Tahapan Pelaksanaan Pondasi *Bore Pile* Metode Kering  
(Nusa Setiani, 2022)

b. Metode basah

Metode basah umumnya dilakukan apabila pengeboran melewati muka air tanah, sehingga lubang bor selalu longsor bila dindingnya tidak ditahan. Agar lubang tidak longsor didalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung atau larutan *bentonite* sehingga pengeboran dilakukan dalam larutan. Jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan kedalam lubang bor yang masih berisi cairan *bentonite*.



Adukan beton dimasukkan kedalam lubang bor dengan pipa *tremie*. Larutan polimer akan terangkat keatas oleh adukan beton, larutan yang keluar dari lubang bor ditampung dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran dilokasi selanjutnya.

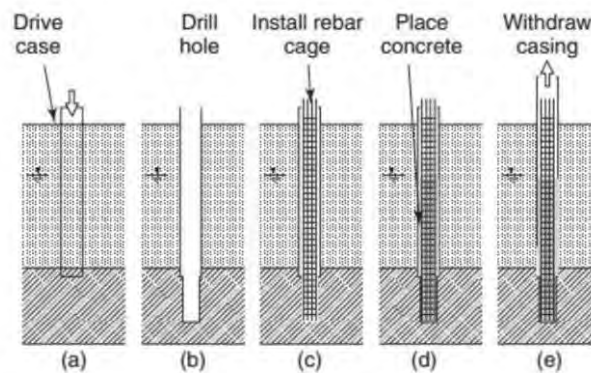


Gambar 13. Tahapan Pelaksanaan Pondasi Bored Pile Metode Basah  
(Nusa Setiani, 2022)

#### c. Metode *Casing*

Metode *casing* dalam pelaksanaan pondasi *bore pile* digunakan untuk mencegah longsohnya dinding lubang bor, terutama pada kondisi tanah yang tidak stabil atau di bawah muka air tanah. Untuk menahan agar lubang bor tidak longsor digunakan pipa selubung baja (*casing*). Pemasangan pipa selubung ke dalam lubang bor dilakukan dengan cara memancang, menggetarkan atau menekan pipa baja sampai kedalaman yang ditentukan. Tanah di dalam pipa selubung dikeluarkan saat penggalian atau setelah pipa selubung sampai kedalaman yang diinginkan, kemudian lubang bor dibersihkan setelah itu tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam pipa selubung. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang, bila pembuatan lubang menggunakan larutan maka untuk pengecoran digunakan *pipa tremie*.





Gambar 14. Tahapan Pelaksanaan Pondasi Bored Pile Metode *casing*  
(Nusa Setiani, 2022)

beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi *bore pile*, yaitu sebagai berikut:

- a. Cocok dan aman digunakan untuk lokasi sempit dan padat bangunan.
- b. Minim getaran dan kebisingan sehingga tidak mengganggu lingkungan dan bangunan sekitar.
- c. Dapat diterapkan di berbagai jenis tanah, termasuk tanah liat, berpasir, dan berbatu, serta mampu menembus lapisan batuan jika diperlukan.
- d. Diameter dan kedalaman tiang bervariasi sesuai dengan jenis yang digunakan
- e. Mampu menahan beban besar, cocok untuk bangunan bertingkat tinggi atau struktur berat.
- f. Pada bagian dasar pondasi dapat dibuat lebih lebar untuk meningkatkan ketahanannya.

Ada beberapa kekurangan dalam pemakaian pondasi bored pile, yaitu sebagai berikut:

- a. Proses pengeboran sangat tergantung pada cuaca, keadaan cuaca yang kurang mendukung dapat mempersulit pengeboran dan pengecoran.

- b. Selama proses pengecoran, kemungkinan masuknya material asing seperti lumpur dapat menurunkan kualitas beton, yang pada gilirannya mempengaruhi kekuatan dan daya dukung pondasi.
- c. Pada tanah yang tidak kohesif, seperti pasir atau kerikil, tanpa penggunaan casing, terdapat risiko longsor yang dapat mengganggu proses pengeboran dan kualitas pondasi.
- d. Pada tanah dengan komposisi pasir tinggi, pembuatan ujung pondasi yang besar menjadi sulit dilakukan, sehingga membatasi kemampuan daya dukung pondasi.
- e. Proses pengeboran menghasilkan limbah berupa tanah atau batuan yang harus dikelola dengan baik untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.

## 2.7 Kapasitas Daya Dukung Pondasi

Pondasi sebagai struktur bawah konstruksi yang berfungsi sebagai menahan beban dari atas harus direncanakan sesuai kebutuhan agar area pondasi dan bangunan pada tanah tidak mengalami keruntuhan dan penurunan yang berdampak. Kriteria yang dibutuhkan dalam perencanaan desain pondasi yaitu, pondasi dapat menahan beban sesuai dengan standar *safety factor*. Dan pondasi berada pada tempatnya dengan aman jika telah mencapai batas toleransi tertentu (Hakam, 2008).

Kapasitas dukung ultimit (ultimit bearing capacity) ( $q_u$ ) didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan (H.C. Hardiyatmo, 2011). Jadi daya dukung pondasi merupakan besarnya tekanan yang mampu didukung oleh pondasi.

## 2.7. Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data Tanah

Penentuan daya dukung pondasi tiang pancang dengan cara statis dilakukan dengan menggunakan beberapa formula berdasarkan hasil *Cone Penetration Test (CPT)*. Hitungan kapasitas dukung tiang dapat dilakukan dengan cara pendekatan statis dan dinamis. Hitungan kapasitas dukung tiang secara statis dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah, sedang hitungan dengan cara dinamis dilakukan dengan menganalisis kapasitas ultimit dengan data yang diperoleh dari data pemancangan tiang. Akan tetapi dalam penelitian ini hanya akan menghitung kapasitas dukung tiang dengan cara statis berdasarkan data tanah yang ada.

### 2.7.1. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang ( *Metode Bagemann* )

Bagemann (1965) menyarankan  $q_b$  untuk tiang dengan dasar yang berada pada dua jenis tanah yang berbeda merupakan rata-rata  $q_c$  dari dua lapis tanah, dan dapat disimpulkan bahwa tanah diatas dan dibawah tiang memberikan kontribusi yang hampir sama dengan  $q_b$  tiang. Bagemann menyarankan bahwa biasanya diambil rata-rata  $q_c$  dari ujung tiang keatas sejauh 8D dan untuk lapis yang bawah diambil 4D dibawah ujung tiang (Analisis dan perancangan pondasi II, Hary Chritady Hardiyatmo). Adapun daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_{all} = \frac{q_c \times A}{3} + \frac{JHL \times A_p}{5}$$

Dimana:

$Q_{all}$  = Kapasitas daya dukung ijin tiang pancang

$q_{ca}$  = Tahanan ujung sondir

$A$  = Luas penampang tiang

JHL = jumlah hambatan lekat

Ap = Keliling tiang

3 = Faktor aman untuk daya dukung ijin tiang

5 = Faktor aman untuk gesekan pada selimut tiang

## 2.8. Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Kekuatan Bahan

Adapun rumus menghitung daya dukung tiang berdasarkan kekuatan bahan (Desain pondasi tahan gempa) yaitu:

$$P_u = \sigma \times A_{\text{tiang}}$$

Dimana :

$P_u$  = Daya dukung ijin tekan tiang

$\sigma$  = Tegangan tekan ijin bahan tiang

$A_{\text{tiang}}$  = Luas penampang tiang

## 2.9. Menghitung Daya Dukung Tiang Kelompok

Pada kondisi lapangan, fondasi yang berdiri sendiri jarang direncanakan/dibangun, sedangkan tipe-tipe fondasi berkelompok, cukup sering ditemui. Dalam praktiknya, *pile group* tersebut disatukan dengan konstruksi *pour*. Pada tahap perencanaan *pour* dianggap kaku sehingga menimbulkan asumsi, jika beban yang bekerja pada kelompok tiang akan menimbulkan penurunan. Meskipun demikian *pour* tetap merupakan bidang yang rata.

Pengguna tiang kelompok mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

1. Mampu menanggulangi apabila jika tiang tidak mampu menahan kapasitas beban kolom.
2. Pada pelaksanaan pemasangan tiang atau instalasi, tiang bor dapat memeleset (sampai dengan 15 cm) dari posisinya. Aksentritas yang

ditimbulkan terhadap pusat beban dari kolom dapat menimbulkan momen tambahan, bila beberapa pondasi, pengaruh eksentritas dapat berkurang.

3. Kegagalan tiang dapat diminimalisasi dengan adanya tiang yang lain.

Adapun persamaan dalam menghitung daya dukung kelompok tiang yaitu:

$$Q_{pg} = E_g \times n \times Q_{all}$$

Dimana :

$Q_{pg}$  = Kapasitas daya dukung ijin tiang kelompok

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$N$  = Jumlah tiang dalam kelompok

$Q_{all}$  = Kapasitas daya dukung ijin tiang tunggal

Adapun persamaan dalam menghitung Efisiensi kelompok tiang menurut

Converse-Labarre Formula seperti persamaan berikut:

$$E_g = 1 - \Theta \left( \frac{(n'-1) \times m + (m-1) \times n'}{90 \times m \times n'} \right)$$

Dimana :

$E_g$  = Efisiensi Kelompok Tiang

$\Theta$  = arc tag d/s

$n'$  = Jumlah tiang dalam satu baris

$m$  = jumlah baris tiang

$D$  = Diameter tiang (m)

$s$  = Jarak antar tiang (m)

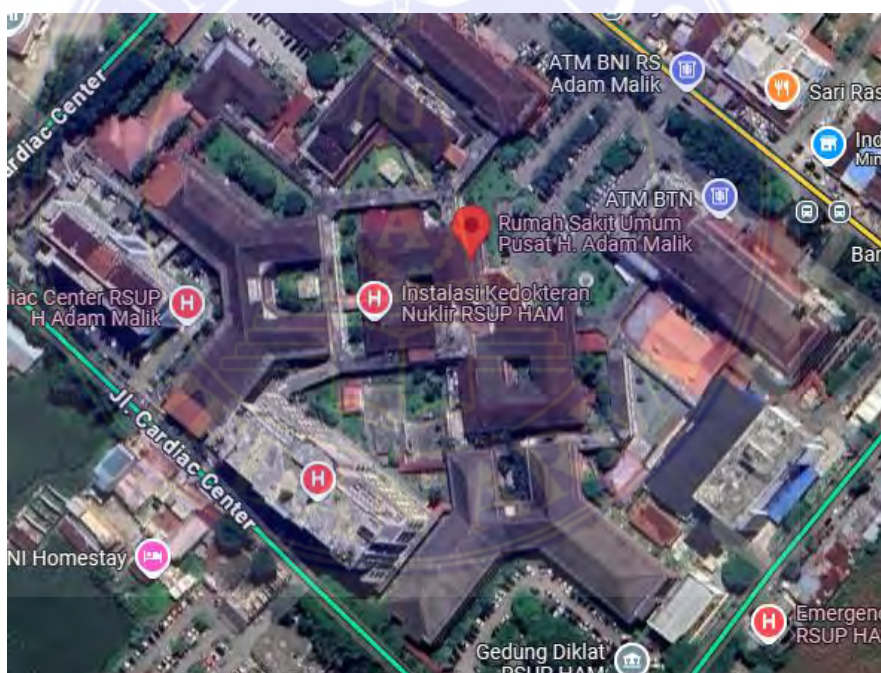


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Gedung Onkologi. Untuk menganalisis daya dukung bore pile, Penulis berpedoman menggunakan Metode Bagemann untuk mengetahui besar daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data sondir dan kekuatan bahan. Proyek pada Pembangunan Gedung Onkologi di Kota Medan di jalan Bunga Lau No. 137 Kec.Medan Tuntungan, Kab.Kota Medan, Sumatra Utara.



Gambar 15. Lokasi Penelitian (Google maps 2025)

### **3.2. Tahap Penelitian**

#### **3.2.1. Survey**

Pada kegiatan survey pendahuluan, peneliti melakukan segala persiapan-persiapan yaitu menyiapkan surat pengantar untuk melakukan survei pendahuluan yakni berguna sebagai bukti tertulis ingin melaksanakan penelitian Proyek Gedung Onkologi. Pada kegiatan survei pendahuluan penelitian pada proyek pekerjaan gedung rumah sakit.

#### **3.2.2. Studi Literatur**

Studi Literatur merupakan kegiatan yang dilakukan peneliti, guna untuk menambah wawasan dan pengetahuan yang berkaitan dengan objek / tujuan yang akan dilakukan dalam penelitian, dimana dengan cara membaca sebuah buku, dan karya ilmiah yang dapat dijadikan acuan dalam melakukan penilaian.

#### **3.2.3. Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah merupakan suatu proses dalam penelitian paling penting diantara proses lain. Suatu penelitian akan menentukan kualitas dari penelitian, bahkan juga menentukan apakah sebuah kegiatan bisa disebut penelitian atau tidak. Identifikasi yang dilakukan dapat dilalui dengan melalui survei dan observasi, sehingga peneliti dapat mengidentifikasi masalah dari hasil kegiatan survei dan observasi yang telah dilakukan.

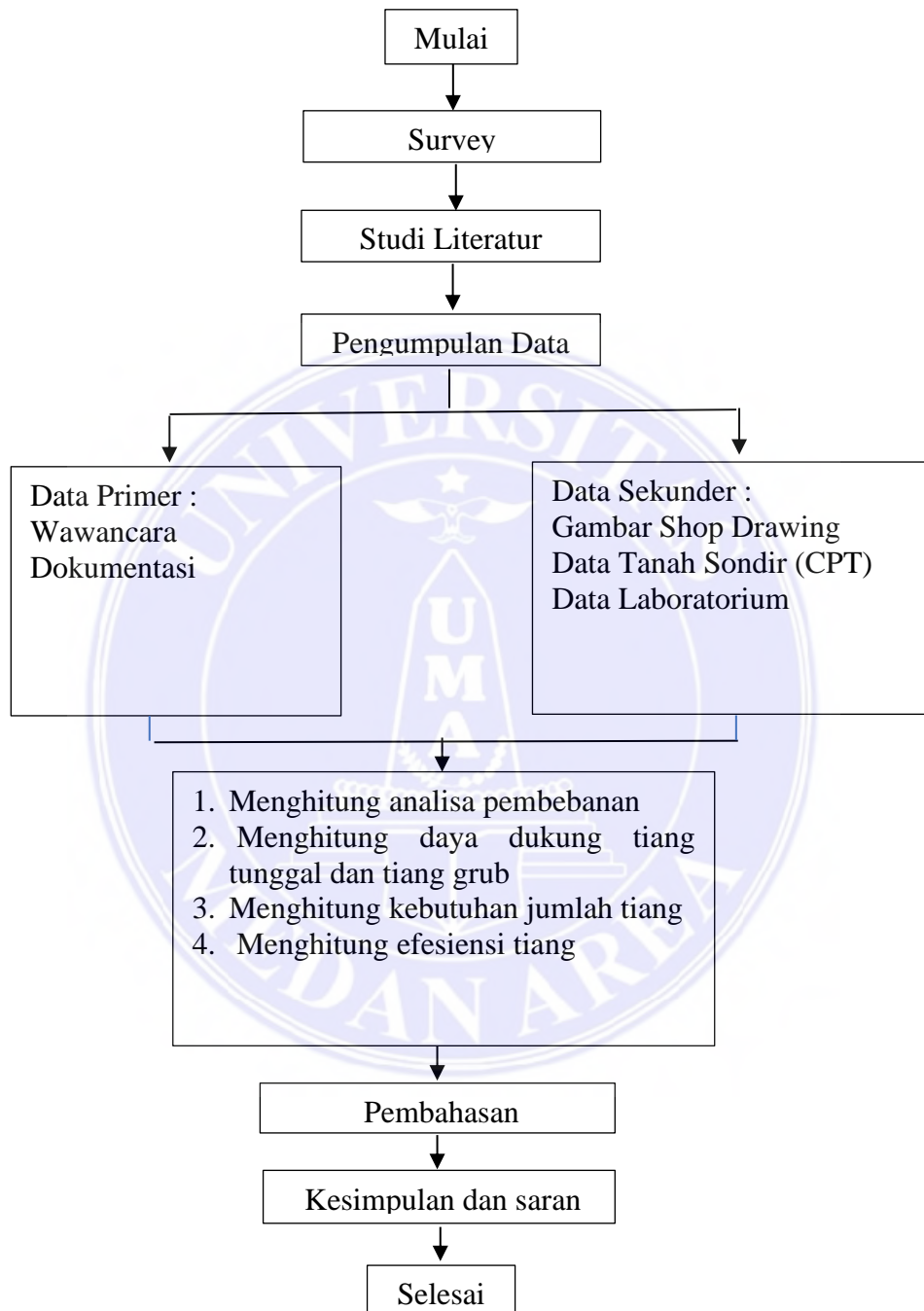
#### **3.2.4. Pengumpulan Data**

Adapun data-data yang perlu didapatkan adalah data-data yang diperlukan adalah data yang diperoleh dari Drafter Engineering Proyek Gedung Onkologi.

1. Data Gambar Shop Drawing Gedung Onkologi.

## 2. Data CPT Tanah

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 16. Diagram Alir Penelitian

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis teknis dan data lapangan, pembangunan Gedung Onkologi menggunakan sistem pondasi tiang bored pile, baik dalam bentuk tiang tunggal maupun tiang grub. Beban terfaktor bangunan berdasarkan kombinasi pembebanan sebesar  $\pm 216,834696$  ton. Berdasarkan perhitungan dengan Metode Bagemann (1965) dari data sondir didapat daya dukung tiang tunggal titik sondir I: 391,3863 ton, titik sondir II: 253,667 ton. Berdasarkan kekuatan beton ( $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ) diperoleh daya dukung tiang sebesar 351,68 ton dan didapat daya dukung tiang grub titik sondir I: 735,023 ton, titik sondir II: 435,29 ton dan berdasarkan kekuatan bahan diperoleh sebesar 1810,44 ton. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai daya dukung lebih besar dari beban rencana dan memenuhi syarat perencanaan dengan kebutuhan minimum 1 tiang per titik pondasi. Struktur pondasi mampu menahan beban bangunan secara aman dan efisien, termasuk mempertimbangkan beban gempa sesuai standar desain tahan gempa.

#### **5.2. Saran**

Dari hasil perhitungan dan kesimpulan diatas penulis menyampaikan saran-saran antara lain:

1. Untuk melakukan pelaksanaan pondasi tiang pancang sebaiknya setelah melakukan perhitungan dilakukan test pile terhadap tiang pancang tersebut untuk mengetahui nilai penurunan, apakah sesuai dengan perhitungan dan keadaan yang sebenarnya di lapangan.

2. Pelaksanaan penyelidikan tanah dari masing-masing cara dilakukan di tempat yang berdekatan untuk satu titik penyelidikan tempat yang akan dibangun (dipancangkan) tiang pancang tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui hubungan korelasi yang tepat dari cara-cara penyelidikan yang dilakukan.
3. Untuk mendapatkan hasil yang lebih konservatif agar penelitian selanjutnya menggunakan SPT (*Standard Penetration Test*).



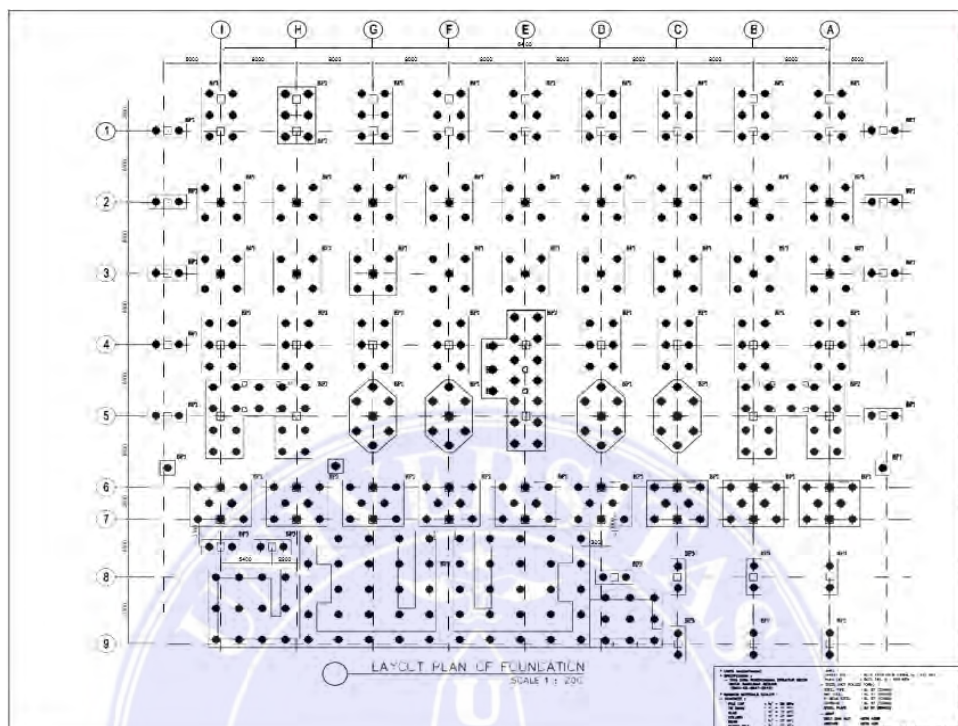


## DAFTAR PUSTAKA

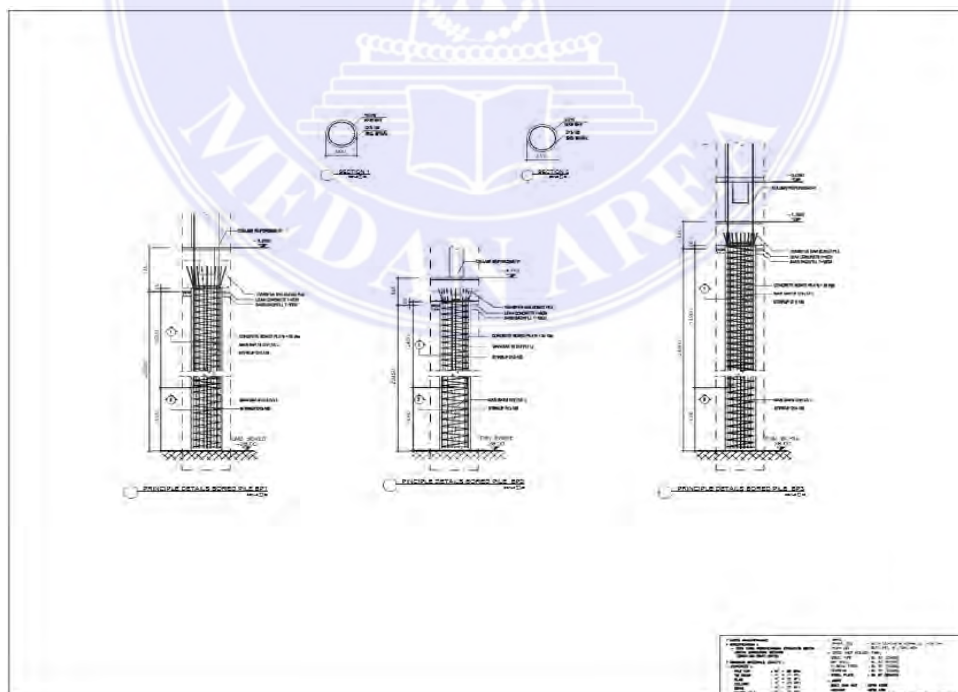
- Abadi, Selly Suci, Roestaman Roestaman, and Sulwan Permana. "Analisis Perbandingan Kapasitas Kuat Dukung Pondasi Bore Pile Berdasarkan Hasil Pengujian SPT dan CPT." *Jurnal Konstruksi* 19.2 (2021): 549-560.
- Adityawan, 2016, Analisa Daya Dukung Pondasi Dalam Proyek Pembangunan RS Pendidikan UHO Berdasarkan Simulasi Numeris, Skripsi.
- ASTM International. (2020). ASTM D5778-20 – Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8460:2017 – Tata cara perencanaan teknis pondasi tiang dalam untuk bangunan gedung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2021). SNI 2821:2021 – Metode uji sondir untuk investigasi tanah.
- Bowles, J. E., 1992, (a) Analisis dan Desain Pondasi, Edisi keempat Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4th ed.). SAGE Publications.
- Das, B. M. (2016). Principles of Foundation Engineering (8th ed.). Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. (2006). Teknik Fondasi II. *Beta Offset, Yogyakarta*.
- Hardiyatmo, H. C., 1996, Teknik Fondasi 1, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Husnah, H. (2015). Analisa daya dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan pondasi tissue block 5 & 6. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 15-25.
- NUSA SETIANI, T. R. I. A. S. T. U. T. I. "Berbagai macam pondasi."
- Putra, Trisno Satria., 2014, Kajian Daya Dukung Pondasi Pada Proyek Gedung Kantor PT. Enseval Putera Megatrading, Tbk, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Batanghari, Jambi.
- Rahardjo, P., & Santoso, A. (2022). Rekayasa Pondasi Dalam. Yogyakarta: Deepublish.
- Sardjono, H. S., 1988, Pondasi Tiang Pancang, Jilid 1, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Sardjono, H. S., 1988, Pondasi Tiang Pancang, Jilid 2, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Sutarman, E. "Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah." Yogyakarta: Cv ANDI OFFSET, Halaman (2013): 173-175.
- Sutrisno, A., & Permana, R. (2020). Aplikasi metode  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\lambda$  dalam analisis daya dukung pondasi tiang bor. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 25(4), 70.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Gambar shop drawing



### Lampiran 2. Detail Pondasi *Bored Pile*



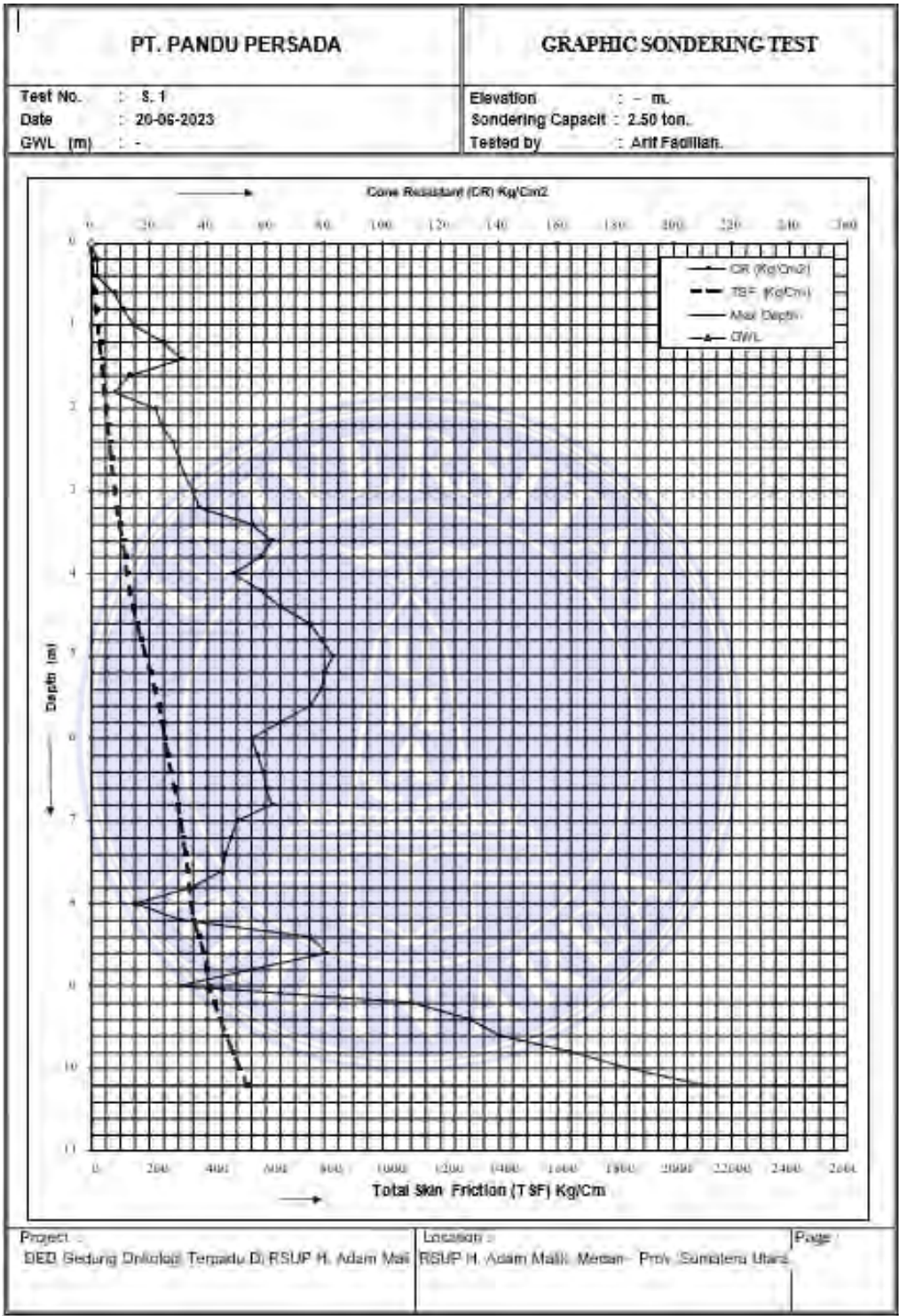
## Lampiran 3. Hasil uji sondir 1

PT. PANDU PERSADA			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 1		Elevation	: - m.		
Date	: 20-06-2023		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: -		Tested by	: Arif Fadillah.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
0,00	0	0	0	0	0	0,00
0,20	2	4	2	4	4	0,20
0,40	2	4	2	4	8	0,20
0,60	8	10	2	4	12	0,20
0,80	11	14	3	6	18	0,30
1,00	15	18	3	6	24	0,30
1,20	25	28	3	6	30	0,30
1,40	31	34	3	6	36	0,30
1,60	13	16	3	6	42	0,30
1,80	8	10	2	4	48	0,20
2,00	22	25	3	6	52	0,30
2,20	24	27	3	6	58	0,30
2,40	28	31	3	6	64	0,30
2,60	30	33	3	6	70	0,30
2,80	32	35	3	6	76	0,30
3,00	35	38	3	6	82	0,30
3,20	37	40	3	6	88	0,30
3,40	55	60	5	10	98	0,50
3,60	62	68	6	12	110	0,60
3,80	58	62	4	8	118	0,40
4,00	49	52	3	6	124	0,30
4,20	58	62	4	8	132	0,40
4,40	65	71	6	12	144	0,60
4,60	75	82	7	14	158	0,70
4,80	79	86	7	14	172	0,70
5,00	83	91	8	16	188	0,80
5,20	80	88	8	16	204	0,80
5,40	79	86	7	14	218	0,70
5,60	75	82	7	14	232	0,70
5,80	65	71	6	12	244	0,60
6,00	55	60	5	10	254	0,50
6,20	57	62	5	10	264	0,50
6,40	59	64	5	10	274	0,50
6,60	60	66	6	12	286	0,60
6,80	62	68	6	12	298	0,60
7,00	50	55	5	10	308	0,50
7,20	48	52	4	8	316	0,40
7,40	46	50	4	8	324	0,40
7,60	45	49	4	8	332	0,40
7,80	35	38	3	6	338	0,30
8,00	15	18	3	6	344	0,30
8,20	31	34	3	6	350	0,30
8,40	75	85	10	20	370	1,00
8,60	81	89	8	16	386	0,80
8,80	55	60	5	10	396	0,50
9,00	30	33	3	6	402	0,30
9,20	110	120	10	20	422	1,00
9,40	130	140	10	20	442	1,00
9,60	140	151	11	22	464	1,10
9,80	165	176	11	22	486	1,10
Project : DED Gedung Onkologi Terpadu Di RSUP H. Adam M			Location : RSUP H. Adam Malik, Medan - Prov. Sumatera Utara.			Page :

PT. PANDU PERSADA			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 1		Elevation	: - m.		
Date	: 20-06-2023		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: -		Tested by	: Arif Fadillah.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
10,00	185	197	12	24	510	1,20
10,20	210	222	12	24	534	1,20
10,40						



Lampiran 4. Grafik sondir 1

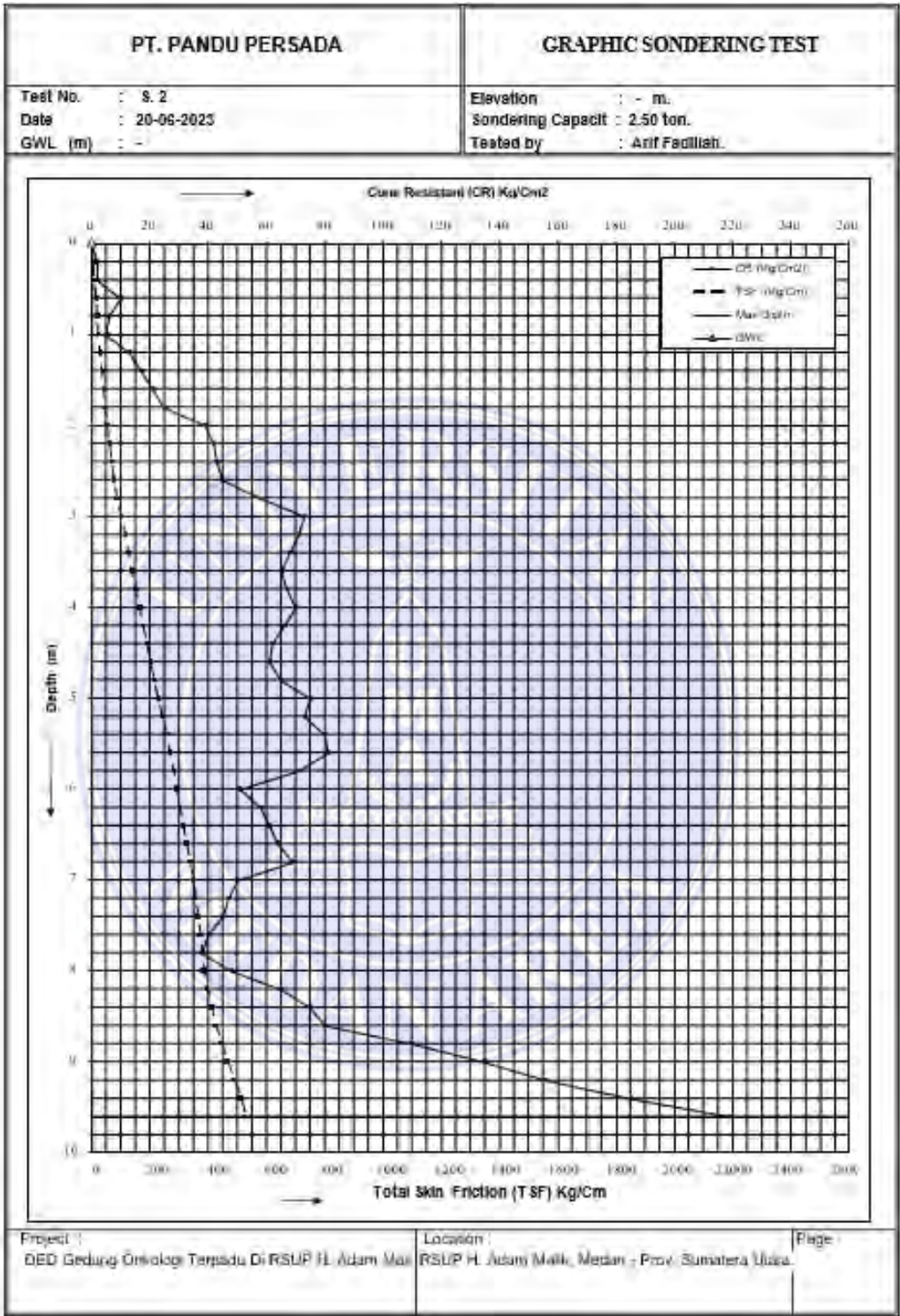


## Lampiran 5. Hasil uji sondir 2

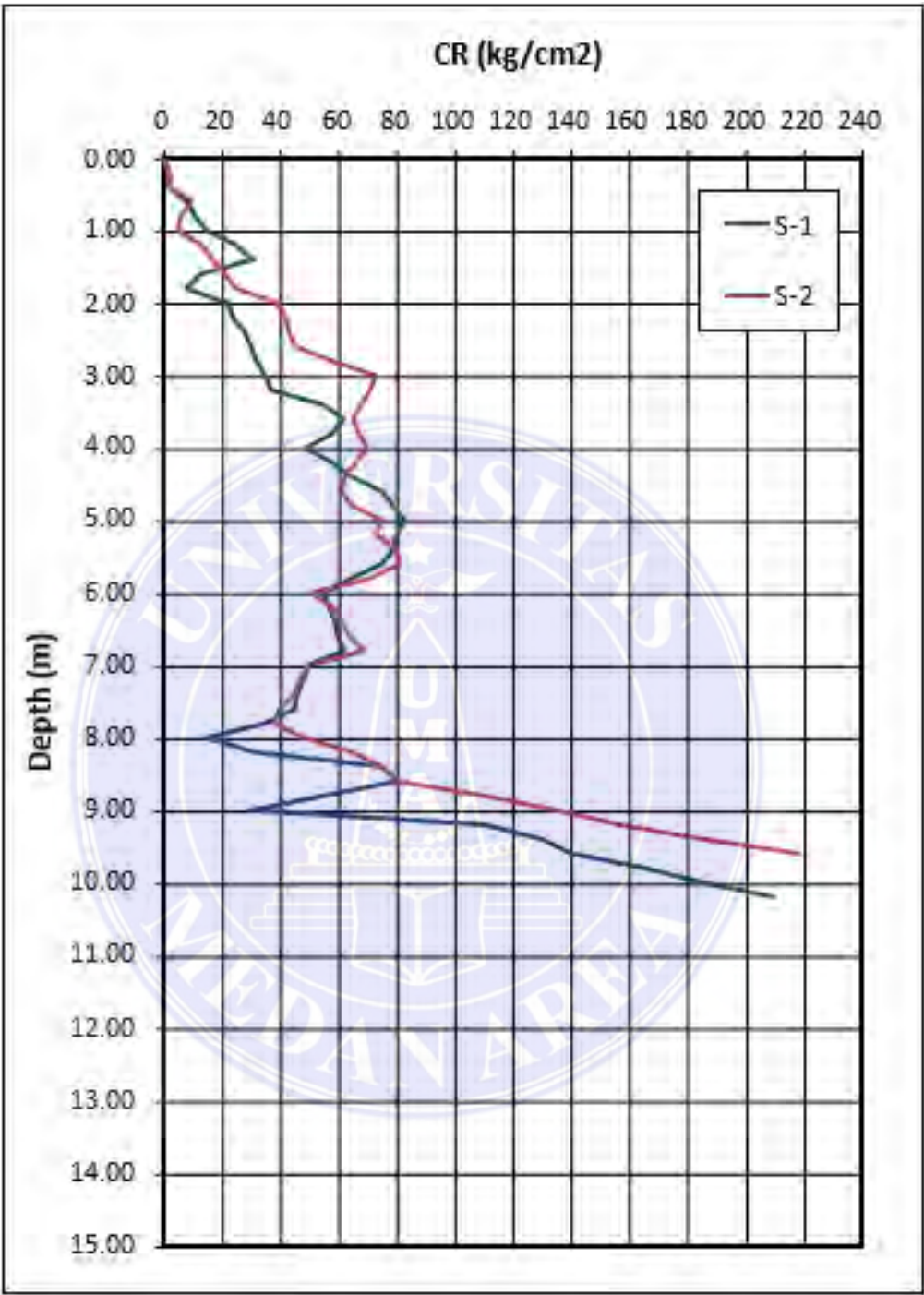
PT. PANDU PERSADA			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 2		Elevation	: - m.		
Date	: 20-06-2023		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: -		Tested by	: Arif Fadillah.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
0,00	0	0	0	0	0	0,00
0,20	2	4	2	4	4	0,20
0,40	2	4	2	4	8	0,20
0,60	10	13	3	6	14	0,30
0,80	8	8	2	4	18	0,20
1,00	5	7	2	4	22	0,20
1,20	13	16	3	6	28	0,30
1,40	17	20	3	6	34	0,30
1,60	21	24	3	6	40	0,30
1,80	25	28	3	6	46	0,30
2,00	39	42	3	6	52	0,30
2,20	42	46	4	8	60	0,40
2,40	43	47	4	8	68	0,40
2,60	45	49	4	8	76	0,40
2,80	58	63	5	10	86	0,50
3,00	73	80	7	14	100	0,70
3,20	71	78	7	14	114	0,70
3,40	68	74	6	12	126	0,60
3,60	65	71	6	12	138	0,60
3,80	67	73	6	12	150	0,60
4,00	70	77	7	14	164	0,70
4,20	68	72	6	12	176	0,60
4,40	62	68	6	12	188	0,60
4,60	61	67	6	12	200	0,60
4,80	65	71	6	12	212	0,60
5,00	75	82	7	14	226	0,70
5,20	73	80	7	14	240	0,70
5,40	80	88	8	16	256	0,80
5,60	81	88	5	10	266	0,50
5,80	71	78	7	14	280	0,70
6,00	51	56	5	10	290	0,50
6,20	58	63	5	10	300	0,50
6,40	61	67	6	12	312	0,60
6,60	64	70	6	12	324	0,60
6,80	69	75	6	12	336	0,60
7,00	50	55	5	10	346	0,50
7,20	47	51	4	8	354	0,40
7,40	45	49	4	8	362	0,40
7,60	40	44	4	8	370	0,40
7,80	38	41	3	6	376	0,30
8,00	48	52	4	8	384	0,40
8,20	65	70	5	10	394	0,50
8,40	75	82	7	14	408	0,70
8,60	80	88	8	16	424	0,80
8,80	110	120	10	20	444	1,00
9,00	135	145	10	20	464	1,00
9,20	156	167	11	22	486	1,10
9,40	185	197	12	24	510	1,20
9,60	219	227	8	16	526	0,60
Project :			Location :			Page :
DED Gedung Onkologi Terpadu Di RSUP H. Adam M			RSUP H. Adam Malik, Medan - Prov. Sumatera Utara.			



Lampiran 6. Grafik sondir 2



Lampiran 7. Grafik gabungan S I dan S II





## Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian



