

**ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG  
PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT  
COLUMBIA ASIA**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**SAMUEL PURBA  
188110099**



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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 3/10/23

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)3/10/23

# **ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT COLUMBIA ASIA**

## **SKRIPSI**

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



**Oleh:**

**SAMUEL PURBA  
188110099**

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

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Pada Proyek  
Pembangunan Rumah Sakit Columbia Asia  
Nama : Samuel Purba  
NPM : 188110099  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing



Tanggal Lulus : Agustus 2023

### 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.



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

---

---

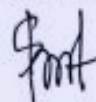
Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Samuel Purba  
NPM : 188110099  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Columbia Asia. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif 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 : Agustus 2023  
Yang menyatakan



( Samuel Purba )



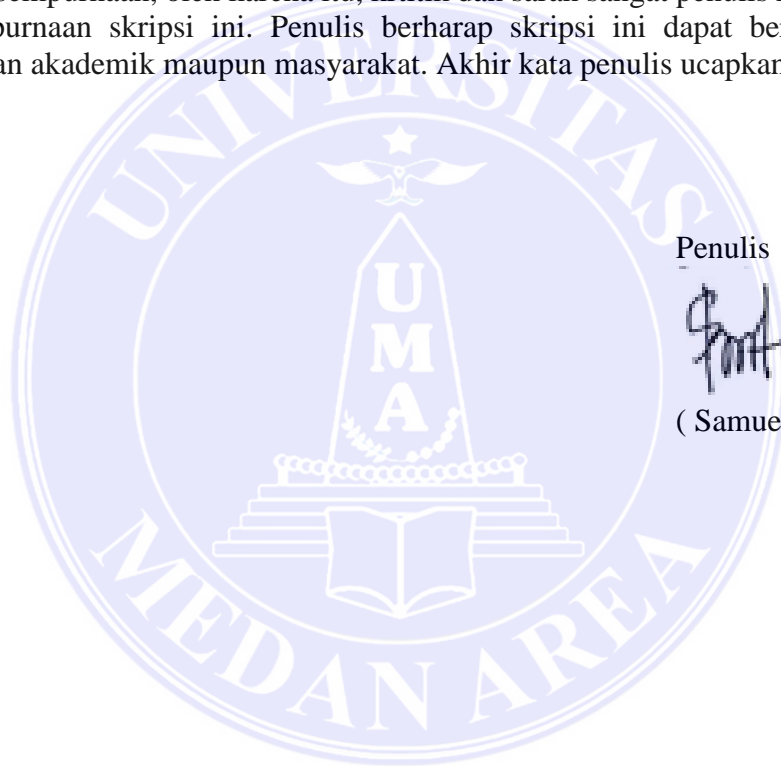
## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Hutalontung Pada tanggal 14,februari 1997 dari Ayah M.Purba dan Ibu L.Rajagukguk. Penulis merupakan putra ke 1dari 6 bersudara. Tahun 2015 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Muara dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2021 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pembangubnan Supermarket Jl, Sisingamangaraja XII.



## 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 pondasi dalam dengan judul Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Columbia Asia. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing sekaligus selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. 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, kritik 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.



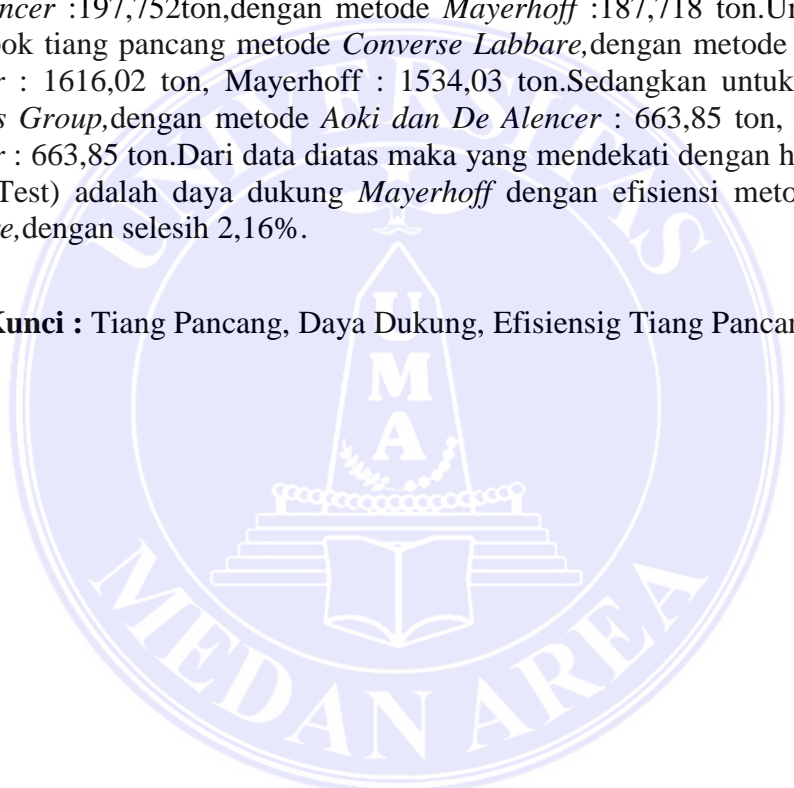
Penulis

( Samuel Purba )

## ABSTRAK

Daya dukung tanah sangat berhubungan dengan daya dukung pondasi, termasuk pondasi tiang pancang. Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tiang pancang untuk meneruskan beban yang bekerja terhadap lapisan tanah. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk menghitung dan membandingkan kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal menggunakan data sondir dan Standar Penetrasi Tes (SPT), dan menghitung kapasitas kelompok tiang yang paling efisien. Metodologi pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan observasi, pengambilan data dari proyek dan melakukan analisis data. Perhitungan penelitian ini menggunakan metode *Aoki dan De Alencer* :197,752ton, dengan metode *Mayerhoff* :187,718 ton. Untuk efisiensi kelompok tiang pancang metode *Converse Labbare*, dengan metode *Aoki dan De Alencer* : 1616,02 ton, *Mayerhoff* : 1534,03 ton. Sedangkan untuk metode *Los Angeles Group*, dengan metode *Aoki dan De Alencer* : 663,85 ton, *Aoki dan De Alencer* : 663,85 ton. Dari data diatas maka yang mendekati dengan hasil lapangan (PDA Test) adalah daya dukung *Mayerhoff* dengan efisiensi metode *Converse Labbare*, dengan selisih 2,16%.

**Kata Kunci :** Tiang Pancang, Daya Dukung, Efisiensi Tiang Pancang

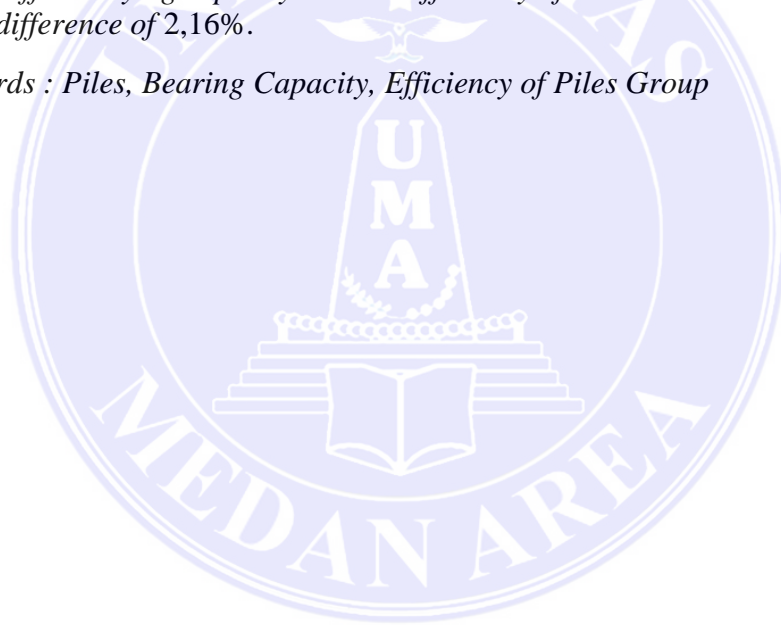




## ABSTRACT

*The foundation is part of a sub-structure system that supports its own weight and the entire weight of the superstructure, then passes it on to the layers of soil or rock below it. From the method of supporting the load, the calculation of the pile bearing capacity is carried out to find out how much the ability of the pile to transmit the load acting on the soil layer. The purpose of this paper is to calculate and compare the carrying capacity of a single pile using sondir data and Standard Penetration Tests (SPT), and calculate the most efficient capacity of a group of piles. The data collection methodology is carried out by observing, collecting data from the project and conducting data analysis. Calculations in this study used the Aoki and De Alencer method: 197.752 tons, with the Mayerhoff method: 187.718 tons. For pile group efficiency the Converse Labbare method, with the Aoki and De Alencer method: 1616.02 tons, Mayerhoff: 1534.03 tons. As for the Los Angeles Group method, with the Aoki and De Alencer method: 663.85 tonnes, Aoki and De Alencer: 663.85 tonnes. From the data above, the closest to the field results (PDA Test) is Mayerhoff's carrying capacity with the efficiency of the Converse Labbare method, with a difference of 2,16%.*

*Keywords : Piles, Bearing Capacity, Efficiency of Piles Group*



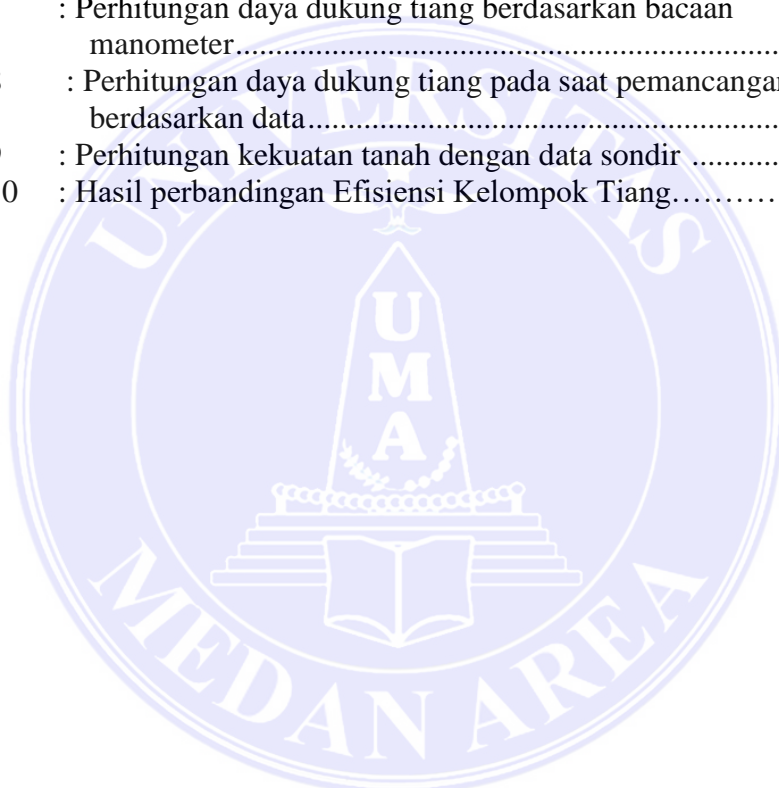
## DAFTAR ISI

COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud Dan Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Landasan Teori .....	7
2.3 Jenis-jenis Pondasi .....	8
A. Pondasi Telapak.....	8
B. Pondasi memanjang.....	9
C. Pondasi Rakit.....	10
D. Pondasi Dalam .....	10
2.4 Pondasi Tiang Pancang.....	11
2.5 Pengolongan Pondasi Tiang Pancang.....	12
2.5.1 Tiang Pancang Kayu.....	13
2.5.2 Tiang Pancang Baja.....	14
2.5.3 Tiang Pancang Beton.....	15
2.5.4 Tiang Pancang Komposit.....	17
2.6. Tanah.....	17
2.6.1. Tanah Pasir.....	17
2.6.2 Tanah Padas.....	18
2.7 Daya Dukung Tanah.....	20
2.7.1 Pondasi Tiang.....	23
2.7.1 Daya Dukung Ujung Tiang .....	22
2.7.2 Daya Dukung Selimu Tiang.....	24
2.8 Daya Dukung Kelompok tiang .....	33
2.8.1 Jumlah Tiang.....	34
2.8.2 Jarak Tiang.....	35
2.8.3 Susunan Tiang.....	35

2.8.4 Efisiensi kelompok Tiang.....	36
2.9 Penurunan Tiang Tunggal .....	38
2.10 Penurunan Kelompok Tiang.....	41
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>42</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	42
3.2 Data Teknis Proyek .....	43
3.3 Langkah-Langkah Penelitian.....	45
A. Pengumpulan Data .....	45
B. Gambar Proyek dan Layout Pondasi Bangunan.....	45
3.4 Diagram Alur Peneliti.....	46
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>48</b>
4.1 Daya Dukung Tanah.....	48
4.2 Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang dari data SPT .....	48
4.3 Menghitung Kapasitas Kelompok Tiang Berdasarkan Efisiensi.....	57
4.4 Menghitung Penurunan Tiang Tunggal.....	59
4.5 Hasil Perhitungan Kekuatan Tanah Berdasarkan Data Sondir..	65
4.6 Pembahasan .....	71
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>73</b>
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>75</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	: Hubungan antara angka penetrasi standar dengan sudut geser dalam dan kepadatan relatif pada tanah pasir .....	27
Tabel 2	: Hubungan antara N dengan berat isi tanah .....	34
Tabel 3	: Faktor empirik $F_b$ dan $F_s$ .....	41
Tabel 4	: Nilai faktor empirik untuk tipe tanah yang berbeda .....	41
Tabel 5	: Izin pondasi tiang pancang dan perhitungan daya dukung ultimitSPT-2 .....	53
Tabel 6	: Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data SPT (BH-2) .....	53
Tabel 7	: Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan bacaan manometer .....	56
Tabel 8	: Perhitungan daya dukung tiang pada saat pemancangan berdasarkan data .....	55
Tabel 9	: Perhitungan kekuatan tanah dengan data sondir .....	65
Tabel 10	: Hasil perbandingan Efisiensi Kelompok Tiang .....	73



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1: Pondasi Tapak .....	9
Gambar 2: Pondasi Memanjang .....	9
Gambar 3: Pondasi Rakit .....	10
Gambar 4: Pondasi Sumuran.....	10
Gambar 5: Pondasi Tiang Pancang .....	12
Gambar 6: Tiang Pancang Kayu .....	13
Gambar 7: Tiang Pancang Baja.....	13
Gambar 8: Tiang Pancang Beton .....	15
Gambar 9 Koefisien Vijay.....	27
Gambar 10 Aplikasi metode $\lambda$ pada tanah berlapis.....	28
Gambar 11 Susunan Tiang .....	35
Gambar 12: Baris Tiang Kelompok .....	37
Gambar 13: Penurunan Tiang .....	31
Gambar 14: Faktor Penurunan $I_0$ .....	40
Gambar 15: Koreksi Kompresi .....	40
Gambar 16: Koreksi Kedalaman .....	34
Gambar 17: Koreksi Angka Poisson .....	34
Gambar 18: Koreksi Kekakuan Lapisan Pemdukung .....	40
Gambar 19: Lokasi Penelitian .....	42
Gambar 20: Peta Bore Hole .....	43
Gambar 21: Denah Pondasi Tiang Pancang .....	44
Gambar 22: Bagan Alir Penelitian .....	45
Gambar 23: Perkiraan Nilai $Q_{ca}$ .....	47
Gambar 24: Nilai $q_c$ (side) pada titik sondir 2 (S-2).....	49
Gambar 25 : Denah Tiang Pancang 1 Group .....	55

## DAFTAR NOTASI

- $\tau$  : Kekuatan geser tanah (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $c$  : Kohesi tanah (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\sigma$  : Tegangan normal yang terjadi pada tanah (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\phi$  : Sudut geser tanah (°)  
 $L_i$  : Panjang Lapisan Tanah (m)  
 $p$  : Keliling Tiang (m)  
 $c_u$  : Kohesi Undrained (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\alpha$  : Koefisien adhesi antara tanah dan tiang  
 $c_u$  : Kohesi undrained (kN/m<sup>2</sup>)  
 $p$  : Keliling tiang (m)  
 $L_i$  : Panjang lapisan tanah (m)  
 $P_a$  : daya dukung ijin tekan tiang  
 $st$  : keliling penampang tiang  
 $li$  : panjang segmen tiang yang ditinjau  
 $fi$  : gaya geser pada selimut segmen tiang  
 $Q_u$  : Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang  
 $Q_b$  : Kapasitas tahanan di ujung tiang  
 $Q_s$  : Kapasitas tahanan kulit  
 $q_b$  : Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas  
 $A_b$  : Luas di ujung tiang  
 $f$  : Satuan tahanan kulit persatuan luas  
 $A_s$  : Luas kulit tiang pancang  
 $q_c$  : Perlawanan konus rata-rata pada masing lapisan sepanjang tiang.  
 $F_s$  : Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tanah.  
 $F_b$  : Faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tanah.  
 $Q_{ult}$  : Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal.  
 $A_p$  : Luas penampang tiang. (cm<sup>2</sup>)  
 $JHL$  : Jumlah hambatan lekat. (kg/cm)  
 $K_{11}$  : Keliling tiang. (cm)  
 $E_g$  : Efisiensi kelompok tiang  
 $\Theta$  : arc tg d/s, (°)  
 $m$  : Jumlah baris tiang  
 $n$  : Jumlah tiang dalam satu baris  
 $d$  : Diameter tiang (m)  
 $s$  : Jarak pusat ke pusat tiang (m)  
 $S$  : Penurunan untuk tiang tunggal.  
 $Q$  : Beban yang bekerja I  
 $R_k$  : Faktor koreksi kemudah mampatan tiang  
 $R_h$  : Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras  
 $R_\mu$  : Faktor koreksi angka *Poisson*  $\mu$   
 $R_b$  : Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung  
 $H$  : Kedalaman total lapisan tanah dari ujung tiang ke muka tanah.  
 $D$  : Diameter tiang

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Setiap konstruksi sipil membutuhkan pondasi karena berfungsi sebagai dasar penahan beban utama untuk sebuah bangunan. Tanpa pondasi yang kuat, struktur seperti jembatan, gedung, bendungan, dan pekerjaan sipil lainnya pasti akan roboh. Dalam aplikasi lapangan, sering kali lebih diutamakan daripada pemeriksaan daya dukung pondasi yang tepat. Hal ini menurut penulis perlu ditinggikan karena pondasi merupakan komponen yang paling krusial untuk keberhasilan konstruksi sipil dan perancangan pondasi hanya berdasarkan pengalaman pribadi. Ada beberapa metode untuk mengetahui berapa berat yang dapat ditopang oleh pondasi tiang pancang. Karakteristik data tanah yang digunakan menentukan prosedur yang digunakan. Bidang yang paling sering digunakan untuk pengujian tanah umumnya

Pondasi bangunan dibagi menjadi dua kelompok: pondasi dangkal dan pondasi dalam, tergantung pada lapisan tanah keras terkait erat dengan permukaan dan jika kurang dari atau sama dengan lebar fondasi. Jika lapisan tanah keras terletak jauh di bawah permukaan bumi, pondasi dalam sering dibangun dengan menggunakan tiang pancang atau caisson dengan  $D > 4$  sampai  $5B$ . Masalah pondasi dalam biasanya melibatkan solusi yang lebih sulit daripada masalah pondasi dangkal. Maka diperlukan desain yang matang untuk menentukan daya dukung pondasi.

Penting untuk memeriksa daya dukung pondasi tanah untuk memastikan bahwa pondasi tersebut dapat menangani beban bangunan yang diantisipasi dan mencegah penurunan yang berlebihan. Pondasi yang digunakan untuk membangun gedung Rumah Sakit Columbia Asia adalah tiang pancang. Daya dukung tiang pondasi ditentukan oleh dua faktor: daya dukung gesekan, juga dikenal sebagai gaya adhesi antara tiang dan tanah di sekitarnya, dan daya dukung ujung, yang ditentukan oleh tekanan ujung tiang.

Baik metode *Mayerhoff* atau metode *Aoki De Alencar* dapat digunakan untuk menghitung daya dukung ultimit pondasi tiang pancang. Sedangkan metode *Mayerhoff* dihitung dengan menggunakan teori mekanika tanah, sedangkan metode *Aoki De Alencar* didasarkan pada data lapangan, Secara khusus, informasi daya dukung pondasi tiang pancang 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 PDA (*pile driving analyzer*), serta data N-SPT dan Sondir. Judul skripsi saya, "Analisis Daya Dukung Pile pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Columbia Asia".



## 1.1 Maksud Dan Tujuan Penelitian

### 1.1.1 Maksud Penelitian

1. Menganalisis hasil uji sondir menggunakan metode *Meyerhof dan Aoki de Alencar* untuk memastikan kemampuan bantalan tiang untuk Rumah Sakit Columbia Asia.
2. Untuk mengukur penurunan pondasi tiang selama pembangunan Rumah Sakit Columbia Asia..
3. Membandingkan metode yang digunakan *Mayerhoff, Aoki dan De Alencer* untuk menentukan daya dukung pondasi.

### 1.1.2 Tujuan penelitian

1. Dengan menggunakan metode *Myerhoft dan Aoki de Alencer*, menentukan daya dukung pondasi dengan menggunakan data SPT.
2. Dengan menggunakan metode *Converse-Laberre dan Los Angels Group*, menentukan efisiensi kelompok tiang,

## 1.2 Rumusan Masalah

- Seberapa besar daya dukung tiang pancang.
- Berapa selisih efisiensi group tiang pancang.

### 1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini terkendala dengan berbagai cara agar lebih terarah dan sesuai dengan harapan, antara lain:

1. Penelitian dilaksanakan di pembangunan Rumah Sakit Columbia Asia Medan.
2. Hanya membahas kemampuan tanah untuk mendukung berat dalam kaitannya dengan pondasi tiang pancang.
3. Uji penetrasi standar (SPT), *Pile Driving Analyzer* (PDA), dan data sondir adalah satu-satunya sumber yang digunakan untuk menentukan daya dukung kelompok tiang.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Bagi pembaca yang ingin melakukan penelitian tentang analisis pondasi tiang pancang untuk proyek akhir mereka, temuan penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk daya dukung pondasi tiang pancang.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Landasan Teori

Penulis memanfaatkan penelitian terdahulu sebagai sumber dalam melakukan penelitian untuk menyempurnakan teori dalam mengevaluasi penelitian yang dilakukan. Penelitian sebelumnya sangat penting untuk digunakan sebagai panduan untuk penelitian masa depan karena penelitian semacam ini telah dilakukan sebelumnya. Penelitian terdahulu sebagai sumber dalam melakukan penelitian untuk menyempurnakan teori dalam mengevaluasi penelitian yang dilakukan. Penelitian sebelumnya sangat penting untuk digunakan sebagai panduan untuk penelitian masa depan karena penelitian semacam ini telah dilakukan sebelumnya. Beberapa investigasi sebelumnya menjadi dasar untuk investigasi ini.

1. Mahfud dan Masrul Huda (2015) mengevaluasi dan membandingkan daya dukung tiang tunggal dan menentukan daya dukung sekelompok tiang yang paling efisien dengan menggunakan data sondir dan Standar Uji Penetrasi (SPT). Teknik pengumpulan data meliputi hal-hal seperti observasi, mengumpulkan informasi untuk proyek, dan membaca literatur akademik. Daya dukung tiang tunggal ditentukan dengan menggunakan data sondir yang diambil dengan menggunakan metode *Aoki De Alancer* dan data SPT yang dikumpulkan dengan menggunakan metode *Mayerhoff*. Menggunakan data sondir dengan metodologi *Aoki de Alancer* dan data SPT dengan metode *Mayerhoff*, daya dukung maksimum tiang tunggal ditentukan. Hasilnya masing-masing mencapai 19.965 ton, 131.644 ton, dan 20.215 ton, 12.302 ton.

2. Penelitian Rencana Pembangunan Kompleks Pendidikan Islam Al Azhar 57 Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Tiang Danipra Setiyo, Suhendra, dan M. Nuklirullah Jambi selesai tahun 2019. Dengan bantuan data sondir, hasil uji SPT, dan uji laboratorium temuan, penelitian ini termasuk studi perencanaan untuk menghitung penurunan tiang tunggal dengan variasi dan memastikan daya dukung pondasi. Berdasarkan penelitian terencana daya dukung tiang pada enam lokasi sondir yang dievaluasi pada kedalaman 10 meter, daya dukung tiang tunggal terendah pada titik S 06 dengan metode *Aoki dan De Alencar* adalah  $Q_u$ . periksa daya dukung setiap tumpukan, lalu bandingkan untuk menentukan mana yang paling banyak.

3. Untuk mengkaji dan membandingkan daya dukung pondasi, Andi Yusti dan Ferra fahriani (2014) melakukan uji dinamika uji dengan menggunakan teknik *Mayerhof* (1956) dan Tomlison (1997). Dengan demikian, pengujian PDA telah mengungkapkan bahwa teknik *Mayerhof* (1956) memiliki kerentanan paling sedikit jika dibandingkan dengan pendekatan lainnya. Hasil analisis manual dan program menunjukkan bahwa metode *Mayerhof* (1956) memiliki rentang nilai terpendek dan didukung oleh pengujian PDA. Nilai  $Q_u$  adalah 128.298 ton dibandingkan dengan 118 dan 102 ton pada titik BH1. Berbeda dengan 165 ton dan 163 ton, titik BH1,  $Q_u$  memiliki 118.679 ton.

Karena mengumpulkan dan menyalurkan beban dari bangunan atas ke tanah, termasuk beban hidup dan mati, beban gempa dan angin, pondasi merupakan bagian penting dari konstruksi bangunan. Beban ini harus diperhitungkan untuk memastikan stabilitas bangunan di bawah beratnya sendiri. Pondasi dalam dan pondasi dangkal adalah dua klasifikasi utama. Jenis struktur yang akan dibangun dan jenis tanah dari lokasi bangunan yang dimaksud harus dipertimbangkan saat memilih pondasi. Dalam konstruksi struktur dengan beban yang signifikan, pondasi dangkal biasanya digunakan dalam kondisi tanah yang dapat diterima secara umum dan bangunan beban ringan.

Karena struktur yang disebutkan di atas termasuk dalam kategori struktur besar, digunakan pondasi dalam. Pondasi yang dalam sering dibangun tiga meter atau lebih di bawah permukaan bumi. Pondasi tiang pancang, pondasi caisson, dan pondasi bore pile merupakan beberapa contoh pondasi dalam yang sering dijumpai.

Karena menopang struktur di atasnya, maka pondasi merupakan bagian yang sangat penting dalam konstruksi suatu bangunan. Untuk itu yayasan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Mampu menahan tekanan ke atas yang disebabkan oleh gerakan tanah yang tidak rata. u menahan tekanan ke atas yang disebabkan oleh gerakan tanah yang tidak beraturan.
2. Mampu mempertahankan tegangan geser yang ditimbulkan oleh gaya vertikal dan gaya ke bawah.
3. Mampu memindahkan beban dari bangunan yang lebih tinggi ke tanah pondasi yang lebih rendah untuk memperkuat struktur pondasi bangunan.

Pondasi tiang pancang yang biasa disebut tiang pancang adalah pondasi kuat yang digunakan untuk konstruksi tiang pancang. Instrumen ini meliputi penggerak tiang pancang getaran, palu diesel, palu hidrolis, dan palu jatuh. Untuk menciptakan lebih banyak tekanan, diameter ujung tiang diturunkan. Lebih banyak tekanan berarti akan lebih mudah untuk mendorong tiang ke tanah.

Daya dukung dan keamanan struktur bangunan dapat ditingkatkan dengan menambah kedalaman tiang pancang yang menembus lapisan tanah yang padat. Perencanaan bangunan seringkali mencakup perencanaan untuk bangunan atas dan bangunan bawah. Istilah "konstruksi atas" mengacu pada elemen struktural seperti pelat, balok, dan kolom yang terletak di atas tanah. Yang dimaksud dengan "sub konstruksi" adalah komponen konstruksi bawah tanah, seperti pondasi.

Hardiyatmo, H.C. (2002) memaparkan sederhananya, pondasi mendistribusikan berat bangunan ke lapisan tanah bawahnya. Ini adalah komponen struktural terendah dari sebuah struktur bangunan. Pondasi dangkal dan dalam adalah dua jenis pondasi yang berbeda. Pondasi dangkal adalah pondasi yang hanya dapat menahan sedikit beban sambil secara langsung menopang bobot struktur. Pondasi yang dalam memikul beban konstruksi yang sangat besar sambil membiarkan beban bangunan menembus batuan yang sangat dalam atau tanah yang keras.

## 2.2 Jenis-jenis pondasi

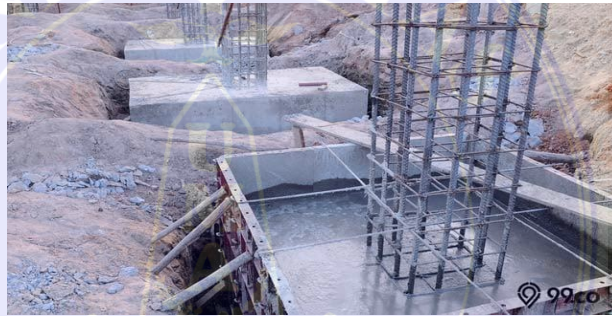
Titik terendah bangunan, pondasi, mendistribusikan beban dari puncak struktur ke tanah. Jenis pondasi berdasarkan bentuk dan kedalamannya. Jenis pondasi dibagi menjadi:

## 1. Pondasi dangkal

Jenis bangunan menentukan pondasi dangkal mana yang digunakan, antara lain:

### A. Pondasi Telapak (*spread footing*)

Pijakan yang terletak di bawah kolom adalah struktur beton bertulang yang berbentuk seperti pijakan. Untuk memastikan bahwa persyaratan struktural bangunan bertingkat dapat dipenuhi, pondasi semacam ini juga digunakan pada struktur tersebut. Contoh pondasi telapak tangan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Pondasi Telapak (Chairunnisa, 2019)

### B. Pondasi Memanjang (*continuous footing*)

Dapat berbentuk persegi panjang atau trapesium, digunakan untuk menopang berat bangunan yang memanjang. Contoh pondasi telapak tangan adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Pondasi memanjang (Rahmatika, 2022)

### C. Pondasi rakit

Untuk mentransfer beban struktural ke tanah atau batu terdekat, pondasi rakit beton digunakan di dasar struktur. Contoh pondasi rakit diberikan di sini:



Gambar 3. Pondasi Rakit (Rahmatika, 2022)

### D. Pondasi Dalam

Berat struktur dan keadaan permukaan tanah berdampak pada daya dukung pondasi ketika bangunan dibangun di atas tanah yang berada di bawah kedalaman tertentu. Pondasi yang dalam terkadang dibangun lebih dari 3 meter di bawah permukaan bumi. banyak desain pondasi dalam:

### E. Pondasi Sumuran (*pier foundation*)

Di antara pondasi tiang pancang dan pondasi dangkal, pondasi sumur merupakan jenis pondasi antara. Lapisan tanah keras ditemukan pada kedalaman lebih dari 3 meter, dan pondasi sumur dibangun di atas tanah yang tidak subur. Contoh pondasi sumuran:

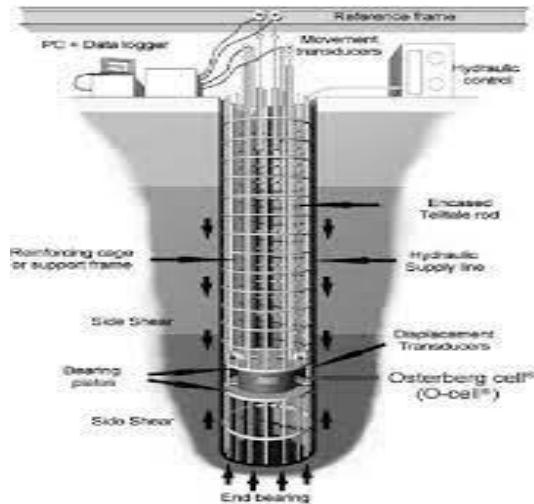




Gambar 4. Pondasi Sumuran (Rahmatika, 2022)

#### F. Pondasi Bore Pile

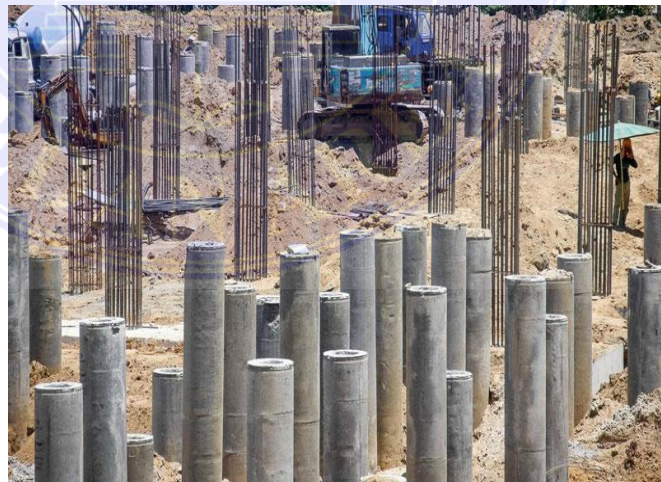
Kedalaman tertentu di bawah permukaan bumi dicapai dengan menggunakan bentuk pondasi dalam yang disebut pondasi tiang bor. Pondasi tiang bor pada dasarnya berfungsi sebagai pondasi tapak bangunan. Kelebihan dari pondasi ini adalah dapat menopang beban yang lebih berat dibandingkan dengan jenis pondasi lainnya. Pilar pondasi yang baik untuk mencegah tumpukan bergeser ke samping adalah tiang bor, terutama jika proyek konstruksi terletak di tanah liat atau tanah basah. Selain itu, saat pembangunan dimulai, kerangka akan mengurangi visibilitas gelombang di tanah. Ini adalah contoh pondasi bor.



Gambar 5. Pondasi *Bore Pile* (Rahmatika, 2022)

### G. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang digunakan sebagai pondasi bangunan apabila tanah di bawah dasar bangunan tidak dapat menahan beban struktur dan beban kerja terletak pada lapisan permukaan tanah yang paling dalam, yaitu pada kedalaman lebih dari 8 meter.



Gambar 6. Pondasi Tiang Pancang (Yani, 2022)

### 2.3 Pondasi Tiang

Ketika suatu struktur harus ditopang oleh lapisan tebal tanah yang stabil, digunakan pondasi tiang pancang. Secara khusus, pondasi tiang menopang struktur bertingkat tinggi yang rentan terhadap tekanan balik yang disebabkan oleh angin dan beban gempa. Selain itu, bangunan ini menahan gaya yang mengangkatnya. Konstruksi tiang pancang digunakan di Rumah Sakit Columbia Asia Medan.

### 2.4 Penggolongan Pondasi Tiang Pancang

Struktur bangunan lebih tahan terhadap tekanan vertikal sepanjang sumbu tiang berkat adanya pondasi tiang pancang, suatu bentuk pondasi yang dapat memindahkan beban struktur bangunan ke lapisan tanah. Jenis tumpukan dikategorikan menjadi empat kelompok sesuai dengan bahan yang digunakan:

- Tiang Pancang Kayu.
- Tiang Pancang Baja (*Steel Pile*).
- Tiang Pancang Beton (*Concrete Timber Pile*).
- Tiang pancang komposit.

#### A. Tiang pancang kayu (*Timber Pile*).

Fondasi metode pertama terbuat dari tumpukan kayu. Tumpukan kayu dibuat dari batang pohon, salah satu ujungnya ditumbuk ke tanah, dan biasanya ditutup dengan bahan pengawet. rumah pinggir pantai.

Kelebihan tiang pancang kayu:

- Bobotnya yang ringan sehingga lebih mudah dalam pengangkutan.
- Memiliki daya tarik yang kuat sehingga memudahkan dalam proses pemancangan.
- Sangat mudah dalam proses pemotongan apabila kayu tidak bisa masuk kedalam tanah dalam proses pemancangan.
- Dibandingkan dengan jenis tiang lainnya, tiang kayu lebih fleksibel dalam arah *horizontal*. Jika tumpukan ini terkena tekanan horizontal yang tidak sama, mereka akan melentur sebelum segera kembali ke bentuk semula.

Kekurangan tiang pancang kayu

- Jenis kayu bertahan jauh lebih sedikit daripada jenis tiang lainnya
- Tiang pancang kayu relatif lemah terhadap jamur penyebab pembusukan.
- Pada proses pemancangan,tanah yang berbatu akan menyebabkan ujung



Gambar 7. Tiang pancang kayu (Kania, 2019)

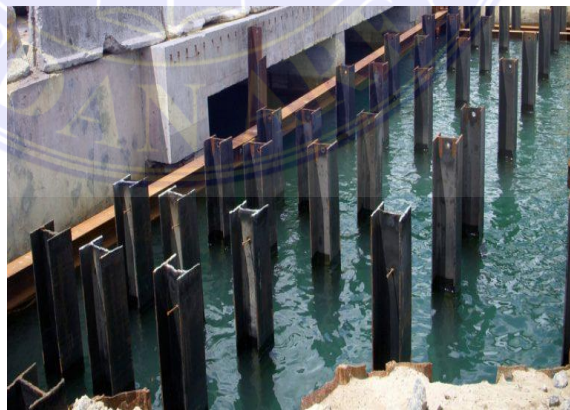
## **B. Tiang Pancang Baja (*Steel Pile*).**

Profil H dari tumpukan baja ini khas. Tidak seperti tiang pancang beton pracetak, yang mungkin pecah saat diangkat atau dibawa, tiang pancang ini terbuat dari baja dan memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Oleh karena itu, jika kita menginginkan tiang pancang yang panjang dengan ketahanan ujung yang besar, menggunakan tiang pancang baja akan sangat menguntungkan.

- Jumlah kelembapan di dalam tanah, panjang tiang di dalam tanah, dan kekasaran tanah semuanya berdampak besar pada seberapa cepat tiang baja terkorosi.

- Pada tanah dengan tekstur tanah kasar atau kasar, karat yang terbentuk akibat pergerakan air di dalam tanah hampir sama dengan karat yang terbentuk di bagian luar.

- Ini akan mengembangkan tingkat karat pada tanah liat, yang memiliki oksigen lebih sedikit, yang sebanding dengan kondisi karat akibat terendam air



Gambar 8. Tiang pancang baja (Kania,2019)

### C. Tiang Pancang Beton (*Concrete Timber Pile*)

#### 1) Tiang Beton Pracetak

Dengan pondasi tiang pancang yang menggunakan beton pratekan sebagai rangkanya, tiang pancang ini disebut juga dengan tiang pancang beton prategang. Sebaliknya, saat meletakkan pondasi ke dalam tanah, pondasi didorong ke dalam bumi dengan menggunakan alat pemancang.

Sebagai elemen struktural, tiang dapat mendukung beban tekan eksternal. Beton prategang jarang digunakan dalam komponen tekan karena struktur beton bertulang mampu mendukung beban tekan dengan tepat tanpa memerlukan gaya prategang. Namun, kasus tiang pancang berbeda karena tiang pancang akan membengkok saat digerakkan; pembengkokan ini akan mengakibatkan tarikan pada sisi beton, yang dalam keadaan tertentu dapat mengakibatkan retakan pada beton. Struktur harus diperkuat terhadap pengaruh lentur dengan menerapkan gaya prategang untuk mengantisipasi kejadian ini.

Keuntungan menggunakan beton *Precast Prestressed Concrete Pile* :

- Kapasitas besar untuk menahan beban dan momen.
- Mengurangi lendutan dan tekukan untuk mencegah patah tulangan yang dapat mengurangi daya dukung tiang pancang.

- Ketahanan yang lebih baik daripada beton tradisional karena ketahanannya terhadap retak, yang membuat konstruksi tetap stabil.
- Karena diselesaikan menggunakan perhitungan yang cermat dan akurasi yang tinggi, kualitas terjamin.

Kerugian menggunakan beton *Precast Prestressed Concrete*

*Pile* :

- Karena bobotnya yang berat, biaya pengiriman menjadi mahal.
- Bila tiang pancang kurang, maka untuk menyambung memerlukan alat penyambung khusus.
- Bila perlu pemotongan, dalam pelaksanaannya lebih sulit dan memerlukan waktu yang lebih lama.

2) *Cast in place*

Dengan menggali lubang dalam tanah dan meletakkan beton di dalamnya, pondasi tiang pancang ditempatkan pada posisinya. Pipa baja yang didorong ke tanah lebih umum daripada mengebor lubang di tanah.

#### **D. Tiang Pancang Komposit**

Tiang komposit yang terbuat dari dua bahan digabungkan untuk membentuk jaringan pondasi. Dengan menghubungkan bagian atas dan bawah tiang dengan bahan yang berbeda, seperti beton permukaan air, pondasi tiang pancang dapat dibangun. Kayu mentah dan tanah digunakan untuk membuat komponen. Karena biaya dan kesulitan menghubungkan, strategi ini dibatalkan. Karena biaya dan kesulitan menghubungkan, strategi ini dibatalkan. Karena masalah sambungan sambungan berfungsi sebagai penghubung antara dua material, terutama kayu dan beton, pendekatan ini menjadi ketinggalan zaman. Beton dan baja saling menempel dengan baik. Beton dan baja saling menempel dengan baik.

#### **Tanah**

Untuk stabilitas pondasi bangunan digunakan jenis tanah:

##### **1. Tanah Pasir**

Partikel besar disebut sebagai tanah berpasir. Tanah ini terbuat dari batuan sedimen dan batuan beku dengan butiran besar dan kasar, atau yang biasa disebut kerikil.

##### **2. Tanah Padas**

Karena air di humus menghilangkan mineral dari tanah Padas, ini adalah salah satu jenis tanah yang paling tebal. Akibatnya kandungan tanah sudah habis, dan material yang tersisa adalah batuan induk yang sudah lapuk.



### 3. Tanah Berbatu

Tidak perlu khawatir membangun di atas batu karena seberapa efektif kekerasannya dapat mengikat dan menopang bobot struktur. Namun, stabilitas konstruksi harus diperhatikan sekali lagi pada batuan kapur yang berlubang karena dapat mengancam bangunan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan tanah:

#### - Cuaca

Cuaca sangat berperan dalam pembentukan tanah. Cuaca merupakan faktor pedogenesis karena tanah berubah dalam jangka waktu yang lama. Curah hujan, suhu, dan pola badai hanyalah beberapa hal yang berdampak pada perubahan iklim ini. Air dan energi matahari berdampak langsung pada pembentukan tanah sebagai akibat dari iklim. Banyak organisme tanah menggunakan air sebagai substrat untuk reproduksi, dan sinar matahari berdampak pada kandungan air tanah.

#### - Organisme

Proses yang menciptakan tanah secara signifikan dipengaruhi oleh manusia, hewan, dan tumbuhan. Mengenai efek vegetasi, telah ditunjukkan bahwa tanah di bawah pohon seringkali kurang kaya humus dan lebih asam daripada tanah di bawah rerumputan. Karena kedua spesies tumbuhan menghasilkan jumlah serasah yang berbeda, perbedaan ini dapat terlihat. Selain itu, dengan mengubur atau menghilangkan profil tanah saat bekerja, manusia dapat mempengaruhi *pedogenesis*.

- Topografi

Topografi sebidang tanah, yang juga mencakup komposisi geologi, ketinggian di atas permukaan laut, kemiringan, dan tata letak, merupakan salah satu variabel yang memengaruhi pemanfaatannya. Siklus hidrologi, transpirasi, dan proses terkait lainnya dipengaruhi oleh bahan induk atau lokasi tanah selama *pedogenesis*.

- Materi Induk

Bahan induk adalah komponen awal yang berkontribusi pada tanah. Partikel terkonsolidasi dan tidak terkonsolidasi, seperti endapan air, abu vulkanik, atau bahan organik, dapat ditemukan di bahan induk. Partikel yang terkonsolidasi termasuk batuan.

- Waktu

Tanah yang terbuat dari batuan keras membutuhkan waktu lebih lama untuk berkembang daripada yang terbuat dari bahan induk lepas. Tanah dibangun di atas batu, yang membutuhkan waktu jutaan tahun untuk berubah menjadi tanah. Batu berubah menjadi tanah melalui proses yang dikenal sebagai pelapukan, atau konversi batu menjadi tanah.

## A. Daya Dukung Tanah

Kemampuan tanah untuk menopang berat bangunan disebut sebagai daya dukungnya. Daya dukung tanah diperiksa untuk mencegah keruntuhan geser dan pengendapan saluran yang berlebihan. Jenis dan karakteristik tanah menentukan daya dukungnya.

Di sektor geoteknik, khususnya dalam latihan tiang pancang, seperti bidang data dan laboratorium pengujian data, beberapa cara untuk menentukan daya dukung tanah untuk tiang individu atau kelompok tiang telah dieksplorasi, dikembangkan, dan digunakan secara luas.

Kemampuan daya dukung tanah perlu dipastikan agar dapat tercipta pondasi yang dapat menopang beban bangunan yang akan datang. Jika daya dukung tanah tidak mencukupi untuk mendukung beban konstruksi yang diharapkan, studi khusus untuk menaikkan daya dukung tanah ke level maksimum dapat dilakukan dengan menggunakan data daya dukung tanah.

Untuk menetapkan daya dukung tanah dengan mendapatkan nilai "N" dari pengujian ini, maka dilakukan Uji Penetrasi Standar (SPT), dilanjutkan dengan uji *Sondir*, *Penetrasi Cone*, dan pengujian laboratorium (*Laboratory Test*), yang dilakukan di lapangan. Tes ini semua angka hasil untuk daya dukung tanah, yang digunakan sebagai panduan untuk mengetahui daya dukung pondasi. Menerapkan metode statistik dan prosedur analitis berdasarkan data lapangan diperlukan saat merancang pondasi tiang pancang.

Standard Penetration Test (SPT), menurut Joseph E. Bowles, adalah teknik pengujian yang digunakan bersamaan dengan pengeboran untuk melihat lebih dalam apa yang ada di bawah permukaan bumi. "Dasar-dasar Analisis Geoteknik" menyatakan bahwa uji penetrasi standar paling sering digunakan untuk menentukan kerapatan relatif tanah granular. Meskipun uji ini kadang-kadang digunakan untuk tujuan ini, tidak ada hubungan yang sangat baik antara uji tersebut dan kuat geser tanah kohesif. Akibatnya, sangat

penting untuk menginterpretasikan temuan tes dengan sangat hati-hati. Jumlah pukulan yang diterima mungkin berperan.

Uji lubang, yang merupakan uji lapangan paling akurat dan tepat untuk semua jenis tanah dan diperlukan untuk pengujian berikutnya, mahal, memakan waktu, bermasalah (membutuhkan transportasi yang tepat), dan tidak sesuai untuk bangunan sederhana dan langsung. Pelaksanaan uji yang memakan waktu selalu diikuti dengan uji penetrasi (SPT). Variabel-variabel berikut mempengaruhi biaya N-SPT:

1. Berapa banyak daya yang dibutuhkan untuk sampai ke sampel Energi palu adalah elemen yang menentukan jumlah energi yang dimaksudkan. Perbedaan energi ini sebagian besar disebabkan oleh hilangnya energi akibat gesekan sepanjang tali yang melilit cathead atau kabel baja yang terpasang pada drum, gesekan pada puli, ukuran diameter cathead, landasan, jumlah roda pada katrol, dan jenis palu.

2. Pengaruh Panjang Rod

Scimcilniann dan Palcios (1979) menyatakan bahwa panjang batang rod yang lebih dari 10 m maka tabung SPT akan menerima seluruh energi  $E_r$ . Dengan panjang batang rod yang lebih pendek tabung SPT akan menerima energi  $E_r$  yang lebih kecil, sehingga harus dilakukan pemeriksaan kembali untuk panjang rod kurang dari 10 m.

3. Unsur-unsur seperti kedalaman lubang bor, kecerobohan dalam menghitung tumbukan, dan sampel yang rusak.

4. Jenis Tanah

Faktor jenis tanah sangat berpengaruh, untuk pasir yang padat dan halus serta kelanauan tanah akan mempengaruhi nilai N-SPT.

Salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebelum konstruksi dapat dimulai adalah mengetahui jenis tanah tempat fasilitas akan didirikan. Memahami berbagai jenis tanah akan memungkinkan seseorang untuk mengembangkan bangunan tahan gempa menggunakan analisis stabilitas, perhitungan desain pondasi, dan pengetahuan tentang reaksi seismik situs. Dengan memeriksa karakteristik teknis tanah, kapasitas daya dukung tiang dapat dihitung secara statistik, sementara perhitungan dinamis diselesaikan dengan menilai daya dukung akhir menggunakan informasi yang diperoleh dari data penggerak tiang. Perencanaan pondasi ini akan mempertimbangkan dua jenis pondasi yaitu pondasi bor dan pondasi tiang bor dengan beton bertulang. Dengan memeriksa parameter teknis tanah, seseorang dapat mengevaluasi secara statistik daya dukung tiang pancang. Perhitungan dinamis kemudian diselesaikan dengan mencari daya dukung akhir menggunakan informasi yang diperoleh dari data tiang.

Dua bentuk pondasi yang berbeda, pondasi bor dan pondasi tiang bor beton bertulang, akan dipertimbangkan saat merencanakan pondasi ini. Dalam hal ini, teknik *Mayerhoff* dan pendekatan *Aoki dan de Alencar* akan digunakan untuk menentukan daya dukung tiang bor. Dua jenis pondasi

akan dipertimbangkan dalam hal ini: pondasi bor dan pondasi tiang pancang dengan beton bertulang. Adalah layak untuk menilai kemampuan daya dukung tiang secara statistik dengan melihat karakteristik teknis tanah. Daya dukung ultimit kemudian ditentukan dengan menggunakan informasi yang diperoleh dari data tiang, menyimpulkan perhitungan dinamis. Secara garis besar persamaan yang digunakan dalam kajian daya dukung tiang pancang berdasarkan SPT adalah sebagai berikut:

### 2.7.1 Pondasi tiang

Ketika tanah dasar yang kuat terjadi pada kedalaman yang sangat dalam, digunakan pondasi yang dalam, seperti pondasi tiang pancang. Persamaan berikut menghitung daya dukung ultimit:

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s: \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung aksial maksimum tiang pancang.

$Q_p$  = Kemampuan resistensi ujung tiang.

$Q_s$  = Kapasitas tahanan kulit.

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas.

$A_b$  = Luas di ujung tiang.

$F$  = Area satuan ketahanan kulit.

$A_s$  = Luas kulit tiang pancang.

## 2.7.2 Daya Dukung Ujung Tiang.

### 1. Tanah Pasir

Pasir adalah zat partikel besar yang dikenal sebagai tanah. Butiran besar dan kasar dari batuan sedimen dan batuan beku, atau kerikil seperti yang lebih dikenal, membentuk tanah ini.

Menurut *Mayerhof* (1976), prosedurnya adalah sebagai berikut:

$$Q_{p1} = A_p \cdot Q_p = A_p \cdot q \cdot N_q \dots\dots\dots(2.2)$$

Harga  $q_p$  tidak boleh melebihi batas daya dukung  $q_1$  karena ujung tiang tidak boleh lebih besar dari ambang ini.

$$Q_{p2} = A_p \cdot q_1 = A_p \cdot 5 \cdot N_q \cdot \tan \phi \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

- $Q_p$  = daya dukung ujung tiang
- $q_p$  = daya dukung per satu luas
- $A_p$  = luas penampang ujung tiang
- $q$  = tegangan vertikal efektif

Daya dukung akhir tiang kemudian ditentukan dengan membandingkan nilai  $Q_{p1}$  dan  $Q_{p2}$  dan memilih yang terendah.

### 2. Tanah Lempung

Tanah lempung memiliki sejumlah ciri, seperti laju ekspansi dan kontraksi yang cepat, ukuran butir yang kecil lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas terbatas, kenaikan air kapiler tinggi, dan konsolidasi lambat. Hardiyatmo tahun 1992. Rumus sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c^* = 9 \cdot c_u \cdot A_p \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan:

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang

$A_p$  = luas penampang ujung tiang

$N_c^*$  = faktor daya dukung ujung

$c_u$  = kohesi

### 2.7.3 Daya Dukung Selimut tiang

Rumus berikut digunakan untuk menghitung daya dukung selimut tiang:

$$Q_s = \sum a_s \cdot f \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

$A_s$  = luas selimut tiang =  $p \times \Delta L$

$P$  = keliling tiang

$\Delta L$  = panjang segmen tiang

$F$  = gesekan selimut satuan

$Q_s$  dibedakan berdasarkan :

- a. Tanah pasir
- b. Tanah lempung

#### - Tanah Pasir

Formula yang digunakan adalah:

$$f = K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta \dots \dots \dots (2.6)$$



Dimana:

$$K = \text{konstanta} = 1 - \sin \phi$$

$\sigma_{1v}$  = tegangan vertikal efektif tanah, yang dianggap konstan setelah kedalaman 15 D

Untuk tiang pancang K ditentukan sebagai berikut :

$$K = K_0 \quad (\text{batas bawah})$$

$$K = 1.80 K_0 \quad (\text{batas atas})$$

Dimana :

$K_0$  = koefisien tekanan tanah *at rest*

$$= 1 - \sin \phi$$

$\phi$  = sudut geser dalam ( $^{\circ}$ )

Harga K dan  $\delta$  menurut Tomlinson (1986) ditentukan berdasarkan

Tabel 1. Harga K dan  $\delta$  ( Sumber Tomlinson, 1986)

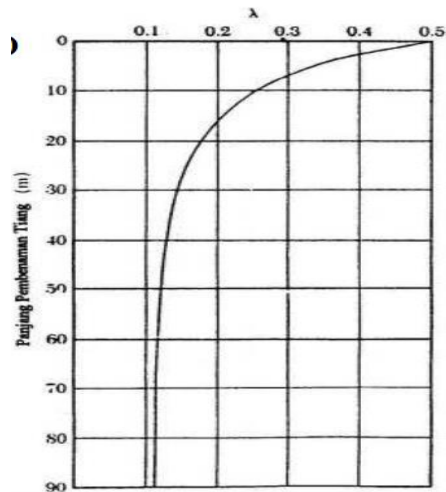
Bahan tiang	$\delta$	Nilai K Dr rendah	Dr tinggi
Baja	20°	0,5	1,0
Beton	3/4 $\phi$	1,0	2,0
kayu	2/4 $\phi$	1,5	4,0

### - Tanah Lempung

Ada tiga cara berbeda untuk menghitung rumus berikut, yang digunakan untuk menentukan gesekan selimut di tanah liat:

Metode Lambda (vijay vergiya dan Focht)

$$f_{ave} = \lambda \cdot (\sigma'_{ave} + 2 C_{uave})$$



Gambar 9. Koefisien  $\lambda$ . Vijaya (Das, 1990)

Dimana :

$\Lambda$  = Konstan (gbr 2.1)

$\sigma_{ave}$  = tegangan vertikal efektif rata-rata

$c_{uave}$  = kohesi rata – rata

$f_{ave}$  = gesekan selimut rata-rata

Berdasarkan persamaan pada Gambar 2.3, dapat dijelaskan nilai rata-rata tegangan *vertikal* efektif ( $\sigma'_{ave}$ ).

$$\sigma'_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{L} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$A_i$  = area luas diagram tegangan *vertikal* efektif

$L$  = panjang tiang

Sedangkan.

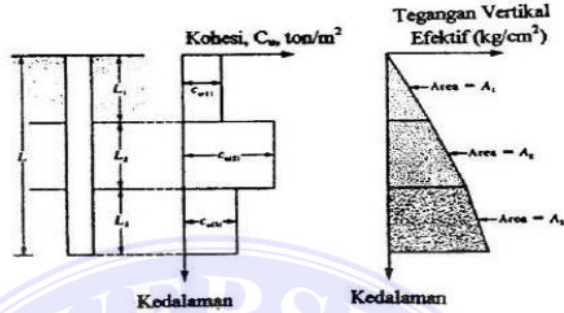
$$c_{uave} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{L} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

Cui = kohesi (lapis i)

Li = panjang segmen tiang (lapis i)

L = panjang tiang



Gambar 10. Aplikasi metode  $\lambda$  pada tanah berlapis (Das,1990)

1. Metode Alpha (Tomlinson)

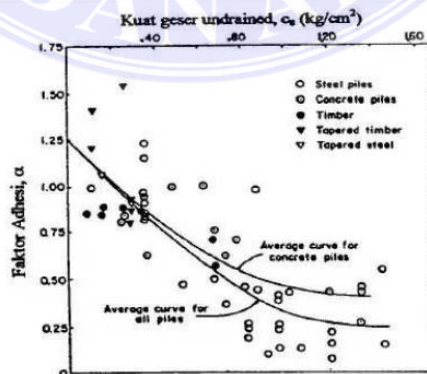
$$f_s = \alpha \cdot c_u \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

$f_s$  = gesekan selimut

$\alpha$  = konstanta (gbr 2.5)

$c_u$  = kohesi



Gambar 11. variasi harga  $\alpha$  terhadap harga  $c_u$  (tomlinson,1977)

- **Metode perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang**

Kemampuan tiang untuk menahan beban disebut sebagai daya dukungnya. Jika ukuran daya dukung pondasi dangkal adalah tekanan (kPa), maka ukuran daya dukung tiang adalah gaya (kN). Persamaan umum, yang terlihat seperti berikut, digunakan untuk mengetahui daya dukung maksimum tiang.

$$(Q_u): Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots(2.11)$$

$$Q_b = A_b \cdot f_b \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Q_s = A_s \cdot f_s \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan:

$Q_u$  = Kekuatan bantalan maksimum tiang (kN)

$Q_s$  = Tahanan Gesekan Tiang (kN),

$Q_b$  = Tahanan Ujung Tiang (kN).

$A_b$  = Luas ujung bawah tiang (dalam m<sup>2</sup>)

$A_s$  = Luas tutup tiang (m<sup>2</sup>)

Kapasitas daya dukung ultimate tiang pancang dapat dihitung dengan beberapa cara antara lain:

- **Metode Mayerhof (1976)**

Nilai N dari hasil pengujian SPT digunakan untuk memperkirakan daya dukung maksimum secara eksperimental. Menurut Hardiyatmo (2010), Metode *Mayerhof* (1976) menyarankan menggunakan persamaan berikut untuk menentukan tahanan ujung tiang.

$$: Q_b = A_b (38\bar{N}) \left(\frac{L_b}{d}\right) \leq 380\bar{N} (A_b) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan,

$N$  = Nilai  $N$  rata-rata yang ditentukan dari  $4d$  di bawah dasar tiang hingga  $8d$  di atasnya,

$L/d$  = Rasio kedalaman, yang bisa kurang dari  $L/d$  jika tanahnya bertingkat

$A_b$  = Luas ujung bawah tiang.

Untuk tahanan ujung tiang dengan memperhatikan faktor kedalaman, *Mayerhof* (1976) menyarankan:

a. Untuk tiang dalam pasir dan krikil:

$$f_b = 0,4N_{60}' \left(\frac{L}{d}\right) \sigma_r \leq 4N_{60}' \sigma_r \dots\dots\dots(2.15)$$

b. Untuk tiang dalam lanau tidak plastis:

$$f_b = 0,4N_{60}' \left(\frac{L}{d}\right) \sigma_r \leq 3N_{60}' \sigma_r \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan:

$f_b$  = Tahanan ujung satuan tiang ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma_r$  = Tenggangan referensi =  $100 \text{ kN/m}^2$

$L$  = Kedalaman penetrasi tiang

$d$  = Diameter tiang (m)

$N_{60}'$  =  $N$ -SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan *overburden*.

Nilai maksimum dari persamaan 2.6 diberikan, bila  $\geq 7,5$ .

Pendekatan Mayerhof 1976 memberikan persamaan berikut untuk menghitung tahanan gesek satuan ( $f_s$ ) (Hardiyatmo, 2010):

- a. Untuk tiang pancang pada tanah tidak kohesif (pasir) digunakan persamaan:

$$f_s = \frac{1}{50} \sigma N_{60} \dots \dots \dots (2.17)$$

- b. Untuk tiang perpindahan kecil (bor) pada tanah tidak kohesif (pasir) digunakan persamaan :

$$f_s = \frac{1}{100} \sigma_r N_{60} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan,

$N_{60}$  = N-SPT yang koreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan saja.

$\sigma_r$  = Tegangan referensi = 100 kN/m<sup>2</sup>

$f_s$  = Tahanan gesek satuan tiang (kN/m<sup>2</sup>)

- **Metode Vesic (1977)**

Pengurangan elastisitas tiang pancang di bawah beban kerja *vertikal* ( $Q_w$ ) dinyatakan dengan persamaan berikut (Bowles, 2010).

Dengan :

$S$  = Penurunan tiang total.

$S_1$  = Penurunan batang tiang.

$S_2$  = Penurunan tiang akibat beban titik.

$S_3$  = Penurunan akibat beban yang tersalur sepanjang batang.

Untuk penurunan batang tiang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$S1 = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{ws}) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dengan:

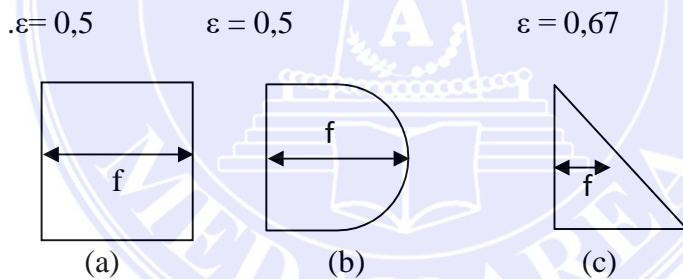
$Q_{wp}$  = Bahan yang dipikul ujung tiang dibawah kondisi beban kerja ( $Q_b/F$ ) (kN)

$Q_{ws}$  = Beban yang dipikul kulit tiang dibawah kondisi beban kerja ( $Q_a/F$ ) (kN),

$A_p$  = Luas penampang tiang ( $m^2$ ),

$E_p$  = Modulus bahan tiang.

Distribusi resistensi kulit sepanjang tumpukan menentukan ukurannya. Nilai  $f$  adalah 0,5 jika distribusinya seragam atau parabola, seperti yang ditunjukkan pada gambar (a) dan (b). Namun, bentuk segitiga distribusi  $f$  (c) memiliki nilai sekitar 0,67 (Vesic, 1977).



Gambar 12 Jenis distribusi tahanan kulit sepanjang tiang(Harditmatmo, 2003)

Menggunakan persamaan berikut untuk memperkirakan penurunan tumpukan yang disebabkan oleh beban titik:

$$S2 = \frac{Q_{wp} \cdot C_p}{D \cdot q_p} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dengan:

$C_p$  = Koefisien empiris dapat dilihat di tabel

$Q_p$  = Tahanan ujung batas tiang

Tabel 2. Nilai-nilai koefisien empiris ( *Bowles,2010*)

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir (padat ke lepas)	0,02 – 0,04.	0,09 – 0,18
Lempung (kaku ke lunak)	0,02 – 0,03.	0,03 – 0,06
Lanau (padat ke lepas)	0,02 -0,05.	0,09 – 0,12

Ketika beban tersebar di sepanjang batang, persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung penurunan tiang:

$$S_3 = \frac{Q_{ws}.C_s}{L.q_p} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dengan :  $C_s =$  konstanta empiris =  $\left( 0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{L}{D}} \right).C$

#### - Daya Dukung Kelompok Tiang

Kelompok adalah kumpulan dari beberapa tumpukan yang bekerja bersama sebagai satu kesatuan. Kelompok tiang adalah nama lain dari istilah kelompok tiang (pijakan) yang menyatukan kelompok tiang sering ditempatkan di atas kelompok tiang. (1991 Sardjono).

Kapasitas kumpulan tiang belum tentu sama dengan kapasitas total tiang individualnya. Hal ini dapat terjadi jika tiang pancang diletakkan di atas lapisan penyangga yang dapat dikompresi dengan cepat, atau jika tiang pancang diletakkan di atas lapisan tanah yang tidak mudah hancur tetapi memiliki lapisan lunak di bawahnya. Stabilitas tiang pancang ditentukan oleh dua faktor, yaitu:

1. Kapasitas tanah untuk menopang seluruh berat struktur bila ditempatkan di bawah kelompok tiang.



2. Hasil konsolidasi tanah di bawah kelompok tiang pancang.

Berbagai faktor, termasuk jumlah tiang dalam satu kelompok, jaraknya, dan keefektifannya, harus diperhitungkan sebelum menghitung daya dukung kelompok tiang.

**a. Jumlah Tiang**

Berdasarkan berat pondasi dan daya dukung tiang yang diizinkan, jumlah tiang yang dibutuhkan ditentukan dengan rumus di bawah ini

$$n = \frac{P}{Qa} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana :

P = beban yang bekerja (kN)

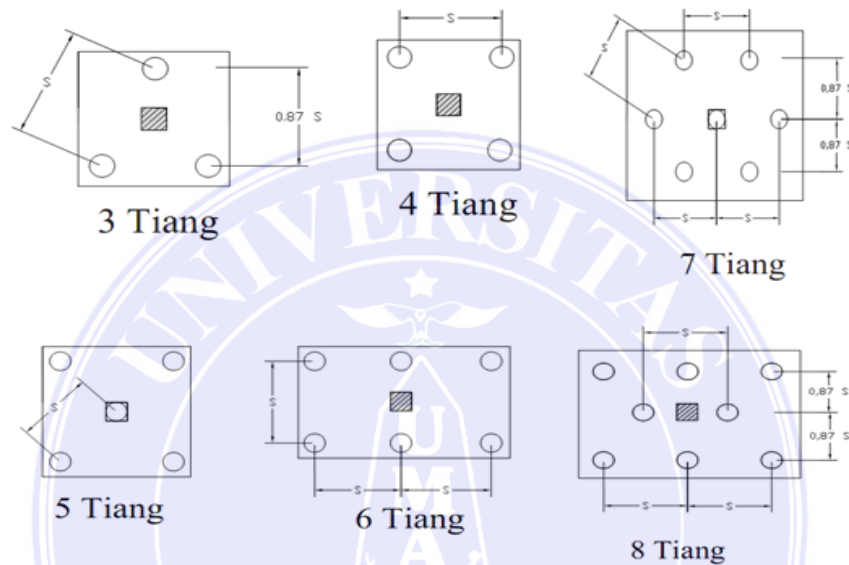
Qa = kapasitas dukung ijin tiang tunggal (kN)

**- Jarak Tiang (s)**

Jarak tiang Jarak antara tiang memiliki (s) Jarak tiang Jarak antara tiang memiliki dampak yang signifikan dalam menghitung daya dukung satu set tiang. Kode bangunan lokal mengatur jarak antara tiang yang digunakan untuk satu set tiang.dampak yang signifikan dalam menghitung daya dukung satu set tiang. Kode bangunan lokal mengatur jarak antara tiang yang digunakan untuk satu set tiang.Secara umum, semakin kecil ukuran *pile cap* , secara tidak langsung, semakin murah biayanya, semakin dekat jarak antar tiang. Namun, jika pondasi memikul beban momen, maka jarak tiang pancang harus ditambah, yang memerlukan peninggian tahanan momen (K. Wet Suryololono 1994).

### - Susunan Tiang

Luas denah pilecap sangat dipengaruhi oleh susunan tiang, yang pada gilirannya bergantung pada jarak tiang. Luas lantai pile cap akan bertambah dan membutuhkan beton lebih banyak akibat jarak antar tiang yang tidak rata atau terlalu lebar, yang akan menaikkan biaya konstruksi (K. Basah Suryoleno),1994



Gambar 13. Contoh susunan tiang (Harditatmo, 2003)

### - Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi kelompok tiang adalah perbandingan kapasitas kelompok terhadap jumlah kapasitas masing – masing tiang dalam satu *pile cap*.

Menurut Coduto (1983), efisiensi tiang bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
- Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
- Prosedur pelaksanaan pemancangan tiang.

- d. Jenis tanah.
- e. Waktu setelah pemancangan.
- f. Interaksi antara pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan tanah.
- g. Arah dari beban yang bekerja.

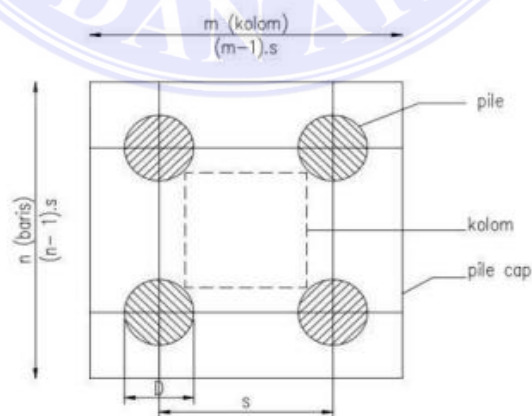
Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan efisiensi kelompok tiang:

- *Converse – Lebarre*

$$E_g = -\Theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana :

- $E_g$  = Efisiensi kelompok tiang
- $\Theta$  = arc tg d/s, (°)
- m = Jumlah baris tiang.
- n = Jumlah tiang dalam satu baris .
- d = Diameter tiang (m) .
- s = Jarak pusat ke pusat tiang (m).



Gambar 14. Baris Tiang Kelompok (Harditatmo,2003)

- *Los Angeles Group – Action Formula*

$$E_g = 1 - \frac{D}{n \cdot s \cdot m} [m \cdot (n - 1) + s \sqrt{2(m - 1)(n - 1)}] \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana :

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang.

$m$  = jumlah baris tiang.

$n$  = jumlah tiang dalam satu baris.

$D$  = diameter tiang (m).

$s$  = jarak pusat ke pusat tiang (m).

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana :

$Q_g$  = kapasitas ultimit kelompok tiang (KN)

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

$n$  = jumlah tiang dalam kelompok

$Q_a$  = kapasitas dukung ijin tiang (KN)

- **Penurunan tiang tunggal**

Ada dua kategori pengendapan tumpukan, yaitu: hanya satu tiang jatuh Pendekatan Poulos dan Davis (1980) diterapkan dalam metode pengendapan tiang tunggal. Untuk tiang apung (*footing pie*)

$$S = \frac{puI}{Esd} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\text{Dimana } I = I_o \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_m \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

S = penurunan kepala tiang

Pu = beban terfaktor yang bekerja pada tiang

I<sub>o</sub> = faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak muda mampat (incompressible) dalam massa semi tak terhingga (gambar 2.9)

R<sub>k</sub> = faktor koreksi kemudah mampatan (kompresibilitas) tiang untuk μ=0.5 (gambar 2.10)

R<sub>h</sub> = faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras (gambar 2.11)

R<sub>μ</sub> = faktor koreksi angka poisson μ (gambar 2.12)

H = kedalaman total lapisan tanah .

1. Untuk tiang dukung ujung

$$S = \frac{PuI}{Esd} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$I = I_o R_k R_h R_m \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana:

$S$  = penurunan kepata tiang

$P_u$  = beban ultimit yang bekerja pada tiang

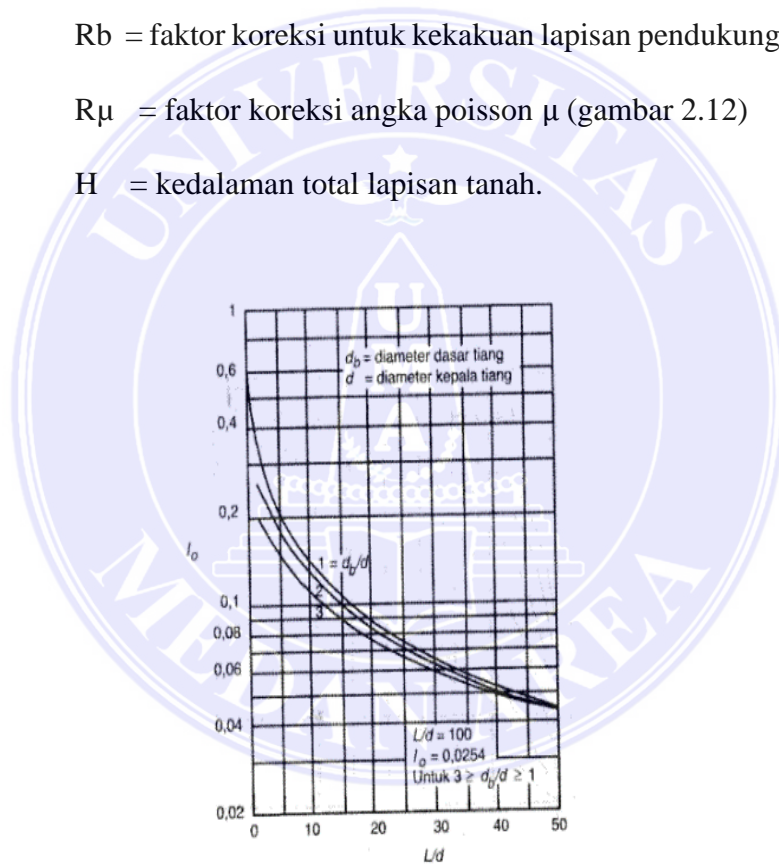
$l_o$  = faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat (*incompressible*) dalam massa semi tak terhingga (gambar 2.9 )

$R_k$  = faktor koreksi kemudahmampatan (kompresibilitas) tiang untuk  $\mu=0.5$  (gambar 2.10)

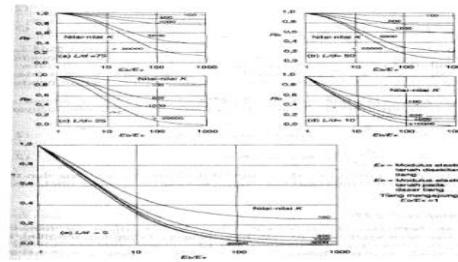
$R_b$  = faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung (gambar 2.11)

$R_\mu$  = faktor koreksi angka poisson  $\mu$  (gambar 2.12)

$H$  = kedalaman total lapisan tanah.



Gambar 15. Faktorpenurunan  $l_o$  (Davis,1980)



Gambar 16. koreksi kekakuan lapisan, Rb (davis,1980)

K adalah representasi dari kompresibilitas relatif tiang pancang dan tanah pada Gambar 2.10 dan diberikan oleh persamaan:

$$K = \frac{E_p}{E_s} \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana:

K = faktor kekakuan tiang

$E_p$  = modulus elastisitas bahan tiang

$E_s$  = modulus elastisitas tanah

- **Penurunan kelompok tiang**

Kombinasi dari penurunan elastis, atau penurunan segera, dan penurunan konsolidasi jangka panjang, atau penurunan yang terjadi dalam jangka waktu yang lama, menyebabkan penurunan tiang pancang di dalam kelompok tiang 2002 (Erny Harianti dan Anugrah Pamungkas).

Jumlah dari dua bentuk pengurangan yang berbeda adalah penurunan keseluruhan.

$$S = S_i + S_c \dots \dots \dots (2.31)$$

Dimana:

S = penurunan total

$S_i$  = *immediate settlement*

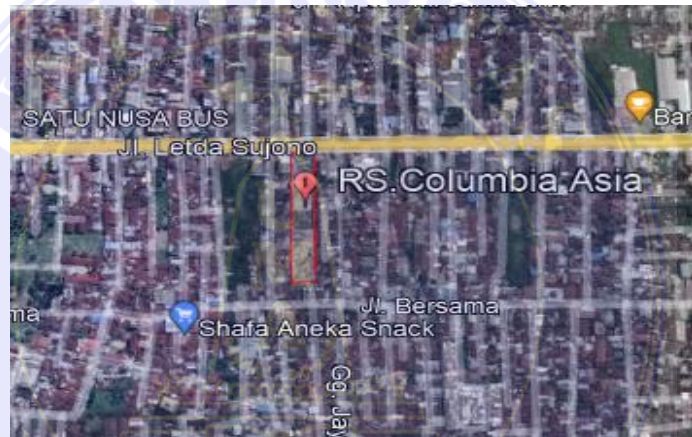
$S_c$  = *consolidation settlement*

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dalam struktur Rumah Sakit Columbia Asia di Jl. Letda Sujono di Desa Bandar Selamat, kec. Medan Tembung, Sumatera Utara. Gambar berikut menunjukkan di mana proyek Gedung Rumah Sakit Columbia Asia berlokasi:



Gambar 17. Lokasi Penelitian ( Google earth, 2023)

#### 3.2 Data Teknisi Proyek

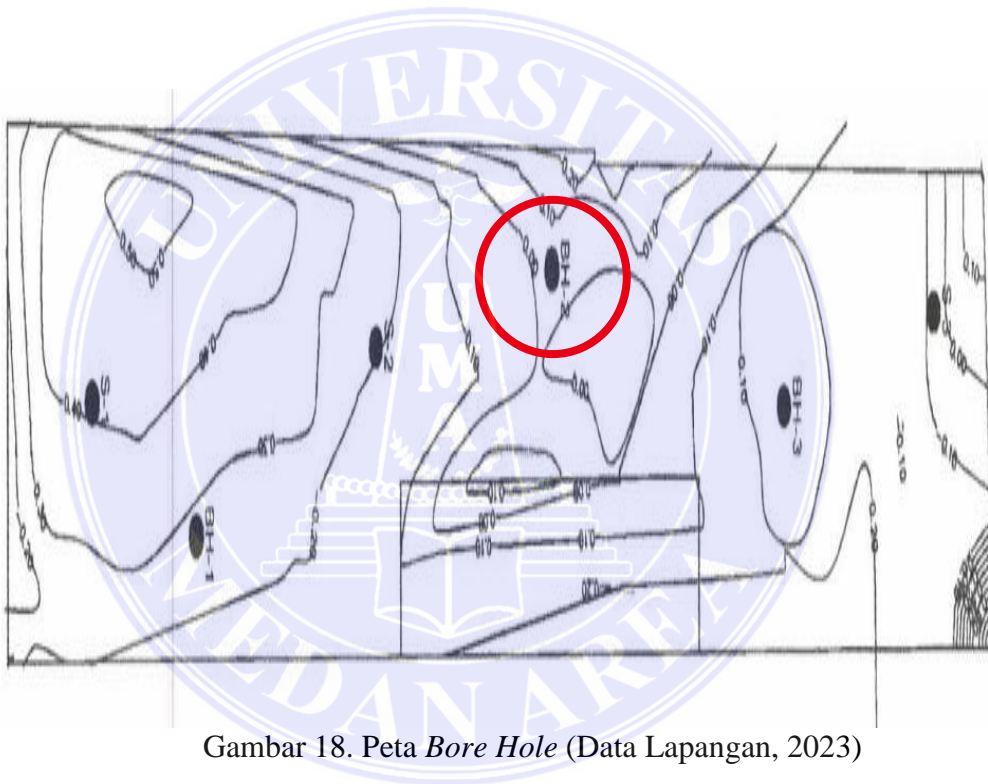
##### Data Umum

1. Nama Proyek : Rumah Sakit Columbia Asia
2. Konsultan Mk : PT.Biro Bangunan Selaras
3. Kontraktor Pelaksana : PT.Prima Abadi Jaya
4. Lokasi : Jl.Letda Sujono No.20 E Bandar Selamat  
Medan
5. Infrastruktur : Pembangunan Rumah Sakit Kelas D.



### Data Struktur

1. Jenis Konstruksi : Gedung Rumah Sakit
2. Jumlah Lantai : 8 Lantai, 1 lantai *basement*
3. Pajang Bangunan : 83,5 meter
4. Lebar Bangunan : 34,5 meter
5. Jenis Tiang Pancang : Tiang Pancang Group
6. Diameter Tiang pancang : 50 cm



Gambar 18. Peta *Bore Hole* (Data Lapangan, 2023)

### 3.3 Langkah Penelitian

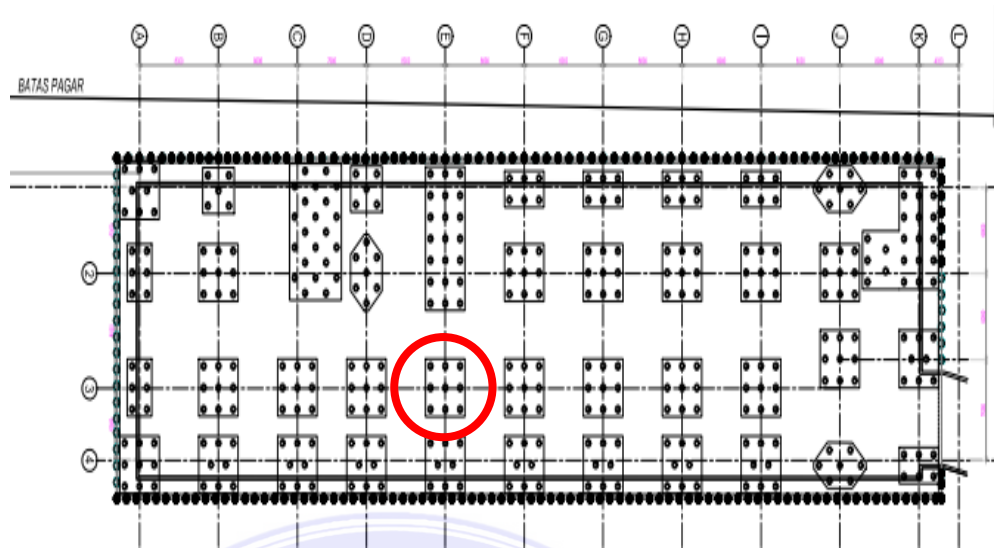
Fokus penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Rumah Sakit Columbia Asia. Pendekatan pengumpulan data berikut digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan masalah yang diteliti atau sedang ditangani.

#### A. Pengumpulan Data

Observasi lapangan adalah metode pengumpulan data. Agar daya dukung pondasi dan keadaan lapangan yang sebenarnya dapat ditentukan, pengumpulan data juga didokumentasikan dalam dokumentasi lapangan. Sumber data utama penulis adalah tes SPT, *Sondering*, dan PDA. Penulis menggunakan data sekunder data yang sudah ada sebelumnya untuk melengkapi kumpulan data penelitian. Informasi sekunder dari buku, bahan kuliah, majalah gedung, internet, dan media tertulis lainnya dapat diperoleh saat mengevaluasi perhitungan nanti.

#### B. Gambar *Lay Out* Pondasi Bangunan

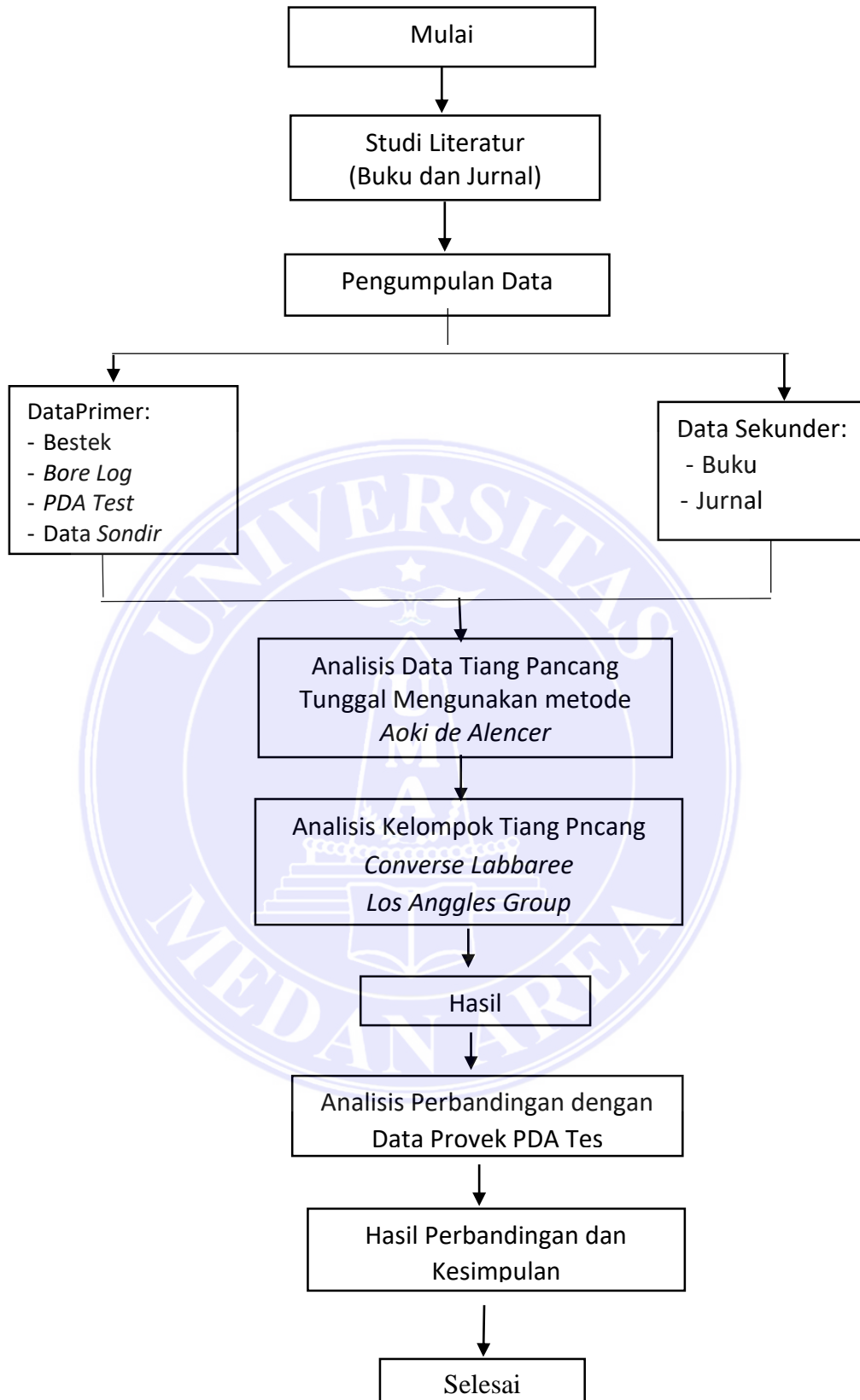
Denah Pondasi tiang pancang gedung rumah sakit columbia Asia Medan, dapat dilihat Pada gambar dibawah ini:



Gambar 19. Gambar Pondasi Rumah Sakit Columbia Asia Medan  
(Lapangan, 2023)

### 3.4 Langkah Penelitian

Tahapan alur penelitian ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses penelitian. Bagan alir kajian berikut menguraikan tahapan-tahapan penelitian skripsi ini:



Bagan Alir Penelitian (Analisis, 2003)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kedalaman daya dukung tiang tunggal 19 meter ditentukan dari hasil PDA Test di titik E3 Qultimit sebesar 1501,6 ton. Berdasarkan metode *Aoki dan De Alencer* dihitung sebesar 197,752 ton, sedangkan metode *Mayerhoff* menghasilkan nilai sebesar 187,718 ton. Metode tiang grup *Converse Labbare* lebih efektif daripada metode *Aoki dan De Alencer* (1616,02 ton dibandingkan 1534,03 ton), menurut hasil. Sedangkan untuk teknik *Los Angeles Group*, metode *Aoki dan De Alencer* menghasilkan 663,85 ton, sedangkan metode *Mayerhoff* menghasilkan 474,81 ton. Dengan selisih 2,16 % antara data di atas dan temuan lapangan (PDA Test), daya dukung *Mayerhoff* dengan menggunakan metode *Converse Labbare* adalah yang paling mendekati.

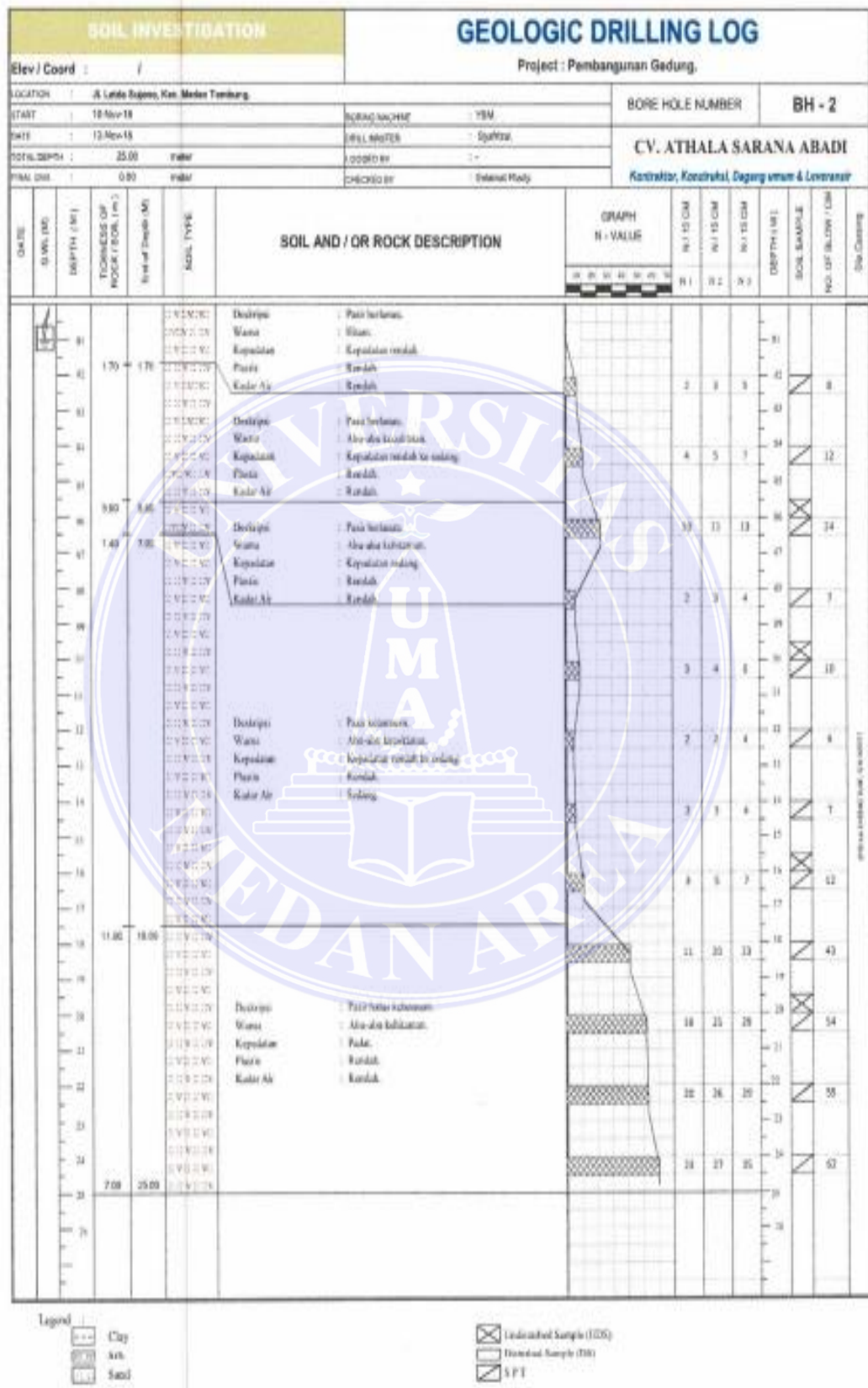
#### 5.2 Saran

1. Sebaiknya memiliki informasi menyeluruh tentang rekayasa tanah jika ingin menilai kuantitas daya dukung tiang pancang untuk studi di masa mendatang. Hal ini dapat membuat lebih mudah untuk melakukan analisis dan perhitungan untuk mendapatkan temuan yang dapat diandalkan.
2. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, perlu memperhatikan tingkat ketelitian dalam melakukan pembacaan data *PDA Test* yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles J.E., 1991, *Analisa dan desain Pondasi*, Edisi keempat Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Bowles J.E., 1993, *Analisa dan desain Pondasi*, Edisi keempat Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Bowles J.E., 1996 McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, Japan.
- Das M.B., 1991, *Principles of Foundation Engineering, Fourth Edition*, California State University, Sacramento.
- Hardiyatmo, Hary C. (2011). *Analisis & Perancangan Fondasi II*, Bandung : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Manullang Rio. 2015. *Memahami Karakter Dari Material Bangunan*. Yogyakarta : C.V ANDI OFFSET.
- Manullang Rio. 2018. *Mengenal Dunia Konstruksi*. Yogyakarta : C.V ANDI OFFSET.
- Prakash S. & Sharma, D.H., 1990, *Pile Foundation in Engineering Practice*, Canada.
- PT. Persero (PP). 2003. *Buku Referensi Untuk Kontraktor Bangunan Gedung dan Sipil*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Putri Yane Prima. 2017. *Perkembangan Teknologi Bahan Bangunan*. Padang: Prenada Media Group.
- Rostiyanti, Susy Fatena. 2008. *Alat Berat Untuk Konstruksi*. Jakarta : Pt. Rineka Cipta
- Siswanto, Tri Budi. 2008. *Teknik Alata Berat*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Sosarodarsono S. & Nakazawa K., 1983, *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta

LAMPIRAN



CV. ATHALA SARANA ABADI <i>Kontraktor, Konstruksi, Dagang umum &amp; Layanan</i>			SONDERING TEST			
Test No. : S. 2	Elevation : - m.		Sondering Capacity : 2.50 ton.		Tested by : Syafrizal.	
Date : 12-11-2018						
GWL (m) : 0.75						
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	13	20	7	14	14	0.70
0.40	10	16	6	12	26	0.60
0.60	8	13	5	10	36	0.50
0.80	13	20	7	14	50	0.70
1.00	17	27	10	20	70	1.00
1.20	23	33	10	20	90	1.00
1.40	20	30	10	20	110	1.00
1.60	28	38	10	20	130	1.00
1.80	40	50	10	20	150	1.00
2.00	35	45	10	20	170	1.00
2.20	43	53	10	20	190	1.00
2.40	55	65	10	20	210	1.00
2.60	37	47	10	20	230	1.00
2.80	30	40	10	20	250	1.00
3.00	23	33	10	20	270	1.00
3.20	18	28	10	20	290	1.00
3.40	10	18	6	12	302	0.60
3.60	8	13	5	10	312	0.50
3.80	11	17	6	12	324	0.60
4.00	15	22	7	14	338	0.70
4.20	10	16	6	12	350	0.60
4.40	8	13	5	10	360	0.50
4.60	5	8	3	6	366	0.30
4.80	7	11	4	8	374	0.40
5.00	18	28	10	20	394	1.00
5.20	21	30	9	18	412	0.90
5.40	36	46	10	20	432	1.00
5.60	50	60	10	20	452	1.00
5.80	88	98	10	20	472	1.00
6.00	75	86	11	22	494	1.10
6.20	51	61	10	20	514	1.00
6.40	63	73	10	20	534	1.00
6.60	40	50	10	20	554	1.00
6.80	65	95	10	20	574	1.00
7.00	60	70	10	20	594	1.00
7.20	52	62	10	20	614	1.00
7.40	43	53	10	20	634	1.00
7.60	35	45	10	20	654	1.00
7.80	21	30	9	18	672	0.90
8.00	26	33	7	14	686	0.70
8.20	20	28	8	16	702	0.80
8.40	18	26	8	16	718	0.80
8.60	20	30	10	20	738	1.00
8.80	26	36	10	20	758	1.00
9.00	30	40	10	20	778	1.00
9.20	37	47	10	20	798	1.00
9.40	26	36	10	20	818	1.00
9.60	20	30	10	20	838	1.00
9.80	18	26	10	20	858	1.00
Project : Pembangunan Gedung.	Location : Jl. Letda Sujono, Kec. Medan Tembung.		Page :			



CV. ATHALA SARANA ABADI <i>Konstraktor, Konstruktural, Daging utaman &amp; Lembanganir</i>			SONDERING TEST			
Test No. : S. 2	Date : 12-11-2018		Elevation : - m.	Sondering Capacity : 2.50 ton.		
GWL (m) : 0.75			Tested by : Syafrizal.			
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	21	31	10	20	878	1.00
10.20	30	40	10	20	898	1.00
10.40	37	47	10	20	918	1.00
10.60	43	53	10	20	938	1.00
10.80	30	40	10	20	958	1.00
11.00	45	55	10	20	978	1.00
11.20	50	60	10	20	998	1.00
11.40	40	50	10	20	1018	1.00
11.60	32	43	11	22	1040	1.10
11.80	27	37	10	20	1060	1.00
12.00	35	45	10	20	1080	1.00
12.20	40	50	10	20	1100	1.00
12.40	30	40	10	20	1120	1.00
12.60	25	35	10	20	1140	1.00
12.80	37	47	10	20	1160	1.00
13.00	51	61	10	20	1180	1.00
13.20	56	66	10	20	1200	1.00
13.40	40	50	10	20	1220	1.00
13.60	37	47	10	20	1240	1.00
13.80	30	40	10	20	1260	1.00
14.00	20	30	10	20	1280	1.00
14.20	25	35	10	20	1300	1.00
14.40	18	26	8	16	1316	0.80
14.60	23	33	10	20	1336	1.00
14.80	30	40	10	20	1356	1.00
15.00	45	55	10	20	1376	1.00
15.20	35	45	10	20	1396	1.00
15.40	30	40	10	20	1416	1.00
15.60	41	51	10	20	1436	1.00
15.80	53	63	10	20	1456	1.00
16.00	60	70	10	20	1476	1.00
16.20	51	61	10	20	1496	1.00
16.40	48	58	10	20	1516	1.00
16.60	52	62	10	20	1536	1.00
16.80	61	71	10	20	1556	1.00
17.00	75	85	10	20	1576	1.00
17.20	60	70	10	20	1596	1.00
17.40	50	60	10	20	1616	1.00
17.60	63	73	10	20	1636	1.00
17.80	75	85	10	20	1656	1.00
18.00	87	97	10	20	1676	1.00
18.20	110	121	11	22	1698	1.10
18.40	135	145	10	20	1718	1.00
18.60	160	170	10	20	1738	1.00
18.80	175	185	10	20	1758	1.00
19.00	201	215	14	28	1786	1.40
19.20						
19.40						
19.60						
19.80						
20.00						
Project : Pembangunan Gedung	Location : Jl. Letda Sujono, Kec. Medan Tembung		Page :			

