

**ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN
PRINCETON BOUTIQUE LIVING MEDAN**

SKRIPSI

OLEH:

**WILMAN SIMANJUNTAK
198110108**



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

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 28/11/23

Access From (repository.uma.ac.id)28/11/23

**ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN
PRINCETON BOUTIQUE LIVING MEDAN**

SKRIPSI

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



Oleh:

WILMAN SIMANJUNTAK

198110108

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


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang


HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek
Pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living Medan
Nama : Wilman Simanjuntak
NPM : 198110108
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Ir. Kamaluddin Lubis, M.T
Pembimbing


Dr. Rahmatulloh Kom., M.Kom
Dekan


Ika Ernita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 03 Juli 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 sanksi-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 : Wilman Simanjuntak
NPM : 198110108
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 Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living Medan. 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 : 03 Juli 2023
Yang menyatakan


(Wilman Simanjuntak)

RIWAYAT HIDUP

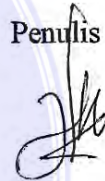
Penulis dilahirkan di simataniari Pada tanggal 18 february 1999 dari Ayah Sopar Simanjuntak dan Ibu Lemeria Br. Lubis Penulis merupakan putra/i ke 7 dari 8 bersudara. Tahun 2018 Penulis lulus dari SMK N. 2 Siatas Barita dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. pada tahun 2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Sekolah Tinggi Prsadha Jinadhammo Mmtc Pancing



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 daya dukung pondasi dengan judul Analilis Daya Dukung pondasi Pada Proyek Pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living Medan Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, 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 Eka Fitrilia Sari Hutagalung 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



(Wilman Simanjuntak)

ABSTRAK

Pondasi tiang atau disebut juga pondasi dalam dipergunakan untuk konstruksi beban berat. Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi pertama dilaksanakan dan dikerjakan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah). Pondasi merupakan suatu pekerjaan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan teknik sipil, karena pondasi inilah yang memikul dan menahan suatu beban yang bekerja di atasnya yaitu beban konstruksi atas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Mayerhoff dan Metode Aoki De Alencar untuk tiang pancang tunggal dan untuk tiang kelompok atau group digunakan Metode Converse Labare dan Metode Los Angeles Group. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Memperoleh kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang tunggal dan kapasitas efisiensi tiang pancang kelompok. Dari hasil perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal, pada kedalaman 6,20 meter berdasarkan data sondir (CPT-2) dengan metode Aoki de Aleancer $Q_{ult}= 506,082$ ton dan metode Mayerhoff $Q_{ult}= 1096,7392$ ton, dari data SPT-BH1 menggunakan metode Mayerhoff $Q_{ult}=177,81$ ton. Hasil dari perhitungan efisiensi kelompok tiang didapat kapasitas kelompok ijin tiang yang paling efisien adalah 9671,603ton dengan menggunakan metode Converse Labarre. Peneliti menyimpulkan sebab itu pondasi akan aman jika daya dukung pondasi lebih besar dari pada beban-beban yang bekerja pada bangunan Apartemen Princeton Boutique Living.

Kata kunci : Pondasi Tiang Pancang, Kapasitas Daya Dukung, Sondir

ABSTRACT

Pile foundations or also called deep foundations are used for heavy load construction. Before carrying out a construction the first construction carried out and done is foundation work (lower structure). The foundation is a very important work in a civil engineering job, because it is this foundation that bears and holds a load that works above it, namely the upper construction load. The methods used in this research are the Mayerhoff method and the Aoki De Alencar Method for single piles and for group or group piles the Converse Labarre Method and the Los Angeles Group Method are used. The purpose of this research is to obtain the bearing capacity of single pile foundation and the efficiency capacity of group piles. From the calculation of the bearing capacity of a single pile, at a depth of 6.20 meters based on sondir data (CPT-2) with the Aoki de Aleancar method $Q_{ult} = 506.082$ tons and the Mayerhoff method $Q_{ult} = 1096.7392$ tons, from SPT-BH1 data using the Mayerhoff method $Q_{ult} = 177.81$ tons. The results of the calculation of the efficiency of the pile group obtained the capacity of the most efficient pile permit group is 9671.603 tons using the Converse Labarre method. The researcher concluded that therefore the foundation will be safe if the bearing capacity of the foundation is greater than the loads acting on the Princeton Boutique Living Apartment building.

Keywords: *Pile Foundation, Support Capacity, Sondir*

DAFTAR ISI

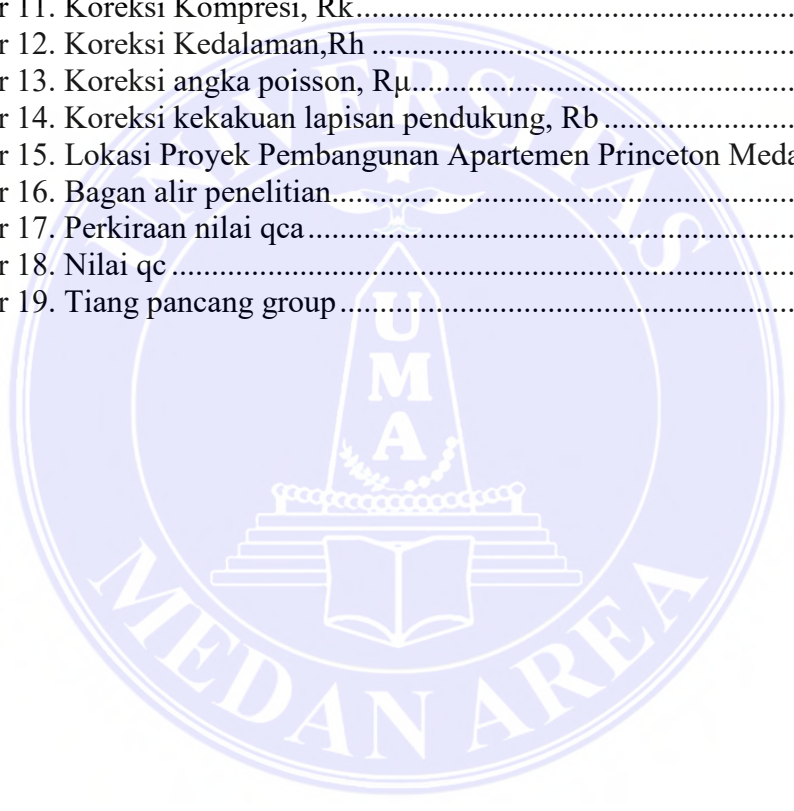
COVER.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Maksud Penelitian.....	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Peneliti Terdahulu.....	6
2.2 Umum.....	7
2.2.1 Klasifikasi Tanah	7
2.2.2 Penyelidikan Tanah.....	11
2.2.3 Pondasi	12
2.2.4 Macam-Macam Pondasi Tiang pancang.....	16
2.2.5 Pondasi Tiang Pancang	18
2.2.6 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Data N-SPT	19
2.2.7 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dari Data Sondir	24
2.2.8 Metode Mayerhoff	25
2.2.9 Metode Aoki dan De Alencar.....	26
2.2.10 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang	27
2.2.11 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang	32
2.2.12 Penurunan Tiang.....	35
2.2.13 Faktor Aman Tiang Pancang	41
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1 Lokasi Penelitian	44
3.2 Data Teknis Proyek.....	44
3.3 Langkah Penelitian	45
3.4 Metode Analisis	46
3.5 Kerangka Berpikir.....	46

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Daya Dukung Tanah	48
4.2 Hitungan kapasitas daya dukung tiang pancang dari data Sondir	48
4.3 Hitungan kapasitas daya dukung tiang pancang dari data SPT....	56
4.4 Menghitung Kapasitas Kelompok Tiang Berdasarkan Efisiensi.	58
4.5 Menghitung penurunan tiang pancang tunggal	60
4.6 Hasil Perhitungan Daya Dukung.....	62
4.7 Pembahasan.....	63
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	70



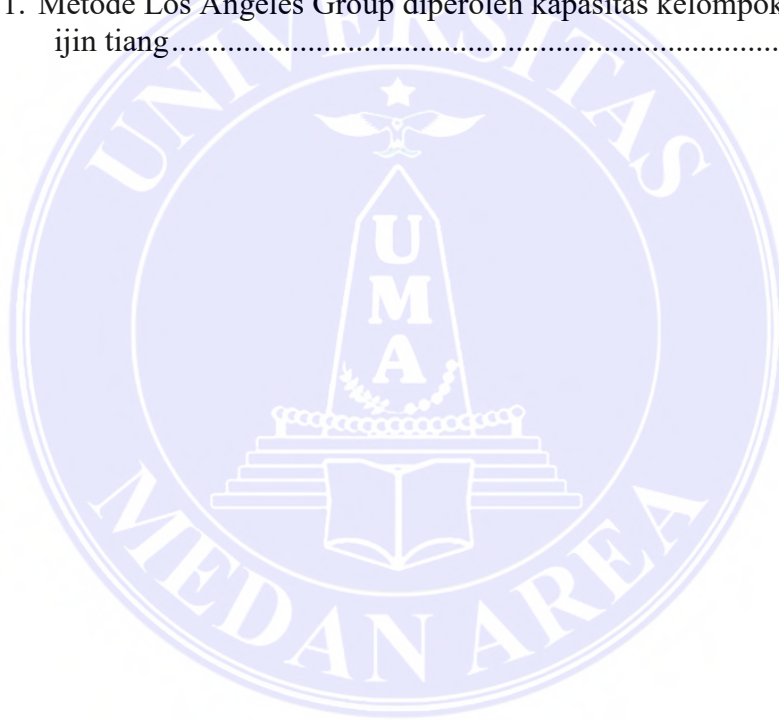
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pondasi memanjang, Pondasi telapak	14
Gambar 2. Pondasi rakit	14
Gambar 3. Pondasi sumuran	15
Gambar 4. Pondasi Tiang pancang.....	16
Gambar 5. Tiang pancang kayu	17
Gambar 6. Tiang Pancang Beton	17
Gambar 7. Tiang pancang baja profil.....	18
Gambar 8. Contoh susunan tiang	30
Gambar 9. Tiang Kelompok.....	32
Gambar 10. Faktor Penurunan Io	37
Gambar 11. Koreksi Kompresi, R_k	37
Gambar 12. Koreksi Kedalaman, R_h	38
Gambar 13. Koreksi angka poisson, R_μ	38
Gambar 14. Koreksi kekakuan lapisan pendukung, R_b	39
Gambar 15. Lokasi Proyek Pembangunan Apartemen Princeton Medan.....	44
Gambar 16. Bagan alir penelitian.....	47
Gambar 17. Perkiraan nilai q_{ca}	50
Gambar 18. Nilai q_c	58
Gambar 19. Tiang pancang group.....	58



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hubungan antara angka penetrasi standard dengan sudut geser dalam dan kepadatan relatif pada tanah pasir	21
Tabel 2. Hubungan antara N dengan berat isi tanah	21
Tabel 3. Faktor Emperik Fb dan Fs.....	26
Tabel 4. Nilai faktor emperik untuk tanah yang berbeda.....	27
Tabel 5. Perkiraan angka poisson (μ).....	41
Tabel 6. Faktor aman yang disarankan	43
Tabel 7. Hasil Perhitungan daya dukung ultimate dan ijin pondasi tiang (CPT.2).....	56
Tabel 8. Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data SPT (BH-1)	57
Tabel 9. Perkiraan penurunan tiang tunggal.....	62
Tabel 10. Metode Converse Labarre diperoleh kapasitas kelompok ijin tiang	63
Tabel 11. Metode Los Angeles Group diperoleh kapasitas kelompok ijin tiang.....	63



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan bisnis di industri perhotelan di kota ini semakin pesat, terbukti dengan berdirinya banyak hotel dengan berbagai fasilitas. Pembangunan hotel diantisipasi untuk memenuhi kebutuhan perhotelan dan mendorong pertumbuhan ekonomi. Sebagai contoh, peneliti menemukan bahwa nilai daya dukung metode dinamis aman terhadap beban kombinasi tetapi tidak terhadap perencanaan statis dalam Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Metode Statis Metode Dinamis dan Kekuatan Material Berdasarkan Data NSPT (Studi Kasus Pembangunan Hotel Ayola Surabaya). Perlu dilakukan pengecekan kekuatan material tiang pancang secara lebih teliti agar tiang pancang dapat tertanam dan tidak (Wardani, 2017).

Setiap bangunan memiliki pondasi, yang menjadi landasan struktur yang kuat dan kokoh. Hal ini bertujuan agar pondasi yang berfungsi sebagai dasar bangunan dapat menopang seluruh beban bangunan dan juga beban-beban lainnya. Pada studi kasus Proyek Apartemen Maqna Residence Kebon Jeruk di Jakarta ini, kami menganalisa daya dukung pondasi tiang pancang dengan menggunakan data hasil uji *standar penetrasi test* (SPT) dan uji *cone penetrasi test* (CPT). Untuk mengurangi jumlah koreksi terhadap data yang diperoleh, yang digunakan dalam perhitungan baik dengan metode manual maupun dengan perangkat lunak, penulis studi ini merekomendasikan data penyelidikan tanah yang lebih teliti, khususnya data laboratorium dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Pada berbagai lokasi tinjauan pondasi, studi lebih lanjut dapat

merencanakan daya dukung pondasi tiang dengan menggunakan teknik yang berbeda dan lebih tepat (Mina et al., 2018)

Gedung bertingkat adalah struktur bangunan tinggi buatan manusia yang terdiri dari dinding dan atap yang didirikan secara permanen di suatu lokasi. Sebuah struktur terdiri dari sejumlah komponen berbeda yang telah disatukan dengan cara tertentu untuk membentuk satu kesatuan yang kohesif. Kekuatan sebuah struktur sering kali dipengaruhi oleh beban hidup, beban mati, dan beban angin.

Ada beberapa teknik untuk menilai struktur bangunan, termasuk distribusi momen (Hendry Cross), defleksi lereng, metode Mayerhoff, pendekatan Aoki dan De Alencar, dan beberapa teknik lain yang banyak digunakan. Metode Aoki dan De Alencar untuk data sondir dan Metode Mayerhoff untuk data SPT (*standard penetration test*) merupakan dua dari beberapa metodologi yang dipergunakan dalam penelitian ini. Analisis metode ini akan dikontraskan dengan Metode Mayerhoff. Berdasarkan data sondir, peneliti sampai pada kesimpulan bahwa pendekatan Mayerhoff menghasilkan nilai yang lebih tinggi untuk daya dukung ultimit pondasi tiang pancang (Q_{ult}) dibandingkan dengan metode Aoki dan De Alencar, dan dengan menggunakan data SPT dan metode Mayerhoff, Titik B-II dapat menentukan daya dukung ijin pondasi (Q_{ijin}) > (Q_{ult}). Hasil perhitungan daya dukung ijin kelompok tiang berdasarkan efektivitas penggunaan 12 tiang per kelompok. Untuk memudahkan pembuatan rencana analisis perhitungan, peneliti menyarankan untuk mendapatkan data teknis yang lengkap sebelum melakukan perhitungan (Arivai & Setiawati, 2017).

Berikut ini adalah menentukan daya dukung pondasi tiang pancang dengan

menggunakan perhitungan yang telah dilakukan, diverifikasi oleh konsultan, dan memenuhi kriteria pembangunan gedung bertingkat. Pekerjaan ini akan didiskusikan oleh semua orang yang terlibat dalam konstruksi. Hal ini lah yang membuat penulis tertarik untuk meneliti permasalahan ini, dengan judul penelitian “Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living.”

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini:

1. Untuk memperoleh kapasitas daya dukung pondasi, maka dilakukan perhitungan menggunakan metode mayerhoff dan Metode Aoki de Alencer, dengan data hasil uji standard penetrasi test (SPT) dan cone penetrasi test (CPT).
2. Untuk memperoleh hasil perhitungan efisiensi daya dukung pondasi tiang tiang kelompok, dilakukan perhitungan menggunakan *metode conversi Labarre* dan *los Angles Group-Action Formula*, dengan data hasil uji standard penetrasi test (SPT) dan cone penetrasi test (CPT).

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living, sehingga data yang digunakan adalah data spt dan sondir yang berkaitan dengan Metode mayerhoff dan Metode Aoki de Alencer.
2. Perhitungan efisiensi kelompok tiang dengan metode *Conversi-Labarre* dan *Los Angles grup-action formula*.

1.4 Maksud Penelitian

Adapun Maksud Penelitian ini adalah:

1. Untuk Menganalisis daya dukung pondasi tiang pancang pada pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living dengan menggunakan metode mayerhoff dan metode Aoki de Alencer berdasarkan data standard penetrasi test SPT dan cone penetrasi test (CPT).
2. Untuk menganalisis terhadap daya dukung efisiensi kelompok tiang dengan menggunakan metode *Conversi-Labarre* dan *Los Angles Group-action Formula*.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari Penelitian ini adalah:

1. Memperoleh kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang pada pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living berdasarkan hasil uji SPT dan sondir, dengan metode Mayerhoff dan metode Aoki de Alencer,
2. Memperoleh efisiensi daya dukung pondasi tiang pancang kelompok dengan menggunakan metode *Conversi-Labarre* dan *Los Angles Group-action Formula*,
3. Memperoleh hasil perhitungan daya dukung ultimit dan daya dukung ijin pondasi tiang pancang kelompok pada pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living.
4. Memperoleh hasil perhitungan perkiraan penurunan tiang pancang tunggal pada pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini :

a. Bagi Akademik

Sebagai referensi dalam melakukan penelitian lanjutan mengenai daya dukung pondasi tiang pancang.

b. Bagi Individu

1. Memahami analisis daya dukung pondasi tiang pancang pada gedung,
2. Memahami analisis daya dukung pondasi tiang pancang terhadap struktur pada pondasi tiang pancang menggunakan metode mayerhoff dan Aoki de Alencer berdasarkan data standard penetrasi test (SPT) dan cone penetrasi test (CPT).
3. Memahami analisis efesiensi daya dukung pondasi tiang pancang kelompok terhadap struktur menggunakan metode *Conversi-Labarre* dan *Los Angles Group-action Formula* berdasarkan data standard penetrasi test (SPT) dan cone penetrasi test (CPT).

c. Bagi Perencana

Sebagai pertimbangan analisis perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang pada bangunan gedung bertingkat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peneliti Terdahulu

Pada saat melakukan penelitian, salah satu sumber penulis adalah hasil penelitian terdahulu untuk mendukung teori yang digunakan untuk mengkaji penelitian yang sedang dilakukan. Karena penelitian terdahulu sangat penting bagi penelitian yang sedang dilakukan, penelitian semacam ini telah dilakukan. Penelitian ini didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu. Perencanaan pondasi yang telah dilakukan pihak perencana hanya menggunakan hasil pembacaan nilai SPT dan tidak memperhitungkan nilai kohesinya. Berdasarkan kondisi tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan kapasitas daya dukung pondasi berdasarkan parameter tanah menggunakan metode yang berbeda, dengan memperhitungkan nilai kohesi. Selanjutnya, akan dibandingkan dengan *static loading test* sebagai metode yang dianggap lebih aktual karena menggunakan beban yang sebenarnya. Kontrolnya adalah penurunan pondasi untuk keamanan struktur bangunan. Penurunan yang dihasilkan tidak boleh melebihi batas penurunan yang diijinkan. (Tri Mulyono, dkk, 2018)

Sebuah studi yang menggunakan SPT dan pengujian beban siklus untuk menganalisa daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang. Peneliti menggunakan metode Vesic untuk menganalisis dan menguji pondasi tiang pancang yang terbaru selama penelitian berlangsung. Berdasarkan data pengujian siklus, peneliti menyimpulkan bahwa metode Vesic memiliki penurunan yang lebih kecil dibandingkan dengan penurunan yang paling besar. Metode Meyerhof digunakan untuk perhitungan, diikuti dengan metode ResseWright, untuk

menghasilkan hasil dengan daya dukung ultimit tertinggi berdasarkan pengujian SPT. (Yuliawan & Rahayu, 2018).

Penelitian serupa pernah dilakukan pada Perencanaan Pembangunan Kompleks Pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi tentang Analisis Daya Dukung Tanah Terhadap Pondasi Tiang Pancang. Dalam penelitiannya, studi perencanaan dilakukan dengan menggunakan data SPT dan sondir untuk mengetahui daya dukung pondasi tiang pancang. Peneliti mengambil kesimpulan bahwa nilai daya dukung pondasi lebih rendah dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan data sondir karena hasil perhitungan berdasarkan data uji SPT dengan metode Mayerhoff lebih rendah (Setiyo et al., 2019).

2.2 Umum

Dalam merencanakan struktur bawah diperlukan data mengenai sifat-sifat tanah di mana struktur berada dan beban struktur yang bekerja pada struktur bawah yang direncanakan. Jenis lapisan tanah di bawah permukaan dan kadar airnya merupakan salah satu bentuk sifat tanah. Jenis material yang digunakan, jumlah tingkat bangunan, dan jenis orang yang bekerja pada struktur, akan mempengaruhi beban struktur yang bekerja.

2.2.1 Klasifikasi Tanah

Suatu jenis klasifikasi tanah yang dikenal sebagai klasifikasi tanah membedakan tanah-tanah yang berbeda namun berkaitan ke dalam kategori dan subkelompok 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. Hal ini disebabkan oleh variasi karakteristik tanah yang beragam.

Dalam arti umum, yang dimaksud dengan tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Pada umumnya, tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir, lempung berlanau.

Beberapa sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu oleh berbagai organisasi guna memenuhi kebutuhan mereka sendiri: beberapa dari sistem-sistem tersebut masih tetap dipakai sampai saat ini. Menunjukkan sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA), (Braja M. Das Noor Endah Indrasurya B, 2020)

Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah seperti yang diterangkan oleh sistem USDA, yaitu:

1. Pasir : Butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm.
2. Lanau : Butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm.
3. Lempung : Butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur adalah relatif sederhana karena hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Dalam kenyataannya,

jumlah dan jenis dari mineral lempung yang dikandung oleh tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah yang bersangkutan. Oleh karena itu, kiranya perlu untuk memperhitungkan sifat plastisitas tanah, yang disebabkan adanya kandungan mineral lempung, agar dapat menafsirkan ciri-ciri suatu tanah. Karena sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tidak memperhitungkan sifat plastisitas tanah, dan secara keseluruhan tidak menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting, maka sistem tersebut dianggap tidak memadai untuk sebagian besar dari keperluan teknik. Pada saat sekarang ada lagi dua buah sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli teknik sipil. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistem-sistem tersebut adalah: Sistem Klasifikasi AASHTO dan Sistem Klasifikasi Unified. Sistem klasifikasi AASHTO pada umumnya dipakai oleh departemen jalan raya di semua negara bagian di Amerika Serikat. Sedangkan sistem klasifikasi Unified pada umumnya lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan-keperluan teknik yang lain.

Sistem Klasifikasi AASHTO Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1429 sebagai Public Road Administration Classification System. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan, versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945.

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini:

- a. Ukuran butir: Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2mm). Pasir: bagian tanah yang lolos ayakan No. 10(2mm) dan yang tertahan pada

ayakan No. 200 (0,075 mm). Lanau dan lempung: bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

- b. Plastisitas': Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (plasticity index (P_I)) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.
- c. Apabila baruan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, Tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus di catat. (Braja M. Das Noor Endah Indrasurya B, 2020).

Seorang *structure engineer* harus bisa menentukan jenis pondasi yang tepat untuk digunakan pada bangunan yang direncanakan. Jenis pondasi ditentukan dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan tempat berdirinya bangunan dan usulan jenis pondasi serta karakteristik tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer*. Anugrah Pamungkas (Horionti, 2002).

Hasil dari penyelidikan tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer* antara lain:

1. Kondisi tanah dasar yang menjelaskan jenis lapisan tanah pada beberapa lapisan kedalaman.
2. Analisis daya dukung tanah.
3. Besar nilai SPT (*Standard Penetration Test*) dari beberapa titik bor.
4. Besar tanahana ujung konus dan jumlah hambatan pelekat dari beberapa titik sondir.
5. Hasil tes laboratorium tanah untuk mengetahui berat jenis tanah,dll.

6. Analisis daya dukung tiang pondasi berdasarkan data-data tanah.
7. Rekomendasi dari *soil engineer* mengenai jenis pondasi yang digunakan.

2.2.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah dilapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisannya. Anugrah Pamungkas (Horionti, 2002).

Penyelidikan tanah ini dilakukan dengan berbagai cara, seperti:

1. Sondir

Test sondir dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*Cone Resistance*) dan hambatan lekat (*Local Friction*) secara langsung dilapangan. Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir di bawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus (qc) serta jumlah hambatan pelekat (TF).

2. *Deep Boring*

Deep Boring dilaksanakan dengan menggunakan mesin bor untuk mendapatkan contoh tanah. Pekerjaan *Standard Penetration Test* juga dilakukan pada pekerjaan *boring*.

3. *Standard Penetration Test*

Standard Penetration Test dilaksanakan pada lubang bor setelah pengambilan contoh tanah pada setiap beberapa interval kedalaman. Cara uji dilakukan untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah dilapangan. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi perlapisan tanah.

2.2.3 Pondasi

Perencanaan suatu bangunan pada dasarnya mencakup perencanaan baik struktur atas maupun struktur bawah (sub struktur). Komponen bangunan di atas tanah, seperti kolom, balok, pelat, dan elemen struktur lainnya, disebut sebagai bangunan atas. Bagian konstruksi yang berada di bawah tanah, dalam hal ini pondasi, termasuk dalam bangunan bawah.

Pondasi adalah salah satu bagiandari struktur terpenting dalam suatu bangunan yang berfungsi untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah beban hidup,beban mati, beban gempa, beban angin, yang harus diperhitugkan agar mencamin stabilnya bangunan terhadap berat sendiri. Maka dari itu, tidak boleh terjadi penuruna melebihi batas yang diijinkan, terhadap dua klasifikasi pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam (Hardiatmo 1996).

A. Pondasi Dangkal

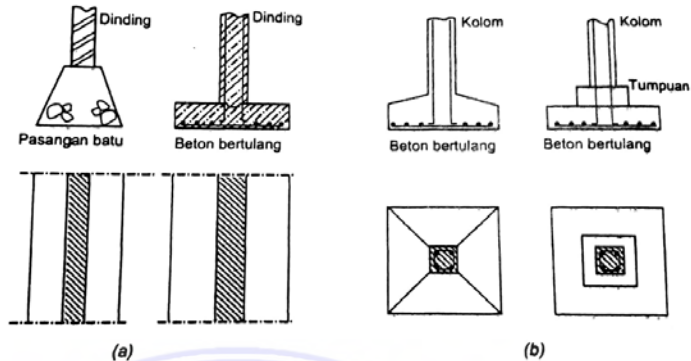
Pondasi dangkal dinamakan sebagai alas, telapak yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah di pondasi tersebut. Kedalaman pada umumnya $D/B \leq 1$, dimana permukaan tanah (D) dan lebar pondasi (B) lebih kecil atau sama dengan satu (Bowles, 2005)

Ada beberapa pondasi dangkal yang digunakan menurut jenis bangunanya yaitu :

1. Pondasi telapak dan Pondasi memanjang

Pondasi telapak umumnya digunakan untuk mendukung sebuah kolom, sedangkan Pondasi memanjang digunakan untuk mendukung dinding tembok memanjang. Keduana jenis pondasi tersebut telah banyak dipakai, karena selain ekonomis juga pelaksanaanya mudah dan tidak memerlukan peralatan khusus. Pada perancangan, biasanya beban-

beban kolom dianggap sebagai beban garis persatuan panjang. (Hary Christady Hardiyatmo, 2015)



Gambar 1. (a) Pondasi memanjang, (b) Pondasi telapak (Analisis dan Perancangan Pondasi I, Hardiyatmo, 2014)

2. Pondasi Rakit

Fondasi rakit (raft foundation atau mat foundation), didefinisikan sebagai bagian bawah dari struktur yang berbentuk rakit melebar ke seluruh bagian dasar bangunan. Bagian ini berfungsi meneruskan beban bangunan ke tanah di bawahnya. Fondasi rakit digunakan bila lapisan tanah fondasi berkapasitas dukung rendah, sehingga jika digunakan fondasi telapak akan memerlukan luas yang hampir memenuhi bagian bawah bangunannya. Terzaghi dan Peck (1948) menyatakan bila 50% luas bangunan terpenuhi oleh luasan fondasi, lebih ekonomis jika digunakan fondasi rakit karena dapat menghemat biaya penggalian dan penulangan beton.



Gambar 2. Pondasi rakit (Rekayasa Pondasi dangkal, Darwis Syahrul Sariman, 2022)

B. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang mampu menerima beban bangunan yang besar dan meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang sangat dalam. Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai ke dalam yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari.

Menjelaskan pondasi dalam biasanya dipasang kedalaman $B/D \geq 4$ dimana permukaan tanah (D) dan Lebar pondasi (B) Lebih besar atau sama dengan 4. Diantaranya yaitu: Pondasi sumuran, Pondasi bore pile dan pondasi tiang pancang (Bowles 1988).

1. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan apabila tanah dasar dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam. Pondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya tidak terlalu dalam, diantara kedalaman tiga sampai lima meter. Diameter sumuran biasanya diantara 0,80 sampai 1,00.



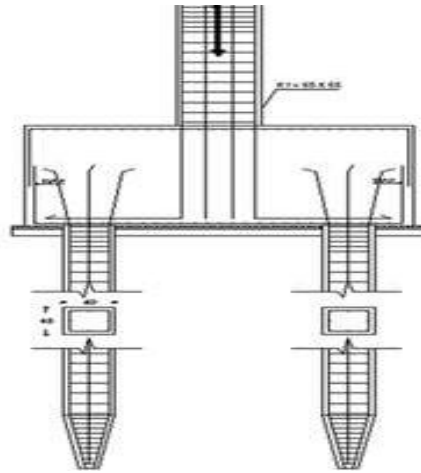
Gambar 3. Pondasi sumuran (Rekayasa Pondasi, Elmi Rahmatika, 2022)

2. Pondasi *Bore Pile*

Pondasi *bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu. Jenis pondasi bore pile banyak digunakan pada proyek konstruksi. Pelaksanaan pondasi bored pile yang dipilih disesuaikan dengan jenis tanah, kondisi medan serta metode konstruksi yang terpilih.

3. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin. (Hary Christady Hardiyatmo, 2015;76).



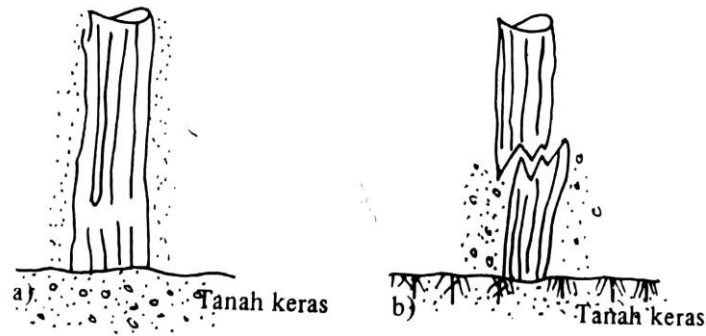
Gambar 4. Pondasi Tiang pancang (Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hardiyatmo, 2015)

2.2.4 Macam-Macam Pondasi Tiang pancang

A. Tiang Pancang Kayu

Tiang pancang kayu adalah tiang yang dibuat dari kayu, umumnya berdiameter antara 10-15 cm. Tiang kayu cerucuk, yang banyak dipakai di Indonesia untuk perbaikan kapasitas dukung tanah lunak berdiameter antara 8-10 cm dan panjang 4 m.

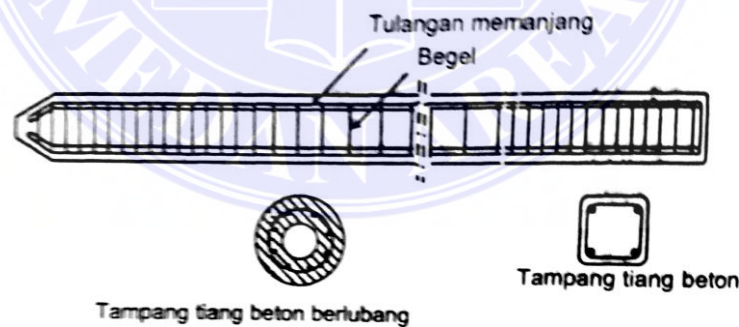
Tiang kayu lebih murah dan mudan penanganannya. Permukaan tiang dapat dilindungi ataupun tidak dilindungi tergantung dari kondisi tanah. Tiang kayu ini dapat mengalami pembusukan atau rusak akibat dimakan serangga. Tiang kayu yang selalu terendam air biasanya lebih awet. Untuk menghindari kerusakan pada waktu pemancangan, ujung tiang dilindungi dengan sepatu dari besi. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiang kayu tunggal dapat mencapai 25 - 30 ton. (Hary Christady Hardiyatmo, 2015)



Gambar 5. Tiang pancang kayu (Pondasi Tiang Pancang I, Ir.Sargjoni, 2021)

B. Tiang Pancang Beton Pracetak

Tiang beton pracetak yaitu tiang dari beton yang dicetak di suatu tempat dan kemudian diangkut ke lokasi rencana bangunan. Tiang beton, umumnya berbentuk prisma atau bulat. Ukuran diameter yang biasanya dipakai untuk tiang yang tidak berlubang di antara 20 sampai 60 cm. Untuk tiang yang berlubang diameternya dapat mencapai 140 cm. Panjang tiang beton pracetak biasanya berkisar diantara 20 sampai 40 m. Untuk tiang beton berlubang bisa sampai 60 m. Beban maksimum untuk tiang ukuran kecil berkisar di antara 300 sampai 800 kn. (Hary Christady Hardiyatmo, 2015)

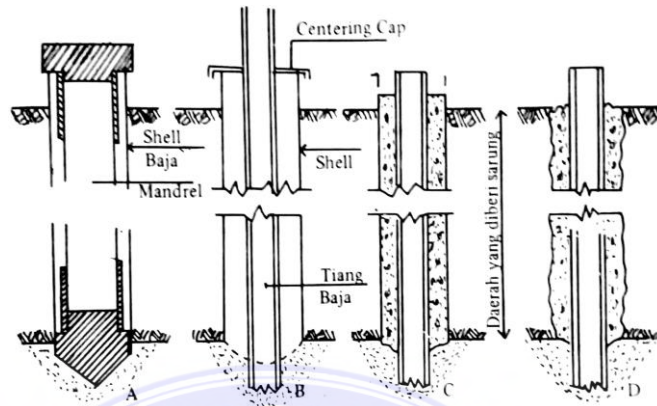


Gambar 6. Tiang Pancang Beton (Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hardiatmo, 2015)

C. Tiang Pancang Baja Profil

Tiang baja profil termasuk tiang pancang, dengan bahan yang dibuat dari baja profil. Tiang ini mudah penanganannya dan dapat mendukung beban pukulan yang besar waktu dipancang pada lapisan yang keras. Tiang baja

profil berbentuk profil H, empat persegi panjang, segi enam dan lain-lainnya. (Hary Christady Hardiyatmo, 2015)



Gambar 7. Tiang pancang baja profil (Pondasi Tiang Pancang I, Ir.Sargjoni, 2021)

2.2.5 Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang dipergunakan untuk suatu pondasi untuk suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebanya, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebanya letaknya sangat dalam (Ir. Sardjono HS., 2021).

Pondasi tiang pancang ini berfungsi untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi atasnya kelapisan tanah yang lebih dalam.

Pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud, antara lain:

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat.
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan sisi tiang dengan tanah di sekitarnya.
3. Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas

akibat tekanan hidrostatik atau momen penggulingan.

4. Untuk menahan gaya-gaya horisontal dan gaya yang arahnya miring.
5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah.
6. Untuk mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air.

Sebagai bagian dari struktur bangunan banyak hal yang harus dipertimbangkan sebelum memilih jenis yang ingin di gunakan. Tiang pancang yang dibuat mempunyai kelebihan dan kekurangan itu sendiri.

Ada beberapa kelebihan dan kekurangan dari penggunaan pondasi tiang pancang pada bangunan antara lain:

A. Kelebihan Pondasi Tiang pancang

1. Pondasi tiang pancang lebih kuat dan kokoh.
2. Umur pondasi tiang pancang lebih panjang.
3. Pondasi tiang pancang mengurangi galian tanah.
4. Pondasi tiang pancang mampu memadatkan material tanah.

B. Kekurangan Pondasi Tiang Pancang

1. Proses produksi pondasi tiang pancang lebih lama.
2. Harga pondasi tiang pancang lebih mahal.

2.2.6 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Data N-SPT

Kapasitas dukung, dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Persamaan-persamaan kapasitas dukung tanah yang diusulkan, umumnya didasarkan pada persamaan

Coulomb yaitu:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \emptyset \dots\dots\dots(2.1)$$

Denagn,

τ = tahanan geser tanah (kg/m²)

c = kohesi tanah (kg/m²)

φ = sudut geser tanah (°)

σ = tegangan normal (kg/m²)

Untuk mendapatkan sudut geser tanah dari tanah titik kohesif atau pasir
biasanya dapat dipergunakan rumus Dunham sebagai berikut:

1. Tanah berpasir berbentuk bulat dengan gradasi seragam, atau butiran pasir bersegi segi dengan gradasi tidak seragam, mempunyai sudut geser sebesar:

$$\emptyset = \sqrt{12N + 15} \dots\dots\dots(2.2)$$

2. Butiran pasir bersegi dengan gradasi seragam, maka sudut gesernya adalah:

$$\emptyset = 0,3N + 27 \dots\dots\dots(2.3)$$

Angka penetrasi sangat berguna sebagai pedoman dalam eksplorasi tanah dan untuk memperkirakan kondisi lapisan tanah. Hubungan antara angka penetrasi standart dengan sudut geser tanah dan kepadatan relatif untuk tanah berpasir, secara perkiraan dapat dilihat pada tabel II.1 berikut:

Tabel 1. Hubungan antara angka penetrasi standard dengan sudut geser dalam dan kepadatan relatif pada tanah pasir (Mekanika Tanah, Braja M. Das, 2020)

Angka Penetrasi Standard, N	Kepadatan Relatif Dr (%)	Sudut Geser Dalam ϕ ($^{\circ}$)
0 – 5	0 - 5	26 – 30
5 – 10	5 – 30	28 – 35
10 – 30	30 – 60	35 – 42
30 – 50	60 – 65	38 - 46

Hubungan antara harga N dengan berat isi yang sebenarnya hampir tidak mempunyai arti karena hanya mempunyai partikel kasar (tabel). Harga berat isi yang dimaksud sangat tergantung pada kadar air.

Tabel 2. Hubungan antara N dengan berat isi tanah (Mekanika Tanah, Braja M. Das,2020)

Harga N		< 10	10 – 30	30 – 50	>50
Tanah Tidak Kohesi	Berat isi γ kN/m ³	12 - 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
	Harga N	< 4	4 – 15	16 – 25	>25
Tanah kohesif	Berat isi γ kN/m ³	14 – 18	16 – 18	16 – 18	>20

Pada tanah tidak kohesif daya dukung sebanding dengan berat isi tanah, hal ini berarti bahwa tinggi muka air tanah banyak mempengaruhi daya dukung pasir. Tanah dibawah air ini mempunyai berat isi efektif yang kira-kira setengah berat isi tanah diatas muka air. Tanah dapat dikatakan mempunyai daya dukung yang baik, dapat dinilai dari ketentuan berikut ini:

1. Lapisan kohesif mempunyai nilai $spt, N > 35$
2. Lapisan kohesif mempunyai harga kuat tekan (q_u) $3 - 4 \text{ kg/cm}^2$ atau harga $spt, N > 15$.

Hasil percobaan pada SPT ini hanya merupakan perkiraan kasar, jadi bukan merupakan nilai yang teliti. Dalam pelaksanaan umumnya hasil sondir lebih dapat dipercaya dari pada percobaan SPT. Perlu menjadi catatan bagi kita bahwa jumlah

pukulan untuk 15 cm pertama yang dinilai N1 tidak dihitung karena permukaan tanah dianggap sudah terganggu.

Untuk menghitung kapasitas daya dukung pondasi dapat menggunakan beberapa metode yaitu antara lain:

A. Metode Mayerhoff untuk tanah non kohesi

$$Q_p = 40 \times lb/D \times A_p \dots \dots \dots (2.4)$$

1. Tahanan geser selimut tiang pada tanah non kohesif

$$Q_s = 2 \times N - SPT \times P \times L_i \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan:

L_i = Panjang lapisan tanah (m)

P = keliling tiang (m)

2. Daya dukung fondasi tiang pada tanah kohesif

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan :

A_p = Luas penampang tiang (m²)

c_u = kohesi undrained (kN/m²)

$$c_u = N - SPT \times 2/3 \times 10 \dots \dots \dots (2.7)$$

3. Tanah geser selimut tiang pada tanah kohesif

$$Q_s = a \times c_u \times p \times L_i \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan :

a = koefisien adhesi antara tanah dan tiang

c_u = kohesi undrained (kN/m²)

p = keliling tiang (m)

L_i = panjang lapisan tanah (m)

Nilai N-SPT dikoreksi untuk prosedur pengujian lapangan dengan rumus:

$$(N)_{60} = 1.67N \times C_b \times E_m \times C_r \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan :

(N)₆₀ = Nilai N-SPT yang dikoreksi terhadap prosedur pengujian lapangan

E_m = efisiensi hammer, E_m=0,60 untuk hammer yang baik dan 0,45 untuk doughnut hammer.

C_b = Kolerasi diameter borelog

- o C_b = 1 untuk diameter borehole 65mm – 115mm
- o C_b =1,05 untuk diameter borehole 150mm
- o C_b = 1,15 untuk diameter borehole 200mm

C_r = Panjang rod

- o C_r = 0,75 untuk pancang rod sampai 4 m
- o C_r = 0,85 untuk pancang rod sampai 4 – 6 m
- o C_r = 0,95 untuk pancang rod sampai 6 – 10 m
- o C_r = 1,0 untuk pancang rod lebih dari 10 m

N = hasil test SPT

Rumus empiris mayerhoff :

$$p_a = \frac{q_c \times a_p}{F_{k1}} + \frac{\sum L_i F_i \times A_{st}}{F_{k2}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan :

p_a = daya dukung ijin tekan tiang

q_c = 20 N, untuk silt/clay

= 40 N, untuk sand

N = nilai N-SPT

a_p = luas penampang tiang A

Ast = keliling penampang tiang

Li = panjang segmen tiang yang ditinjau

Fi = gaya geser pada selimut segmen tiang
 = N maksimum 12 ton/m², untuk silt/clay
 = $N/5$ maksimum 10 ton/m², untuk sand

FK1, FK2 = faktor keamanan, 3 dan 5

2.2.7 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dari Data Sondir

Kapasitas dukung tiang dapat diperoleh dari data uji kerucut statis atau sondir. Tahanan ujung yang termobilisasi pada tiang pancang harus setara dengan tahanan ujung saat uji penetrasi. Tetapi, pengaruh skala dan perbedaan kecepatan pembebanan menyebabkan perbedaan signifikan pada nilai tahanan ujung tiang. *Flemming et al.* (2009) menyarankan untuk tiang pancang yang ujungnya tertutup maka tahanan ujung satuan tiang sama dengan tahanan konus (q_c), namun untuk tiang pancang yang ujungnya terbuka atau tiang bor, tahanan ujung satuan tiang diambil 70%-nya.

Tahanan gesek tiang umumnya bergantung pada bahan tiang dan jenis tanahnya. Beberapa peneliti menyarankan tahanan gesek satuan tiang diambil sama dengan tahanan gesek lokal sisi konus (q_f). (Hary Christady Hardiyatmo, 2015).

Kapasitas dukung ultimit neto (Q_u), dihitung dengan persamaan umum:

$$Q_u = Q_b + Q_s = A_b f_b + A_s f_s - W_p \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan :

Q_u = kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang

Q_b = kapasitas tahanan di ujung tiang

Q_s = kapasitas tahanan kulit

A_b = luas ujung bawah tiang

f_b = tahanan ujung satuan tiang

A_s = luas selimut tiang

f_s = tahanan gesek satuan tiang

W_p = berat tiang

2.2.8 Metode Mayerhoff

Metode Mayerhoff telah menyempurnakan teorinya dengan mempertimbangkan beberapa faktor dalam menentukan daya dukung tanah. Faktor-faktor tersebut adalah pengaruh kedalaman pondasi, bentuk pondasi, dan kemiringan beban.

Daya dukung ultimate pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K_{11}) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan :

Q_{ult} = kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal.

q_c = tahanan ujung sondir (kg/cm^2).

A_p = luas penampang tiang (cm^2).

JHL = Jumlah hambatan lekat (kg/cm).

K_{11} = Keliling tiang (cm).

Daya dukung ijin pondasi dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K_{11}}{5} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan:

Q_{ijin} = Kapasitas daya dukung ijin pondasi.

q_c = Tahanan ujung sondir (kg/cm²).

A_p = Luas penampang tiang (cm²).

J_{Hl} = Jumlah hambatan lekat (kg/cm).

K_{11} = Keliling tiang (cm).

2.2.9 Metode Aoki dan De Aleancar

Aoki dan Aleancar mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data Sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) diperoleh sebagai berikut :

$$q_p = (q_{ca}(base))/F_b \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan:

$q_{ca}(base)$ = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang dan F_b adalah faktor empirik tergantung pada tipe tanah.

Tahanan kulit persatuan luas (f) diprediksi sebagai berikut:

$$F = q_c(side)(a_s)/F_s \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan :

$q_c(side)$ = perlawanan konus rata-rata pada masing lapisan sepanjang tiang

F_s = faktor empirik tahan kulit yang tergantung pada tipe tanah

F_b = faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tanah

Tabel 3. Faktor emperik F_b dan F_s (Mekanika Tanah, Braja M. Das,2020)

Tipe tiang pancang	F_b	F_s
Tiang bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

Tabel 4. Nilai faktor empirik untuk tipe tanah yang berbeda (Mekanika Tanah, Braja M. Das, 2020)

Tipe tanah	a s (%)	Tipe tanah	a s (%)	Tipe tanah	a s (%)
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,2	Lempung berpasir	2,4
Pasir kelanauan	2,0	Pasir berlanau dengan lempung	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir kelanauan dengan lempung	2,4	lanau	3,0	Lempung berlanau dengan pasir	3,0
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lanau berlempung dengan pasir	3,0	Lempung berlanau	4,0
Pasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

Menghitung faktor empiric untuk tipe tanah pada umumnya nilai a s untuk pasir = 1,4%, nilai a s untuk lanau = 3,0% dan nilai a s untuk lempung = 1,4%

2.2.10 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan Jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini terjadi jika tiang dipancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah yang tidak mudah mampat, namun di bawahnya terdapat lapisan lunak. Dalam kondisi tersebut stabilitas kelompok tiang tergantung dari dua hal, yaitu:

1. Kapasitas dukung tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang dalam mendukung beban total struktur.
2. Pengaruh perurunan konsolidasi tanah yang terletak di bawah kelompok tiang.

Cara pemasangan tiang, seperti: dipancang, dibor, digetarkan atau ditekan, akan berpengaruh kecil pada kedua hal tersebut di atas. Penurunan kelompok tiang sama dengan penurunan tiang tunggal, jika dasar kelompok tiang terletak

pada lapisan keras.

Jika tiang-tiang dipancang pada lapisan yang agak kuat tapi dapat mampat (misalnya lempung kaku), atau dipancang pada lapisan yang tidak mudah mampat (misalnya pasir padat), tetapi lapisan tersebut berada di atas lapisan tanah lunak, maka kapasitas kelompok tiang mungkin lebih rendah dari jumlah kapasitas masing-masing tiang. Hal ini, karena kapasitas dukung ijin pondasi tiang akan dibatasi oleh penurunan toleransi.

Penurunan kelompok tiang lebih besar dari penurunan tiang tunggalnya, pada beban struktur yang sama. Hal ini, karena pada tiang tunggal luas zona tertekan pada bagian bawah tiang sangat lebih kecil daripada luas zona tertekan untuk kelompok tiang, sehingga penurunan kelompok tiang menjadi lebih besar dari pada penurunan tiang tunggal (Hary Christady Hardiyatmo, 2015).

A. Jumlah Tiang

Untuk menentukan jumlah tiang yang akan dipasang didasarkan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, maka rumus yang dipakai adalah sebagai berikut ini:

$$n = p / Q_a \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan:

P = Beban yang bekerja (kN)

Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang tunggal (kN)

B. Jarak Tiang

Umumnya, tiang-tiang jarang dipasang pada kedudukan yang benar-benar lurus dan tepat pada titik lokasi yang telah ditentukan. Meskipun tiang dipasang pada titik yang benar-benar tepat, kadangkadang masih terdapat

momen lentur kolom yang harus ditahan oleh kepala tiang. Karena itu, disarankan agar paling sedikit menggunakan tiga tiang untuk fondasi kolom utama dan dua tiang untuk fondasi dinding memanjang.

Jika tiang dukung ujung dibebani dengan beban Q , tanah di bawah dasar tiang menjadi tertekan. Kalau jumlah tiang tidak hanya satu dan disusun pada jarak tertentu, maka zona tanah tertekan menjadi tumpang tindih. Pada kondisi ini, tekanan total pada titik tertentu akan sama dengan jumlah tekanan yang diakibatkan oleh masing-masing tiang, yang besarnya dapat beberapa kali lebih besar dari tekanan akibat tiang tunggal. Kondisi demikian dapat pula terjadi pada kelompok tiang pada tipe tiang gesek, kecuali, jika tiang-tiang dipancang pada jarak yang besar. Namun jarak tiang yang terlalu besar menyebabkan biaya pembuatan pelat penutup tiang (*pile-cap*) menjadi tidak ekonomis.

Fellenius (2006) menyarankan jarak minimum tiang yang merupakan fungsi dari panjang tiang:

$$s = 2,5d + 0,02L \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan:

s = jarak minimum sumbu tiang (m)

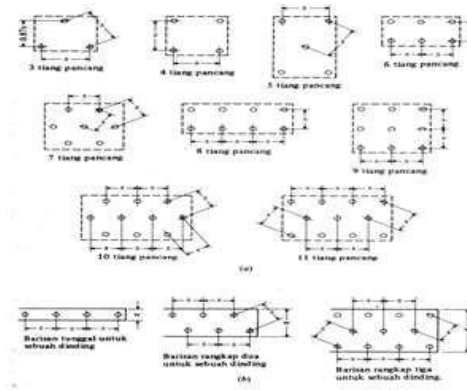
d = diameter atau lebar tiang (m)

L = kedalaman penetrasi tiang (m)

C. Susunan Tiang

Susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah *pile-cap*, yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang. Bila jarak tiang kurang teratur atau terlalu lebar, maka luas denah pilecap akan bertambah besar dan berakibat volumebeton menjadi bertambah besar sehingga biaya konstruksi

membengkak.



Gambar 8. Contoh susunan tiang (Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hardiatmo, 2015)

D. Efisiensi Tiang Dalam Tanah Khasif

Kapasitas dukung tiang gesek (*friction pile*) dalam tanah lempung akan berkurang jika jarak tiang semakin dekat. Beberapa pengamatan menunjukkan, bahwa kapasitas dukung total dari kelompok tiang gesek (*friction pile*), khususnya tiang dalam tanah lempung, sering lebih kecil daripada hasil kali kapasitas dukung tiang tunggal dikalikan jumlah tiang dalam kelompoknya. Jadi, besarnya kapasitas dukung total menjadi tereduksi dengan nilai reduksi yang tergantung dari ukuran, bentuk kelompok, jarak, dan panjang tiangnya. Nilai pengali terhadap kapasitas dukung ultimit tiang tunggal dengan memperhatikan pengaruh kelompok tiang, disebut efisiensi tiang (Eg).

Menurut Coduto, efisiensi tiang bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- a. Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
- b. Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
- c. Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
- d. Urutan pemasangan tiang.

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

Beberapa persamaan efisiensi tiang telah diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, namun semuanya hanya bersifat pendekatan. Persamaan-persamaan yang diusulkan didasarkan pada susunan tiang, jarak relatif dan diameter tiang, dengan mengabaikan panjang tiang, variasi bentuk tiang yang meruncing, variasi sifat tanah dengan kedalaman dan pengaruh muka Air tanah, Salah satu dari persamaan-persamaan efisiensi tiang tersebut (Hary Christady Hardiyatmo, 2015)

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktorefisiensi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_g = E_g \times n \times Q_a \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan:

Q_g = beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan.

E_g = efisiensi kelompok tiang.

n = jumlah tiang dalam kelompok.

Q_a = beban maksimum tiang tunggal.

Persamaan menghitung efesiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut:

1. Converse – Labarre

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)+m(m-1)n}{90 \times m \times n} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan:

E_g = Efisiensi kelompok tiang

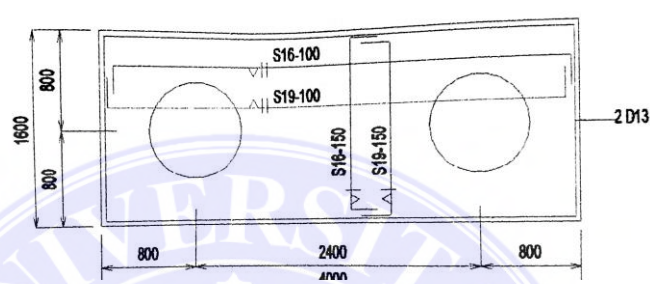
$$\theta = \text{arc tg } d/s, (\text{°})$$

n = Jumlah tiang dalam satu baris

m = Jumlah baris tiang

d = Diameter tiang (m)

s = Jarak pusat ke pusat tiang (m)



Gambar 9. Tiang Kelompok (Data Lapangan, 2023)

2. Los Angeles Group – Action Formula

$$Eg = 1 - D/(\pi \cdot s \cdot m) [m \cdot (n - 1) + s\sqrt{2(m - 1)(n - 1)}] \dots \dots \dots (2.20)$$

Dengan:

Eg = Efisiensi kelompok tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

m = Jumlah baris tiang

d = Diameter tiang (m)

s = Jarak pusat ke pusat tiang (m)

2.2.11 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Dalam Tanah Pasir

Dalam pasir, akibat pemancangan tiang, tanah pada radius paling sedikit 3 kali diameter tiang menjadi lebih padat, akibatnya kapasitas dukung kelompok tiang dapat menjadi lebih besar daripada jumlah kapasitas tiang tunggal. Namun, jika pasir dalam kondisi padat, tanah akan cenderung berkurang kepadatannya akibat pemancangan, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang. Dalam pasir,

tiang yang dipancang lebih akhir akan mempunyai kapasitas dukung lebih tinggi daripada tiang yang dipancang lebih dulu.

Jika tiang-tiang dipancang secara berkelompok, karena tanah yang berada di area kelompok tiang memadat dengan kepadatan yang tinggi, maka bila kelompok tiang ini dibebani, tiang-tiang dan tanah yang terletak diantaranya akan bergerak bersama-sama sebagai satu kesatuan yang terletak di antaranya akan bergerak bersama-sama sebagai satu kesatuan. Jadi, dalam hal ini, kelompok tiang berkelakuan seperti fondasi rakit, dengan luas dasar yang sama dengan luas kelompok tiang. Pengamatan pada tiang yang dipancang dalam tanah pasir homogen menunjukkan bahwa kapasitas kelompok tiang lebih besar daripada jumlah kapasitas masing-masing tiang di dalam kelompoknya. Jika jarak tiang dekat, pada waktu pemancangan tiang di dekatnya, tegangan efektif lateral akan bertambah. Akibatnya, tahanan gesek sisi tiang juga bertambah. Kecuali itu, pemancangan tiang yang berdekatan cenderung untuk menambah kerapatan relatif pasir yang dengan demikian akan menambah sudut gesek dalam tanah (ϕ). Pengujian model telah menunjukkan bahwa efisiensi kelompok tiang dalam tanah pasir lebih besar dari 1.

Hasil uji model pada kelompok tiang yang berjumlah 4 dan 9 yang dilakukan oleh vesic, dengan mengukur tahanan ujung dan tahanan gesek sisi tiang secara terpisah, menunjukkan bahwa efisiensi kelompok tiang yang jaraknya berdekatan, lebih besar dari 1, dan kenaikan efisiensi ini, lebih disebabkan oleh tahanan gesek sisi tiang daripada tahanan ujungnya. Terungkap pula dalam pengujian model tersebut bahwa efisiensi total kelompok tiang bertambah pada nilai maksimum bila jarak tiang 3 kali diameternya, dan kemudian turun bila

jaraknya bertambah. Dari data tersebut vesic menyimpulkan bahwa efisiensi toral (tahanan ujung dan tahanan gesek sisi tiang) cenderung lebih besar dari 1, kecuali jika tiang dipancang pada pasir sangat padat atau jarak tiang relatif jauh. Efisiensi maksimum dapat mencapai 2, bila jarak tiang 2 sampai 3 kali diameter tiang.

O'Neill, mengumpulkan beberapa data hasil pengujian kelompok tiang. O' Neill menyimpulkan:

1. Dalam tanah granuler longgar, efisiensi (E_v) selalu lebih besar 1 dan mencapai maksimum pada s/d sama dengan 2. Efisiensi bertambah bila jumlah tiang bertambah.
2. Dalam tanah granuler padat, bila $2 < s/d < 4$ (interval jarak tiang Normal), E_v umumnya lebih besar 1, sejauh tiang tidak dipancang dengan cara penyemprotan air atau tanah dibor lebih dahulu (*pre-drilling*).

Jika tiang dipancang ke dalam tanah pasir dan kerikil yang didasari tanah lempung lunak yang mudah tumpang, maka tegangan kelompok tiang yang bekerja pada lempung di bawahnya dapat menghasilkan tegangan yang tinggi, sehingga mengakibatkan penurunan konsolidasi yang berlebihan, Kapasitas dukung kelompok tiang pada kondisi demikian, lebih dipengaruhi oleh kuat geser dan sifat mudah tumpang tanah lempung di bawahnya daripada oleh efisiensi kelompok tiang dalam tanah pasir dan kerikil. Jadi, kapasitas dukung kelompok tiang yang diperoleh dari nilai efisiensi hanya digunakan sebagai perancangan awal. Lagi pula, jika tiang dipancang ke dalam tanah pasir dan kerikil, kapasitas dukungnya akan dipertimbangkan pula terhadap penurunan kelompok tiang. Menurut Coduto, bila tiang-tiang terletak dalam tanah non kohesif (pasir dan

kerikil) yang relatif padat, sepanjang kapasitas dukung tiang tunggal telah diberikan faktor aman yang cukup memadai terhadap keruntuhan oleh beban tekan, maka diharapkan tidak akan terjadi risiko keruntuhan blok kelompok tiang (Hary Christady Hardiyatmo, 2015).

Pada pondasi tiang pancang, tahanan gesek maupun tahanan ujung dengan $s \geq 3d$, maka kapasitas dukung kelompok tiang diambil sama besarnya dengan jumlah kapasitas dukung tiang tunggal ($E_g = 1$). Dengan menggunakan rumus yaitu:

$$Q_g = n \times Q_a \dots\dots\dots(2.21)$$

Sedangkan pada pondasi tiang pancang, tahanan gesek dengan $s < 3d$ maka faktor efisiensi ikut menentukan.

$$Q_g = E_g \times n \times E \dots\dots\dots(2.22)$$

Dengan:

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang (kN)

E_g = Efisiensi kelompok tiang

n = Jumlah tiang dalam kelompok

Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang (kN)

2.2.12 Penurunan Tiang

Pada waktu tiang dibebani, tiang akan mengalami pemendekan dan tanah disekitarnya akan mengalami penurunan. Beberapa metode hitungan penurunan telah diusulkan, berikut ini akan dipelajari penurunan tiang (Hary Christady Hardiyatmo, 2015).

A. Penurunan Tiang Tunggal

Penurunan tiang tunggal dan distribusi beban sepanjang tiang dapat

dihitung dengan menggunakan metode transfer beban (*load transfer*) yang diusulkan oleh *Poulos dan Daffis* yaitu:

1. Untuk tiang apung (*floating pile*)

$$S = \frac{QI}{E_s d} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$I = I_o R_k R_h R_\mu$$

2. Untuk tiang dukung ujung

$$S = \frac{QI}{E_s d} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$I = I_o R_k R_h R_\mu$$

Dengan:

S = Penurunan untuk tiang tunggal.

Q = Beban yang bekerja I

o = Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat (Gambar 2.10).

R_k = Faktor koreksi kemudah mampatan tiang (Gambar 2.11).

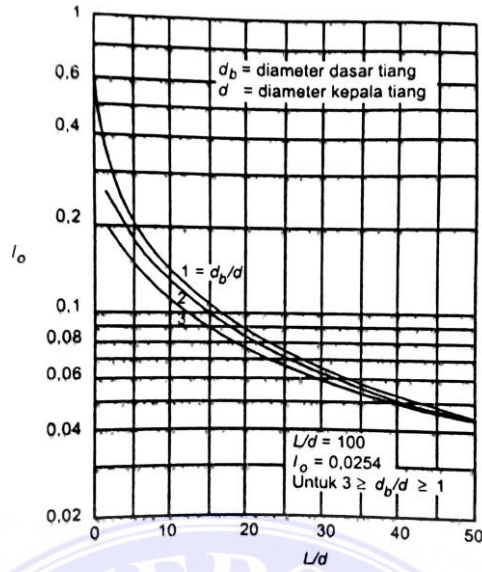
R_h = Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras (Gambar 2.12).

R_μ = Faktor koreksi angka Poisson μ (Gambar 2.13).

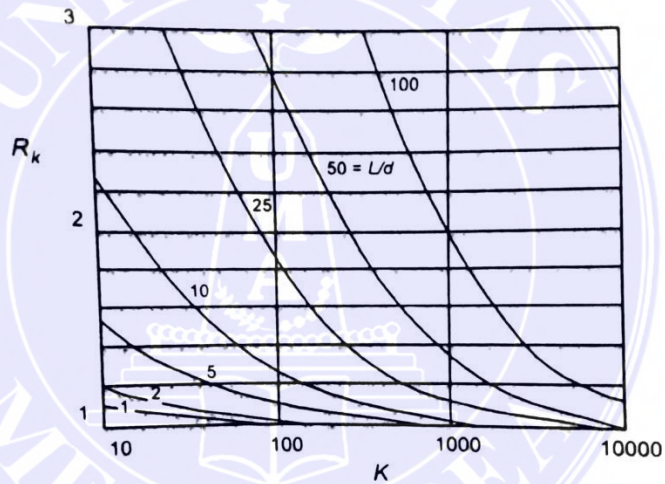
R_b = Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung (Gambar 2.14).

H = Kedalaman total lapisan tanah dari ujung tiang ke muka tanah.

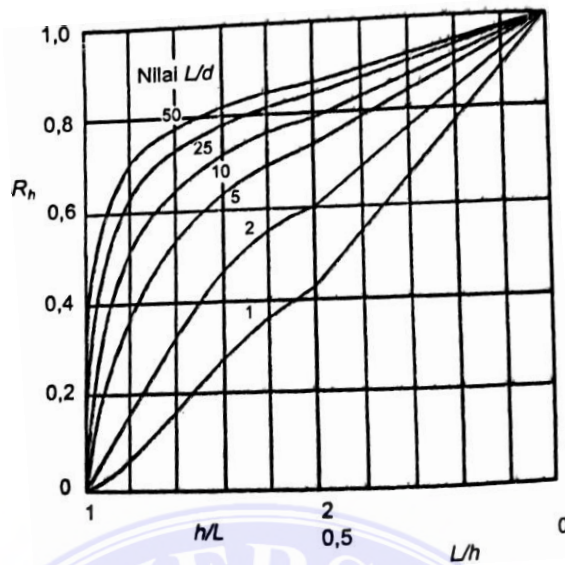
D = Diameter tiang



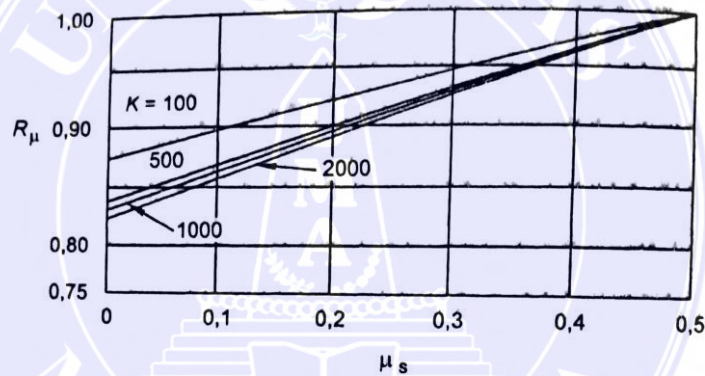
Gambar 10. Faktor Penurunan I_o (Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hardiyatmo, 2015)



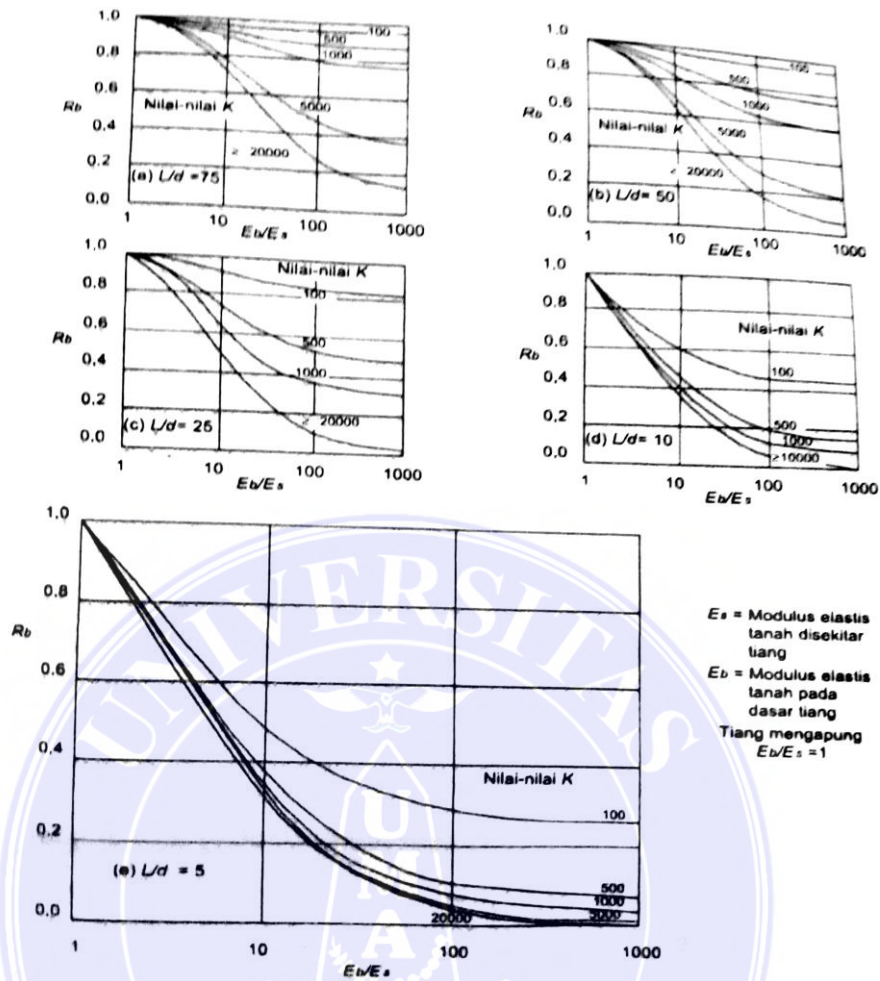
Gambar 11. Koreksi Kompresi, R_k (Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hardiyatmo, 2015)



Gambar 12. Koreksi Kedalaman, R_h (Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hardiyatmo, 2015)



Gambar 13. Koreksi angka poisson, R_μ (Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hardiyatmo, 2015)



Gambar 14. Koreksi kekakuan lapisan pendukung, R_b (Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hardiyatmo, 2015)

Pada gambar 2.11, 2.12, dan 2.14, K adalah suatu ukuran kompresibilitas relatif antara tiang dan tanah yang dinyatakan oleh persamaan:

$$K = \frac{E_p \cdot R_A}{E_s} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana : $R_A = \frac{A_p}{1/4\pi d^2}$

Dengan:

K = Faktor kekakuan tiang.

E_p = Modulus elastisitas dari bahan tiang.

E_s = Modulus elastisitas tanah disekitar tiang.

A_p = Luas tampang tiang.

E_b = Modulus elastisitas tanah didasar tiang.

Berbagai metode untuk menentukan nilai modulus elastitas tanah (E_s) antara lain dengan percobaan langsung ditempat yaitu dengan menggunakan data hasil sondir. Karena nilai laboratorium dari E_s tidak sangat baik dan mahal untuk mendapatkan. Bowles memberikan persamaan yang dihasilkan dari pengumpulan data pengujian kerucut statis (sondir), sebagai berikut:

$$E_s = 3q_c \text{ (untuk pasir) } \dots\dots\dots(2.26)$$

$$E_s = 8q_c \text{ (untuk lempung) } \dots\dots\dots(2.27)$$

Dari analisa yang dilakukan secara mendetail oleh Mayerhoff, untuk nilai modulus elastisitas tanah dibawah ujung tiang (E_b) kira-kira 5 samapi 10 kali harga modulus elastisitas tanah di sepanjang tiang (E_s).

$$S = \frac{(Q + \xi Q_s)L}{AEp} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dengan :

Q = beban yang bekerja

Q_s = tahanan gesek

ξ = koefisien dari skin friction

E_p = modulus elastisitas

Nilai (ξ) tergantung pada unit tahanan friksi (kulit) alami pada sepanjang tiang pancang di dalam tanah. Nilai $\xi = 0,5$ adalah dimana bentuk unit tahanan friksi (kulit) alaminya berbentuk seragam atau simetris, seperti persegi panjang maupun parabolic seragam, umumnya pada tanah lempung atau lanau. nilai $\xi = 0,67$ adalah jika bentuk unit tahanan friksi (kulit) alaminya berbentuk segitiga, umumnya pada tanah pasir.

Perkiraan angka poisson (μ) dapat dilihat pada tabel 2.9, Terzaghi

menyarankan nilai $\mu = 0,3$ untuk tanah pasir, $\mu = 0,4 - 0,43$ untuk tanah lempung. Umumnya banyak digunakan $\mu = 0,3 - 0,35$ untuk tanah pasir dan $\mu = 0,4 - 0,5$ untuk tanah lempung.

Tabel 5. Perkiraan angka poisson (μ) (Analisis dan Perancangan Fondasi II, Hardiatmo, 2015)

Macam Tanah	μ
Lempung Jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak Jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir Padat	0,2 – 0,4
Pasir Kasar	0,15
Pasir halus	0,25

2.2.13 Faktor Aman Tiang Pancang

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka kapasitas ultimit tiang dibagi dengan faktor aman tertentu. Fungsi faktor aman adalah:

- Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian dari nilai kuat geser dan kompresibilitas yang mewakili kondisi lapisan tanah.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam di antara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.
- Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
- Untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.

Sehubungan dengan alasan butir (d), dari hasil banyak pengujian-pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban kerja (*working load*) yang

terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 (Tomlinson,). Besarnya beban kerja (*working load*) atau kapasitas dukung tiang ijin (Q_a) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (F') yang sesuai.(Hary Christady Hardiyatmo, 2015).

Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan tiang pancang:

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \dots\dots\dots(2.29)$$

Beberapa peneliti menyarankan faktor aman yang tidak sama untuk tahanan gesek dinding dan tahanan ujung. Kapasitas ijin dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_a}{3} + \frac{Q_s}{1,5} \dots\dots\dots(2.30)$$

Penggunaan faktor aman $F_e = 1,5$ untuk tahanan gesek dinding (Q_s) yang lebih kecil dari faktor aman untuk tahanan ujung tiang (yaitu 3), karena nilai puncak dari tahanan gesek sisi tiang dicapai bila tiang mengalami penurunan 2 - 7 mm, sedang tahanan ujung (Q_b) membutuhkan penurunan yang lebih besar agar tahanan ujungnya bekerja secara penuh. Jadi, maksud penggunaan faktor-faktor aman tersebut adalah untuk meyakinkan keamanan tiang terhadap keruntuhan tiang dengan mempertimbangkan penurunan tiang pada beban kerja yang diterapkan. Disarankan oleh Tomlinson , nilai (Q_a) dalam Persamaan (2.47) tidak boleh melebihi nilai(Q_a) dalam Persamaan (2.48).

Reese dan O'Neill menyarankan pemilihan faktor aman (F) untuk perancangan fondasi tiang yang dipertimbangkan faktorfaktor sebagai berikut:

1. Tipe dan kepentingan dari struktur.

2. Variabilitas tanah (tanah tidak uniform).
3. Ketelitian penyelidikan tanah.
4. Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan.
5. Ketersediaan data di tempat (uji beban tiang).
6. Pengawasan/kontrol kualitas di lapangan.
7. Kemungkinan beban desain aktual yang terjadi selama beban layanan struktur.

Tabel 6. Faktor aman yang disarankan (Reese dan o'Neill, 1989)

Klasifikasi Struktur	Faktor aman (<i>F</i>)			
	Kontrol baik	Kontrol normal	Kontrol jelek	Kontrol sangat jelek
Monumental	2,3	3	3,5	4
Permanen	2	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2,0	2,3	2,8

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living. Jl, Gagak Hitam No.2A. Sei Sikambang B, Kec, Medan Sunggal, Sumatera Utara



Gambar 15. Lokasi Proyek Pembangunan Apartemen Princeton Medan (Google Maps, 2023)

3.2 Data Teknis Proyek

Data Umum

- Nama Proyek : Apartemen Princeton Boutique Living
- Owner : Princeton Boutique Living
- Konsultan MK : PT. Newland Overseas Development
- Kontraktor Pelaksana : PT. Prima Abadi Jaya Medan
- Lokasi : Jl, Gagak Hitam No.2A. Sei Sikambang B, Kec, Medan Sunggal.
- Infrastruktur : Pembangunan Apartemen Princeton

Boutique Living di Medan Sunggal.

Data Struktur

- Jenis Konstruksi : Apartemen
- Jumlah Lantai : 28 Lantai

3.3 Langkah Penelitian

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan Apartemen Princeton Boutique Living, penulis melakukan survey kelapangan langsung untuk memperoleh data-data yang akan digunakan pada saat perhitungan yaitu antara lain:

3.3.1. Pengumpulan data

Pengumpulan data adalah proses tahap awal untuk pengadaan data primer atau data sekunder untuk keperluan penelitian. Pengumpulan data merupakan langkah yang sangat penting dalam metode ilmiah, pada umumnya data yang dikumpulkan digunakan untuk pengujian hipotesis, pengumpulan data merupakan faktor hal penting dari keberhasilan suatu penelitian. Sumber data adalah mengenai asal data diperoleh, dari sumber langsung atau data primer dan data tidak langsung atau data sekunder.

1. Tahap pertama melakukan review dan study pustaka untuk mencari buku dan jurnal terkait dengan pondasi tiang pancang, mencari permasalahan terhadap pondasi tiang pancang.
2. Tahap kedua meninjau langsung ke lokasi proyek dan menentukan lokasi dimana yang akan dilaksanakan pengambilan data yang perlu.
3. Tahap ketiga pelaksanaan pengumpulan data-data, data yang diperoleh dari proyek adalah sebagai berikut:

- a. Data hasil sondir
 - b. Data *loading test*
 - c. Data hasil Lab
4. Tahap keempat menganalisis data dengan menggunakan data-data yang diperoleh berdasarkan metode yang ada.
 5. Tahap kelima menganalisis terhadap hasil perhitungan yang dilakukan dan membuat kesimpulan.

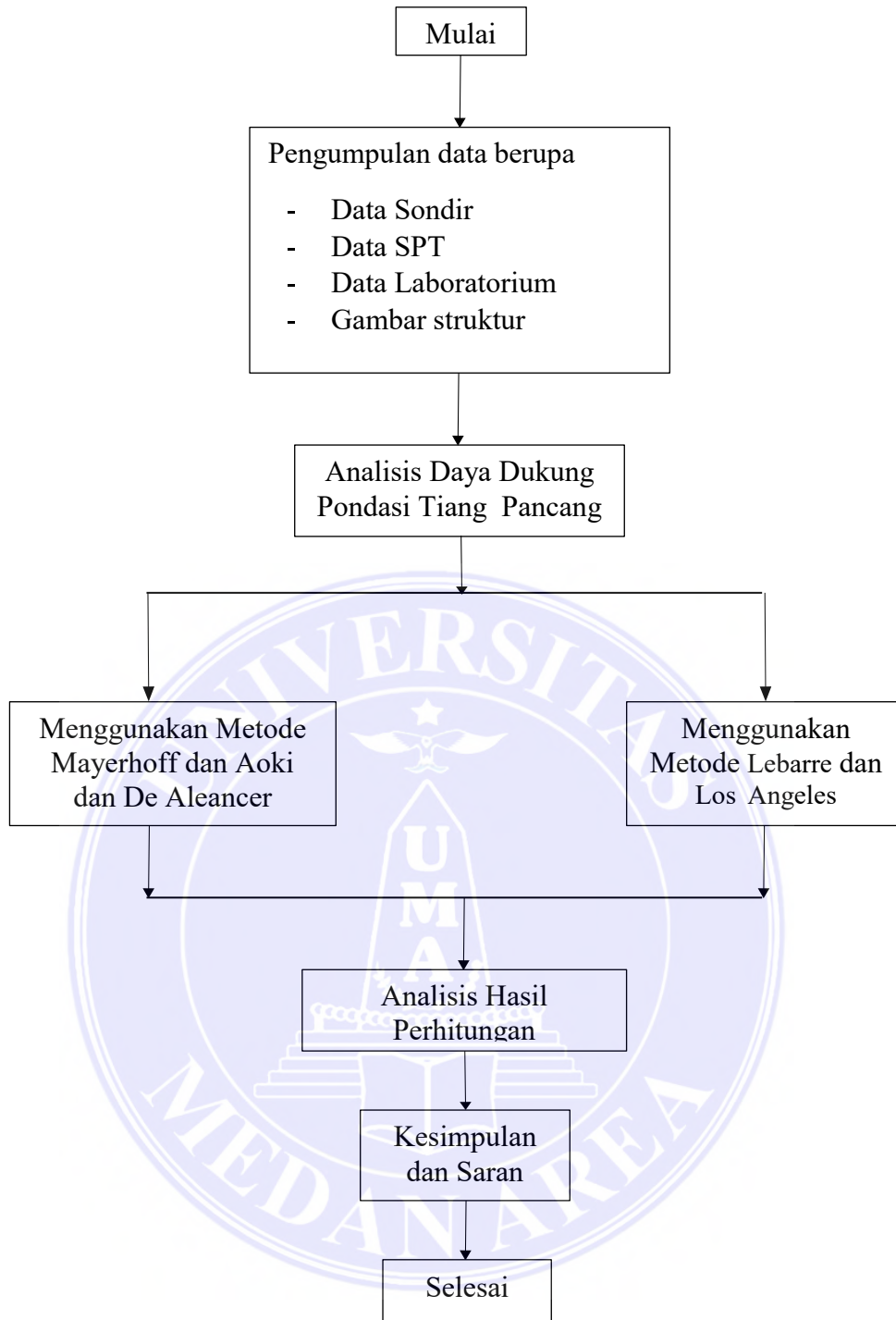
3.4 Metode Analisis

Untuk perhitungan perencanaan daya dukung pondasi tiang pancang ini penulis melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- A. Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang antara lain:
 1. Dari data sondir dengan menggunakan Metode *Aoki de Alencer* dan Metode Mayerhoff.
 2. Dari data N-SPT dengan menggunakan Metode Mayerhoff.
- B. Menghitung kapasitas daya dukung pondasi kelompok atau group tiang berdasarkan efisiensi dengan Metode *Converse Labarre* dan Metode *Los Angeles Group*.
- C. Menghitung penurunan pondasi tiang tunggal (*single Pile*).

3.5 Kerangka Berpikir

Untuk memperjelas paparan sebelumnya tentang metode penelitian, pada bagian ini akan digambarkan bagan alur penelitian dalam bentuk diagram berikut:



Gambar 16. Bagan alir penelitian (Analisis Peneliti, 2023)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil perhitungan daya dukung ultimit pada tiang kedalaman 6,20 m berdasarkan data sondir (CPT-S2), dan data (SPT-BH1) adalah sebagai berikut:

- ❖ Dari data sondir dengan *Aoki dan De Alencar*, $Q_{ult} = 338,431$ Ton
- ❖ Dari data Sondir dengan Metode Mayerhoff, $Q_{ult} = 1096,739$ Ton
- ❖ Dari data SPT, $Q_{ult} = 177,81$ Ton

Hasil perhitungan daya dukung kapasitas ijin kelompok tiang (*pile group*) berdasarkan efisiensi dengan menggunakan 45 tiang kelompok:

- ❖ Metode *Converse Labbare* diperoleh kapasitas kelompok/group ijin tiang ($E_g = 0,8976$)
 - Dari data Sondir dengan *Aoki dan De Alencar*, $Q_{ijin} = 4614,520$ Ton
 - Dari data Sondir dengan Metode Mayerhoff, $Q_{ijin} = 9671,603$ Ton
 - Dari data SPT, $Q_{ijin} = 4848,879$ Ton
- ❖ Metode *Los Angeles Group* diperoleh kapasitas Kelompok/group ijin tiang ($E_g = 0,83$)
 - Dari data sondir dengan *Aoki dan De Alencar*, $Q_{ijin} = 1926,524$ Ton
 - Dari data sondir dengan Metode Mayerhoff, $Q_{ijin} = 4037,814$ Ton
 - Dari data SPT, Metode Mayerhoff $Q_{ijin} = 2024,367$ Ton
- ❖ Hasil perhitungan perkiraan penurunan total tiang sebesar 1,613 mm dan dapat dilihat pada tabel 4.3 Pada umumnya penurunan yang diijinkan $\leq 25,4$ mm. Penurunan total tiang tunggal adalah 1,613 mm lebih

kecil dari pada 25,4 mm.

Berdasarkan perhitungan daya dukung ultimit tiang pancang menggunakan hasil data Sondir dengan Metode Mayerhoff diperoleh daya dukung pondasi tiang pancang sebesar, $Q_{ult} = 1096,739$ Ton. Sebab itu pondasi akan aman jika daya dukung pondasi lebih besar dari pada beban-beban yang bekerja pada bangunan Apartemen Princeton Boutique Living.

5.2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya apabila ingin menghitung besarnya daya dukung Pondasi tiang pancang, lebih baik memiliki kelengkapan data yang berhubungan dengan teknis tanah. Hal ini dapat mempermudah dalam melakukan perhitungan serta analisis untuk mendapatkan hasil yang akurat.
2. Dalam menganalisa daya dukung pondasi lebih baik memakai hasil data Sondir karena lebih aktual.

DAFTAR PUSTAKA

- Arivai, M., & Setiawati, M. (2017). Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Hotel Santika Premiere Palembang (Studi Kasus: Kel. Talang Jambe, Kec. Sukarame). *Bearing: Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 4(3), 84–88.
- Bowles, J. E. (2005). Analisis Dan Desain Pondasi Jilid 2 Edisi Keempat. In *Jakarta: Erlangga* (Vol. 2, p. 474).
- Braja M. Das Noor Endah Indrasurya B, mochtar jilid 1. (2020). *Mekanika Tanah*.
- Hanafi, M. R., Tohir, M., Siswa, K., Sipil, J. T., & Sipil, J. T. (1945). Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Menggunakan Metode Langsung Dan Metode Aoki Dealencar Pada Gedung Lembaga Pembinaan Khusus Anak (Lpka) Klas Ii Samarinda Di Kota Tenggarong.
- Hary Christady Hardiyatmo. (2015). *Analisis dan perencanaan FONDASI II* (ketiga). Gadjah Mada University Pres Anggota IKAPI.
- Hary Christady Hardiyatmo. (2014). *Analisis dan perencanaan FONDASI I* (ketiga). Gadjah Mada University Pres Anggota IKAPI.
- Horionti, E. (2002). *Desain Pondasi*.
- Ir. Sardjono HS. (2021). *PONDASI TIANG PANCANG II* (keempat). C.V. "SINAR WIJAYA" Surabaya.
- Mina, E., Kusuma, R. I., & Gultom, L. R. (2018). Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji Standard Penetration Test (Spt) Dan Data Uji Cone Penetration Test (CPT) (Studi kasus proyek Apartemen Maqna Residence Kebon Jeruk - Jakarta). *Jurnal Fondasi*, 7(2). <https://doi.org/10.36055/jft.v7i2.4072>
- Nurul, H., Sittati, M., & Tri, M. (2018). Aktualisasi Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Parameter Tanah Dan Static Loading Test (Studi kasus: Perencanaan Gedung Dewi Sartika Di Unj) *Jurnal Kajian Teknik Sipil Volume 3 Nomor 1*
- Setiyo, D., Suhendra, S., & Nuklirullah, M. (2019). Analisa Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Tiang Pancang pada Rencana Pembangunan Komplek Pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi. *Jurnal Civronlit Unbari*, 4(2), 80.

<https://doi.org/10.33087/civronlit.v4i2.54>

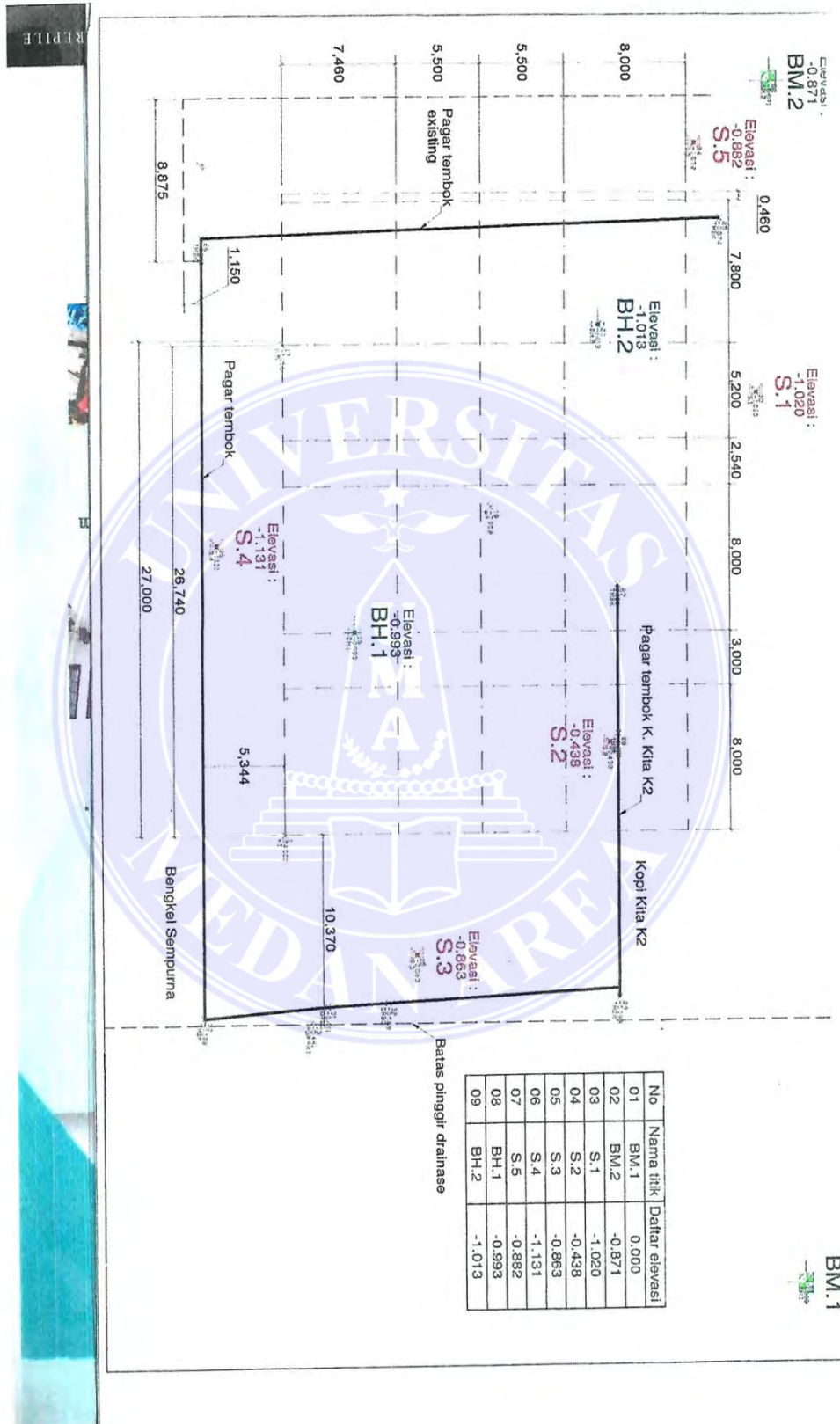
Wardani, M. K. (2017). Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Metode Statis Metode Dinamis Dan Kekuatan Bahan Berdasarkan Data NSPT (Studi Kasus *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, 1(2),1–6.

http://ejournal.unira.ac.id/index.php/jurnal_rekayasa_teknik_sipil/article/view

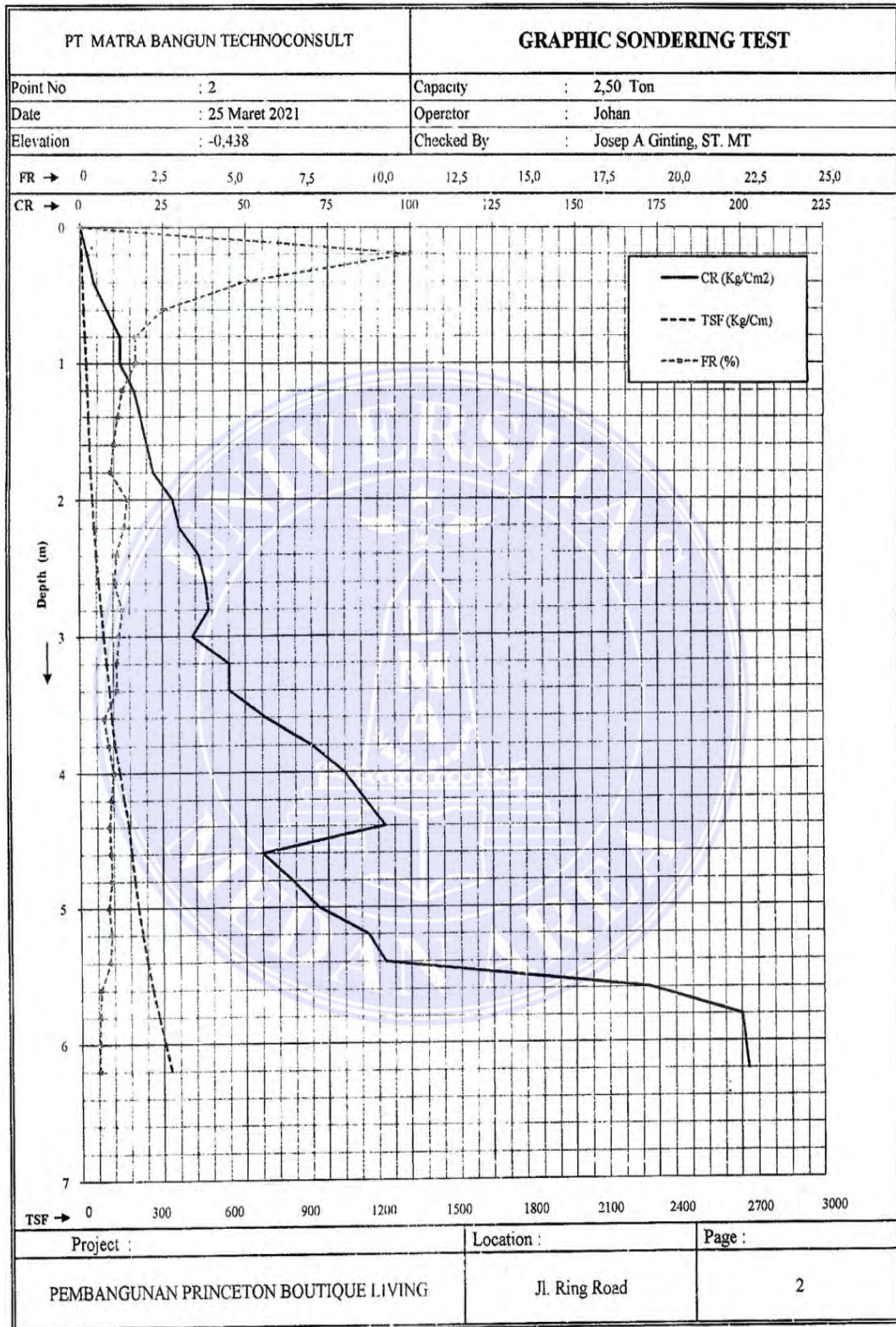
Yuliawan, E., & Rahayu, T. (2018). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian Spt Dan Cyclic Load Test. *Jurnal Konstruksia*, 9(2), 1–13.



LAMPIRAN



PT. MATRA BANGUN TECHNOCONSULT				SONDERING TEST (DUTCH CONE PENETRATION TEST)			
Sondir No : 2				Capacity : 2,50 Ton			
Date : 25 Maret 2021				Operator : Johan			
Elevation : -0,438				Checked By : Josep A Ginting, ST. MT			
Depth (m)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm ²	Total Resistant (TR) Kg/Cm ²	Skin Friction (SF) Kg/Cm ²	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm ²	Friction Ratio (FR) %
	0,00	0	0	0	0	0	0,00
0,20	2	4	2	4	4	0,20	10,00
0,40	4	6	2	4	8	0,20	5,00
0,60	8	10	2	4	12	0,20	2,50
0,80	12	14	2	4	16	0,20	1,67
1,00	12	14	2	4	20	0,20	1,67
1,20	16	18	2	4	24	0,20	1,25
1,40	18	20	2	4	28	0,20	1,11
1,60	20	22	2	4	32	0,20	1,00
1,80	22	24	2	4	36	0,20	0,91
2,00	28	32	4	8	44	0,40	1,43
2,20	30	34	4	8	52	0,40	1,33
2,40	36	40	4	8	60	0,40	1,11
2,60	38	42	4	8	68	0,40	1,05
2,80	39	44	5	10	78	0,50	1,28
3,00	34	38	4	8	86	0,40	1,18
3,20	45	50	5	10	96	0,50	1,11
3,40	45	50	5	10	106	0,50	1,11
3,60	56	60	4	8	114	0,40	0,71
3,80	70	76	6	12	126	0,60	0,86
4,00	80	88	8	16	142	0,80	1,00
4,20	86	94	8	16	158	0,80	0,93
4,40	92	100	8	16	174	0,80	0,87
4,60	55	60	5	10	184	0,50	0,91
4,80	64	70	6	12	196	0,60	0,94
5,00	72	78	6	12	208	0,60	0,83
5,20	87	95	8	16	224	0,80	0,92
5,40	92	100	8	16	240	0,80	0,87
5,60	172	182	10	20	260	1,00	0,58
5,80	200	211	11	22	282	1,10	0,55
6,00	201	212	11	22	304	1,10	0,55
6,20	202	213	11	22	326	1,10	0,54
6,40							
6,60							
6,80							
7,00							
7,20							
7,40							
Project : PEMBANGUNAN PRINCETON BOUTIQUE LIVING				Location : Jl. Ring Road		Page 1	



GEOLOGIC DRILLING LOG				Project :	PEMBANGUNAN PRINCETON BOUTIQUE LIVING				
ELEVATION : -0,993				Location :	JL. RING ROAD				
BEGINNING : 1/04/2021				BORING MACHINE :	YBM S 05				
ENDING : 5/04/2021				DRILL MASTER :	Johan				
TOTAL DEPTH : 60,45 m				LOGGED BY :	Putra Ginting				
FINAL GWL : 0,50 m				CHECKED BY :	Josep Ginting, ST.MT				
				BOR : 01					
				Company Name					
				PT. MATRA BANGUN TECHNOCONSULT					
				STANDARD PENETRATION TEST (SPT)					
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	GWL (m)	METHODS OF SAMPLE UDS/DS LITHOLOGY SYMBOL	SOIL AND / OR ROCK DESCRIPTION (ASTM D2487/D2488)					
				GRAPH N - VALUE	N / 5 CM	N / 15 CM	N / 30 CM	N BLOWS	
				10 20 30 40 50 60	N 1	N 2	N 3	N 2 + N 3	
1	2,50			Silty Clay - Grayish brown, Medium stiff, with little of fine to coarse grained sand.		2	2	4	6
2						6	10	12	22
3						9	12	16	28
4						6	16	18	34
5	5,00			Silty Clay with Sand (CL), Grayish brown, Stiff. Sand is fine to coarse grained.		7	5	5	10
6						2	3	4	7
7						1	1	0	1
8						1	2	3	5
9						1	1	2	3
10						7	9	10	22
11	7,00			Silty Clay with sand (CL), dark brown, very soft to soft. Sand is fine to coarse grained.		4	5	7	12
12						6	6	9	15
13						11	15	27	42
14						20	45	15/7	>60
15						20	49	20/12	>60
16						15	30	30	60
17	10,50			Silty Sand, Light Gray, Fine to coarse grain, Dense to very dense, Sand consist to tuff		20	31	29/14	>60
18						21	31	29/12	>60
19						60/14	-	-	>60
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

LEGEND :	
	: Disturbed Sample
	: Undisturbed Sample
	: Ground Water Level (GWL)
	: Organic Matter
	: Medium Sand or Rough Sand
	: Fine Sand
	: Silty Sand or Sandy Silt
	: Clayey Sand or Sandy Clay
	: Clayey Silt or Silty Clayey
	: Clay

GEOLOGIC DRILLING LOG				Project : PEMBANGUNAN PRINCETON BOUTIQUE LIVING								
				Location : JL.RING ROAD								
ELEVATION : -0,993		BORING MACHINE : YBM S 05		BOR : 01								
BEGINNING : 1/04/2021		DRILL MASTER : Johan		Company Name								
ENDING : 5/04/2021		LOGGED BY : Putra Ginting		PT. MATRA BANGUN TECHNOCONSULT								
TOTAL DEPTH : 60,45 m		CHECKED BY : Jagan Ginting, ST.MT		STANDARD PENETRATION TEST (SPT)								
FINAL GWL : 0,50 m				GRAPH N - VALUE								
DEPTH (m)	THICKNESS (m)	GWL (m)	METHODS OF SAMPLE LOGS/SIDS	LITHOLOGY SYMBOL	SOIL AND / OR ROCK DESCRIPTION (ASTM D2487/D2488)	N 15 CM	15 CM	1' CM	N BLOWS			
						10	20	30	40	50	60	70
						N 1	N 2	N 3	N 2 + N 3			
31						40	50	10/3	>60			
32						40	45	15/4	>60			
33						35	60/4	-	>60			
34	37,50				Silty Sand Light Gray, Fine to coarse grain, Dense to very dense. Sand consist to tuff	26	40	20/7	>60			
35						19	25	20	31			
36						12	15	20	35			
37						7	10	12	22			
38						12	15	16	31			
39					Silty Clay with Sand (CL), dark gray to light brown, medium stiff to stiff. Sand is fine to coarse grained	9	9	12	21			
40	45,00					6	7	11	18			
41						17	25	35	>60			
42					Silty Sand, Grayish black, Fine to coarse grain, Very dense	11	35	25/9	>60			
43	47,50					7	9	12	21			
44						6	8	8	16			
45					Sandy Silty light gray, very stiff. Sand is fine to coarse grained	-	8	9	17			
46						11	10	12	22			
47						6	8	9	17			
48						8	7	10	17			
49	52,50				Silty Clay, light gray, Very stiff	6	-	10	17			
50						11	14	18	32			
51						14	20	26	46			
52												
53												
54	58,00											
55												
56												
57												
58												
59	60,45				Sandy Clay, light gray, Hard, Sand is fine to coarse grained							
60												

LEGEND :

: Disturbed Sample

: Undisturbed Sample

: Ground Water Level (GWL)

: Organic Matter

: Medium Sand or Rough Sand

: Fine Sand

: Silty Sand or Sandy Silt

: Clayey Sand or Sandy Clay

: Clayey Silt or Silty Clayey

: Clay

