

**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI
BORED PILE PADA PEMBANGUNAN GEDUNG MENARA
BRI MEDAN**

SKRIPSI

OLEH :

RIZKI GEOPANY TARIGAN

188110050



**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 4/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)4/12/23

**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI
BORED PILE PADA PEMBANGUNAN GEDUNG MENARA
BRI MEDAN**

SKRIPSI

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



Oleh:

RIZKI GEOPANY TARIGAN

188110050

**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 4/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)4/12/23

HALAMAN PEGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi *Bored Pile*
Pada Pembangunan Gedung Menara BRI Medan
Nama : Rizki Geopany Tarigan.
NPM : 188110050
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing

Ir. Irwan, M.T
Pembimbing

Dr. S Kom., M.Kom Tida Emma Wulandari, S.T., M.T
Fakultas Teknik Prodi Teknik Program Studi

Tanggal Lulus : 10 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 saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 10 Juli 2023



Rizki Geopany Tarigan
188110050



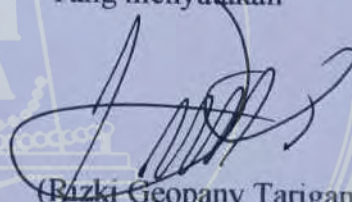
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Rizki Geopany Tarigan
Npm : 188110050
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya saya yang berjudul : “Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Gedung Menara BRI Medan”. Beserta Perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas *Royalti Noneksklusif* ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/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 : 10 Juli 2023
Yang menyatakan


(Rizki Geopany Tarigan)

RIWAYAT HIDUP

Rizki Geopany Tarigan dilahirkan di Medan, Pada tanggal 15 November 1999, dari Ayah Kear Tarigan dan Ibu Genep Keriahenta br Barus. Penulis merupakan putra pertama dari 2 bersudara.

Tahun 2018 Penulis lulus dari SMAN 2 LUBUK PAKAM dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan penulis menjadi asisten mata kuliah Rekayasa Irigasi pada tahun ajaran 2019/2020, pada tahun 2021 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan.



KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Penulis Ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas berkat dan karunia – Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penyusunan Tugas Akhir ini berjudul Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Gedung Menara BRI Medan.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis tidak akan selesai tanpa bimbingan, nasehat, serta petunjuk dari berbagai pihak. Terima Kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Irwan., M.T selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandar, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran dan masukan. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan karyawan Fak. Teknik Universitas Medan Area dan juga rekan – rekan kelas pagi Teknik Sipil UMA Stambuk 2018 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,

(Rizki Geopany Tarigan)

ABSTRAK

Pondasi *Bored Pile* merupakan salah satu elemen yang penting dalam konstruksi yang berperan mendistribusikan seluruh beban berat bangunan yang terpusat pada kolom ke area lapisan tanah yang lebih keras untuk mencapai stabilitas struktur. Dalam perencanaan pondasi perlu diperhitungkan besar beban yang diterima dan daya dukung tanah setempat. Setiap pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besarnya kapasitas daya dukung pondasi *Bored Pile* dari data CPT menggunakan metode Mayerhoff, Aoki De Alencer, Schmertmann and Nottingham serta LCPC (*Laboratorium Sentral Ponts et des Chaussees*). Menghitung Efisiensi tiang kelompok menggunakan metode *Converse-Labarre* dan *Los Angeles Group*. Penurunan tiang tunggal yang terjadi menggunakan metode *Poulos and Davis*. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa untuk pondasi *bored pile* dengan jumlah 120 tiang, kedalaman 13,40 meter dan diameter tiang sebesar 80 cm, diperoleh nilai daya dukung ultimit terkecil dari data S-03 menggunakan metode Aoki De Alencer sebesar 224,49 ton. Berdasarkan data CPT daya dukung ultimit terbesar untuk data S-03 menggunakan metode LCPC sebesar 2.524,60 ton pada kedalaman 13,40 m. Penurunan pondasi tiang *Bored Pile* terjadi sebesar 17,28 mm atau setara dengan 0,01728 m dimana, Penurunan pondasi yang terjadi pada setiap tiang dikategorikan aman karena penurunan tidak lebih besar dari penurunan maksimum yang diizinkan sebesar 80 mm.

Kata Kunci: Daya Dukung; *Bored Pile*; Penurunan; *Cone Penetration Test*.

ABSTRACT

Bored Pile foundation is one of the important elements in construction whose role is to distribute all the heavy loads of the building centered on the column to the harder soil layer area to achieve structural stability. In planning the foundation, it is necessary to take into account the magnitude of the load received and the carrying capacity of the local soil. Each foundation must be able to support the load up to a predetermined safety limit. This research aims to calculate the bearing capacity of Bored Pile foundation from CPT data using Mayerhoff, Aoki De Alencer, Schmertmann and Nottingham and LCPC methods (Laboratorium Sentral Ponts et des Chaussees). Calculating the efficiency of group piles using the Converse-Labarre and Los Angeles Group methods. Single pile settlement that occurs using the Poulos and Davis method. From the calculation results, it is found that for the bored pile foundation with a total of 120 piles, a depth of 13.40 meters and a pile diameter of 80 cm, the smallest ultimate bearing capacity value of the S-03 data using the Aoki De Alencer method is 224.49 tons. Based on the CPT data, the largest ultimate bearing capacity for S-03 data using the LCPC method is 2,524.60 tons at a depth of 13.40m. The decrease in the Bored Pile foundation occurred by 17.28 mm or equivalent to 0.01728 m where, The settlement of the foundation that occurs on each pile is categorized as safe because the settlement is not greater than the maximum allowable settlement of 80 mm.

Keywords: *Bearing Capacity; Bored Pile; Settlement; CPT*

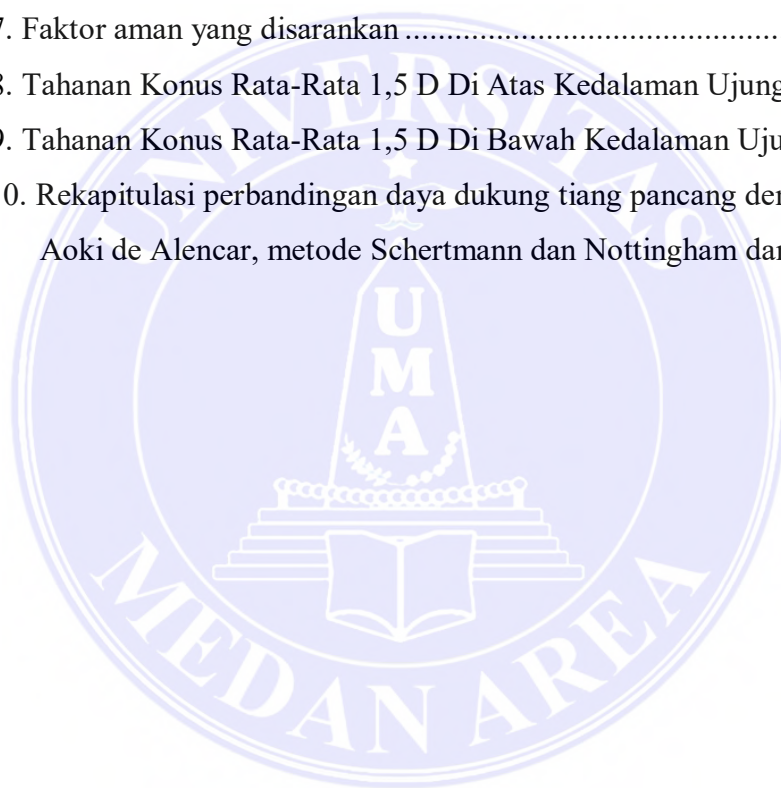
DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PEGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Umum.....	8
2.3.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Definisi Tanah	11
2.3 Penyelidikan Tanah (<i>Soil Investigation</i>).....	14
2.3.1 Sondering Test (CPT).....	15
2.3.2 Standard Penetration Test (SPT).....	18
2.4 Pengertian Pondasi.....	20
2.4.1 Jenis – jenis Pondasi	20
2.4.2 Klasifikasi Pondasi Tiang	23
2.4.3. Persyaratan Pondasi Tiang	23
2.5. Pondasi Tiang Bor (<i>Bored Pile</i>)	24
2.5.1. Penggunaan Pondasi Tiang Bor	27
2.5.2. Perancangan Pondasi Tiang Bor	27
2.5.3. Jenis – jenis Pondasi Tiang Bor	28
2.6 Daya Dukung Tanah	28
2.7. Kapasitas Daya Dukung	29
2.7.1. Tiang Dukung Ujung dan Tiang Gesek	29
2.7.2. Daya Dukung Pondasi <i>Bored Pile</i> Dari Hasil CPT	30
2.7.3. Metode Aoki dan De Alencar.....	31
2.7.4. Metode Mayerhoff	33
2.7.5. Metode Schertmann dan Nottingham	34
2.7.6. Metode LCPC.....	37

2.8.	Daya Dukung Kelompok Tiang.....	39
2.8.1.	Jumlah Tiang	39
2.8.2.	Jarak Tiang (s).....	40
2.8.3.	Susunan Tiang	40
2.8.4.	Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang Bor.....	41
2.8.5.	Kapasitas izin Kelompok Tiang	43
2.9.	Penurunan Tiang	43
2.9.1.	Perkiraan penurunan tiang tunggal	45
2.9.2.	Penurunan Yang Diizinkan.....	50
2.10.	Faktor Keamanan.....	51
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	53
3.1	Deskripsi	53
3.2	Lokasi Penelitian	54
3.3	Data Umum	55
3.4	Pengumpulan Data.....	56
3.4.1	Metode Pengumpulan Data	56
3.4.2	Sumber Data	57
3.5	Kerangka Berfikir	58
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1	Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang <i>Bored Pile</i> menggunakan Data CPT	59
4.1.1	Metode Aoki dan De Alencer.....	59
4.1.2	Metode Myerhoff.....	63
4.1.3	Metode Schertmann and Nottingham	65
4.1.4.	Metode LCPC.....	67
4.2.	Menghitung Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Berdasarkan Efisiensi.....	70
4.2.1.	Metode <i>Converse – Labarre</i>	70
4.2.2.	Metode <i>Los Angeles Group</i>	72
4.3.	Menghitung Penurunan Tiang Tunggal (<i>Single Pile</i>).....	73
4.5	Pembahasan.....	78
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran	84
	DAFTAR PUSTAKA	85
	LAMPIRAN	86

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Batasan-batasan ukuran golongan tanah	12
Tabel 2. Faktor empirik F_b dan F_s	32
Tabel 3. Nilai faktor empirik untuk tipe tanah yang berbeda	33
Tabel 4. Faktor ω deRuitter dan Beringen, 1979.....	36
Tabel 5. Nilai k_b	38
Tabel 6. Perkiraan angka poisson (μ)	48
Tabel 7. Faktor aman yang disarankan	52
Tabel 8. Tahanan Konus Rata-Rata 1,5 D Di Atas Kedalaman Ujung Tiang.....	61
Tabel 9. Tahanan Konus Rata-Rata 1,5 D Di Bawah Kedalaman Ujung Tiang ...	61
Tabel 10. Rekapitulasi perbandingan daya dukung tiang pancang dengan metode Aoki de Alencar, metode Schertmann dan Nottingham dan	69



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Batasan ukuran golongan tanah menurut beberapa sistem	13
Gambar 2. Dimensi Alat Sondir Mekanis	17
Gambar 3. Jenis – jenis Pondasi	22
Gambar 4. Pondasi Bored Pile	25
Gambar 5. Jenis – jenis pondasi bored pile	28
Gambar 6. Tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya: (a) <i>end bearing pile</i> , (b) <i>friction pile</i>	30
Gambar 7. Perhitungan Daya Dukung Ujung	35
Gambar 8. Grafik Monogram Klasifikasi Tanah Menurut Schmertmann, 1978. .	35
Gambar 9. Contoh susunan tiang	40
Gambar 11. Baris Tiang Kelompok	42
Gambar 12. Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan	44
Gambar 13. Faktor penurunan I_o (<i>Poulos dan Davis</i>)	46
Gambar 14. Faktor Reduksi Kompresi R_k	47
Gambar 15. Faktor Koreksi Kedalaman R_h	47
Gambar 16. Faktor Koreksi Angka Poisson R_μ	47
Gambar 17. Faktor Koreksi Kekakuan Pendukung R_b	48
Gambar 18. Desain Eksterior Menara BRI Kota Medan	54
Gambar 19. Lokasi Penelitian	54
Gambar 20. Bagan Alir	58
Gambar 21. Detail pile grup PG120	70
Gambar 22. Nilai q_c (side) pada titik sondir 3 (S-03)	73
Gambar 23. Kapasitas Daya Dukung Ultimit Tiang Bor	80

DAFTAR NOTASI

τ	: Kekuatan geser tanah (kg/cm ²)
c	: Kohesi tanah (kg/cm ²)
σ	: Tegangan normal yang terjadi pada tanah (kg/cm ²)
\emptyset	: Sudut geser tanah (°)
L_i	: Panjang Lapisan Tanah (m)
p	: Keliling Tiang (m)
c_u	: Kohesi Undrained (kN/m ²)
α	: Koefisien adhesi antara tanah dan tiang
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 bor
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 bor
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 bor tunggal.
A_p	: Luas penampang tiang. (cm ²)
JHL	: Jumlah hambatan lekat. (kg/cm)
K_{11}	: Keliling tiang. (cm)
E_g	: Efisiensi kelompok tiang
Θ	: 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_μ	: Faktor koreksi angka Poisson μ
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

Bangunan gedung harus direncanakan dengan baik untuk mencegah terjadinya kegagalan-kegagalan pada bangunan gedung tersebut. Perencanaan itu meliputi perencanaan kolom, balok, plat lantai, pondasi dan juga rangka atap dari bangunan tersebut. Perencanaan juga tidak lepas dari beban-beban yang bekerja pada bangunan gedung, baik berupa beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Beban-beban yang terjadi pada bangunan akan dipikul oleh struktur bangunan dan diteruskan ke pondasi untuk selanjutnya ditransfer ke tanah.

Dalam membangun suatu bangunan, peranan pondasi turut menentukan usia dan kestabilan suatu konstruksi bangunannya. Belakangan ini sistem pondasi telah berkembang dengan bermacam variasi. Namun dari bermacam-macam variasi tersebut hanya sedikit yang menampilkan sistem pondasi untuk mengatasi masalah membangun konstruksi di atas tanah lembek. Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama – tama dilakukan dan dikerjakan dilapangan 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 diatasnya yaitu beban konstruksi atas. Pondasi ini akan meneruskan tegangan-tegangan yang terjadi pada beban struktur atas (*upper structure/super structure*) kedalam lapisan tanah yang keras yang dapat memikul beban konstruksi tersebut.(Surya Darmawan and Indah Sari 2022)

Pondasi sebagai struktur bawah secara umum dapat dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pemilihan jenis pondasi tergantung dari jenis struktur atas apakah termasuk konstruksi beban ringan atau beban berat dan juga tergantung dari jenis tanahnya. Untuk konstruksi beban ringan dan kondisi tanah cukup baik, biasanya dipakai pondasi dangkal, tetapi untuk konstruksi beban berat biasanya jenis pondasi yang dipakai adalah pondasi dalam karena ini salah satu opsi yang tepat. Pondasi sebagai bangunan bawah secara umum dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu pondasi dalam (*deep foundation*) dan pondasi dangkal (*shallow foundation*). Jika perbandingan kedalaman (D) pondasi terhadap diameternya (B) lebih besar dari 10 ($D/B > 10$), maka disebut pondasi dalam. Jika perbandingan kedalaman pondasi (D) dengan diameternya (B) kurang dari 4 ($D/B < 4$), maka pondasi tersebut dangkal (Hardiyatmo 2008).

Struktur bangunan merupakan suatu hal yang sangat vital dalam ilmu sipil, yang mana merupakan suatu alat utama dalam pembangunan bangunan primer. Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah dan struktur atas. Struktur bawah sendiri yang dimaksud adalah struktur bangunan yang berada di dalam tanah, sedangkan struktur atas yaitu struktur yang berada di atas tanah

Menara BRI Medan yang terletak di Jalan Putri Hijau no.2 Medan merupakan kantor pusat BRI yang baru di kawasan Medan, pembangunan Menara BRI ini dirancang menggunakan pondasi dalam, yaitu (*bored pile*). Pondasi *bored pile* adalah suatu pondasi yang dibangun dengan cara mengebor lapisan tanah terlebih dahulu, kemudian diisi dengan tulangan dan dicor. Pondasi ini dipilih karena pada proses pengerjaannya tidak banyak getaran yang terjadi pada saat pengeboran, jadi lebih aman untuk bangunan disekitar proyek. *Bored pile* dipakai

apabila tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam. Daya dukung *bored pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser atau selimut (*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara bored pile dan tanah disekelilingnya. *Bored pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga.

Bored pile berinteraksi dengan tanah untuk menciptakan daya dukung beban, yang dapat membawa beban dan memberikan keamanan bagi bangunan di atasnya. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat, survei tanah yang akurat juga diperlukan. Ada dua metode untuk menentukan daya dukung pondasi tiang bor: metode statis dan metode dinamis. Dalam tulisan ini, penulis berfokus pada penyelidikan tanah dengan metode statis, yaitu penyelidikan *Cone Penetration Test* (CPT) atau survei sondir). Penyelidikan sondir atau CPT bertujuan untuk menentukan ketahanan penetrasi konus dan ketahanan lekat tanah, yang merupakan indikator daya dukung suatu lapisan tanah, dengan menggunakan rumus empiris.

Oleh karena itu dalam pengaplikasiannya, struktur bawah sangat diperhitungkan dalam merencanakan sebuah pondasi sehingga proses pemindahan beban bangunan ke tanah dasar dapat berlangsung dengan baik dan aman. pada perencanaan pondasi harus mempertimbangkan beberapa persyaratan, seperti, Daya dukung tanah harus lebih besar untuk dapat menerima beban dari pondasi. Pondasi harus kuat untuk mencegah penurunan (*settlement*) dan perputaran (rotasi) yang berlebihan.

Tidak terjadi penurunan yang terlalu besar bila dibandingkan dengan penurunan pondasi di dekatnya.

Analisis mengenai daya dukung pondasi penting dilakukan karena apabila kekuatan tanah tidak mampu memikul beban pondasi maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi.

Proyek Menara BRI Medan ini sebenarnya proyek *re-building*, sebelumnya bangunan BRI ini sudah ada, kemudian dilakukan pembangunan ulang. Dari Permasalahan diatas saya tertarik untuk membahas pondasi yang ditemukan pada proyek Menara BRI Medan ini yaitu dari sisi pondasi bored pile nya, karena dibangun sebelumnya sudah menggunakan pondasi dalam, menggunakan baja H dalam pondasi nya, maka dari itu setelah ditinjau dari pihak proyek maka dilakukan pengecekan, kemudian ditentukan Kembali titik pondasi untuk *re-building* Gedung Menara BRI Medan, oleh karena itu penulis melihat bahwa penelitian terhadap daya dukung tanah dan Penurunan serta efisiensi pondasi ini merupakan satu hal yang menarik, karena merupakan hal yang paling fundamental dalam sebuah proyek. Khususnya peninjauan yang dilakukan terhadap proyek Pembangunan Gedung Menara BRI Medan ini. Gedung ini terdiri dari 12 lantai dan 2 lantai basement dengan konstruksi bawah dan atas merupakan beton bertulang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, terdapat beberapa permasalahan utama yang dikemukakan dan dapat dirumuskan pada penelitian ini yaitu,

1. Menganalisis kapasitas daya dukung pondasi *Bored Pile* berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT) menggunakan metode Mayerhoff, Aoki De Alencer, Schmertmann and Nottingham dan LCPC?.
2. Menghitung perbandingan efisiensi daya dukung pondasi kelompok tiang *Bored Pile* menggunakan teori *Converse – Labarre* dan *Los Angles Group-Action Formula*, dengan data hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT)?.
3. Faktor apa yang menyebabkan terjadinya penurunan daya dukung pondasi serta berapa penurunan yang terjadi pada pondasi tiang bor menggunakan metode *Poulos and Davis*?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian yang dilakukan ini yaitu:

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisa daya dukung pondasi *Bored Pile* berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT), serta efisiensi kelompok tiang *Bored Pile* menggunakan teori *Converse – Labarre* dan *Los Angles Group*.

Tujuan dari Penelitian ini yaitu untuk mengetahui kapasitas daya dukung pondasi *Bored Pile* berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT), untuk mengetahui efisiensi kelompok tiang *Bored Pile* menggunakan teori *Converse – Labarre* dan *Los Angles Group*. Dan untuk mengetahui faktor apa yang menyebabkan penurunan daya dukung pondasi.

1.4 Batasan Masalah

Agar Pembahasan lebih terarah dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan, maka penulisan tugas akhir dibatasi dalam hal – hal :

1. Perencanaan struktur bawah, yaitu pondasi tiang bor (*bored pile*) pada proyek Pembangunan Gedung Menara BRI Medan.
2. Data yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi *bore pile* adalah berdasarkan data hasil sondir.
3. Perhitungan daya dukung tiang kelompok berdasarkan efisiensi tiang menggunakan teori *Converse-Labarre* dan *Los Angles Group-Action*.
4. Metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung antara lain Metode Aoki de Alencer, Meyerhoff, Schmertmann and Nottingham, dan Metode LCPC (*Bustamante dan Gianceselli*)
5. Perhitungan penurunan tiang tunggal dan kelompok menggunakan metode *Poulos and Davis*

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan dalam bidang teknik sipil khususnya mengenai daya dukung dan penurunan pondasi *bored pile*.
2. Memberikan pemahaman tentang bagaimana cara perencanaan pondasi khususnya pada pondasi tiang bor (*bored pile*).
3. Menjadi bahan acuan bagi siapa saja khususnya mahasiswa yang menghadapi permasalahan yang sama.
4. Dapat dijadikan bahan referensi untuk menghitung suatu konstruksi pondasi atau tanah yang memiliki daya dukung rendah.

5. Dapat memberikan informasi kepada Konsultan Perencana mengenai penggunaan metode perhitungan daya dukung serta penurunan pondasi *bored pile* berdasarkan data sondir.
6. Memberikan kontribusi dalam menanamkan minat, motivasi dan sikap dari mahasiswa sehingga dapat memahami Daya dukung tanah serta penurunan yang terjadi pada tiang bore pile.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Didaerah perkotaan yang sangat padat penduduk, dimana keterbatasan lahan yang tersedia, biasanya perkembangan lahan dilakukan secara vertical , dimana pada saat ini banyak kita lihat banyak bangunan - bangunan tinggi di kota medan. Pondasi merupakan bagian paling bawah dari konstruksi bangunan yang mempunyai peranan yang sangat penting dan bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas ke dasar tanah. Suatu bangunan berdiri tetap tegak kalau tanah dasar di bawahnya cukup kuat untuk mendukungnya. Beban bangunan dilimpahkan kepada tanah dasar melalui pondasi bangunannya. Karena itu, letak pondasi bangunan harus cukup kokoh di dalam tanah dasar.

2.3.1 Penelitian Terdahulu

1. Analisis Fondasi Bored Pile Pada Gedung 23 Lantai Di Tanah Lempung Daerah Cibubur

(Mandasari and Fauziyah 2019). Melakukan penelitian mengenai Analisis Fondasi *Bored Pile* Pada Gedung 23 Lantai Di Tanah Lempung Daerah Cibubur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal, kelompok dan daya dukung izin.

Dari hasil penelitian ini, direncanakan menggunakan fondasi bored pile berdiameter 800 mm dengan kedalaman tiang 20 m. Penurunan tiang tunggal sebesar 0,0323 m dan penurunan tiang kelompok berturut-turut untuk 2 tiang dan 6 tiang yaitu 0,0379 m, 0,0686 m. Maka dapat disimpulkan Penurunan tiang di bawah

0,1 m yang berarti perancangan struktur bawah fondasi bored pile dinyatakan aman dan dapat digunakan.

2. Analisa Daya Dukung Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Jembatan Ka Bh. 38 Di Baja Linggei Kabupaten Serdang Bedagai

(Sari, Pasaribu, and Sarifah 2021). Melakukan penelitian mengenai Analisa Daya Dukung Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Jembatan Ka Bh. 38 Di Baja Linggei Kabupaten Serdang Bedagai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar daya dukung tiang yang dapat menahan beban tersebut.

Dari hasil penelitian ini, Daya dukung tiang bor tunggal pada kedalaman 18 meter memiliki kekuatan daya dukung tiang sebesar 113,5796 ton. Untuk menentukan panjang tiang bor diambil 18 meter karena untuk mengambil kondisi tanah yang sudah seragam. Daya dukung tiang kelompok dengan jumlah baris 5 dan kolom 3 maka jumlah tiang keseluruhan 15 buah di dapat sebesar 1691,768 ton.

3. Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Diameter 0,8 M Pada Proyek Gedung Menara Bri Jalan Putri Hijau, Medan

(Surya Darmawan and Indah Sari 2022). Melakukan penelitian Mengenai Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Diameter 0,8 M Pada Proyek Gedung Menara Bri Jalan Putri Hijau, Medan. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui daya dukung pondasi *Bored Pile* tunggal secara analitis dari data CPT dan Mengetahui penurunan tiang tunggal menggunakan metode *Poulos and Davis*, penurunan yang diizinkan serta penurunan tiang kelompok yang terjadi pada pondasi *Bored Pile*.

Dari hasil penelitian ini, perhitungan pada data CPT dengan Metode Meyerhof, daya dukung ultimit pada Data S-01 di kedalaman 13,20 m sebesar 1519,1517 ton.

Sedangkan pada Data S-05 di kedalaman 13,20 memiliki daya dukung ultimit sebesar 372,5296 ton. Penurunan total tiang tunggal yang terbesar terjadi pada titik P235 dengan penurunan sebesar 6,5188 mm dan yang terkecil terjadi pada titik P219 dengan penurunan sebesar 3,3976 mm. Penurunan tiang kelompok yang terbesar terjadi pada PC3 dengan penurunan sebesar 23,29 mm. Maka dapat disimpulkan Dimensi ukuran *Pile Cap* diperbesar untuk meningkatkan efisiensi pada kelompok tiang agar memperkecil penurunan tiang kelompok yang terjadi.



2.2 Definisi Tanah

Tanah, pada alam ini terdiri dari campuran agregat (butiran) mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik yang sudah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong di antara partikel – partikel padat tersebut. Butiran ini dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain menggunakan bantuan air. Material ini timbul dari hasil pelapukan batuan, baik secara fisik ataupun secara kimia. Sifat-sifat teknis tanah, selain dipengaruhi oleh sifat batuan induk yang merupakan material sumbernya, juga dipengaruhi oleh unsur luar yang mengakibatkan terjadinya pelapukan batuan tersebut. ukuran dari partikel tanah sangat majemuk dengan variasi yang relatif besar .

Jika tanah yang ditemukan di lapangan sangat gembur atau mudah dipadatkan, atau tanah memiliki indeks konsistensi yang tidak sesuai, terlalu permeabel, atau memiliki sifat-sifat lain yang tidak diinginkan yang tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka pekerjaan perbaikan tanah harus dilakukan. Berikut beberapa pekerjaan perbaikan tanah :

1. Substitusi material (*cut and fill*)
2. Pemadatan (*compaction*)
3. Pra – pemadatan untuk mengurangi penurunan dan meningkatkan kekuatan geser.
4. Stabilisasi (mekanis dan kimia) Tujuannya untuk memperbaiki kualitas tanah yang buruk, dan meningkatkan kualitas tanah yang sudah tergolong baik.

5. *Grouting (chemical and cementious) Grouting* adalah proses penginjeksian bahan-bahan yang bersifat seperti cairan dan setelah waktu yang ditentukan bereaksi ke bentuk solid, semi solid atau gel.

Pada umumnya tanah dapat disebut sebagai kerikil (*Gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung dari ukuran partikel yang paling menonjol pada tanah tersebut. istilah-istilah tersebut dipakai dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran jenis tanah (*soil-separate-size limits*). Pada Tabel 1 ditunjukkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah dikembangkan oleh beberapa organisasi tersebut.

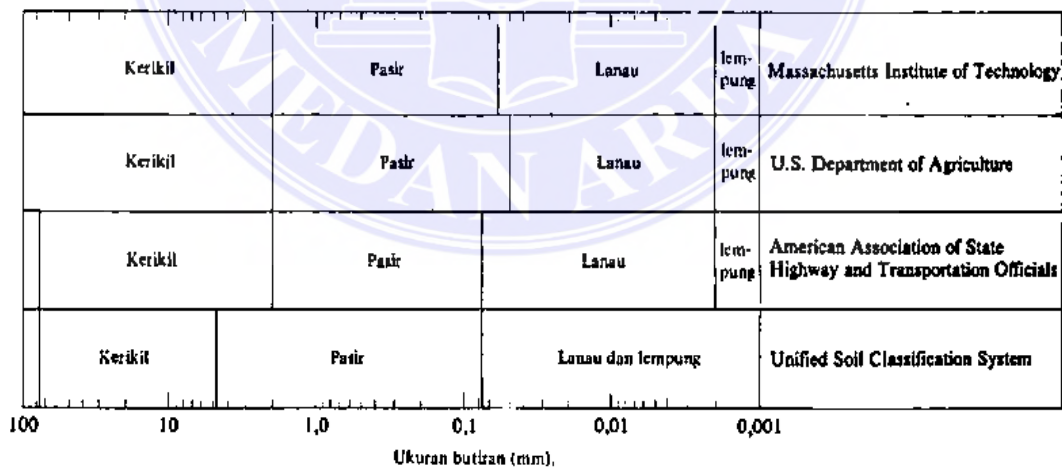
Tabel 1. Batasan-batasan ukuran golongan tanah (DAS, 1995)

Nama Golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
<i>Massachusetts Institute of Technology (MIT)</i>	>2	2 – 0.06	0.06 - 0.002	<0.002
<i>U.S. [Department of Agriculture (USDA)</i>	>2	2 – 0.05	0.05 - 0.002	<0.002
<i>American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)</i>	76.2 - 2	2 – 0.075	0.075 – 0.002	<0.002
<i>Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U. S. Bureau of Reclamation)</i>	76.2 – 4.74	4.75 – 0.075	Halus (yaitu lanau dan lempung)<0.0075	

Dalam buku DAS (1995) *Society of Testing and Materials* (ASTM). Tabel. 1 menunjukkan batasan ukuran dalam bentuk grafik. Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini. Lanau (*silts*) merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan beberapa partikel berbentuk lempengan – lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral – mineral mika.

Kerikil (*gravel*) merupakan bagian kepingan dari batuan yang juga mengandung partikel – partikel mineral *quartz*, *feldspar*, dan mineral-mineral lainnya.

Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan pipih dan merupakan partikel – partikel dari mika, mineral – mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya.



Gambar 1. Batasan ukuran golongan tanah menurut beberapa sistem (Das, 1995).

2.3 Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Saat merencanakan pondasi untuk konstruksi bangunan, perlu dilakukan survei tanah untuk memahami parameter tanah yang akan digunakan saat menghitung daya dukung tanah pondasi. Daya dukung tanah sangat mempengaruhi bentuk dan ukuran pondasi untuk perencanaan pondasi optimal. Investigasi dapat dilakukan dengan cara penggalian (*trial – pit*), pengeboran lubang, dan pengujian langsung di lapangan (*in situ testing*). Dari data yang diperoleh dapat diketahui sifat-sifat teknis tanah, kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam analisis daya dukung. Persyaratan untuk akurasi survei tanah tergantung pada ukuran beban bangunan, tingkat keamanan yang diperlukan, kondisi lapisan tanah, dan dana yang tersedia untuk penyelidikan. Untuk itu perlu dilakukan pengecekan untuk melihat apakah tanah tersebut mampu menahan beban yang direncanakan di atasnya dan tidak terpengaruh oleh gaya vertikal maupun horizontal. Investigasi tanah dapat dilakukan dilaboratorium dengan membawa sampel dari beberapa lapisan tanah yang berbeda atau melalui pengamatan langsung di lapangan.

Tujuan dilakukannya penyelidikan tanah ini yaitu:

- a. Menentukan kondisi alamiah dan lapisan – lapisan tanah di lapangan.
- b. Untuk mendapatkan sampel tanah asli (*undisturbed*) dan tidak asli (*disturbed*) untuk memahami tanah tersebut secara visual.
- c. Menentukan kedalaman tanah keras.
- d. Untuk mengetahui kedalaman muka air tanah pada lokasi proyek.

Penyelidikan tanah ini dilakukan dengan berbagai cara, seperti:

2.3.1 Sondiring Test (CPT)

Alat sondir jenis Penetrasi Kerucut digunakan untuk uji CPT atau sondir. Memiliki luas kerucut 10 cm^2 , sudut lancip 60° untuk mengukur tahanan ujung. Sambil mengukur ketahanan tanah terhadap *cone of penetration* (qc), alat ini ditekan terus menerus ke dalam tanah dengan kecepatan maksimum 1 cm/detik. Sondir dapat dibagi menjadi dua kategori berdasarkan kapasitasnya: sondir ringan (2 ton) dan sondir berat (10 ton). Untuk penyelidikan tanah yang melibatkan lapisan lempung, lanau, dan pasir halus, sondir ringan digunakan untuk mengukur tekanan kerucut hingga 150 kg/cm^2 atau 30 m di bawah permukaan. Untuk penyelidikan tanah di daerah dengan lempung padat, lanau padat, dan pasir kasar, probe berat dapat mengukur tekanan kerucut 500 kg/cm^2 pada kedalaman maksimum 50 m. Sampel tanah tidak dapat diperoleh dengan sondir untuk penyelidikan langsung atau pengujian laboratorium, tidak seperti pengujian SPT. Ketahanan penetrasi kerucut dan ketahanan ikatan tanah, yang merupakan indikator kekuatan tanah dan juga dapat digunakan untuk menentukan kedalaman berbagai lapisan tanah, adalah tujuan dari uji sondir ini.

Kebanyakan penetrometer memiliki selubung geser (bikonus) yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrasi, membuatnya berguna untuk sebagian besar aplikasi. Oleh karena itu, harga tahanan geser tanah dan nilai tahanan ujung kerucut dapat dibaca secara terpisah. Ujung kerucut pada sondir mekanis terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Kerucut standar, yang ketahanannya diukur pada ujungnya, biasanya diterapkan pada tanah dengan butiran kasar dan ketahanan rekat rendah;

2. Biconus, yang ketahanan adesi dan ketahanan ujung conus diukur, biasanya digunakan pada tanah berbutir halus.

Hubungan antara kedalaman setiap lapisan tanah dan nilai sondir, juga dikenal sebagai tahanan penetrasi kerucut atau tahanan tanah terhadap ujung kerucut yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas, biasanya digambarkan secara grafis dalam temuan penyelidikan yang dilakukan dengan alat sondir. Ketahanan geser tanah terhadap selubung biconus, dinyatakan sebagai gaya per satuan panjang, adalah ketahanan rekat. Nilai besaran tahanan (JP) dan nilai tahanan kerucut (PK) dapat diturunkan dari hasil sondir, memungkinkan perhitungan tahanan lekat (HL) sebagai berikut:

- a). Hambatan Lekat

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

- b). Jumlah Hambatan Lekat

$$JHL = \sum_{i=0}^n JHL$$

dimana :

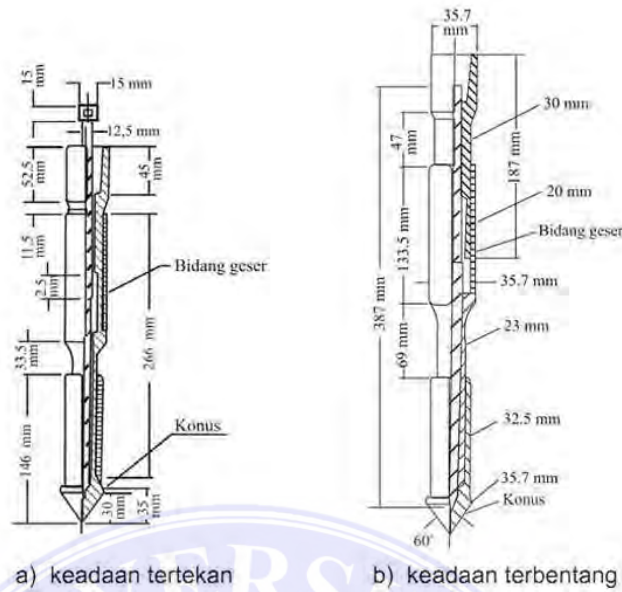
JP = Jumlah perlawanan, perlawanan ujung konus + selimut (kg/cm²)

PK = Perlawanan penetrasi konus, qc (kg/cm²)

A = Interval pembacaan (setiap kedalaman 20 cm)

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

I = Kedalaman lapisan tanah yang ditinjau (m)



Gambar 2. Dimensi Alat Sondir Mekanis (Sumber: Sardjono, 1991)

Profil tanah diidentifikasi kedalamannya menggunakan data Sondir. Dengan variasi yang bergantung pada kedalaman pada resistansi ujung (q_c) dan gesekan selimut (f_s), uji sondir menghasilkan hasil akhirnya. Nilai gesekan kumulatif juga dikenal sebagai resistansi ikatan total diperlukan jika hasil sondir akan digunakan untuk menentukan daya dukung tiang. Hal ini dapat dilakukan dengan menjumlahkan nilai gesekan selimut dengan kedalaman yang ditinjau untuk memperoleh gaya gesek total, yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan gaya gesek pada kulit tiang bor.

Daya tahan lekat (JHL) disesuaikan dengan besarnya gaya gesek kumulatif (*total friction*). Resistansi ujung (q_c), gesekan selimut (f_s), dan rasio gesekan (fR) terhadap kedalaman tanah harus dijelaskan saat melaporkan hasil sondir jika digunakan untuk klasifikasi tanah.

2.3.2 Standard Penetration Test (SPT)

Untuk menentukan daya dukung tanah di tempat, Uji Penetrasi Standar (SPT) sering digunakan. Metode SPT merupakan eksperimen dinamis yang dilakukan di dalam lubang bor dengan cara menjatuhkan massa penggerak (palu) seberat 63,5 kg secara bebas dari ketinggian 760 mm dan memasukkan tabung sampel berdiameter dalam 35 mm ke kedalaman 305 mm. Nilai N adalah jumlah pukulan palu yang diperlukan untuk memasukkan tabung sampel sedalam 305 mm. Eksperimen SPT ini bertujuan untuk mendapatkan data kualitatif ketahanan penetrasi tanah dan menentukan kerapatan tanah nonkohesif normal dengan menentukan kerapatan relatif lapisan tanah dari pengambilan sampel tanah tabung. Ini akan memungkinkan kita untuk mengidentifikasi jenis tanah dan ketebalan setiap lapisan tanah. Berikut langkah-langkah yang dilakukan selama pengujian SPT:

1. Siapkan peralatan SPT yang dipergunakan seperti : mesin bor, batang bor, split spoon sampler, hammer, dan lain – lain;
2. Letakkan penyangga dengan hati-hati, karena mendukung beban penumbuk;
3. Setelah mengebor lubang hingga kedalaman pengujian, tabung yang langsung menempel di dasar lubang dibersihkan dari kotoran.
4. Tinggalkan jejak pada tiang pengirim masing-masing 15 cm, dengan jumlah 45 cm;
5. Pukul batang bor sedalam itu dengan pukulan palu seberat 63,5 kg dan tinggi jatuh 76 cm dengan menggunakan mesin bor. Catat berapa banyak pukulan yang dibutuhkan untuk menembus setiap 15 cm (nilai value);

Contoh :

$N_1 = 10$ pukulan/15 cm

$N_2 = 5$ pukulan/15 cm

$N_3 = 8$ pukulan/15 cm

Kemudian jumlah pukulan seluruhnya adalah penjumlahan N_2 dan N_3 , yaitu $5 + 8 = 13$ pukulan, atau nilai N . N_1 tidak diperhitungkan karena dianggap 15 cm pertama pukulan adalah sisa kotoran pengeboran di dasar lubang bor, yang harus dibersihkan untuk mengurangi efisiensi gangguan;

6. Efek setelah mengambil tes tanah dari silinder dibawa ke permukaan dan dibuka. Taruh contoh berbagai jenis tanah, seperti komposisi, struktur, konsistensi, dan warnanya, dalam botol tanpa kedalaman atau pemadatan plastik, lalu masukkan ke dalam kotak inti;
7. Gambarkan grafik hasil percobaan SPT; Catatan : Pengujian dihentikan bila nilai $SPT \geq 50$ untuk 4x interval

2.4 Pengertian Pondasi

Pondasi merupakan bagian terendah dari bangunan yang mentransfer beban bangunan ke tanah, dan menjamin stabilitas bangunan terhadap beratnya sendiri, serta gaya eksternal pada bangunan salah satunya seperti tekanan angin, gempa bumi, dan lain – lain.

2.4.1 Jenis – jenis Pondasi

Terdapat 2 (dua) jenis pondasi yaitu :

1. Pondasi Dangkal (*shallow foundation*)

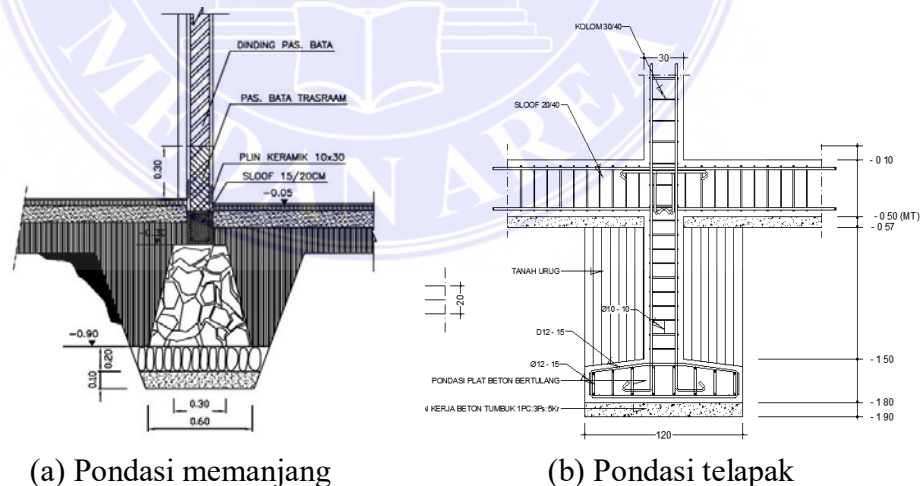
Merupakan pondasi yang secara langsung menopang beban, dan perbandingan kedalaman terhadap lebar pondasi kurang dari satu ($D/B > 1$), disebut juga pondasi alas, pondasi telapak – tersebar (*spread footing*) dan pondasi rakit. Terbuat dari beton dengan tulangan yang membantu menahan momen lentur yang efektif.

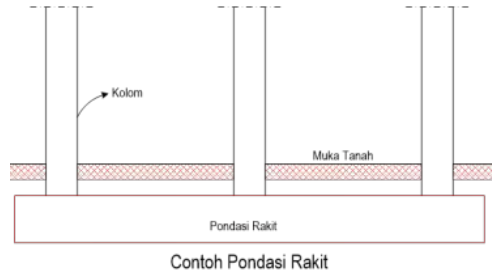
- a) Pondasi telapak adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom. (Gambar 2.3.a)
- b) Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan berimpit satu sama lain. (Gambar 2.3.b)
- c) Pondasi rakit (*raft foundation*) adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisinya berimpit satu sama lain. (Gambar 2.3.c).

2. Pondasi dalam (*deep foundation*)

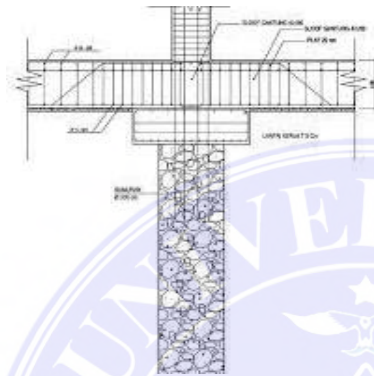
merupakan fondasi yang mentransfer beban bangunan ke tanah keras atau batu yang jauh dari permukaan, dan rasio kedalaman terhadap lebar fondasi lebih besar dari empat ($D/B > 4$), seperti: tiang pancang, tiang V, dll:

- a) Pondasi sumuran (*pier foundation/caisson*) yang merupakan bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang pancang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak di kedalaman yang dalam. (Gambar 2.2.d)
- b) Pondasi tiang (*pile foundation*) digunakan untuk tanah pondasi pada kedalaman normal yang tidak dapat ditopang, sedangkan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang pancang biasanya lebih kecil dan lebih panjang dari diameter pondasi sumuran. (Gambar 3).

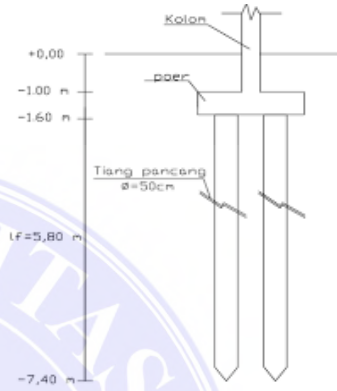




(c) Pondasi rakit



(d) Pondasi sumuran



(e) Pondasi tiang

Gambar 3. Jenis – jenis Pondasi (<https://student-activity.binus.ac.id> 2021)

2.4.2 Klasifikasi Pondasi Tiang

Berdasarkan teknik pelaksanaan konstruksinya, pondasi tiang pada umumnya dapat diklasifikasikan atas:

1) Tiang Pancang

Pemakaian pondasi tiang pancang dipergunakan untuk suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (bearing capacity), yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, apabila tanah keras yang mana mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan letaknya sangat dalam. Pemancangan tiang dapat dilakukan dengan memukul kepala tiang dengan palu atau getaran atau dengan penekanan secara hidrolis.

2) Tiang Bor

Sebuah tiang bor dikonstruksikan dengan cara penggalian sebuah lubang bor yang kemudian diisi dengan material beton dengan memberikan penulangan terlebih dahulu.

Kedua jenis tiang diatas dibedakan, karena mekanisme pemikulan bebannya yang relatif tidak sama dan konsekuensinya secara empirik menghasilkan daya dukung yang berbeda, pengendalian mutu secara berbeda dan cara evaluasi yang tersendiri untuk masing-masing jenis tiang tersebut.

2.4.3. Persyaratan Pondasi Tiang

Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh suatu pondasi tiang yaitu:

1. Beban yang diterima oleh pondasi tidak melebihi daya dukung tanah untuk menjamin keamanan bangunan.

2. Pembatasan penurunan yang terjadi pada bangunan pada nilai yang dapat diterima yang tidak merusak struktur.
3. Pengendalian atau pencegahan efek dari pelaksanaan konstruksi pondasi, galian atau pekerjaan pondasi yang lain untuk membatasi pergerakan bangunan atau struktur lain disekitarnya.

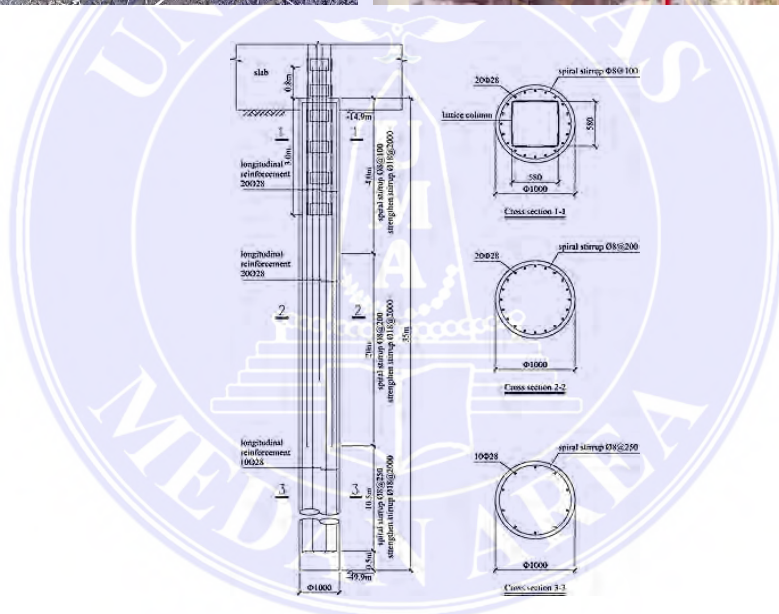
2.5. Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

Pondasi tiang bor merupakan pondasi yang konstruksinya dilakukan dengan memasukkan beton segar langsung ke dalam lubang bor yang telah dipasang sebelumnya, yang di dalamnya dimasukkan tulangan yang telah dirakit ke dalam lubang yang sebelumnya sudah dibor. Pondasi tiang bor dapat disebut tiang *non-displacement* karena prosesnya tidak menyebabkan perpindahan tanah. (Zain, Azizi, and Al Fathoni 2021)

Pondasi tiang bor mempunyai karakteristik khusus karena cara pelaksanaannya yang dapat mengakibatkan perbedaan perilakunya di bawah pembebanan dibandingkan dengan tiang pancang. Hal-hal yang mengakibatkan perbedaan tersebut diantaranya:

- a). Tiang bor dilaksanakan dengan menggali lubang bor dan mengisinya dengan material beton, sedangkan tiang pancang dimasukan ke tanah dengan mendesak tanah disekitarnya (*displacement pile*).
- b). Beton dicor dalam keadaan basah dan mengalami masa curing di bawah tanah.
- c). Kadang digunakan casing untuk kestabilan dinding lubang bor dan casing tersebut tidak dicabut karena kesulitan lapangan.

- d). Kadang digunakan slurry untuk kestabilan lubang bor yang dapat membentuk lapisan lumpur pada dinding galian yang mempengaruhi mekanisme gesekan tiang dengan tanah.
- e). Cara penggalian lubang bor disesuaikan dengan kondisi tanah



Gambar 4. Pondasi Bored Pile (Sumber : <https://proyeksipil.blogspot.com/2012/11/sekilas-tentang-pondasi-bor-pile.html>)

Beberapa keuntungan dalam penggunaan pondasi *bored pile* dibandingkan dengan tiang pancang yakni:

1. Pemasangannya tidak menimbulkan gangguan suara maupun getaran yang dapat membahayakan bangunan yang ada disekitarnya.

2. Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan dowel pada pelat penutup tiang (*pile cap*). Kolom dapat secara langsung di letakkan di puncak tiang bor.
3. Kedalaman tiang bisa divariasikan, menyesuaikan konstruksinya.
4. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
5. Tiang bor dapat dipasang menembus batuan, sedangkan tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batu.
6. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
7. Tidak ada risiko kenaikan muka tanah.
8. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Beberapa kelemahan dari penggunaan pondasi *bored pile* yaitu:

1. Keadaan cuaca yang buruk dapat mempersulit pengeboran dan pengecoran, dapat diatasi dengan cara menunda pengeboran dan pengecoran sampai keadaan cuaca memungkinkan.
2. Air yang mengalir kedalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas daya dukung tanah terhadap tiang sehingga diperlukan pengendalian yang benar.
3. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
4. Pembesaran ujung bawah tiang tidak dapat dilakukan bila tanah berupa pasir.
5. Penyelesaian pondasi tiang bor memerlukan waktu yang cukup lama dikarenakan harus menunggu proses kesiapan pengujian beton pengecoran pondasi.

6. Akan terjadi tanah runtuh (*ground loss*) jika tindakan pencegahan tidak dilakukan maka dipasang casing untuk mencegah kelongsoran.

2.5.1. Penggunaan Pondasi Tiang Bor

Karena kedalaman dan diameter dari tiang bor dapat divariasikan dengan mudah, maka jenis pondasi ini baik untuk beban ringan maupun untuk struktur berat seperti bangunan bertingkat tinggi serta jembatan.

Dalam dekade terakhir ini penggunaan pondasi tiang bor semakin luas salah satunya dalam konstruksi:

- a. Pondasi jembatan
- b. Menara transmisi listrik
- c. Kestabilan lereng
- d. Dinding penahan tanah
- e. Fasilitas dok
- f. Pondasi bangunan ringan pada tanah lunak
- g. Pondasi bangunan tinggi
- h. Struktur yang membutuhkan gaya lateral yang cukup besar, dan masih banyak lagi.

2.5.2. Perancangan Pondasi Tiang Bor

Perhitungan daya dukung tiang bor pada dasarnya mengikuti rumus umum yaitu diperoleh dari penjumlahan tahanan ujung dan tahanan selimut, perhitungan ini yang dinyatakan dengan rumus berikut :

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung *ultimit* tiang (ton).

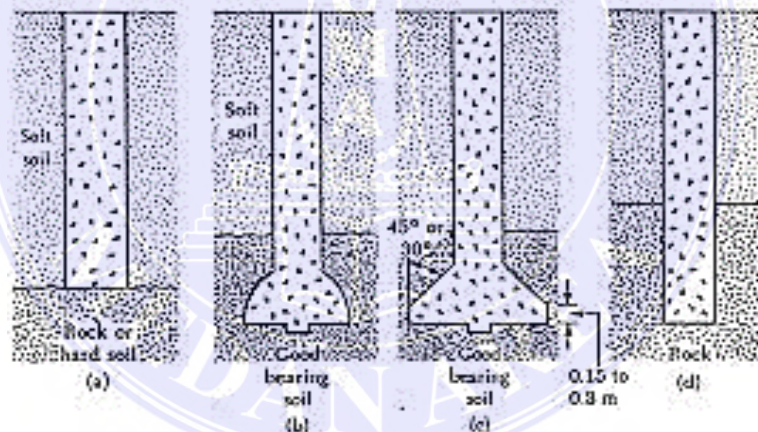
Q_p = Daya dukung *ultimit* ujung tiang (ton).

Q_s = Daya dukung *ultimit* selimut tiang (ton)

2.5.3. Jenis – jenis Pondasi Tiang Bor

Ada beberapa jenis pondasi *bore pile* yaitu:

- Bore pile* lurus untuk tanah keras;
- Bore pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel;
- Bore pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapezium;
- Bore pile* lurus untuk tanah berbatu-batuan



Gambar 5. Jenis – jenis pondasi bored pile

(Sumber : <https://megaconbeton0.wixsite.com/website/post/pondasi-bored-pile-memiliki-jenis-jenis> 2021)

2.6 Daya Dukung Tanah

Dalam sistem perencanaan pondasi gedung bangunan, jalan, jembatan, bendungan, irigasi, tembok penahan, turap, dermaga ataupun bangunan lainnya harus memperhitungkan serta mengetahui apakah lapisan tanah tersebut cukup kuat untuk menahan beban pondasi tanpa terjadinya keruntuhan geser (*shear failure*).

Daya dukung pondasi dihitung menggunakan data lapangan serta laboratorium dari laporan penyelidikan tanah, untuk menentukan kedalaman tiang bor. Tujuan dilakukannya penyelidikan ini untuk mengetahui lapisan tanah, tekstur, dan kekuatan tanah di lokasi proyek tersebut.

Maka dari itu, dalam perhitungan beban yang akan diberikan kepada sebuah bangunan, dapat ditentukan dengan besaran ataupun kekuatan tiang bor untuk bangunan yang akan direncanakan. Daya dukung tiang bor akan dihitung dengan menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT).

Faktor yang mempengaruhi daya dukung tanah adalah sebagai berikut:

- a. Faktor keamanan yang cukup agar tidak terjadi keruntuhan.
- b. Batas daya dukung pondasi yang diijinkan.
- c. Jenis dan kuat geser tanah
- d. Ada atau tidak muka air tanah.
- e. Beban tambahan.

2.7. Kapasitas Daya Dukung

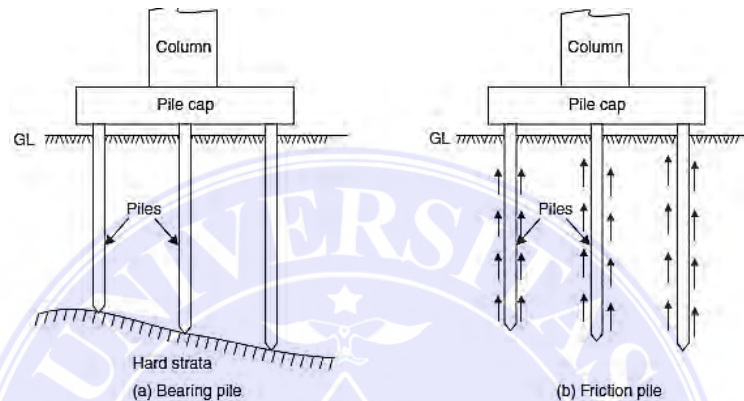
2.7.1. Tiang Dukung Ujung dan Tiang Gesek

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam yaitu:

1. Daya dukung ujung tiang (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan

berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada dibawah ujung tiang (Gambar 2.6a).

2. Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya (Gambar 2.6b).



Gambar 6. Tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya:
(a) *end bearing pile*, (b) *friction pile* (Sumber :
<https://www.iamcivilengineer.com/2017/11/difference-between-end-bearing-piles-and-skin-friction-piles.html>)

2.7.2. Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Dari Hasil CPT

Kapasitas daya dukung tiang bor adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban (Hardiyatmo, 2011). Jika dalam kapasitas dukung pondasi dangkal satuannya adalah satuan tekanan (kPa) maka dalam kapasitas dukung tiang satuannya adalah satuan gaya (kN). Kapasitas ultimit tiang yang dibor dalam tanah kohesif, ialah jumlah tahanan gesek sisi tiang dan tahanan ujungnya. Besar tahanan gesek tiang tergantung dari bahan dan bentuk tiang. Umumnya, apabila tanah

homogen, tahanan gesek dinding yang berupa adhesi antara sisi tiang dan tanah akan berpengaruh besar pada kapasitas ultimitnya.(Gunadarma 2009) Pada saat perencanaan pondasi tiang pancang (*pile*), data tanah geser sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang bor sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas ultimit dari tiang bor. Kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u), dihitung dengan persamaan umum,yaitu:

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b \cdot A_b + f \cdot A_s \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

- Q_u = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang bor
- 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 bor

Perencanaan pondasi tiang bor dengan sondir diklasifikasikan atas beberapa metode diantaranya :

2.7.3. Metode Aoki dan De Alencar

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

$$q_p = (q_{ca} (base))/F_b \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

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:

$$F = q_c(side)(\alpha s)/F_s \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

$q_c(side)$ = 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.

Tabel 2. Faktor empirik F_b dan F_s (Sumber. Titi dan Farsakh,1999)

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 3. Nilai faktor empirik untuk tipe tanah yang berbeda (Sumber. Titi dan Farsakh,1999)

Tipe Tanah	αs (%)	Tipe Tanah	αs (%)	Tipe Tanah	αs (%)
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

2.7.4. Metode Mayerhoff

Metode *meyerhoff* dapat digunakan untuk mencari daya dukung tiang bor berdasarkan data hasil pengujian sondir.

- a. Daya Dukung *Ultimate* pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung tiang tunggal (kg)

q_c = Tahanan Ujung Sondir (kg/cm^2)

A_p = Luas Penampang Tiang (cm^2)

JHL = Jumlah Hambatan Lekat (kg/cm)

K = Keliling Tiang (cm)

b. Daya Dukung Ijin pondasi dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ijin} = \frac{qc \cdot A_p}{3} + \frac{JHL \cdot K}{5} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

Q_{ijin} = Kapasitas Daya Dukung Ijin Pondasi (kg)

Q_c = Tahanan Ujung Sondir (kg/cm²)

A_p = Luas Penampang Tiang (cm²)

JHL = Jumlah Hambatan Lekat (kg/cm)

K = Keliling Tiang (cm)

2.7.5. Metode Schertmann dan Nottingham

Schmertmann - Nottingham (1975) telah mengajukan perhitungan daya ujung pondasi tiang menurut cara Begemann dalam *Schmertmann - Nottingham* (1975), yaitu diambil dari nilai rata-rata perlawanan ujung sondir 8D diatas ujung tiang dan 0,7D – 4D dibawah ujung tiang. D adalah diameter tiang. Seperti halnya perhitungan yang lain pada perhitungan ini daya dukung terdiri dari daya dukung ujung tiang dan selimut tiang, berikut ini adalah formula untuk menghitung daya dukung ujung tiang :

$$Q_p = \frac{qc_1 + qc_2}{2} \times A_p \dots\dots\dots(2.7)$$

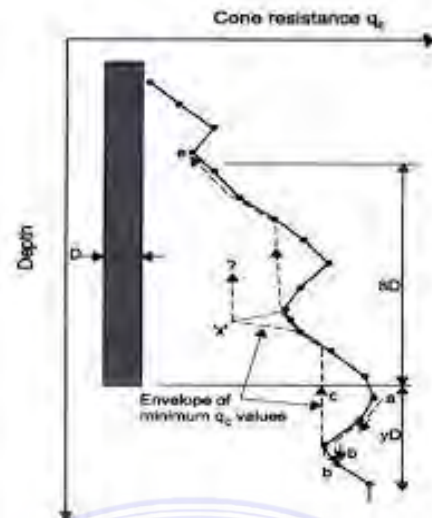
Dimana :

Q_p = Daya dukung ujung tiang;

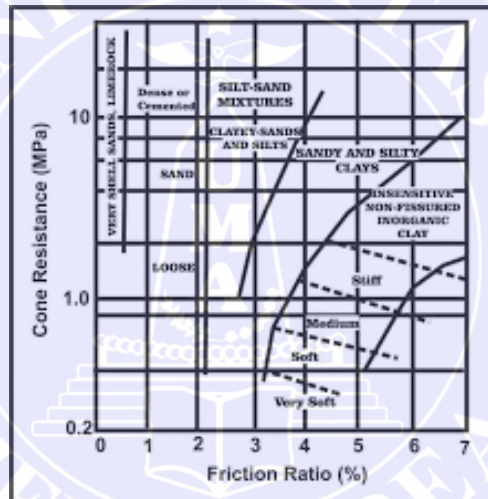
qc_1 = Nilai q_c rata-rata 0,7D -4D dibawah ujung tiang

qc_2 = Nilai q_c rata-rata 8D diatas ujung tiang;

A_p = Luas penampang tiang (m²).



Gambar 7. Perhitungan Daya Dukung Ujung
(Sumber : Schmertmann-Nottingham, L. C. 1975)



Gambar 8. Grafik Monogram Klasifikasi Tanah Menurut Schmertmann,1978.
(Sumber : Schmertmann-Nottingham, L. C. 1975)

Bila zona lunak dibawah tiang masih ditemukan pada kedalaman 4 – 10D, maka perlu dilakukan reduksi terhadap nilai rata-rata tersebut. Pada umumnya nilai perlawanan ujung diambil tidak lebih dari 100kg/cm² untuk tanah pasiran dan tidak melebihi 75kg/cm² untuk tanah pasiran kelanauan.

Untuk mendapatkan daya dukung selimut tiang maka digunakan formula sebagai berikut:

$$q_s = k_c \cdot s \left[\sum_{Li-D}^{Li-8D} \frac{Li}{8D} H_{pi} \cdot O_i + \sum_{Li-8D}^{Li-D} \frac{Li}{8D} H_{pi} \cdot O_i \right]$$

Dimana :

Qs = daya dukung selimut tiang;

Ks = factor koreksi untung pasir;

Kc = factor koreksi untuk lempung;

Li = kedalaman tiang yang ditinjau;

D = diameter tiang;

H_{pi} = hambatan pelekat untuk tiang pada kedalaman Li;

O_i = keliling tiang untuk ruas kedalaman tiang

Tabel 4. Faktor ω deRuiter dan Beringen, 1979 (Sumber : Bowles, 1996)

Kondisi Tanah	Faktor ω
Pasir terkonsolidasi normal (OCR = 1)	1
Pasir mengandung banyak kerikil kasar; Pasir dengan OCR = 2 sampai 4	0,67
Kerikil halus; pasir dengan OCR = 6 sampai 10	0,5

1. Tahanan ujung satuan

Hitung tahanan ujung satuan dengan persamaan sebagai berikut :

$$f_b = \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \quad (15.000 \text{ kN/m}^2)$$

Dimana :

f_b = Tahanan ujung satuan (kg/cm²)

ω = Koefisien korelasi yang bergantung pada OCR

Tahanan gesek satuan.

$$F_s = K_c + q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dimana :

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm²), nilainya dibatas sampai 1,2 kg/cm².

q_c = Tahanan gesek sisi konus (kg/cm²).

K_c = Koefisien tak berdimensi.

Bila tiang dalam pasir, K_c bergantung pada rasio L/d (L = kedalaman, dan d = diameter tiang). Didalam kedalaman $8d$ pertama dari permukaan tanah, K_c diinterpolasi dari nol dipermukaan tanah sampai 2,5 dikedalaman $8d$. Lebih dalam dari kedalaman ini, nilai K_c berkurang dari 2,5 sampai 0,891 pada kedalaman $20d$ atau dianggap saja keseluruhan $K_c = 0,9$.

Tiang baja ujung bawah terbuka :

$K_c = 0,8$ % Tiang baja ujung bawah tertutup

$K_c = 1,8$ % Tiang beton

$K_c = 1,2$ % koefisien tak berdimensi tiang beton

2.7.6. Metode LCPC

Insinyur dari *Laboratorium Sentral Ponts et des Chaussees* (LCPC) di Perancis juga telah mengembangkan metode CPT berbasis (*Bustamante dan Gianceselli*, 1982; *Briaud dan Miran*, 1991). Metode ini mengestimasi daya dukung ujung dan daya tahanan kulit dengan menggunakan data Cone Penetration Test (CPT / Sondir). Ini berlaku untuk berbagai kondisi tanah dan mempertimbangkan baik tiang dan pondasi cor ditempat.

1). Daya Dukung Ujung Ultimate Tiang

$$Q_b = k_b \times q_{ca} \dots\dots\dots [2.8]$$

Dengan:

Q_b = Tahanan ujung ultimate tiang (kg)

k_b = Faktor nilai konus (Tabel 3.)

q_{ca} = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang dan 1,5D dibawah ujung tiang.

2). Daya dukung kulit

$$Q_s = f_s \times A_s \dots\dots\dots [2.9]$$

Dengan:

Q_s = Daya dukung kulit (kg)

A_s = Luas selimut (cm²)

f_s = Tahanan dinding (kg/cm²)

$$f_s = 0,05 \times \alpha \times q_c \dots\dots\dots [2.10]$$

Dengan:

f_s = Tahanan gesek satuan, dengan nilai maksimum 1,2 kg/cm² (120 kPa)

α = Faktor adhesi, diambil 1 untuk lempung terkonsolidasi normal dan 0,5 untuk lempung terkonsolidasi berlebihan

q_c = Tahanan konus pada ujung tiang (kg/cm²)

Tabel 5. Nilai k_b (Sumber : Titi dan Abu Farsakh, 1991)

Jenis tanah	Faktor konus ujung tiang	
	<i>Drilling Pile</i>	<i>Driven Pile</i>
Lempung dan Lanau	0,375	0,600
Pasir dan Kerikil	0,15	0,375
Kapur	0,200	0,400

2.8. Daya Dukung Kelompok Tiang

Kelompok tiang merupakan kumpulan dari beberapa tiang, yang bekerja sebagai satu kesatuan. Kelompok tiang atau bisa dikenal dengan *pile group*. Diatas *pile group* biasanya diletakkan suatu poer (*footing*) yang mempersatukan kelompok tiang tersebut. (sardjono, 1991). Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini dapat terjadi jika tiang pancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah yang tidak muda mampat, namun dibawahnya terdapat lapisan lunak. Stabilitas kelompok tiang-tiang tergantung dari dua hal, yaitu:

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

Untuk menghitung besarnya kapasitas dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, dan efisiensi kelompok tiang.

2.8.1. 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:

$$n = p/Qa.....(2.17)$$

Dimana :

P = beban yang bekerja (kN)

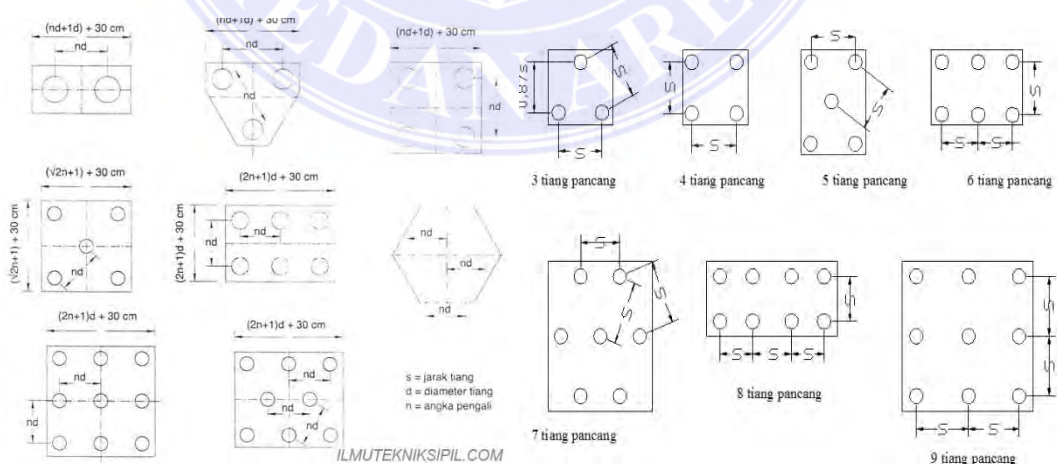
Qa = Kapasitas Dukung Ijin Tiang Tunggal (kN)

2.8.2. Jarak Tiang (s)

Jarak tiang (s) antar tiang bor di dalam kelompok tiang sangat mempengaruhi perhitungan kapasitas dukung dari kelompok tiang tersebut. Untuk bekerja sebagai kelompok tiang, jarak antar tiang yang dipakai adalah menurut peraturan-peraturan bangunan pada daerah masing-masing. Pada prinsipnya jarak tiang (s) makin rapat, ukuran pilecap makin kecil dan secara tidak langsung biaya lebih murah. Tetapi bila pondasi memikul beban momen maka jarak tiang perlu diperbesar yang berarti menambah atau memperbesar tahanan momen (K. Basah Suryolelono 1994).

2.8.3. Susunan Tiang

Susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah pilecap, 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 volume beton menjadi bertambah besar sehingga biaya konstruksi membengkak (K. Basah Suryolelono, 1994).



Gambar 9. Contoh susunan tiang (Sumber. Bowles, 1991)

2.8.4. Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang Bor

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 :

- 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.

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

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

Dimana:

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 untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut :

1. Converse – Labarre

$$E_g = 1 - \Theta ((n - 1)m + (m - 1)n)/90mn.....(2.19)$$

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

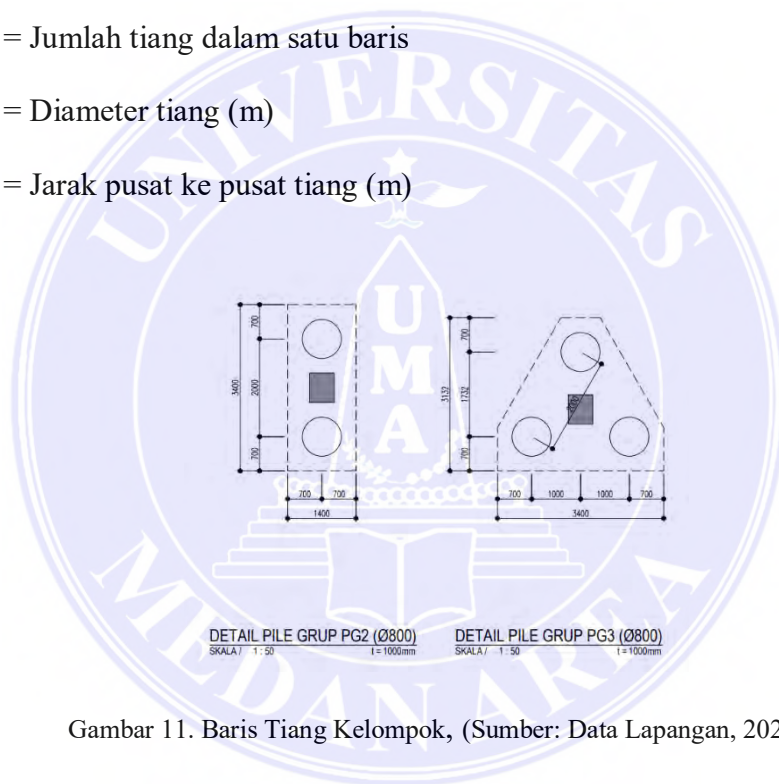
Θ = arc tg d/s, (°)

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

d = Diameter tiang (m)

s = Jarak pusat ke pusat tiang (m)



Gambar 11. Baris Tiang Kelompok, (Sumber: Data Lapangan, 2022)

2. Los Angeles Group – Action Formula

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

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)

2.8.5. Kapasitas izin Kelompok Tiang

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

Kapasitas izin kelompok tiang menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{all} \dots\dots\dots$$

Dimana :

- Q_g = Kapasitas izin kelompok tiang
- E_g = Efisiensi kelompok tiang
- n = Jumlah tiang
- Q_{all} = Daya dukung izin

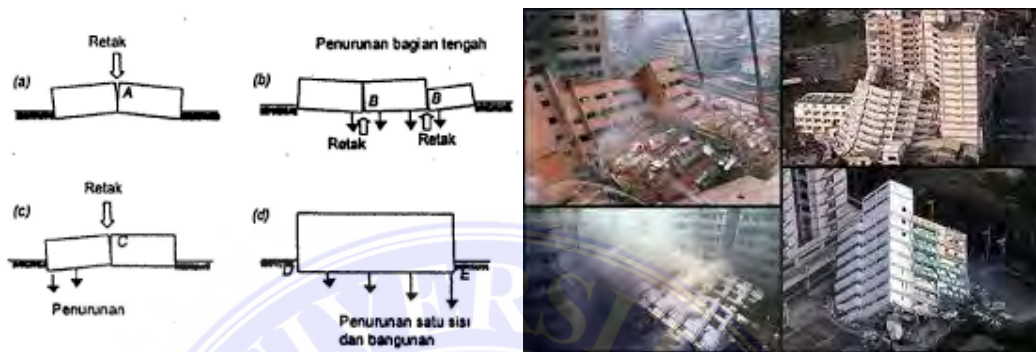
2.9. Penurunan Tiang

Penurunan tiang pada kelompok tiang merupakan jumlah penurunan elastis atau penurunan yang terjadi dalam waktu dekat (*immediate settlement* atau *elastic settlement*) S_i dan penurunan yang terjadi dalam jangka waktu yang panjang (*long term consolidation settlement*) S_c , (Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti, 2002).

Dalam bidang teknik sipil ada dua hal yang perlu diketahui mengenai penurunan, yaitu:

- a). Besarnya penurunan yang akan terjadi.
- b). Kecepatan penurunan.

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Umumnya, penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan bangunan dari pada penurunan totalnya. Contoh-contoh bentuk penurunan dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 12. Contoh kerusakan bangunan akibat penurunan
(Sumber : <https://www.beritakonstruksi.com/2019/07/pemilihan-pondasi-menurut-daya-dukung.html>)

- a). Pada gambar (a), dapat diperhatikan jika tepi dari bangunan mengalami penurunan cukup besar dari bagian tengahnya, bangunan diperkirakan akan retak-retak pada bagian tengahnya.
- b). Pada gambar (b), dapat dilihat bagian tengah dari bangunan mengalami penurunan lebih besar, bagian atas bangunan dalam kondisi tertekan dan bagian bawah tertarik. Bila deformasi yang terjadi sangat besar, tegangan tarik yang berkembang dibawah bangunan dapat mengakibatkan retakan-retakan dan keruntuhan.
- c). Pada gambar (c), penurunan satu tepi/sisi dapat berakibat keretakan pada bagian sisi lainnya.
- d). Pada gambar (d), penurunan yang terjadi berangsur-angsur dari salah satu tepi bangunan, yang berakibat miringnya bangunan tanpa terjadi keretakan pada bagian bangunan.

2.9.1. Perkiraan penurunan tiang tunggal

Menurut *Poulos dan Davis* (1980) penurunan jangka panjang untuk pondasi tiang tunggal tidak perlu ditinjau karena penurunan tiang akibat konsolidasi dari tanah relatif kecil. Hal ini disebabkan karena pondasi tiang direncanakan terhadap kuat dukung ujung dan kuat dukung friksinya atau penjumlahan dari keduanya (Hardiyatmo 2002). Perkiraan penurunan tiang tunggal dapat dihitung berdasarkan:

a). Untuk tiang apung atau tiang friksi

$$S = \frac{Q \cdot l}{Es \cdot D} \dots \dots \dots (2.24)$$

dimana : $I = I_o \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_{\mu}$

b). Untuk tiang dukung ujung

$$S = \frac{Q \cdot l}{Es \cdot D} \dots \dots \dots (2.25)$$

dimana : $I = I_o \cdot R_k \cdot R_b \cdot R_{\mu}$

S = Besar Penurunan Yang Terjadi (cm)

Q = Besar Beban Yang Bekerja (kg)

I_o = Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat

R_k = Faktor koreksi kemudahan mampatan tiang Untuk $u = 0,3$

R_h = Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras.

R_{μ} = Faktor koreksi angka Poisson μ .

R_b = Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung .

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

D = Diameter Tiang (cm)

Es = Modulus Elastisitas Bahan Tiang (MPa) .

Pada Gambar 2.12, 2.13, dan 2.14, K adalah suatu ukuran kompresibilitas relatif dari tiang dan tanah yang dinyatakan oleh persamaan :

$$K = Ep \cdot RA / Es \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana:

$$RA = \frac{Ap}{4\pi d^2}$$

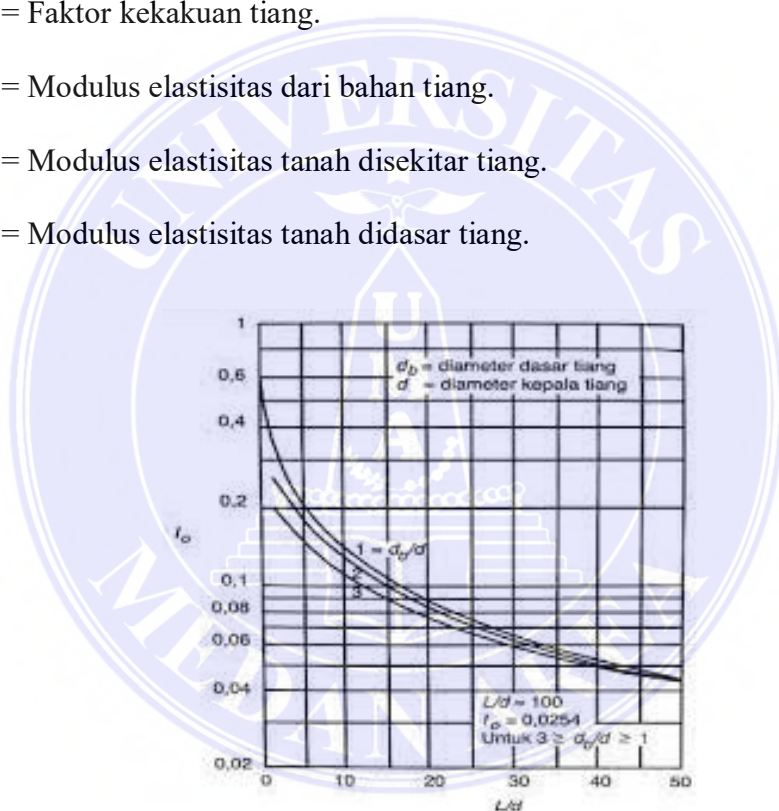
Dengan:

K = Faktor kekakuan tiang.

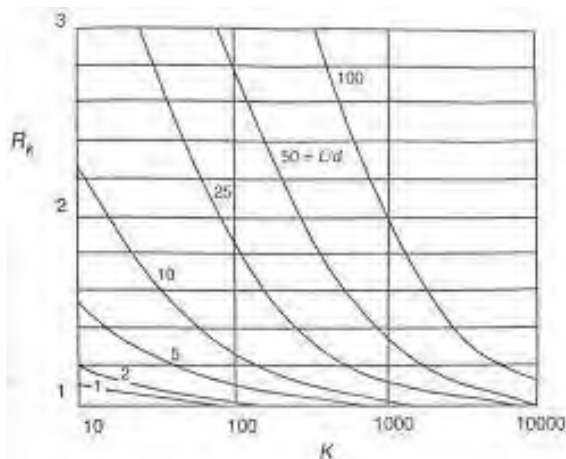
Ep = Modulus elastisitas dari bahan tiang.

Es = Modulus elastisitas tanah disekitar tiang.

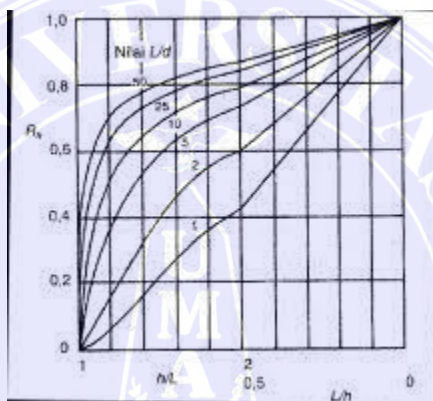
Eb = Modulus elastisitas tanah didasar tiang.



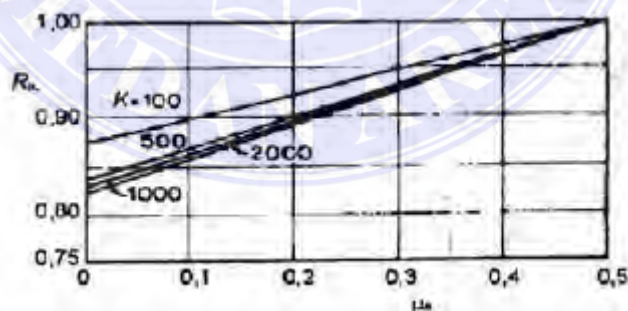
Gambar 13. Faktor penurunan Io (Poulos dan Davis) (Sumber : Poulos and Davis, 1980)



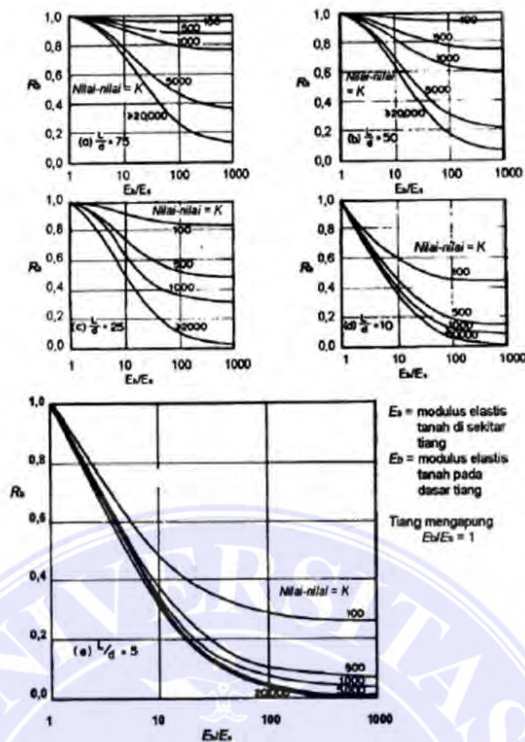
Gambar 14. Faktor Reduksi Kompresi R_k (Sumber : Poulos and Davis, 1980)



Gambar 15. Faktor Koreksi Kedalaman R_h (Sumber : Hardiyatmo, H.C., 2002)



Gambar 16. Faktor Koreksi Angka Poisson R_μ (Sumber : Poulos and Davis, 1980)



Gambar 17. Faktor Koreksi Kekakuan Pendukung R_b (Sumber : Poulos and Davis, 1980)

Terzaghi menyarankan nilai $\mu = 0,3$ untuk tanah pasir, $\mu = 0,4$ sampai $0,43$ untuk tanah lempung. Umumnya banyak digunakan $u = 0,3$ sampai $0,35$ untuk tanah pasir dan $u = 0,4$ sampai $0,5$ untuk tanah lempung. Sedangkan I_0 , R_k , R_h , R_μ , dan R_b dapat dilihat pada Gambar 2.13, 2.14, 2.15, 2.16 dan 2.17.

Tabel 6. Perkiraan angka poisson (μ) (Sumber : Hardiyatmo. H.C., 1996)

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,
Pasir kasar	0,15
Pasir halus	0,25

Berbagai metode tersedia untuk menentukan nilai modulus elastisitas tanah (E_s), antara lain dengan percobaan langsung ditempat yaitu dengan menggunakan data hasil pengujian kerucut statis (sondir). Karena nilai laboratorium dari E_s tidak sangat baik dan mahal untuk mendapatkan (Bowles, 1977). Bowles memberikan persamaan yang dihasilkan dari pengumpulan data pengujian kerucut statis (sondir), sebagai berikut:

$$E_s = 3q_c \text{ (untuk pasir)} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$E_s = 2 \text{ sampai } 8q_c \text{ (untuk lempung)} \dots\dots\dots (2.28)$$

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

Rumus untuk penurunan tiang elastis adalah :

$$S = (Q + \xi Q_s) L / A E_p \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana:

Q = Beban yang bekerja

Q_s = Tahanan gesek

ξ = Koefisien dari skin friction

E_p = Modulus elastisitas

Nilai ξ tergantung kepada unit tahanan friksi (kulit) alami pada sepanjang tiang terpancang 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.

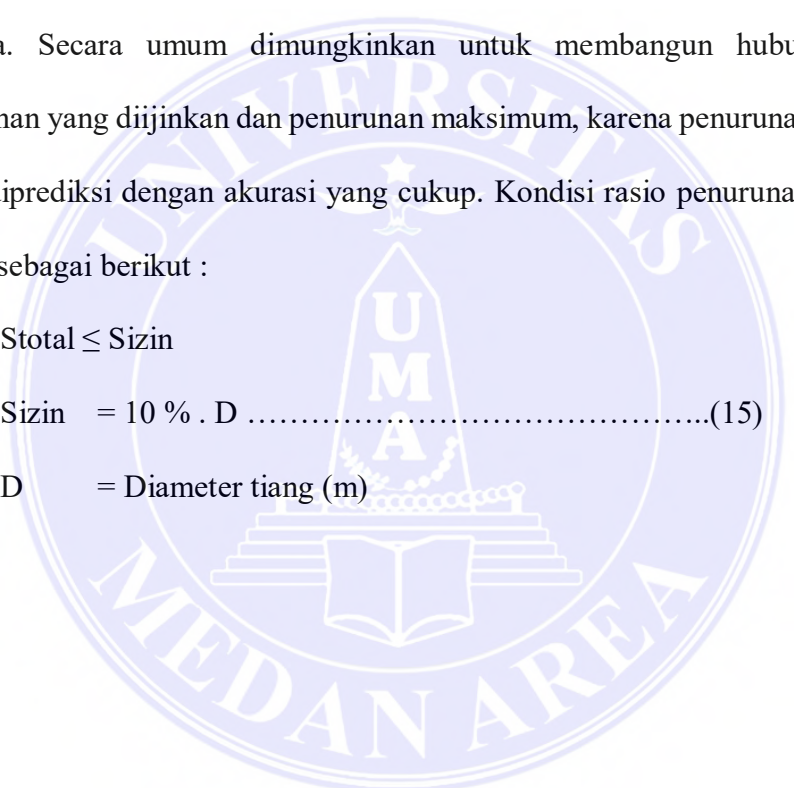
2.9.2. Penurunan Yang Diizinkan

Penurunan yang diizinkan dari suatu bangunan tergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis bangunan, tinggi, kekakuan, dan fungsi, serta besar dan kecepatan penurunan serta sebarannya. Semakin lambat penurunan, maka semakin besar kemungkinan struktur untuk beradaptasi terhadap penurunan yang terjadi tanpa merusak strukturnya oleh pengaruh rangkak (creep). Oleh karena itu, kriteria penurunan pondasi pada tanah berpasir dan pada tanah lempung berbeda. Secara umum dimungkinkan untuk membangun hubungan antara penurunan yang diijinkan dan penurunan maksimum, karena penurunan maksimum dapat diprediksi dengan akurasi yang cukup. Kondisi rasio penurunan yang aman adalah sebagai berikut :

$$S_{total} \leq S_{izin}$$

$$S_{izin} = 10 \% \cdot D \dots\dots\dots(15)$$

$$D = \text{Diameter tiang (m)}$$



2.10. Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit tiang dengan faktor aman tertentu. Faktor aman ini perlu diberikan dengan maksud:

- a). Untuk memberikan keamanan terhadap ketidak pastian metode hitungan yang digunakan.
- b). Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah.
- c). Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- d). Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
- e). Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam di antara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.

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, 1977). Besarnya beban bekerja (*working load*) atau kapasitas tiang izin dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (F) yang sesuai (Hardiyatmo 2008). Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan pondasi tiang, tergantung pada jenis tiang dan tanah berdasarkan data laboratorium sebagai berikut:

$$Q_a = Q_u/2,5 \dots \dots \dots (2.30)$$

Beberapa peneliti seperti Reese dan O'Neill (1989) menyarankan faktor keamanan yang tidak sama untuk tahanan gesek dinding dan tahanan ujung.

Kapasitas izin dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Qa = Qb/3 + Qs/1,5.....(2.31)$$

Reese dan O'Neill (1989) menyarankan pemilihan faktor aman (F) untuk perancangan pondasi.

Tabel 7. Faktor aman yang disarankan (Sumber : Reese dan O'Neill,1989)

Klasifikasi Struktur	Faktor Aman			
	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 Deskripsi

Proyek konstruksi merupakan sebuah rangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mencapai tujuan tertentu dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu.

Dalam hal ini, Proyek Pembangunan Menara BRI merupakan salah satu proyek *re-building* kantor pusat BRI yang ditunjuk di wilayah Medan dan dirancang dengan kombinasi tradisional modern yang diwakili dalam bentuk dan desain eksteriornya. Sebelumnya, kantor pusat BRI yang berada di Jl. Putri Hijau No. 2 medan ini memiliki 3 lantai sedangkan untuk *re-building* ini bangunan akan memiliki 2 lantai basement dan 12 lantai kantor.

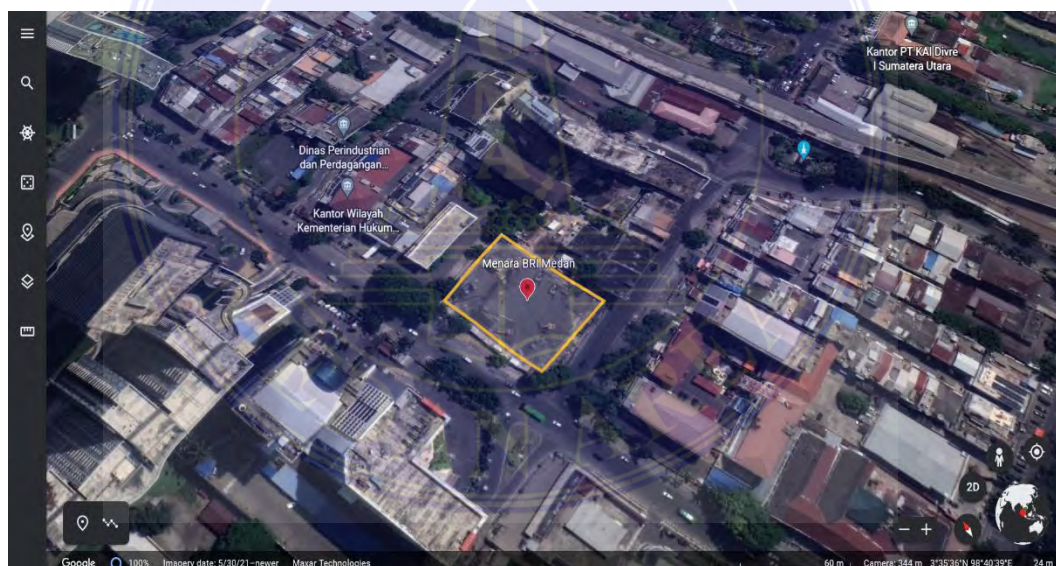
Proyek Pembangunan Menara BRI ini dipegang oleh PT. Adhi Karya selaku kontraktor atau pelaksana pekerjaan. Untuk posisi bangunan menara BRI ini sendiri berada di tepi persimpangan jalan utama, yang sangat strategis dekat dengan beberapa Gedung seperti Menara Telkom, Hotel JW Marriot dan Podomoro City Deli Medan serta memungkinkan untuk menjadi *landmark* baru dikota tengah kota medan. Bentuknya yang ramping dan *facade* bangunan yang melengkung menunjukkan *futuristic* serta kualitas tinggi bangunan. Bagian bangunan ini terdiri dari podium yaitu sebagai aula umum, menara untuk keperluan kantor dan mahkota yang menyerupai rumah adat tradisional.



Gambar 18. Desain Eksterior Menara BRI Kota Medan (Sumber : Adhi Karya)

3.2 Lokasi Penelitian

Pembangunan Menara BRI Kota Medan ini berlokasi di Jl. Putri Hijau No. 2, Kec. Medan Barat, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia. Dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 19. Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth)

3.3 Data Umum

Data umum dari proyek pembangunan Gedung Menara BRI Medan adalah sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Pembangunan Gedung Menara BRI Medan
2. Lokasi Proyek : Jl. Putri Hijau No. 2 Kota Medan,
Sumatera Utara
3. Nilai Kontrak : Rp.316.500.000.000,-
4. Jenis Kontrak : *Lumpsum Fixed Price*
5. Pemilik Proyek : Bank Rakyat Indonesia (BRI)
6. Kontraktor Pelaksana : PT. ADHI KARYA
7. Konsultan Pengawas/MK : PT. Artefak Arkindo
8. Luas Lahan : 4166 m²
9. Luas Bangunan : 2853.10 m²
10. Jumlah Lantai : 12 Lantai dan 2 Lantai Basement

Alasan pemilihan tempat penelitian ini, karena proyek Pembangunan Gedung Menara BRI yang berlokasi di Jl. Putri Hijau, Kota Medan, Sumatera Utara merupakan tempat Kerja Praktek penulis sebelumnya, sehingga mempermudah penulis dalam proses penelitian. Selama kerja praktek diproyek tersebut penulis menemukan persoalan yang relevan untuk dijadikan judul. Maka dari itu peneliti menjadikan lokasi ini sebagai tempat penelitian penulis.

Data Teknis Proyek

Data teknis yang di dapat dari pihak kontraktor adalah sebagai berikut:

1. Diameter *Bored Pile* : 800 mm (0.8 m)
2. Daerah Yang ditinjau : PG120
3. Mutu Beton : 25 Mpa
4. Jumlah *Bored Pile* : 329 *pile*

3.4 Pengumpulan Data

3.4.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa metode yang akan digunakan untuk mengumpulkan data yang mendukung dalam menyelesaikan penelitian ini.

Berikut ini metode pengumpulan data yang akan dilakukan antara lain:

1. Metode Observasi

Data yang berhubungan dengan data teknis gedung dan pondasi *Bored Pile* didapatkan langsung dari hasil survey ke lokasi proyek Pembangunan Gedung Menara BRI Medan.

2. Pengambilan Data

Pengambilan data yang diperlukan dalam penelitian ini didapat dari PT.

Adhi Karya Persero. Tbk. Adapun data yang diambil antara lain:

- a. Data tanah yakni data CPT.
- b. Denah pondasi dan detailing pondasi.
- c. Gambar kerja meliputi : Gambar Situasi, Denah, Potongan, dan Detail Konstruksi.

3. Melakukan Studi Perpustakaan

Dalam penelitian ini dikutip referensi hal – hal yang menyangkut informasi dan data mengenai teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang akan ditinjau dari berbagai sumber, baik itu dari literatur, jurnal atau artikel maupun sumber seperti crossref, google scholar.

3.4.2 Sumber Data

1. Data Primer

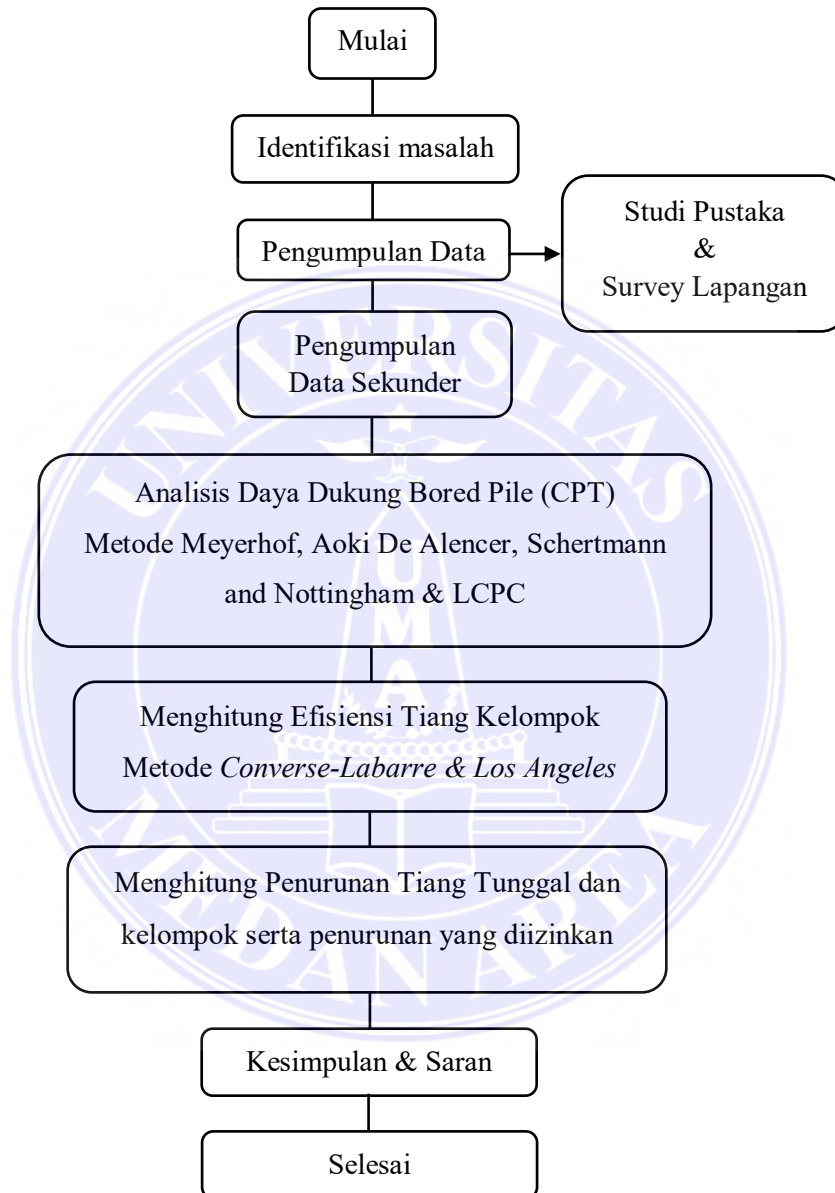
Merupakan data yang didapat secara langsung dari lapangan untuk dijadikan data dasar oleh penulis maupun dapat dijadikan pengontrol data yang sudah ada pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survey, wawancara kepada pihak kontraktor maupun konsultan pelaksana dilapangan.

2. Data Sekunder

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini merupakan pengamatan lapangan secara informal, yakni memperoleh data dari pihak proyek yang berhubungan dengan rencana proyek seperti deskripsi bangunan, desain bangunan, dan data lainnya serta jurnal/penelitian – penelitian sebelumnya.

3.5 Kerangka Berfikir

Dalam mempermudah pengerjaan analisis pada penelitian ini, maka dibentuk *flow chart* tentang urutan – urutan yang harus dikerjakan.



Gambar 20. Bagan Alir

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung ultimit tiang pada kedalaman 13,40 m berdasarkan data sondir pada saat pengujian adalah sebagai berikut :
 - a). Dari data sondir Aoki dan De Alencar, $Q_u = 224,49$ ton
 - b). Dari data sondir Mayerhoff, $Q_u = 974,26$ ton
 - c). Dari data Schertmann and Nottingham, $Q_u = 1065$ ton
 - d). Dari data LCPC, $Q_u = 2.524,60$ ton
2. Hasil perhitungan daya dukung kapasitas ijin kelompok tiang (*pile group*) berdasarkan efisiensi dengan menggunakan 120 tiang / kelompok :
 - a). Metode Converse Labbare diperoleh kapasitas kelompok ijin tiang ($E_g = 0,562$):
 - Dari data sondir Aoki dan De Alencar, $Q_g = 6.055,84$ ton
 - Dari data sondir Mayerhoff, $Q_g = 19.917,19$ ton
 - Dari data Schertmann and Nottingham, $Q_g = 28.729,44$ ton
 - Dari data LCPC, $Q_g = 68.103,61$ ton
 - b). Metode Los Angeles Group diperoleh kapasitas kelompok ijin tiang ($E_g = 0,215$):
 - Dari data sondir Aoki dan De Alencar, $Q_g = 2.316,74$ ton
 - Dari data sondir Mayerhoff, $Q_g = 7.619,56$ ton
 - Dari data Schertmann and Nottingham, $Q_g = 10.990,8$ ton
 - Dari data LCPC, $Q_g = 26.053,87$ ton

Berdasarkan perhitungan daya dukung ultimit tiang bor menggunakan hasil data sondir dengan metode LCPC diperoleh daya dukung pondasi tiang bor sebesar, $Q_u = 2.524,60$ ton. Berdasarkan perhitungan daya dukung ultimit tiang bor berdasarkan persamaan Converse Labbare dari data sondir menggunakan metode LCPC sebesar 68.103,61 ton, oleh karena itu pondasi akan dinyatakan aman jika daya dukung pondasi tiang lebih besar dari pada beban-beban yang bekerja pada bangunan Gedung Menara BRI Medan.

5.2 Saran

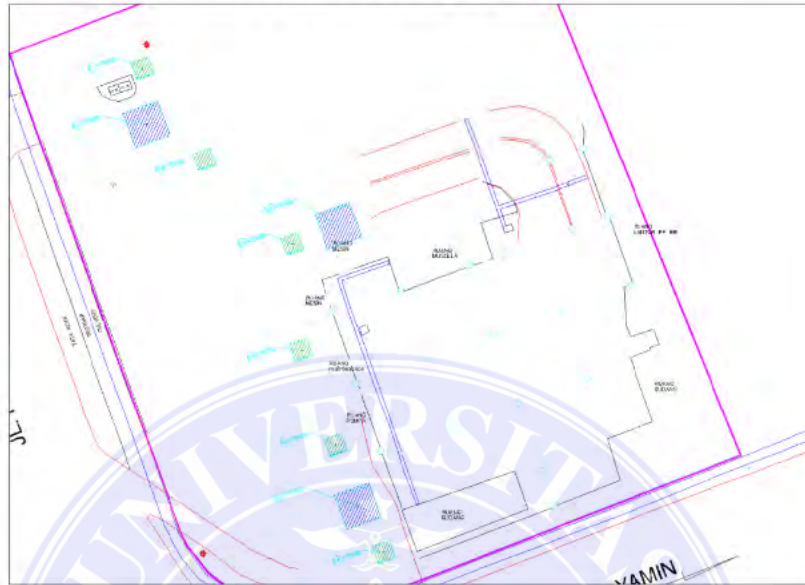
1. Dalam Penyelidikan di lapangan dengan sondir untuk perencanaan daya dukung pondasi tiang masih kurang akurat, sehingga masih perlu digunakan alat uji yang lain.
2. Jumlah data diperbanyak, agar dapat menentukan sebaran daya dukung ultimate (Q_u) yang lebih mendetail.
3. Sebelum melakukan proses analisa hendaknya memperhatikan untuk memperoleh data yang lengkap, karena data tersebut sangat menunjang dalam membuat rencana analisis.
4. Perhitungan daya dukung pada penelitian terbatas yaitu hanya menggunakan metode LCPC, metode Meyerhoff, metode schertmann dan Nottingham serta metode Aoki de Alencer. apabila diteliti lebih lanjut dapat menggunakan metode yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

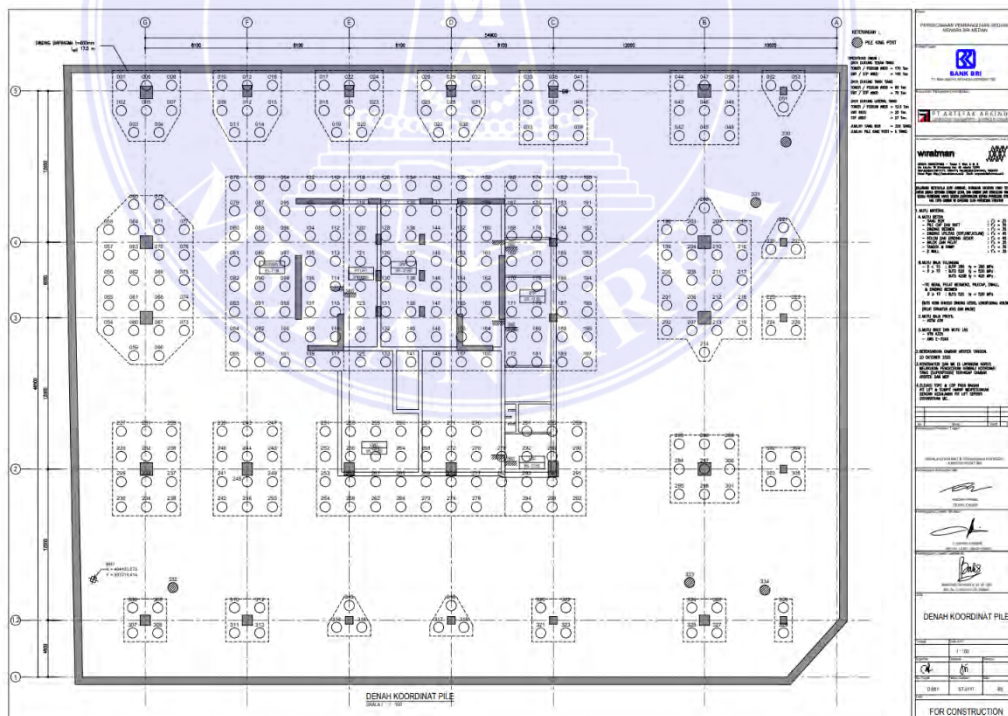
- Gunadarma. 2009. "Rekayasa Fondasi II." : 274.
- Hardiyatmo. 2002. "Mekanika Tanah 2." *Suparyanto dan Rosad (2015 5(3): 248–53.*
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2008. "Teknik Fondasi II." *Gadjah Mada University Press: 316.*
- https://www.academia.edu/download/57492139/Hardiyatmo_____ - 1996 - _Teknik_Pondasi_1.pdf.
- Mandasari, Febry, and Annisa Fauziyah. 2019. "Analisis Fondasi Bored Pile Pada Gedung 23 Lantai Di Tanah Lempung Daerah Cibubur." *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi 18(2): 219–27.*
- Sari, Desrina, Bangun Pasaribu, and Jupriah Sarifah. 2021. "Analisa Daya Dukung Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Jembatan Ka BH. 38 Di Baja Linggei Kabupaten Serdang Bedagai." *Buletin Utama Teknik 16(2): 103–12.*
- Surya Darmawan, Fikkry, and Kartika Indah Sari. 2022. "Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Diameter 0,8 M Pada Proyek Gedung Menara Bri Jalan Putri Hijau, Medan." *Cetak) Buletin Utama Teknik 18(1): 1410–4520.*
- Zain, Rizqa, Amris Azizi, and M. Agus Salim Al Fathoni. 2021. "Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Bor Pada Proyek Pembangunan Gedung K Universitas Muhammadiyah Purwokerto." *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan 2(2): 59–68.*

LAMPIRAN

PETA LOKASI PEKERJAAN SOIL INVESTIGASI BRI MEDAN



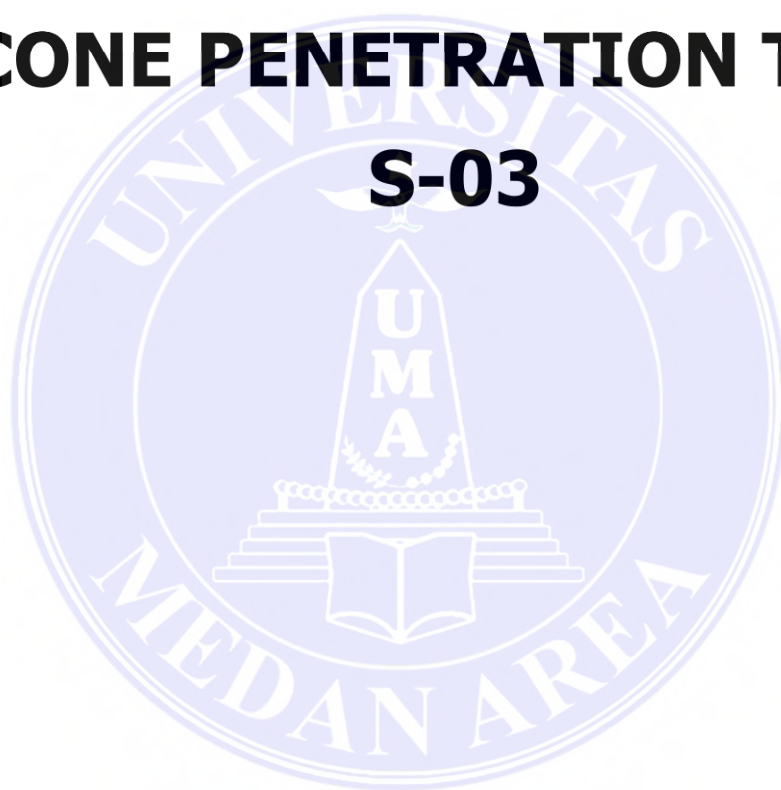
Gambar 1. Layout Titik Sondir




Gambar 2. Layout Titik Pondasi Tiang Bored Pile

CONE PENETRATION TEST

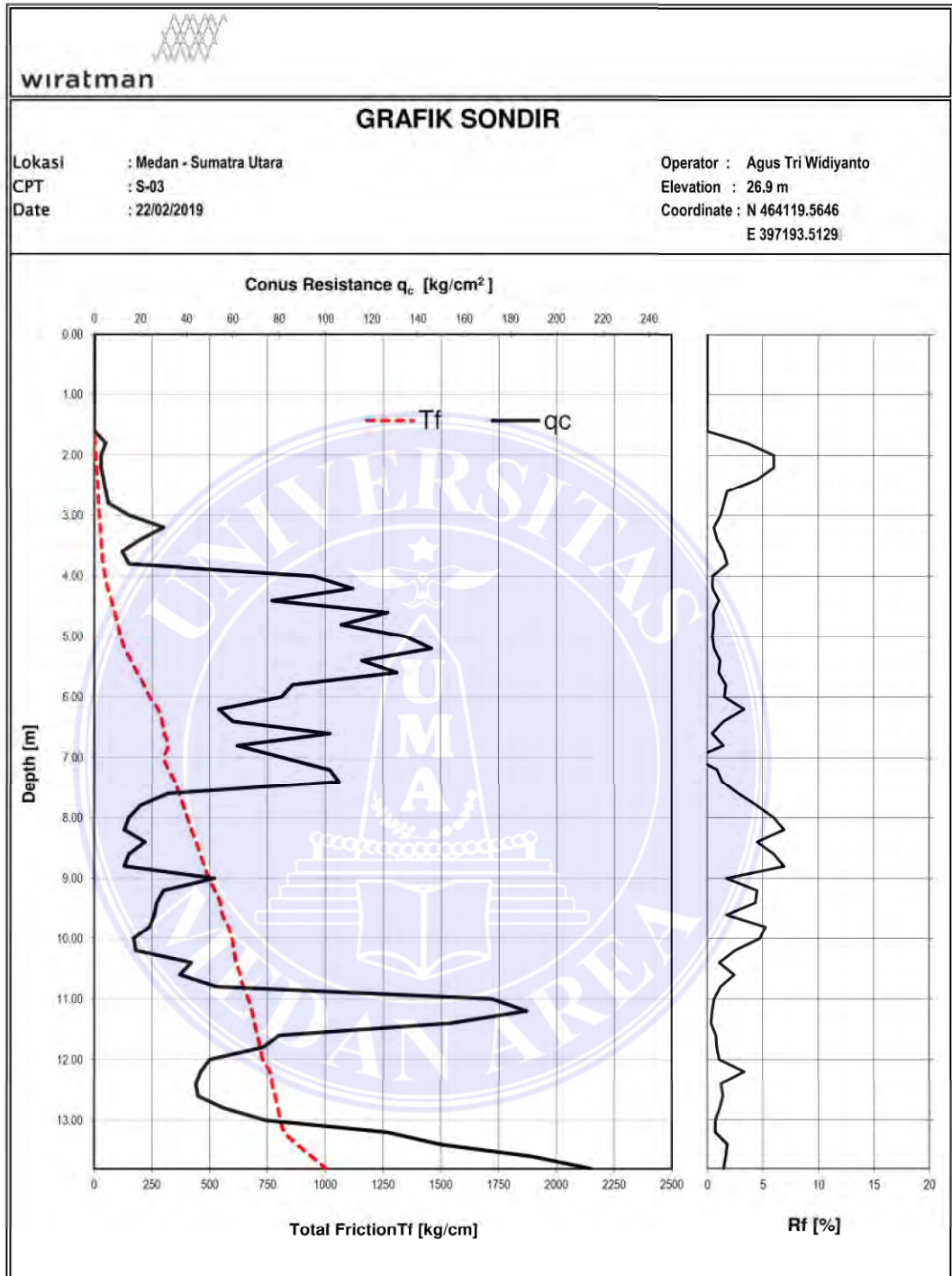
S-03



 wiratman								
Lokasi : Medan - Sumatra Utara CPT : S-03 Date : 22/02/2019				Operator : Agus Tri Widiyanto Elevation : 26.9 m Coordinate : N 464119.5646 E 397193.5129				
Depth (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Kw (Tw - Cw)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm)	Tf (kg/cm)	Rf (%)
0.00				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.80				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.20				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.40				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.60				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.80	5	7	2	5.00	0.18	3.60	3.60	3.60
2.00	3	5	2	3.00	0.18	3.60	7.20	6.00
2.20	3	5	2	3.00	0.18	3.60	10.80	6.00
2.40	4	6	2	4.00	0.18	3.60	14.40	4.50
2.60	5	6	1	5.00	0.09	1.80	16.20	1.80
2.80	6	7	1	6.00	0.09	1.80	18.00	1.50
3.00	15	17	2	15.00	0.18	3.60	21.60	1.20
3.20	30	32	2	30.00	0.18	3.60	25.20	0.60
3.40	20	22	2	20.00	0.18	3.60	28.80	0.90
3.60	12	14	2	12.00	0.18	3.60	32.40	1.50
3.80	15	18	3	15.00	0.27	5.40	37.80	1.80
4.00	95	100	5	95.00	0.45	9.00	46.80	0.47
4.20	112	118	6	112.00	0.54	10.80	57.60	0.48
4.40	77	86	9	77.00	0.81	16.20	73.80	1.05
4.60	127	135	8	127.00	0.72	14.40	88.20	0.57
4.80	107	114	7	107.00	0.63	12.60	100.80	0.59
5.00	135	142	7	135.00	0.63	12.60	113.40	0.47
5.20	146	156	10	146.00	0.90	18.00	131.40	0.62
5.40	116	131	15	116.00	1.35	27.00	158.40	1.16
5.60	131	146	15	131.00	1.35	27.00	185.40	1.03
5.80	86	102	16	86.00	1.44	28.80	214.20	1.67
6.00	81	95	14	81.00	1.26	25.20	239.40	1.56
6.20	54	74	20	54.00	1.80	36.00	275.40	3.33
6.40	60	70	10	60.00	0.90	18.00	293.40	1.50
6.60	102	107	5	102.00	0.45	9.00	302.40	0.44
6.80	62	72	10	62.00	0.90	18.00	320.40	1.45
7.00	82	72	-10	82.00	-0.90	-18.00	302.40	-1.10
7.20	102	112	10	102.00	0.90	18.00	320.40	0.88
7.40	106	122	16	106.00	1.44	28.80	349.20	1.36
7.60	32	42	10	32.00	0.90	18.00	367.20	2.81
7.80	20	30	10	20.00	0.90	18.00	385.20	4.50
8.00	15	25	10	15.00	0.90	18.00	403.20	6.00
8.20	13	23	10	13.00	0.90	18.00	421.20	6.92
8.40	22	33	11	22.00	0.99	19.80	441.00	4.50
8.60	15	25	10	15.00	0.90	18.00	459.00	6.00
8.80	13	23	10	13.00	0.90	18.00	477.00	6.92
9.00	52	62	10	52.00	0.90	18.00	495.00	1.73
9.20	30	45	15	30.00	1.35	27.00	522.00	4.50
9.40	27	40	13	27.00	1.17	23.40	545.40	4.33
9.60	26	31	5	26.00	0.45	9.00	554.40	1.73
9.80	24	38	14	24.00	1.26	25.20	579.60	5.25
10.00	17	26	9	17.00	0.81	16.20	595.80	4.76
10.20	18	23	5	18.00	0.45	9.00	604.80	2.50

10.40	42	47	5	42.00	0.45	9.00	613.80	1.07
10.60	37	47	10	37.00	0.90	18.00	631.80	2.43
10.80	53	60	7	53.00	0.63	12.60	644.40	1.19
11.00	172	184	12	172.00	1.08	21.60	666.00	0.63
11.20	187	196	9	187.00	0.81	16.20	682.20	0.43
11.40	154	160	6	154.00	0.54	10.80	693.00	0.35
11.60	80	87	7	80.00	0.63	12.60	705.60	0.79
11.80	73	80	7	73.00	0.63	12.60	718.20	0.86
12.00	50	56	6	50.00	0.54	10.80	729.00	1.08
12.20	46	63	17	46.00	1.53	30.60	759.60	3.33
12.40	44	50	6	44.00	0.54	10.80	770.40	1.23
12.60	45	52	7	45.00	0.63	12.60	783.00	1.40
12.80	56	63	7	56.00	0.63	12.60	795.60	1.13
13.00	74	80	6	74.00	0.54	10.80	806.40	0.73
13.20	127	137	10	127.00	0.90	18.00	824.40	0.71
13.40	150	180	30	150.00	2.70	54.00	878.40	1.80

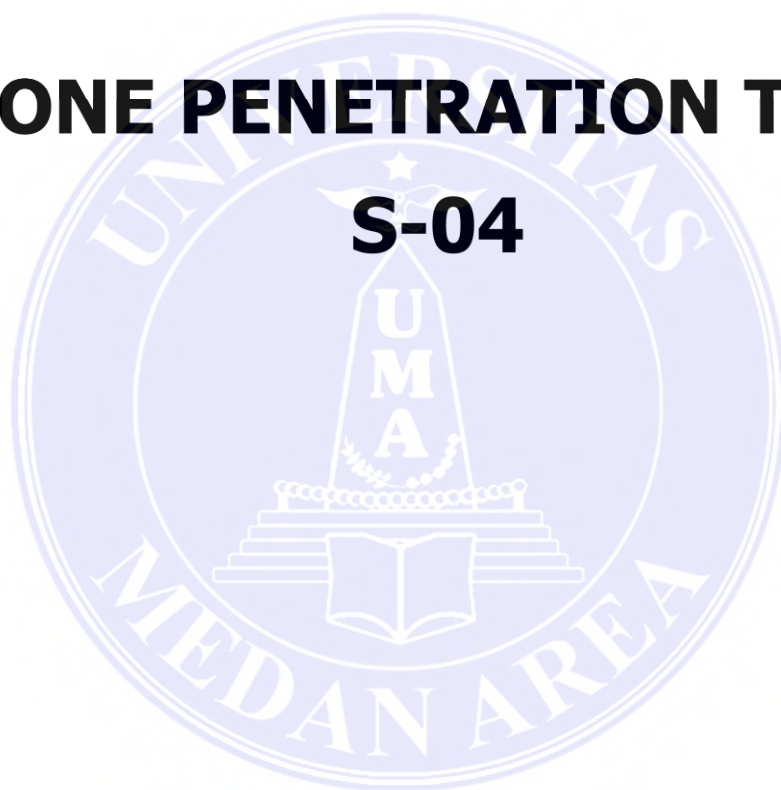





S-03

CONE PENETRATION TEST

S-04



 wiratman								
Lokasi : Medan - Sumatra Utara CPT : S-04 Date : 24/02/2019				Operator : Agus Tri Widiyanto Elevation : 27.1 m Coordinate : N 464120.5656 E 397181.9144				
Depth (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Kw (Tw - Cw)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm)	Tf (kg/cm)	Rf (%)
0.00				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.80				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.20				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.40				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.60				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.80				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	42	47	5	42.00	0.45	9.00	9.00	1.07
2.20	43	47	4	43.00	0.36	7.20	16.20	0.84
2.40	35	40	5	35.00	0.45	9.00	25.20	1.29
2.60	51	56	5	51.00	0.45	9.00	34.20	0.88
2.80	60	66	6	60.00	0.54	10.80	45.00	0.90
3.00	57	63	6	57.00	0.54	10.80	55.80	0.95
3.20	42	47	5	42.00	0.45	9.00	64.80	1.07
3.40	65	75	10	65.00	0.90	18.00	82.80	1.38
3.60	57	67	10	57.00	0.90	18.00	100.80	1.58
3.80	50	55	5	50.00	0.45	9.00	109.80	0.90
4.00	32	42	10	32.00	0.90	18.00	127.80	2.81
4.20	35	45	10	35.00	0.90	18.00	145.80	2.57
4.40	25	35	10	25.00	0.90	18.00	163.80	3.60
4.60	45	55	10	45.00	0.90	18.00	181.80	2.00
4.80	125	140	15	125.00	1.35	27.00	208.80	1.08
5.00	105	120	15	105.00	1.35	27.00	235.80	1.29
5.20	85	100	15	85.00	1.35	27.00	262.80	1.59
5.40	85	110	25	85.00	2.25	45.00	307.80	2.65
5.60	95	115	20	95.00	1.80	36.00	343.80	1.89
5.80	135	145	10	135.00	0.90	18.00	361.80	0.67
6.00	225	235	10	225.00	0.90	18.00	379.80	0.40
6.20	135	150	15	135.00	1.35	27.00	406.80	1.00
6.40	140	150	10	140.00	0.90	18.00	424.80	0.64
6.60	70	90	20	70.00	1.80	36.00	460.80	2.57
6.80	75	85	10	75.00	0.90	18.00	478.80	1.20
7.00	55	60	5	55.00	0.45	9.00	487.80	0.82
7.20	20	30	10	20.00	0.90	18.00	505.80	4.50
7.40	7	12	5	7.00	0.45	9.00	514.80	6.43
7.60	6	9	3	6.00	0.27	5.40	520.20	4.50
7.80	7	10	3	7.00	0.27	5.40	525.60	3.86
8.00	12	18	6	12.00	0.54	10.80	536.40	4.50
8.20	12	18	6	12.00	0.54	10.80	547.20	4.50
8.40	15	20	5	15.00	0.45	9.00	556.20	3.00
8.60	20	25	5	20.00	0.45	9.00	565.20	2.25
8.80	18	24	6	18.00	0.54	10.80	576.00	3.00
9.00	70	75	5	70.00	0.45	9.00	585.00	0.64
9.20	45	60	15	45.00	1.35	27.00	612.00	3.00
9.40	35	45	10	35.00	0.90	18.00	630.00	2.57
9.60	18	24	6	18.00	0.54	10.80	640.80	3.00
9.80	40	45	5	40.00	0.45	9.00	649.80	1.13
10.00	37	40	3	37.00	0.27	5.40	655.20	0.73
10.20	22	32	10	22.00	0.90	18.00	673.20	4.09

10.40	45	54	9	45.00	0.81	16.20	689.40	1.80
10.60	65	75	10	65.00	0.90	18.00	707.40	1.38
10.80	25	35	10	25.00	0.90	18.00	725.40	3.60
11.00	35	45	10	35.00	0.90	18.00	743.40	2.57
11.20	145	160	15	145.00	1.35	27.00	770.40	0.93
11.40	75	85	10	75.00	0.90	18.00	788.40	1.20
11.60	85	95	10	85.00	0.90	18.00	806.40	1.06
11.80	95	103	8	95.00	0.72	14.40	820.80	0.76
12.00	35	40	5	35.00	0.45	9.00	829.80	1.29
12.20	13	18	5	13.00	0.45	9.00	838.80	3.46
12.40	19	24	5	19.00	0.45	9.00	847.80	2.37
12.60	25	30	5	25.00	0.45	9.00	856.80	1.80
12.80	35	40	5	35.00	0.45	9.00	865.80	1.29
13.00	30	34	4	30.00	0.36	7.20	873.00	1.20
13.20	27	30	3	27.00	0.27	5.40	878.40	1.00
13.40	35	40	5	35.00	0.45	9.00	887.40	1.29



