

**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI
BORE PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN MENARA
MASJID AGUNG KOTA MEDAN**

SKRIPSI

OLEH:

**YOSAFAT MARTUPA SIREGAR
188110146**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 1/12/23

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

Access From (repository.uma.ac.id)1/12/23

**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI
BORE PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN MENARA
MASJID AGUNG KOTA MEDAN**

SKRIPSI

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



Oleh:

**YOSAFAT MARTUPA SIREGAR
188110146**

**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

HALAMAN PENGESAHAN

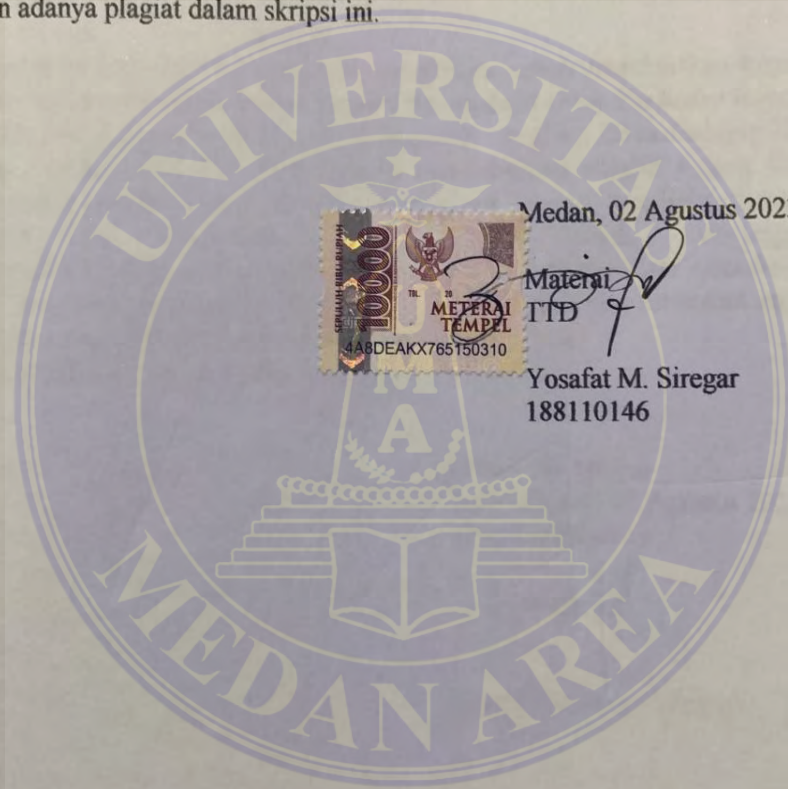
Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi *Bore Pile*
Pada Proyek Pembangunan Masjid Agung Kota Medan
Nama : Yosafat Martupa Siregar
NPM : 188110146
Fakultas : Teknik



Tanggal Lulus : 02 Agustus 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan 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 : Yosafat Martupa Siregar
NPM : 188110146
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi *Bore Pile* Pada Proyek Pembangunan Masjid Agung Kota Medan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 02 Agustus 2023
Yang menyatakan



(Yosafat Martupa Siregar)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pasar Baru Pada tanggal 4 Oktober 1999 dari Ayah L. Siregar dan Ibu L. Sianturi Penulis merupakan putra ke I (pertama) dari 4 bersudara. Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA Neg. 1 Lintong Ni Huta dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. pada tahun 2021 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di KPP (Kantor Pelayanan Pajak Pratama Balige) Jl. Desa Parik Sabungan - Muara, Parik Sabungan, Kec. Siborong-borong, Kab. Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara 22474.



KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Pondasi Dalam dengan judul Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi *Bore Pile* Pada Proyek Pembangunan Masjid Agung Kota Medan Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Bill Owen, Elsa Silaban dan Jelita Siregar 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



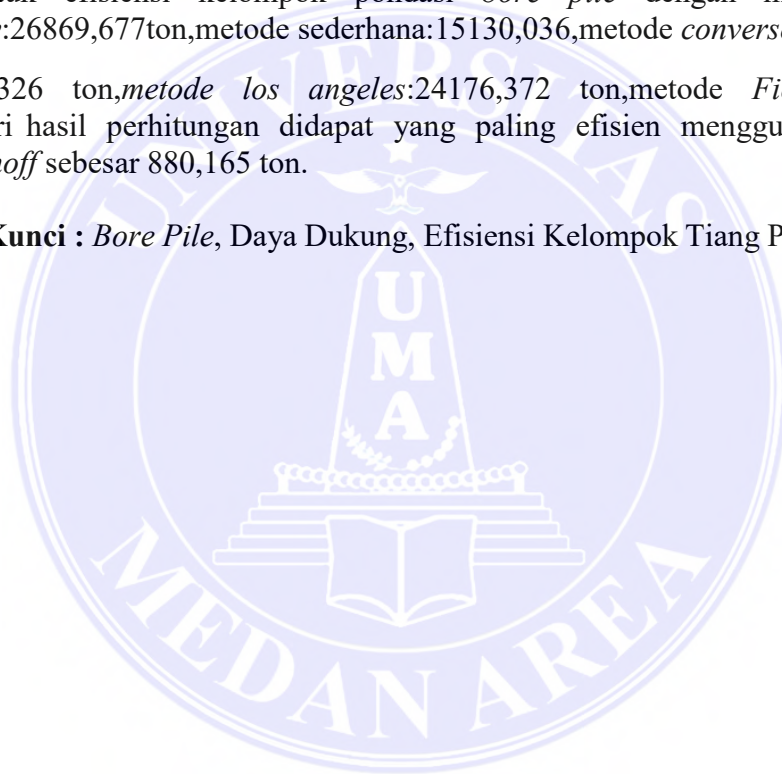
(Yosafat M. Siregar)

ABSTRAK

Pondasi merupakan bagian paling dasar struktur yang menahan dan menopang beban dari semua struktur bagian atas bangunan. Beban-beban yang terjadi pada bangunan dan di teruskan ke pondasi yang selanjutnya di transfer ke tanah. Merencanakan pondasi perlu dilakukan penyelidikan tanah (*soil investigation*) untuk mengetahui jenis pondasi yang akan di gunakan dan mengetahui seberapa dalam harus di letakkan dan serta mengetahui jarak antar titik pondasi. Tujuan dari penulisan ini Untuk mengetahui kapasitas dayadukung pondasi *bored pile* tunggal dan kelompok pada menara Masjid Agung dan mengetahui apakah kapasitas daya dukung pondasi *bored pile* aman terhadap beban rencana. Metodologi pengumpulan data dengan cara observasi lapangan dengan cata menganalisis data. Perhitungan penelitian menggunakan menggunakan metode *mayerhoff*: 880,165 ton. Untuk efisiensi kelompok pondasi *bore pile* dengan metode *seiler-Keeney*: 26869,677 ton, metode sederhana: 15130,036, metode *converse-labarre*:

18894,326 ton, metode *los angeles*: 24176,372 ton, metode *Field*: 19581,911 ton. Dari hasil perhitungan didapat yang paling efisien menggunakan metode *mayerhoff* sebesar 880,165 ton.

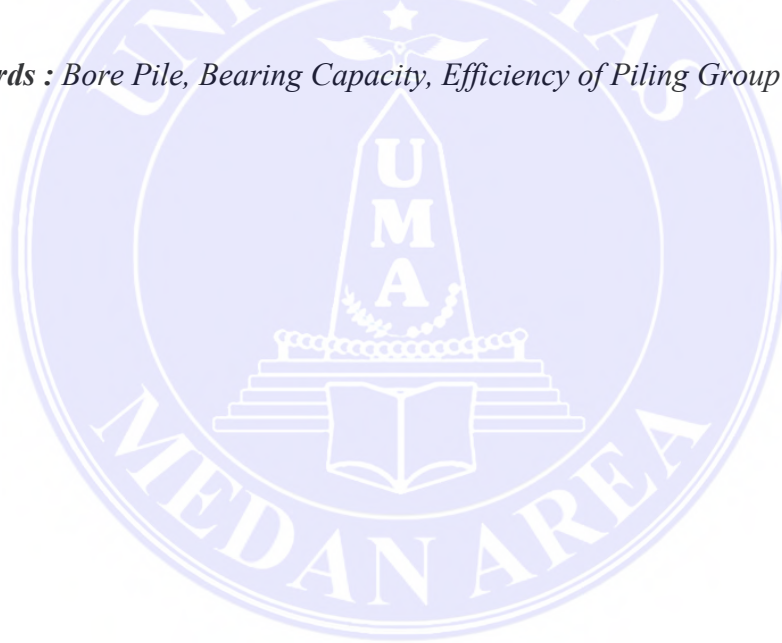
Kata Kunci : *Bore Pile*, Daya Dukung, Efisiensi Kelompok Tiang Pancang



ABSTRACT

The foundation is the most basic part of the structure that holds and supports the load of all the superstructures of the building. The loads that occur on the building and are forwarded to the foundation which are then transferred to the ground. Planning the foundation needs to be carried out soil investigation to find out the type of foundation that will be used and find out how deep it must be placed and also know the distance between the foundation points. The purpose of this writing is to find out the bearing capacity of single bored pile foundations and groups on towers Great Mosque and find out whether the bearing capacity of the bored pile foundation is safe against the design load. The data collection methodology is by field observation by analyzing data. Research calculations use the Mayerhoff method: 880.165 tons. For the efficiency of the bore pile foundation group with the Seiler-Keeney method: 26869.677 tons Simple method: 15130.036, Converse-Labarre method: 18894.326 tons Los Angeles method: 24176.372 tons, Field method: 19581.911 tons. From the calculation results, the most efficient method was obtained using the Mayerhoff method of 880.165 tons.

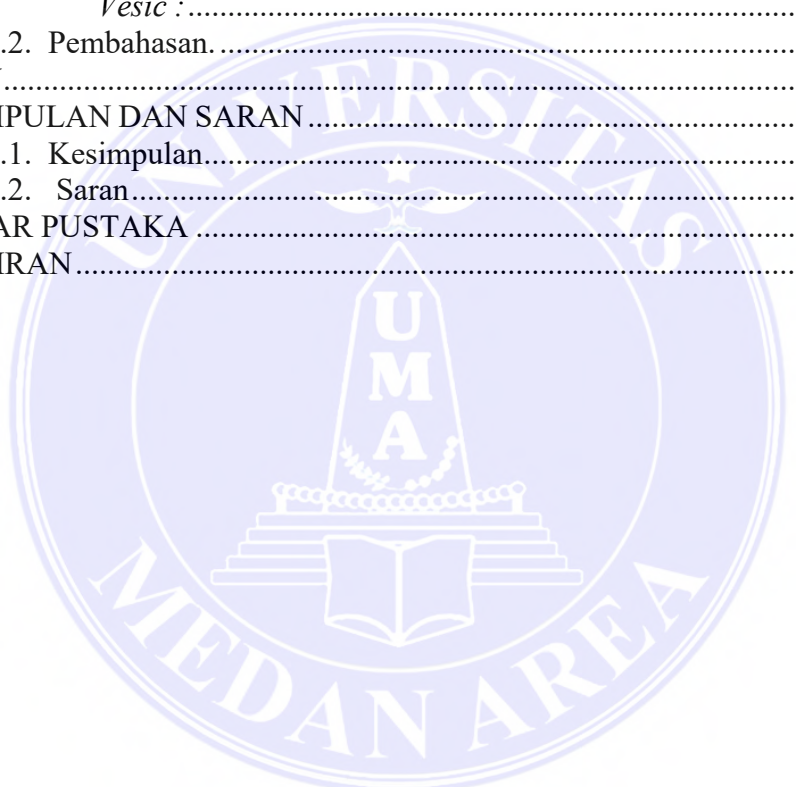
Keywords : *Bore Pile, Bearing Capacity, Efficiency of Piling Group*



DAFTAR ISI

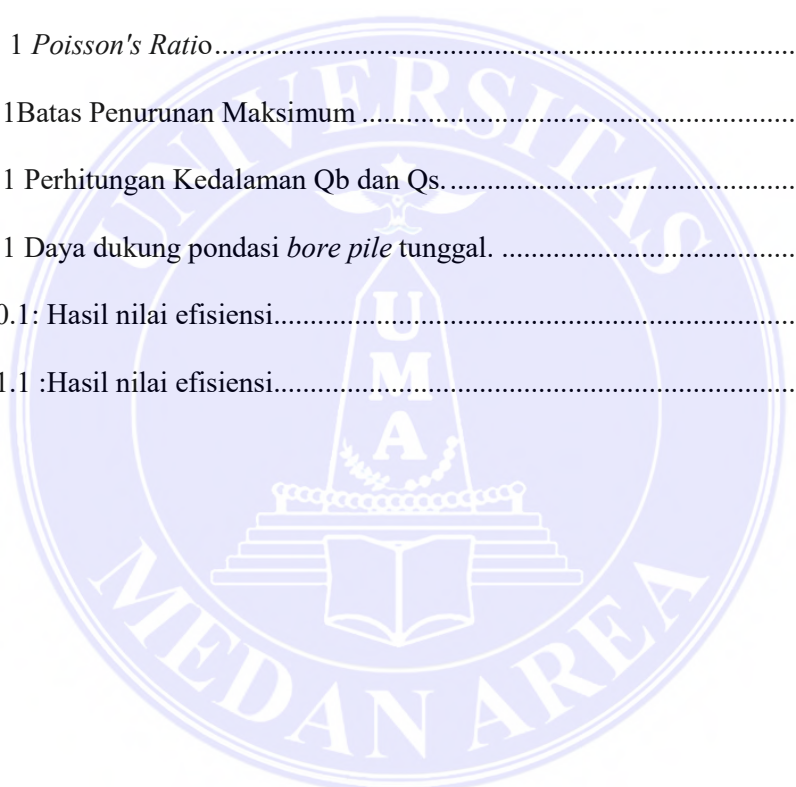
	Halaman
RIWAYAT HIDUP.....	5
ABSTRAK	7
<i>ABSTRACT</i>	8
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR TABEL.....	11
DAFTAR GAMBAR	12
DAFTAR NOTASI.....	13
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.2.1. Maksud Penelitian	2
1.2.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
2.1. Dasar Teori	5
2.2. Landasan Teori	9
2.3. Jenis-Jenis Pondasi	11
2.3.1. Pondasi Dangkal.....	11
2.3.2. Pondasi Dalam.....	14
2.4. Pondasi Tiang <i>Bore (Bore Pile)</i>	16
2.4.1. Jenis – Jenis Pondasi Tiang Bor.....	17
2.5. Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor.....	20
2.5.1. Metode Kering (<i>Dry Hole Methode</i>).....	20
2.5.2. Metode Basah.....	21
2.5.3. Metode <i>Casing</i>	22
2.6. Tanah	23
2.6.1. Penyelidikan Tanah.....	24
2.6.2. Uji Penetrasi Sondir (<i>Sondering Test</i>).....	24
2.7. Uji Penetrasi standard penetration test (SPT).....	26
2.8. Uji Laboratorium.....	31
2.9. Daya dukung pondasi <i>bore pile</i> Dari Data SPT	34
2.10. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang <i>Group</i>	35
2.11. Efisiensi Group Tiang.....	38
2.12. Penurunan pondasi <i>bored pile</i>	40
2.13. Penurunan Kelompok Tiang.....	44
2.14. Penurunan Ijin Pondasi.....	45
2.15. Faktor Keamanan	45
2.16. <i>Pile Driving Analyzer (PDA)</i>	47
BAB III	48
3.1. Deskripsi Penelitian.....	48
3.2. Data Teknis Proyek	48
3.3. Langkah Penelitian	49
3.4. Pengumpulan Data	50

3.4.1. Data Primer.....	50
3.4.2. Data Sekunder	51
3.5. Pengolahan Data.....	52
3.6. Diagram Alur Penyusunan Tugas Akhir	53
BAB IV	54
4.1. Hasil	54
4.1.1. Perhitungan daya dukung pondasi <i>bore pile</i> tunggal data <i>bore pile</i> :.....	55
4.1.2. Efisiensi kelompok pondasi <i>bore pile</i>	60
4.1.3. Daya dukung kelompok pondasi <i>bore pile</i>	63
4.1.4. Daya dukung kelompok pondasi <i>bore pile</i>	64
4.1.5. Perhitungan penurunan Pondasi <i>bore pile</i> tunggal (S).....	66
4.1.6. Perhitungan Penurunan Kelompok Tiang (Sg) Dengan Metode <i>Vesic</i> :	69
4.2. Pembahasan.....	69
BAB V.....	71
KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1. Kesimpulan.....	71
5.2. Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	73



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Hubungan N dengan kerapatan relative (D_r) tanah pasir.....	28
Tabel 2.1 Hubungan nilai N dengan konsistensi dan kuat tekan bebas (q_u) untuk tanah lempung jenuh.....	29
Tabel 3.1 Faktor koeksi SPT	30
Tabel 4.1 Nilai Koefisien C_p	42
Tabel 5.1 Modulus Elastisitas.	43
Tabel 6. 1 <i>Poisson's Ratio</i>	44
Tabel 7.1 Batas Penurunan Maksimum	45
Tabel 8.1 Perhitungan Kedalaman Q_b dan Q_s	57
Tabel 9.1 Daya dukung pondasi <i>bore pile</i> tunggal.	58
Tabel 10.1: Hasil nilai efisiensi.....	63
Tabel 11.1 :Hasil nilai efisiensi.....	66



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Pondasi Menerus (<i>Continious Footing</i>)	13
Gambar 2.1 Pondasi Telapak (<i>Individual footing</i>)	13
Gambar 3.1 Pondasi Plat (<i>raft footing</i>)	14
Gambar 4.1 Pondasi Sumuran (<i>pier foundation</i>)	15
Gambar 5.1 Pondasi tiang (<i>pile foundation</i>)	16
Gambar 6.1 jenis jenis pondasi <i>bore pile</i>	17
Gambar 7.1 <i>Bore pile mini crane</i>	18
Gambar 8.1 <i>Bore pile</i> Gawangan.....	19
Gambar 9.1 <i>Bored pile</i> Manual/ Strauss.....	19
Gambar 10.1 Langkah pelaksanaan pondasi tiang <i>bore</i> metode kering.....	20
Gambar 11.1 langkah pelaksanaan pondasi tiang <i>bore</i> moted basah.....	21
Gambar 12.1 Langkah pelaksanaan pondasi tiang <i>bore</i> metode kering.....	22
Gambar 13.1 skema alat kerucut dan cara kerja alat	25
Gambar 14.1 Tabung SPT.....	27
Gambar 15.1 Konfigurasi tiang dalam group.....	37
Gambar 16.1 <i>Overlap</i> pada pondasi group	38
Gambar 17.1 Pola perhitungan efisiensi menurut <i>Feld</i>	40
Gambar 18.1 Contoh hasil <i>PDA</i>	47
Gambar 19. 1 Lokasi Penelitian.....	48
Gambar 20.1 Denah titik pondasi <i>bore pile</i> menara 99m	51
Gambar 21.1 Diagram Alur Pembahasan	53
Gambar 22.1 Grafik hubungan antara kedalaman N-SPT.....	55
Gambar 23.1 Denah Pondasi Menara	60

DAFTAR NOTASI

D_r	=	Kerapatan relatif
f_r	=	Rasio gesekan (<i>friction ratio</i>)
q_c	=	Tahanan konus
q_s	=	Gaya gesek selimut lokal
P_o	=	Tekanan vertikal akibat beban tanah efektif dan kedalaman tanah yang ditinjau, atau tekanan <i>overburden</i> efektif
\emptyset	=	Sudut geser
c_u	=	Kohesi tak terdrainase (kohesi <i>undrained</i>)
C_b	=	Koreksi diameter lubang bor
C_s	=	Koreksi tipe tabung <i>sampler</i> SPT
C_r	=	Koreksi untuk panjang batang bor
c	=	Nilai kohesi
Q_b	=	Daya dukung ujung tiang (ton)
A_p	=	Luas penampang bored pile (m^2)
N	=	Nilai N -SPT hasil uji dilapangan
N_b	=	Tahanan ujung per satuan luas (kN/m^2)
N_1	=	N_{spt} rata-rata $8D$ di atas dasar tiang
N_2	=	N_{spt} rata-rata $4D$ di bawah dasar tiang
Q_s	=	Tahanan geser selimut pondasi tiang (ton)
A_s	=	Luas selimut tiang (m^2)
Q_{all}	=	Kapasitas daya dukung izin (ton)
sf	=	Faktor keamanan

Q_g = Daya dukung ultimit dari grup tiang

Q_{ult} = Daya dukung ultimit dari tiang tunggal

E_g = Efisiensi kelompok tiang

n = Jumlah tiang

s = Jarak antar pusat-ke- pusat tiang

p = Keliling penampang tiang

m = Jumlah tiang pada satu baris

n = Jumlah tiang pada satu kolom



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Merencanakan satu bangunan membutuhkan struktur yang kuat dan baik untuk mencegah terjadinya kegagalan-kegagalan pada bangunan tersebut.

Salah satu bagian terpenting pada struktur tersebut yang paling penting adalah pondasi. Pondasi merupakan bagian paling dasar struktur yang menahan dan menopang beban dari semua struktur bagian atas bangunan. Beban-beban yang terjadi pada bangunan dan di teruskan ke pondasi yang selanjutnya di transfer ke tanah.

Sebelum merencanakan pondasi perlu dilakukan penyelidikan tanah (*soil investigation*) untuk mengetahui jenis pondasi yang akan di gunakan dan mengetahui seberapa dalam harus di letakkan dan serta mengetahui jarak antar titik pondasi.

Ada beberapa data tanah yang digunakan dalam pengujian tanah yaitu data penetrasi Sondir (*sondering test*) dan *standart penetration test* (SPT). Data penetrasi sondir (*sondering test*) bertujuan untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus (*cone resistant*) dari lapisan tanah dasar dan hambatan lekat (*skin friction*) yaitu gaya perlawanan konus atau bikonus. data *standart penetration test* (SPT) bertujuan untuk mengetahui susunan lapisan tanah pendukung secara visual dan terperinci.

Penurunan pondasi digolongkan menjadi 2 yaitu penurunan seketika dan penurunan konsolidasi. Penurunan seketika adalah penurunan yang terjadi pada

saat proses konstruksi berlangsung yang disebabkan oleh deformasi elastis tanah kering, basah dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Penurunan konsolidasi adalah penurunan yang disebabkan oleh perubahan volume tanah selama periode keluarnya air pori dari tanah, penurunan ini umumnya terjadi pada lapisan tanah kohesif.

Latar belakang inilah yang akhirnya mendorong penulis untuk mengangkat judul ini dengan cara “**Menganalisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Bore Pile Pada Proyek Pembangunan Menara Masjid Agung Kota Medan**” yang berlokasi di Jl. Diponegoro, Madras Hulu, Medan, Sumatera Utara untuk mengetahui apakah pondasi *bored pile* tersebut mampu menahan beban dari bangunan tersebut.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Ada pun maksud dan tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1.2.1. Maksud Penelitian

1. Menganalisis daya dukung pondasi *bore pile* pada “Proyek Pembangunan Menara Masjid Agung Kota Medan” berdasarkan hasil uji SPT dengan menggunakan Metode *Mayerhoff*.
2. Untuk memperoleh penurunan pondasi *bore pile* yang terjadi pada “Proyek Pembangunan Menara Masjid Agung Kota Medan”
3. Menganalisis penurunan kelompok tiang pondasi *bore pile* berdasarkan Metode *Vesic*

1.2.2. Tujuan Penelitian

- 1) Untuk mengetahui kapasitas daya dukung pondasi *bore pile* tunggal dan kelompok pada menara Masjid Agung.
- 2) Untuk mengetahui penurunan pada pondasi *bore pile* Tunggal.
- 3) Untuk mengetahui apakah kapasitas daya dukung pondasi *bore pile* aman terhadap beban rencana;

1.3 Rumusan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan sesuai yang di harapkan, maka penelitian ini di batasi beberapa hal antara lain :

1. Berapakah kapasitas daya dukung pondasi *bore pile* tunggal dan kelompok pada menara dari data SPT (*standard penetration test*) dengan metode *Meyerhoff*?
2. Berapa besar nilai penurunan pondasi *bore pile* tunggal dan penurunan pondasi *bore pile* kelompok pada Menara Masjid Agung Sumatera Utara ?
3. Apakah pondasi *bore pile* aman digunakan pada pondasi Menara Masjid Agung Sumatera Utara ?

1.4 Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah yang diambil untuk penulisan Tugas Akhir

Ini adalah :

1. Pada perhitungan daya dukung vertikal pondasi tiang *bore pile* menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT) pada BP :02 dengan metode *Mayerhoff*
2. Data yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi *bore pile* adalah berdasarkan data hasil *standard penetration test* (SPT), *pile driving analyzer* (PDA), test tekan (statis dan dinamis)
3. Perhitungan hanya pada analisa daya dukung pondasi *bore pile* yang ditinjau saja.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Mampu menghitung daya dukung pondasi *bore pile*.
2. Memahami dan mengerahui langkah-langkah pekerjaan (pemasangan) penulangan pondasi *bore pile*.
3. Menambah pengetahuan penulis tentang pengaplikasian teori-teori perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi *bore pile*.

BAB II

TINJAU PUSTAKA

2.1. Dasar Teori

Penelitian sebelumnya menjadi salah satu referensi penulis ketika melakukan penelitian agar penulis dapat memperkaya teori dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. jenis penelitian ini sudah pernah dilakukan sebelumnya, karena penelitian sebelumnya sangat penting untuk penelitian yang akan dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi dasar penelitian ini antara lain:

1. Fikkry Surya Darmawan, Kartika Indah Sari. Analisis Daya Dukung Pondas *Bore Pile* Diameter 0,8 m Pada Proyek Gedung Menara BRI Jalan Putri Hijau, Medan. Berdasarkan hasil perhitungan data SPT titik BH-01 dengan Metode *Reese and Wright*, pile P219 dengan kedalaman pile 26,9 m memiliki daya dukung ultimit yang paling besar yaitu sebesar 699,599 ton dengan jumlah *N-SPT* sebesar 54. Sedangkan pile P235 dan P317 memiliki daya dukung ultimit yang sama sebesar 413,559 ton, karena kedua *pile* terletak pada lapisan tanah yang sama dan jumlah *N-SPT* yang sama yaitu sebesar 26. Untuk hasil perhitungan pada data CPT dengan Metode *Meyerhoff*, daya dukung ultimit pada Data S-01 di kedalaman 13,20 m sebesar 1519,1517 ton. Sedangkan pada Data S05 di kedalaman 13,20 memiliki daya dukung ultimit sebesar 372,5296 ton. Berdasarkan hasil penurunan tiang tunggal dengan Metode *Poulos and Davis* Penurunan total tiang tunggal yang terbesar terjadi pada titik P235

dengan penurunan sebesar 6,5188 mm. kemudian pada titik P219 dengan penurunan sebesar 5,8842 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. Kemudian pada PC12 sebesar 9,23 mm dan penurunan tiang kelompok yang terkecil terjadi pada PC22 dengan penurunan sebesar 1,98 mm.

(<https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/5857>)

2. Ulfa Ussy. Analisa Kuat Dukung Pondasi *Bored Pile* Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (*Cone Dan N- Standard Penetration Test*). (2 Oktober 2015)

Metode perhitungan kuat dukung untuk data sondir menggunakan metode *Schmertmann dan Nottingham* serta metode *Meyerhoff*, untuk data SPT menggunakan metode *O'Neil dan Reese*, metode *Meyerhoff*, metode *Coyle* dan *Castello*. Berdasarkan data sondir diperoleh hasil perhitungan dari metode *Schmertmann dan Nottingham* titik sondir S-3 $Q_u = 2026,44$ kN, dengan metode *Meyerhoff* diperoleh $Q_u = 2276,20$ kN. Sementara untuk data SPT diperoleh hasil perhitungan dari metode *O'Neil dan Reese* $Q_u = 476,21$ kN, metode *Meyerhoff* $Q_u = 1948,87$ kN dan metode *Coyle* dan *Castello* $Q_u = 734,37$ kN. Dari hasil perhitungan kapasitas kuat dukung bored pile dari data sondir, metode *Schertmann dan Nottingham* lebih optimis, begitu pula metode *O'Neil dan Reese* untuk data *N-SPT* dengan *safety factor* yang relatif kecil. Dengan data sondir dan ukuran diameter tiang *bored pile* yang berbeda dengan memakai 2 (dua) metode perhitungan *Schmertmann & Nottingham* dan *Meyerhoff* dapat dilihat

perbandingan kuat dukung ultimit pondasi tiang *bored pile*, persentase perhitungan dengan metode *Schertmann dan Nottingham* lebih optimis $\pm 6,24\%$ dibandingkan memakai metode *Meyerhoff* yang bersifat konservatif.

Begitu pula dengan hasil perbandingan perhitungan kapasitas kuat dukung tiang *bored pile* dari data *N-SPT* dengan memakai metode *O'Neil dan Reese*, metode *Meyerhoff* dan metode *Coyle dan Castello*, metode *O'Neil dan Reese* lebih optimis dengan *safety factor* yang relatif lebih kecil.

Perhitungan kapasitas kuat dukung tiang *bored pile* yang lebih optimis dengan *safety factor* kecil akan berdampak pada efisiensi penggunaan material dan penghematan biaya konstruksi.

(<https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS/article/view/136/58>) Firman Al Hakim.

Analisis Daya Dukung Pondasi *Bore Pile* Berdasarkan Data Sondir Pada Proyek Pembangunan Instalasi Ibu Kota Kecamatan (IKK) Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Tanah L. Berdasarkan hasil perhitungan nilai daya dukung pondasi *bore pile* dengan menggunakan tiga metode dihasilkan nilai daya dukung yang berbeda – beda. Untuk perhitungan menggunakan metode *Van Der Ween* hasil nilai daya dukung ultimit (*Qult*) 213.20 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 71.06 ton untuk titik sondir S.02 dan 193.52 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 64,50 ton untuk titik sondir S.03. Perhitungan menggunakan metode *Philipponant* hasil nilai daya dukung ultimit (*Qult*) 136.51 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 45,50 ton untuk titik sondir S.02 dan 135, 06 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 45,02 ton untuk titik sondir S.03. Dan untuk

dukung ultimit pondasi tiang *bored pile*, persentase perhitungan dengan metode *Schertmann dan Nottingham* lebih optimis $\pm 6,24\%$ dibandingkan memakai metode *Meyerhoff* yang bersifat konservatif.

Begitu pula dengan hasil perbandingan perhitungan kapasitas kuat dukung tiang *bored pile* dari data *N-SPT* dengan memakai metode *O'Neil dan Reese*, metode *Meyerhoff* dan metode *Coyle dan Castello*, metode *O'Neil dan Reese* lebih optimis dengan *safety factor* yang relatif lebih kecil.

Perhitungan kapasitas kuat dukung tiang *bored pile* yang lebih optimis dengan *safety factor* kecil akan berdampak pada efisiensi penggunaan material dan penghematan biaya konstruksi.

(<https://journal.unilak.ac.id/index.php/SIKLUS/article/view/136/58>) Firman Al Hakim.

Analisis Daya Dukung Pondasi *Bore Pile* Berdasarkan Data Sondir Pada Proyek Pembangunan Instalasi Ibu Kota Kecamatan (IKK) Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Tanah L. Berdasarkan hasil perhitungan nilai daya dukung pondasi *bore pile* dengan menggunakan tiga metode dihasilkan nilai daya dukung yang berbeda – beda. Untuk perhitungan menggunakan metode *Van Der Ween* hasil nilai daya dukung ultimit (*Qult*) 213.20 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 71.06 ton untuk titik sondir S.02 dan 193.52 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 64,50 ton untuk titik sondir S.03. Perhitungan menggunakan metode *Philipponant* hasil nilai daya dukung ultimit (*Qult*) 136.51 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 45,50 ton untuk titik sondir S.02 dan 135, 06 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 45,02 ton untuk titik sondir S.03. Dan untuk

perhitungan metode *Mayerhoff* hasil nilai daya dukung ultimit (*Qult*) 654.37 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 218,12 ton untuk titik sondir S.02 dan 702.73 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 234,24 ton untuk titik sondir S.03.

Daya dukung ultimit (*Qult*) pondasi *bore pile* dengan metode *Van Der Ween* adalah 213,20 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 71,06 ton untuk titik kedua (S02) dan 193,52 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 64,50 ton untuk titik ketiga (S03). Daya dukung ultimit (*Qult*) pondasi *bore pile* dengan metode *Philipponant* adalah 136,51 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 45,50 ton untuk titik kedua (S02) dan 135,06 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 45,02 ton untuk titik ketiga (S03). Daya dukung ultimit (*Qult*) pondasi *bore pile* dengan metode *Mayerhoff* adalah 654,37 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 218,12 ton untuk titik kedua (S02) dan 702,73 ton dengan daya dukung izin (*Qizin*) 234,24 ton untuk titik ketiga (S03).

<https://ojs.uniskabjm.ac.id/index.php/jurnalkacapuri/article/view/4255/2753>

2.2. Landasan Teori

Pondasi merupakan bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya (hardiyatmo,1996).

Pondasi (*Foundation*) disebut juga pondamen (*Fundament*) dan disebut juga struktur bangunan bagian bawah (*Sub Structure*). Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus di dukung oleh pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu system rekayasa yang meneruskan beban yang di topang

oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah bebatuan yang terleak di bawahnya (*Bowles, 1977*).

Dalam merencanakan suatu pondasi sangatlah di pengaruhi oleh beberapa hal antara lain :

- a) Beban bangunan yang didukung.
- b) Jenis tanah dan daya dukungnya.
- c) Bahan penyusun pondasi.
- d) Alat dan tenaga kerja pembuat.
- e) Lokasi dan situasi pondasi yang dibuat.
- f) Biaya pembuatan pondasi.

Dalam merencanakan pondasi sebaiknya berdsarkan hasil investigasi penyelidikan tanah (*soil investigations*), yaitu suatu usaha dalam penyelidikan tanah untuk mengetahui karakteristik tanah pada setiap lapisan, serta jenis dan kelakuan tanah tersebut. dari hasil penyelidikan tanah (*soil Investigations*) dapat diketahui beberapa parameter tanah, antara lain :

- a) Jenis dan kekuatan tanah serta kedalamannya.
- b) Kedalaman dan muka tanah.
- c) Perkiraan penurunan (*settlement*) di kemudian hari.
- d) Perkiraan beban maksimum yang di izinkan.

Banyak cara dalam menentukan pemilihan pondasi yang akan digunakan antara lain beban yang direncanakan bekerja, jenis lapisan tanah dan faktor non-teknis seperti biaya konstruksi dan waktu konstruksi. Pondasi bangunan biasanya deibedakan atas 2 bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*). Dan pondasi dalam (*deep foundtion*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan

perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D < B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

2.3. Jenis-Jenis Pondasi

Pondasi adalah bagian terbawah dari suatu bangunan yang memikul beban bangunan bagian atas ke lapisan tanah. Jenis-jenis pondasi dibedakan berdasarkan bentuk dan kedalaman yaitu:

2.3.1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal biasanya dibuat dekat dengan permukaan tanah, umumnya kedalaman pondasi didirikan $1/3$ dari lebar pondasi sampai dengan kedalaman kurang dari 3 m. pondasi dangkal biasanya digunakan ketika tanah permukaan yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan dimana jenis struktur yang di dukungnya tidak terlalu berat dan tidak terlalu tinggi, pondasi dangkal umumnya tidak cocok untuk jenis tanah gambut, lapisan tanah muda dan jenis tanah *deposito alluvial*, dll pondasi dangkal juga digunakan bila bangunan yang berada di atasnya tidak terlalu besar. Pondasi ini juga biasa dipakai untuk bangunan umum lainnya yang berada di atas tanah yang keras.

1. Persyaratan untuk pondasi dangkal, yaitu : kedalaman dan lebar pondasi ≤ 1
2. Daerah penyebaran struktur pondasi pada tanah dibawahnya (lapisan penyangga *Bearingstratum*) lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi.

secara fisik umumnya pondasi dangkal berupa pondasi tapak dengan bentuk empat persegi panjang, bujur sangkar, atau lingkaran (setempat dan menerus).

Menurut

Ir. Rudy Gunawan : 1983, untuk pondasi bangunan rumah tinggal dan gedung bertingkat biasa (*ordinary low rise buildings*), karena berat bangunan relatif tidak besar, maka biasanya cukup digunakan pondasi dangkal yang disebut pondasi langsung (*spread*) menjadi desakan yang lebih kecil dari pada daya dukung tanah yang diizinkan.

Kedalaman pondasi langsung dangkal akan semakin murah dan mudah pelaksanaannya, tetapi ada beberapa faktor yang harus di perhatikan :

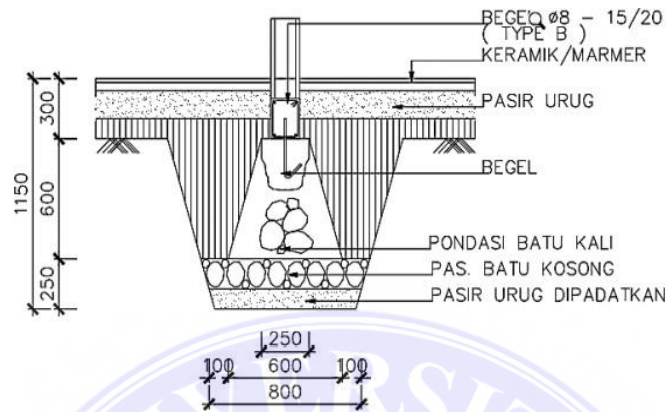
- a. Dasar pondasi harus terletak dibawah lapisan tanah teratas (*“top soils”*) yang mengandung humus /bahan organik/ sisa tumbuh-tumbuhan.
- b. Kedalaman tanah urug (*sanitary land fill*) atau tanah lunak (*“peat”, muck*)
- c. Kedalaman muka air tanah.
- d. Letak dan kedalaman pondasi bangunan yang lama berdekatan.

Dengan mempertimbangkan faktor – faktor tersebut, maka kedalaman dasar pondasi langsung di Indonesia biasanya diletakkan antara 0,6 m sampai 3,0 m dibawah muka tanah.

Pondasi dangkal (pondasi langsung) menurut bentuk konstruksinya biasa menjadi 4 macam :

a) Pondasi menerus (*Continuous Footing*)

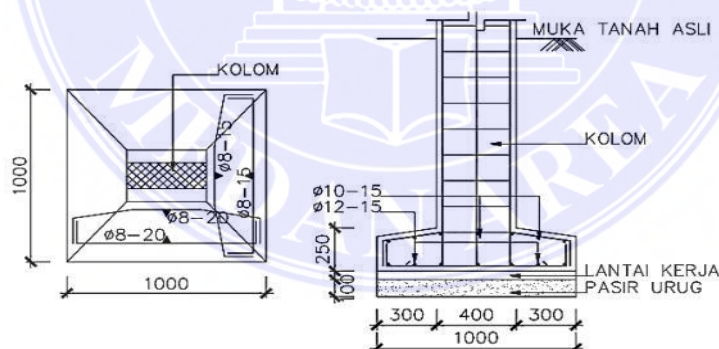
Pondasi menerus merupakan pondasi yang mendukung beban yang menerus seperti dinding maupun beban sederetan beban dari kolom.



Gambar 1.1 Pondasi Menerus (*Continuous Footing*) (Proyek Sipil, 2013)

b) Pondasi Telapak (*Individual footing*)

Pondasi Telapak adalah Pondasi dari Sebuah bangunan bertingkat yang bahan utamanya adalah beton bertulang. Beton tersebut dibentuk menyerupai papan atau telapak yang di tempatkan pada bagian bawah tiang.



Gambar 2.1 Pondasi Telapak (*Individual footing*) (Proyek Sipil, 2013)

c) Pondasi Plat (*raft footing*)

Pondasi plat (*raft footing*) adalah banyak diaplikasikan pada bangunan-bangunan bertingkat, bangunan yang memiliki *basement*, konstruksi rumah satu dan dua lantai, bahkan pada bangunan yang digunakan untuk tempatmenopang tangki-tangki besar perusa



Gambar 3.1 Pondasi Plat (*raft footing*) (Chairrunissa, 2018)

2.3.2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan pada permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi di pengaruhi oleh beban. Struktural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk pondasi tiang pancang, dinding pancang, dan caissons atau pondasi kompensasi.

Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok didekat permukaan tanah dapat dihindari. Apabila lapisan atas berupa tanah lunak dan terdapat lapisan tanah yang keras yang dalam, maka dibuat pondasi tiang pancang yang dimasukan kedalam sehingga mencapai tanah keras ($Df/B > 10$ m), tiang–tiang tersebut disatukan oleh *pile cap*.

a) Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi yang merupakan peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebarnya (B) < 4 sedangkan pondasi dangkal $D_f \leq 1$.



Gambar 4.1 Pondasi Sumuran (*pier foundation*) (Hardiyatmo, 2002)

2. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran (*Bowles*).



Gambar 5.1 Pondasi tiang (*pile foundation*)(*Mohammad Yani,2022*)

2.4. Pondasi Tiang Bore (*Bore Pile*)

Bore pile merupakan pondasi yang termasuk kategori pondasi dalam yang berbentuk seperti tabung. Pondasi ini sangat cocok apabila digunakan pada tempat-tempat yang padat bangunan-bangunan, karena getaran yang terjadi pada proses pelaksanaannya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap bangunan di sekelilingnya. Pemasangan pondasi *bore pile* ke dalam tanah dilakukan dengan cara pengeboran pada tanah terlebih dahulu, lalu dimasukkan besi tulangan yang sudah dipabrikasi, kemudian dimasukkan adukan beton atau pengecoran di tempat (*cast in situ concrete pile*).

Ada pun kelebihan dan kekurangan pondasi *bore pile* sebagai berikut:

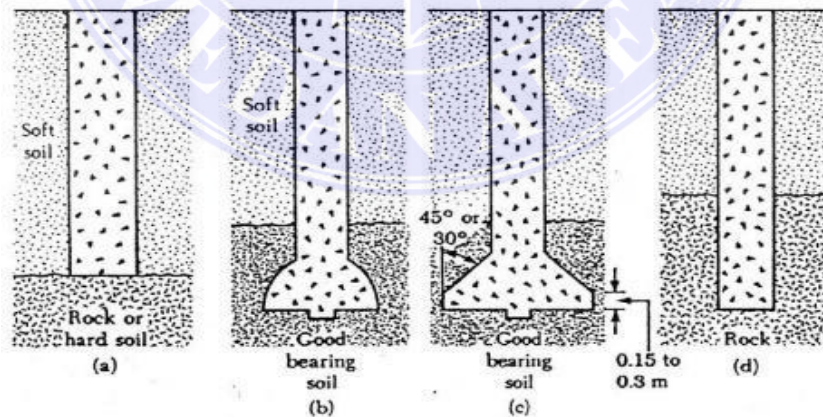
- a. Kelebihannya.
 1. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan disekitarnya.
 2. *Bore pile* dapat dipasang menembus batuan sedangkan tiang pancang akan kesulitan menembus batuan.

3. Diameter tiang dapat dibuat lebih besar.
 4. Kolom dapat diletakkan langsung dipuncak *bore pile*.
 5. Kedalaman tiang dapat bervariasi.
- b. Kekurangannya :
1. Pengecoran dipengaruhi kondisi cuaca.
 2. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah sehingga mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
 3. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.

2.4.1. Jenis – Jenis Pondasi Tiang Bor.

Ada berbagai jenis pondasi *bore pile* yaitu :

- a. *Bore pile* lurus untuk tanah keras .
- b. *Bore pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel,
- c. *Bore pile* yang ujungnya di perbesar berbentuk trapezium.
- d. *Bore pile* lurus untuk tanah berbatu-batuan.



Gambar 6.1 jenis jenis pondasi *bore pile*. (Braja M. Das 1914).

Ada beberapa jenis alat dan metode pengerjaan *bore pile*, namun pada dasarnya sama diantaranya:

a. *Bore pile mini crane.*

Dengan alat *bore pile* mesin ini biasa dilaksanakan pengeboran dengan pilihan diameter 30 cm, 40 cm, 60 cm, hingga 80 cm. metode *bore pile* menggunakan sistem *wet boring* (bor basah), dibutuhkan air yang cukup untuk mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan sehingga sumber air harus diperhatikan jika menggunakan alat *bore pile* ini.



Gambar 7.1 *Bore pile mini crane* (ilmu sipil)

b. *Bore pile Gawangan.*

Alat *bore pile* ini memiliki sistem kerja yang mirip dengan *bore pile mini crane*, perbedaan hanya pada desain sasis dan tiang tempat *gearbox*, kemudian juga diperlukan tambang pada kanan dan kiri alat yang dikaitkan ketempat lain agar menjaga keseimbangan alat selama pengeboran.



Gambar 8.1 *Bore pile* Gawangan (*Chairunissa*)

c. *Bore pile* Manual / *strauss pile*.

Alat *strauss pile* ini menggunakan tenaga manual untuk memutar mata bornya, menggunakan metode *bore pile* kering (*dry boring*). Alat *bore pile* manual yang simple, ringkas dan mudah dioperasikan serta tidak bising saat pengerjaan menjadikan cara ini banyak digunakan diberbagai proyek seperti perumahan, pabrik, gudang, pagar, dan lain- lain. Kekurangannya terbatasnya pilihan diameter yakni hanya 20 cm, 25 cm, 30 cm, dan 40 cm. Tentu saja karena ini berhubungan dengan tenaga penggeraknya yang hanya tenagamanusia. Jadi cara ini kebanyakan digunakan untuk bangunan yang tidak begitu berat.



Gambar 9.1 *Bored pile* Manual/ *Strauss*.(Lapangan Sipil)

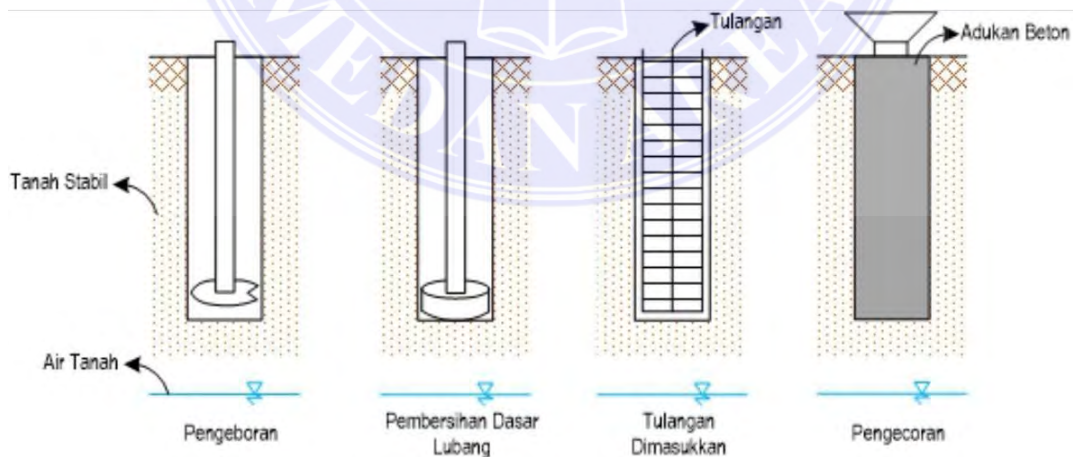
2.5. Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor.

Pada saat ini ada tiga metode dasar pengeboran (variable-variabel tempat proyek mungkin juga memerlukan perpaduan beberapa metode), yaitu:

2.5.1. Metode Kering (Dry Hole Methode).

Metode kering cocok digunakan pada tanah di atas muka air tanah yang ketika dibor dinding lubangnya tidak longsor, seperti lempung kaku homogeny. Tanah pasir yang mempunyai sedikit kohesi juga lubangnya tidak mudah longsor jika dibor.

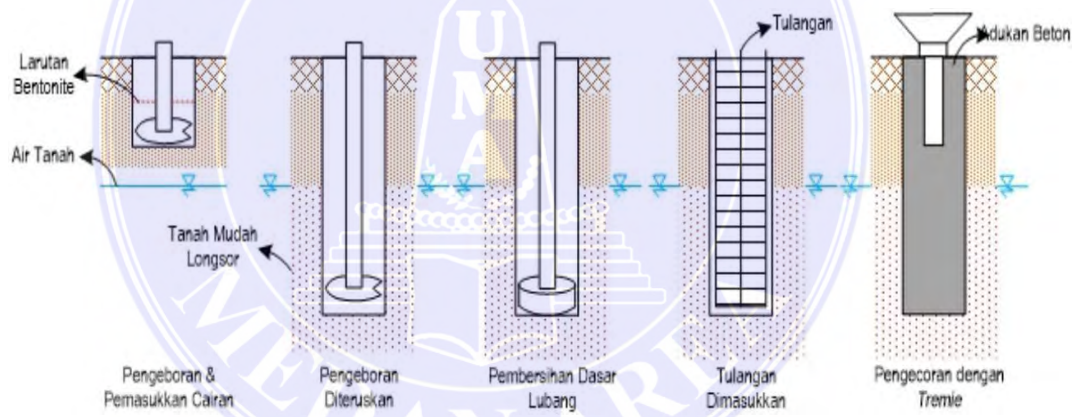
Metode kering juga dapat dilakukan pada tanah-tanah dibawah muka air tanah, jika tanahnya mempunyai permeabilitas rendah, sehingga Ketikadilakukan pengeboran, air tidak masuk kedalam lubang bor saat masih terbuka. Pada metode kering, lubang dibuat dengan menggunakan mesin bor tanpa pipa pelindungan (*casing*). Setelah itu, dasar lubang bor yang kotor oleh rontokan tanah dibersihkan. Tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor dan kemudian di cor.



Gambar 10.1 Langkah pelaksanaan pondasi tiang *bore* metode kering. (Fleming, Weltman, Randolph dan Elson 2009)

2.5.2. Metode Basah.

Metode basah umumnya dilakukan bila pengeboran melewati muka air tanah, sehingga lubang bor biasanya longsor bila dindingnya tidak ditahan. Agar lubang tidak longsor, di dalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung atau polimer, jadi pengeboran dilakukan dalam larutan. Jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan *bentonite* (*polimey*). Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa *treime*, larutan bentonite akan terdesak dan terangkat ke atas oleh adukan beton. Larutan yang keluar dari lubang bor, ditampung dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya.



Gambar 11.1 langkah pelaksanaan pondasi tiang *bore moted* basah. (Fleming, Weltman, Randolph dan Elson 2009)

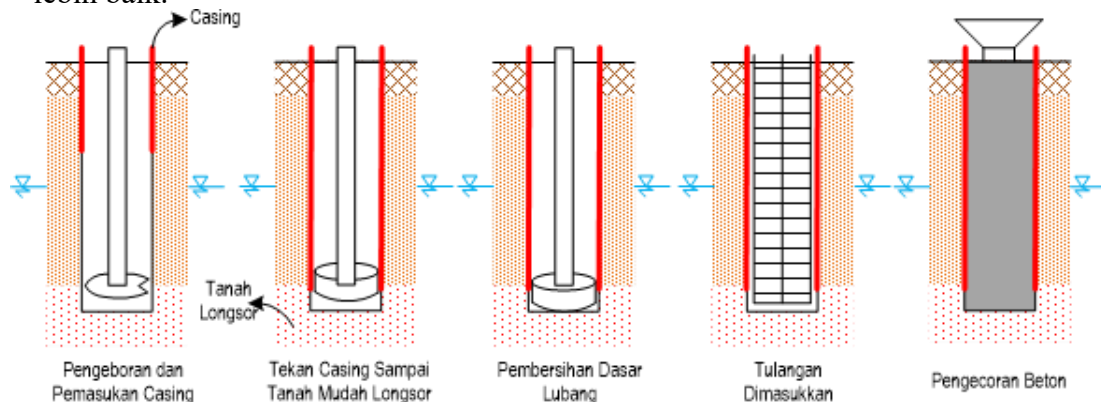
2.5.3. Metode Casing.

Casing diperlukan karena tanah (*caving*) atau deformasi lateral dalam lubang bor dapat terjadi. perlu dicatat bahwa *slurry* perlu dipertahankan sebelum *casing* masuk. dalam kondisi tertentu, *casing* harus dimasukkan dengan menggunakan alat penggetar (*vibrator*).

Pengguna *casing* harus cukup panjang dan mencakup seluruh bagian tanah yang dapat runtuh akibat penggalian dan juga diperlukan bila terdapat tekanan artesis. *Casing* juga dibutuhkan pada pengecoran di atas tanah atau di tengah-tengah air, misalnya pada pondasi untuk dermaga atau jembatan.

Pada metode ini, *casing* dipakai pada proyek yang mungkin terjadi lekukan atau deformasi *lateral* yang berlebihan terhadap rongga sumur (*sharf cavity*).

Perlu kita ingat bahwa sebelum *casing* dimasukkan, suatu adonan spesi encer (*slurry*) digunakan untuk mempertahankan lubang. Setelah *casing* dipasang, adonan dikeluarkan dan sumur diperdalam hingga pada kedalaman yang diperlukan dalam keadaan kering. Bergantung pada kebutuhan *site* dan proyek, sumuran di bawah *casing* akan dikurangi paling tidak sampai ID *casing* kadang-kadang 25 sampai 50 mm kurangnya untuk jarak ruang bor tanah (*auger*) yang lebih baik.



Gambar 12.1 Langkah pelaksanaan pondasi tiang *bore* metode kering. (Fleming, Weltman, Randolph dan Elson 2009)

2.6. Tanah

Tanah merupakan dasar pondasi suatu bangunan dalam konstruksi baik itu konstruksi gedung maupun konstruksi jalan. Dalam ASTM D2487 pembagian klasifikasi butiran tanah adalah sebagai berikut:

- a) *Cobble* adalah partikel-partikel batuan yang lolos saringan 12 inch (300 mm) dan tinggal dalam saringan 3 inch (75 mm) untuk saringan dengan lubang bujursangkar standar Amerika;
- b) *Boulder* adalah partikel – partikel batuan yang lolos saringan 12 inch (300 mm) dan tinggal dalam saringan dengan lubang bujursangkar.
- c) *Kerikil* adalah partikel – partikel batuan yang lolos saringan 3 inch (75 mm) dan tertahan dalam saringan no.4 (4,75 mm).
- d) Pasir adalah partikel – partikel batuan yang lolos saringan 3inch (75mm) dan tertahan dalam saringan no.4 (4,75 mm) dengan pembagian sebagai berikut :
 - 1) Pasir kasar butirnya lolos saringan no.4 (4,75 mm) dan tertahan dalamsaringan no.12 (2 mm).
 - 2) Pasir sedang butirnya saringan no.12 (2 mm) dan tertahan dalamsaringan no. 40 (0,425 mm).
 - 3) Pasir halus butirnya lolos saringan no. 40 (0,425 mm) dan tertahandalam saringan no.200 (0,075 mm).
- e) Lanau adalah tanah yang butirnya lolos saringan no.200 (0,075 mm). untuk klasifikasi lanau adalah tanah berbutir halus atau fraksi halus dari tanah dengan indeks plastisitas kurang dari 4, atau jika di plot dalam grafik plastisitas letaknya di bawah garis miring yang memisahkan antara

- f) Lempung adalah tanah berbutir halus yang lolos saringan no.200 (0,075 mm). lempung mempunyai sifat plastis dalam kisaran kadar air tertentu dan kekuatannya tinggi bila tanahnya pada kondisi kering udara. Untuk klasifikasi lempung adalah tanah berbutir halus dengan indeks plastisitas lebih dari 4 atau jika di plot dalam grafik plastisitas letaknya pada atau di atas garis miring yang memisahkan antara lanau dan lempung.

2.6.1. Penyelidikan Tanah.

Penyelidikan tanah di lapangan (*field investigation*) diperlukan untuk mengetahui karakteristik dari tanah sehingga tidak terjadi kesalahan pada perancangan pondasi dari suatu konstruksi baik itu konstruksi gedung maupun konstruksi jalan

2.6.2. Uji Penetrasi Sondir (*Sondering Test*)

Sondering Test dilakukan untuk mengetahui perlawanan/tahanan penetrasi konus/ujung dari lapisan tanah pendasar dan hambatan lekat (*skin friction*) yaitu gaya perlawanan konus atau bikonus. Keuntungan *Sondering test* adalah untuk mendapatkan profil yang menerus sejauh tidak ditemui tanah atau batuan yang sangat keras untuk kedalaman yang diminati.

Hasil dari uji penetrasi sondir dipakai untuk :

- 1) Menentukan tipe atau jenis pondasi apa yang akan di pakai.
- 2) Menghitung daya dukung tanah asli.
- 3) Menentukan seberapa dalam pondasi harus diletakkan tahap - tahap

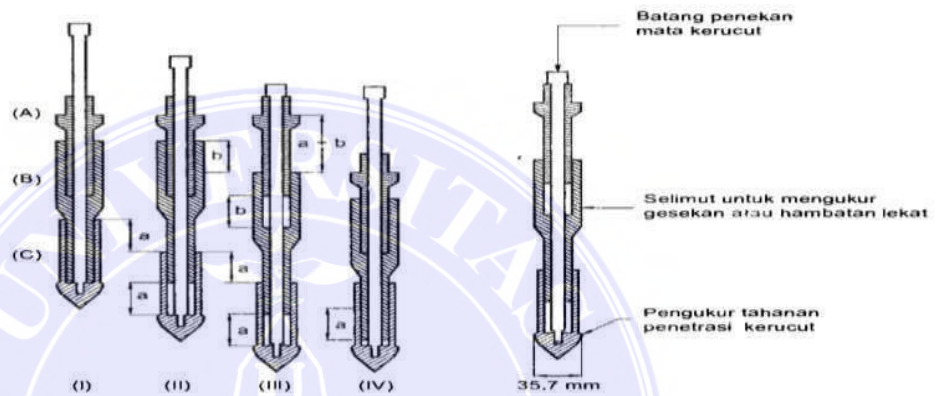
uji penetrasi sondir adalah sebagai berikut :

- 1) Posisi I kecut (konus) pada kedudukan belum bergerak.
- 2) Posisi II ujung kerucut ditekan melalui batang penakan kerucut, tahap

ini mengukur tahanan konus/kerucut q_c .

3) Posisi II pipa luar pengukur kelekatan di gerakkan menekan kerucut bawah, menghasilkan gerakan pipa luar dan kerucut bawah. Tahap ini mengukur ketahanan kerucut dan tahanan gesek pipa luar ($q_c + f_s$).

4) Posisi IV ujung kerucut dan pipa luar digerakkan menuju Kembali posisi I



Gambar 13.1 skema alat kerucut dan cara kerja alat (Bowles, 199).

5) Tahanan ujung/titik dan gesekan selongsong dipakai untuk menghitung rasio

gesekan fr sebagai berikut :

$$fr = \frac{qs}{qc} \times 100\%$$

Keterangan :

fr = Rasio gesekan (*friction ratio*)

qs = Gaya gesek selimut local.

qc = Tahanan konus.

2.7. Uji Penetrasi standard penetration test (SPT)

Uji penetrasi standar dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat tanah pasir ditentukan dari nilai kerapatan relatif yang diperoleh secara langsung di lapangan.

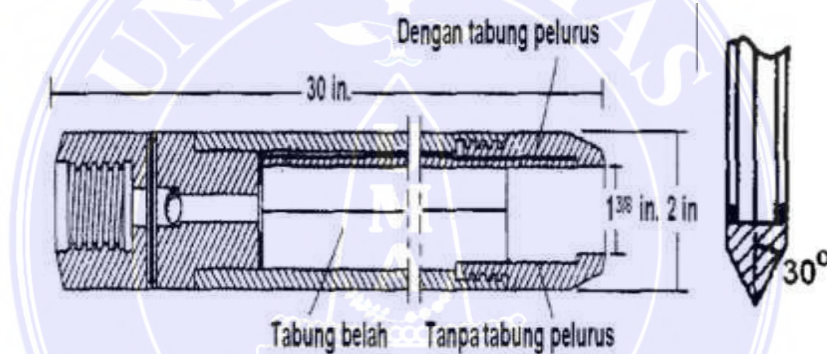
Prosedur uji SPT tercantum dalam ASTM D 1586 yaitu sebagai berikut:

- a) Pemancangan alat pengambilan contoh bahan silinder belah standar yang dimensinya 460 mm (*18 inch*) ke dalam tanah di dasar lubang bor.
- b) Perhitungan banyaknya pukulan untuk memasukkan tabung sejarak 305 mm (*12 inch*) yang terakhir untuk mendapatkan bilangan N .
- c) Dengan menggunakan massa pendorong atau palu sebesar 63,5 kg (140 lb) yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm (*30 inch*).

Nilai N -SPT diperoleh dengan cara sebagai berikut, tahap pertama, tabung belah standar dipukul hingga sedalam 15 cm (*6 inch*). Kemudian dilanjutkan dengan pemukulan tahap kedua sedalam 30,48 cm (*12 inch*). Jumlah pukulan pada tahap kedua ini yaitu jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung belah standar sedalam 30,48 cm, didefinisikan sebagai nilai N . Pengujian yang lebih baik dilakukan dalam menghitung pukulan pada tiap- tiap penembusan sedalam 7,62 cm (*3 inch*) atau setiap 15 cm (*6 inch*). Dengan cara ini, kedalaman

sembarangan jenis tanah didasar lubang dapat ditaksir, dan elevasi di mana gangguan terjadi dalam usaha menembus lapisan yang keras seperti batu, dapat dicatat.

Uji SPT dapat dihentikan jika jumlah pukulan melebihi 50 kali sebelum penetrasi 30 cm tercapai, namun nilai penetrasinya tetap dicatat. Jika SPT dilakukan di bawah muka air tanah maka harus dilakukan dengan hati-hati, karena air tanah yang masuk ke dalam tabung cenderung melonggarkan pasir akibat tekanan rembesan ke atas. Untuk tanah berbatu tabung belah standar yang terbuka yang digunakan berbentuk tertutup dan meruncing 30° pada ujungnya.



Gambar 14.1 Tabung SPT. (Hardiyatmo,2011)

Pada percobaan SPT akan diperoleh kepadatan relatif (D_r), sudut geser (\emptyset) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Hubungan antara N dan D_r secara tidak langsung dapat dihitung dengan persamaan (Meyerhof, 1957) :

$$\frac{N}{Dr^2} = A + BP'o \tag{II.1}$$

Keterangan :

Dr = Kerapatan relatif

$P'o$ = Tekanan Vertikal akibat beban tanah efektif pada kedalaman tanah yang ditinjau atau tekanan *overburden* efektif.

Tabel 1.1 Hubungan N dengan kerapatan relative (Dr) tanah pasir. (Hardiyatmo, 2011.)

Nilai N	Kerapatan Relatif
< 4	Sangat tidak padat.
4 – 10	Tidak padat.
10 – 30	Kepadatan Sedang.
30 – 50	Padat.
> 50	Sangat padat.

Untuk tanah lempung jenuh Terzaghi dan Peck (1948) memberikan hubungan N secara kasar dengan kuat tekak bebas. Kuat tekan bebas (q_u) diperoleh dari uji tekan bebas dengan $Cu = 0,5 q_u$ dan $\phi = 0$. Hubungan empiris antara Cu dan N adalah:

$$Cu = 6 N \left(\frac{KN}{m^2} \right)$$

Keterangan :

C_u = Kohesi tak ter drainase (kohesi *undrained*)

N = Nilai N -SPT hasil uji di lapangan.

Tabel 2.1 Hubungan nilai N dengan konsistensi dan kuat tekan bebas (q_u) untuk tanah lempung jenuh. (Terzaghi dan Peck, 1948.)

Nilai N	Konsistentensi	Kuat tekan bebas (q_u) (KN/m ²).
< 2	Sangat Lunak	< 25
2 – 4	Lunak	25 -50
4 – 8	Sedang	50 – 100
8 – 15	Kaku	100 – 200
15 - 30	Sangat Kaku	200 – 400
> 30	Kertas	> 400

Efisiensi energi pemukul adalah rasio antara energi yang terkirim lewat lubangbor dengan energi bila pemukul jatuh bebas. Besarnya efisiensi energi tergantung pada batang penghantar, panjang batang bor dan diameter bor oleh Skempton (1986), Kulhawy dan Mayne (1990)

Tabel 3.1 Faktor koeksi SPT (*Skempton, 1986*)

Faktor	Variasi Alat	Nilai koreksi
Diameter lubang bor (<i>C_b</i>)	65 – 15 mm.	1, 00
	150 mm.	1, 05
	200 mm.	1, 15
Tabung Sampler (<i>C_s</i>)	Tabung Sampler Standard	1,00
	Tabung Sampler tanpa liner (tidak di rekomendasikan)	1,20
Panjang batang bor (<i>C_r</i>)	3-4 m	0,75
	4-6 m	0,85
	6-10 m	0,95
	>10 m	1,00

Keuntungan dari uji SPT adalah sebagai berikut:

- a) Dapat di peroleh nilai *N* dan contoh tanah (terganggu).
- b) Prosedur pengujian sederhana, bisa dilakukan secara manual.
- c) Dapat digunakan pada sembarang jenis tanah dan batuan lunak.

Uji SPT pada pasir, hasilnya dapat digunakan secara langsung, untuk memprediksi kerapatan relative dan kapasitas daya dukung tanah. Kerugian dari uji SPT adalah sebagai berikut :

- 1) Sampel dalam tabung SPT diperoleh dalam kondisi terganggu.
- 2) Nilai *N* yang diperoleh merupakan data sangat kasar, bila digunakan untuktanah lempung.
- 3) Derajat ketidak pastian hasil uji SPT yang di peroleh bergantung pada kondisi alat dan operator.

2.8. Uji Laboratorium.

Untuk mengetahui sifat-sifat tanah berupa *index properties* dan *engineering properties*. Metode pengujian laboratorium menggunakan metode dan standar *American society for testing material* (ASTM) yang meliputi pengujian sebagai berikut:

1) *Index Properties*.

a) Pengujian Kadar Air (*Moisture Content Test*)

Pemeriksaan kadar air di lapangan dilakukan pada contoh takterganggu yang dikirim ke laboratorium. dengan membandingkan hasil- hasilnya dengan hasil yang diperoleh dari hasil uji batas plastis dan batas cair, dapat disusun program uji kuat geser tanah. Selain itu, karena umumnya tanah lunak berkadar air tinggi, pemeriksaan kadar air berguna untuk meyakinkan kondisi tanah lunak tersebut. Pemeriksaan kadar air, biasanya merupakan bagian dari uji kuat geser tanah.

b) Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity Test*)

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat isi tanah dengan berat isi air.

c) Analisa Saringan (*Sieve Analysis Test*)

Uji analisis ukuran butiran tanah dilakukan untuk keperluan klasifikasi. Pengujian dilakukan melalui analisis saringan dan sedimentasi atau analisis *hydrometer*, untuk memperoleh kurva gradasinya.

d) Batas Konsistensi *Atterberg* (*Atterberg Limit Test*)

Pengujian batas *atterberg* adalah pengujian batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*). batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air tanah dalam

keadaan batas cair dan plastis. Batas plastis (*plastic limit*) adalah kadar air terendah di mana tanah mulai bersifat plastis. Sifat plastis dapat ditentukan berdasarkan kondisi di mana tanah digulung dengan telapak tangan mulai retak.

e) Batas Konsistensi *Atterberg* (*Atterberg Limit Test*)

Pengujian batas *atterberg* adalah pengujian batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*). batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air tanah dalam keadaan batas cair dan plastis. Batas plastis (*plastic limit*) adalah kadar air terendah di mana tanah mulai bersifat plastis. Sifat plastis dapat ditentukan berdasarkan kondisi di mana tanah digulung dengan telapak tangan mulai retak.

f) Batas Konsistensi *Atterberg* (*Atterberg Limit Test*)

Pengujian batas *atterberg* adalah pengujian batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*). batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air tanah dalam keadaan batas cair dan plastis. Batas plastis (*plastic limit*) adalah kadar air terendah di mana tanah mulai bersifat plastis. Sifat plastis dapat ditentukan berdasarkan kondisi di mana tanah digulung dengan telapak tangan mulai retak.

g) Batas Konsistensi *Atterberg* (*Atterberg Limit Test*)

Pengujian batas *atterberg* adalah pengujian batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*). batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air tanah dalam keadaan batas cair dan plastis. Batas plastis (*plastic limit*) adalah kadar air terendah di mana tanah mulai bersifat plastis. Sifat plastis dapat ditentukan berdasarkan kondisi di mana tanah digulung dengan telapak tangan mulai retak.

h) Batas Konsistensi *Atterberg (Atterberg Limit Test)*

Pengujian batas *atterberg* adalah pengujian batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*). batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air tanah dalam keadaan batas cair dan plastis. Batas plastis (*plastic limit*) adalah kadar air terendah di mana tanah mulai bersifat plastis. Sifat plastis dapat ditentukan berdasarkan kondisi di mana tanah digulung dengan telapak tangan mulai retak.

2) *Engineering Properties.*

a) Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

pengujian ini berguna untuk menentukan kuat geser tak ter-drainase pada tanah lempung jenuh yang tidak mengandung butiran kasar yang akan digunakan dalam hitungan kapasitas daya dukung.

b) Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

pengujian geser langsung bertujuan untuk menentukan parameter perlawanan geser dari tanah. Parameter yang dapat menunjukkan kemampuan tanah untuk menerima gaya geser adalah harga kohesi (c) dan sudut geser (ϕ).

c) Pengujian Konsolidasi (*Consolidation Test*)

Pengujian ini hanya dilakukan untuk jenis tanah berbutir halus seperti lempung dan lanau yang digunakan untuk mengukur besarnya penurunan konsolidasi dan kecepatan penurunan. Pengujian dilakukan pada alat *adeometer* atau *konsolidometer*. Dari nilai koefisien konsolidasi (C_v) yang dihasilkan, dapat ditentukan kecepatan penurunan bangunannya. Data hubungan beban dan penurunan diperoleh dari penggambaran grafik

tekanan terhadap angka pori. Dari sini dapat diperoleh koefisien perubahan volume (mv) atau indek pemampatan (Cc), yang selanjutnya digunakan untuk menghitung estimasi penurunan akibat beban bangunan. Uji konsolidasi boleh tidak dilakukan bila tanahnya berupa lempung terkonsolidasi sangat berlebihan (*heavy overconsolidated*). Karena pada jenis tanah lempung tersebut, sepanjang beban yang diterapkan tidak sangat berlebihan, penurunan yang terjadi sangat kecil sehingga dapat diabaikan.

a) Pengujian *Triaxial (Triaxial Test)*

Dalam perencanaan pondasi uji triaxial terbatas hanya dilakukan pada tanah lempung, lanau, dan batuan lunak. Umumnya pengujian ini tidak dilakukan pada tanah berpasir dan kerikil karena sulit untuk memperoleh contoh tanah tak terganggu. Pengujian ini bertujuan untuk memprediksi besarnya penurunan di lapangan akibat struktur bangunan di atasnya.

2.9. Daya dukung pondasi *bore pile* Dari Data SPT

Standart penetration test (SPT) adalah suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh tidak terganggu dengan teknik penumbukan. Untuk menghitung daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dihitung menggunakan metode *Meyerhoff* yaitu sebagai berikut:

a) Kuat Dukung Ujung Tiang

$$Q_b = 40 \times N_b \times A_p \quad (II.3)$$

Keterangan :

Q_b = Tahanan dukung ujung tiang (kN).

A_p = Luas penampang bore pile (m²).

N_b = Tahanan ujung per satuan luas (kN/m²).

Adapun nilai N_b dihitung berdasarkan saran *mayerhoff* yaitu dari N- SPT

rata-rata 8D diatas dasar tiang dan 4D dibawah dasar dasar tiang.

b) Kuat Dukung Selimut Tiang

$$Q_s = 0,1 \times N \times A_s \quad (II.4)$$

Keterangan :

Q_s = Tahanan geser selimut pondasi tiang (ton).

A_s = Luas selimut tiang (m²).

N = Harga N-SPT rata – rata sepanjang tiang.

c) Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Group.

$$Q_{all} = \frac{Q_b + Q_s}{SF}$$

Keterangan :

Q_{all} = Kapasitas daya dukung izin (ton).

SF = Faktor Keamanan.

2.10. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Group

Pondasi tiang grup atau pondasi kelompok digunakan ketika pondasi tiang tunggal tidak mampu menahan beban secara keseluruhan dari struktur di atasnya.

Masing-masing tiang dalam satu grup diikat bagian atasnya menggunakan kepala tiang (*pile cap/poor*). Secara umum *pile cap/poor* bisa diikat langsung di atas atau

di bawah permukaan tanah. Tetapi juga bisa berada di atas permukaan tanah biasanya digunakan pada bangunan di laut seperti *offshore platform*.

Secara keseluruhan daya dukung tiang grup tergantung pada jarak antar tiang. Apabila jarak antar tiang terlalu dekat maka bisa terjadi overlap, untuk menghindari terjadinya *overlap* maka jarak antar tiang harus diperhitungkan. Jarak minimum antara tiang sebesar 2 kali diameter sedangkan jarak maksimum antara tiang sebesar 2,5 sampai 3,0 kali diameter, selain itu jarak antar tiang berdasarkan fungsi tiang disarankan sebagai berikut:

d) *Friction pile* $S_{min} = 3$ kali diameter.

e) *End bearing pile* $S_{min} = 2,5$ kali diameter.

Keterangan :

Q_g = Daya dukung ultimit dari grup tiang.

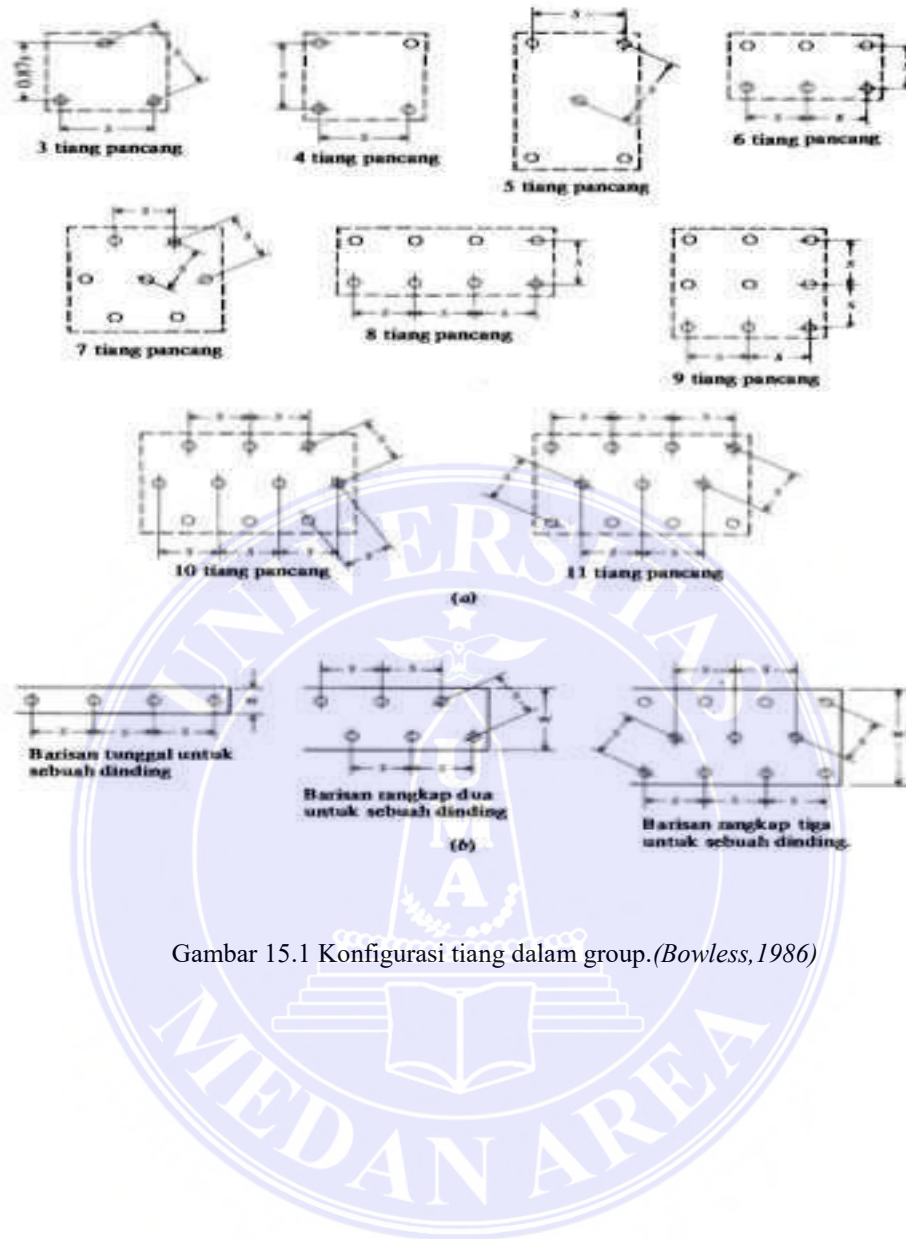
Q_{ult} = daya dukung ultimit dari tiang tunggal.

N = jumlah tiang.

E_g = Efisiensi kelompok tiang.

Untuk c-soils, c- ϕ soils $E_g = 0,7$ ($s = 3d$) sampai 1 ($s \geq 8d$)

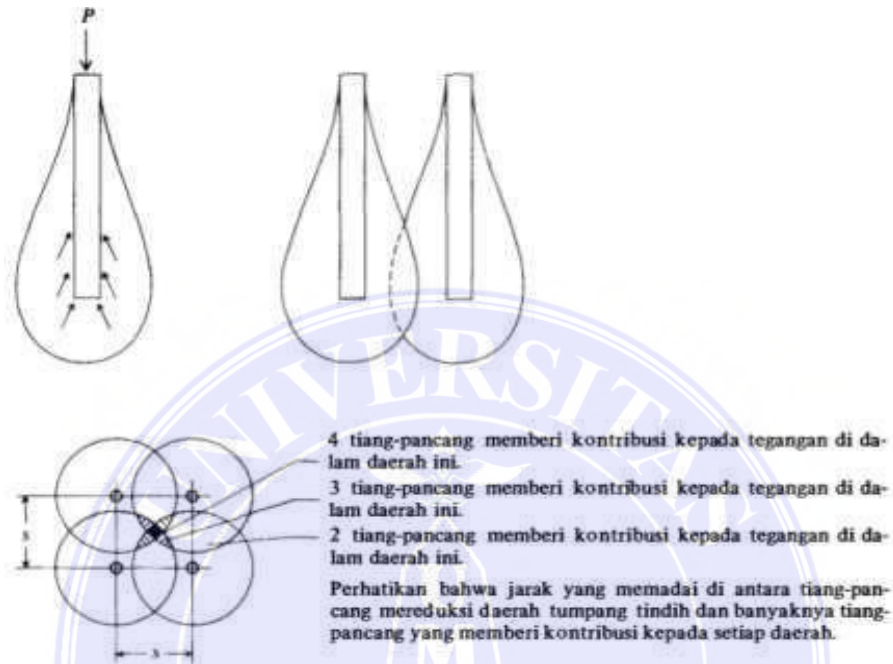
Untuk ϕ soils $E_g = 1$



Gambar 15.1 Konfigurasi tiang dalam group. (Bowless, 1986)

2.11. Efisiensi Group Tiang.

Efisiensi sebuah kelompok pondasi adalah perbandingan kapasitas kelompok pondasi terhadap jumlah kapasitas masing-masing pondasi.



Gambar 16.1 *Overlap* pada pondasi group. (Bowles,1986.)

Ada beberapa rumus yang digunakan menghitung efisiensi kelompok tiangyaitu:

- a) Metode Sederhana.

$$E_g = \frac{2(m+n-2)s+4D}{p.m.n} \tag{II.5}$$

Keterangan :

- m = jumlah tiang pada satu baris .
- n = jumlah tiang pada satu kolom.
- θ = $\tan^{-1} \left(\frac{d}{s} \right)$
- p = Keliling penampang tiang.

b) Metode *Converse-Labarre*

$$Eg = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right] \quad (II.6)$$

Keterangan :

- m = Jumlah tiang pada satu baris.
- n = Jumlah tiang pada satu kolom.
- s = Jarak dari as ke tiang
- $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{d}{s} \right)$

c) Metode *Los Angeles*

$$Eg = 1 - \frac{D}{\pi.s.m.n} [m(n-1) + n(m-1)(n-1)\sqrt{2}] \quad (II.7)$$

Keterangan :

- m = Jumlah tiang pada satu baris.
- n = Jumlah tiang pada satu kolom.
- s = jarak dari as ke tiang.
- $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{d}{s} \right)$
- D = Diameter Pondasi.

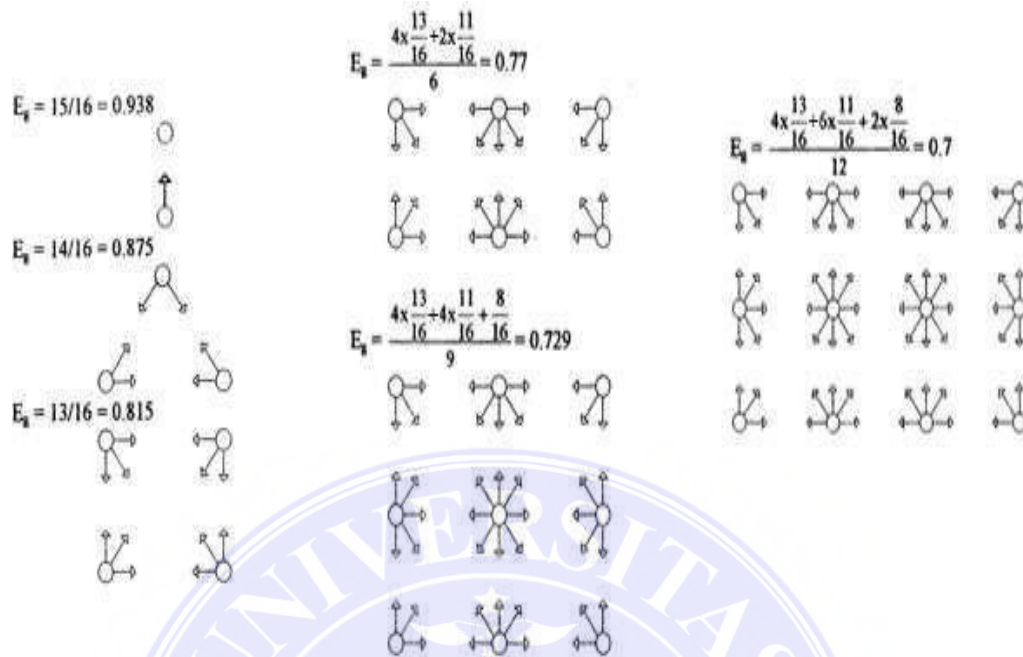
d) Metode *Seiler-Keeney*.

$$Eg = \left[1 - \frac{36 s (m+n-2)}{(75 s^2 - 7)(m+n-1)} \right] + \frac{0,3}{m+n} \quad (II.8)$$

Keterangan :

- m = Jumlah tiang pada deretan baris.
- n = Jumlah tiang pada deretan kolom.
- D = Diameter
- s = Jarak antar pusat- ke- pusat tiang.
- $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{d}{s} \right)$

e) Metode *Feld*.



Gambar 17.1 Pola perhitungan efisiensi menurut *Feld*. (Rahardjo, 2005).

Dalam metode ini ini kapasitas pondasi individual tiang berkurang 1/16 akibat adanya tiang yang berdampingan baik dalam arah lurus maupun dalam arah diagonal.

2.12. Penurunan pondasi *bored pile*.

Penurunan (*settlement*) terjadi jika lapisan tanah dibebani sehingga tanah akan mengalami regangan. Penurunan biasanya digolongkan menjadi 2 yaitu penurunan seketika dan penurunan konsolidasi. Penurunan seketika adalah penurunan yang terjadi pada saat proses konstruksi berlangsung yang disebabkan oleh deformasi elastis tanah kering, basah dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.

Penurunan konsolidasi adalah penurunan yang disebabkan oleh perubahan volume tanah selama periode keluarnya air pori dari tanah, penurunan ini umumnya terjadi pada lapisan tanah kohesif. Untuk perencanaan, penurunan

pondasi tiang tunggal dapat dihitung dengan metode semi-empiris sebagai berikut:

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (II.8)$$

Keterangan :

S = Penurunan total pondasi tiang tunggal.

S_s = Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal.

S_p = Penurunan ujung tiang.

S_{ps} = Penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang.

a) Menentukan Harga S_s

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha Q_s)L}{A_p E_p} \quad (II.9)$$

Keterangan :

S = Penurunan total pondasi tiang tunggal.

S_s = Penurunan akibat deformasi.

S_p = Penurunan ujung tiang.

α = Koefisien yang tergantung pada distribusi gesekan selimut sepanjang pondasi tiang.

b) Menentukan Harga S_p

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot q_p} \tag{II.10}$$

Keterangan :

C_p = Koefisien empiris lihat table II.4

Q_p = Perlawanan ujung dibawah beban kerja /kerja beban ujung

yang diijinkan

D = Diameter tiang

Tabel 4.1 Nilai Koefisien C_p . (Rahardjo,2005).

Jenis tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02 – 0,04	0,09 - 0,18
Lempung	0,02 – 0,03	0,03 -0,06
Lanau	0,03 – 0,05	0,09 -0,12

c) Menentukan Harga S_{ps}

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot Q_p} \left(\frac{Q_{ws}}{P \cdot L} \right) \times \frac{D}{E_s} (1 - V_s^2) l_{ws} \tag{II.11}$$

Keterangan :

$\frac{Q_{ws}}{p \cdot L}$ = Gesekan rata-rata yang bekerja sepanjang tiang.

P = Keliling tiang.

L = Panjang tiang tertanam.

D = Diameter tiang.

E_s = Modulus Elastisitas tanah (lihat Tabel II.5)

V_s = *Possion's* ratio tanah (lihat Tabel II.6)

L_{ws} = Faktor pengaru

$$= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

Tabel 5.1 Modulus Elastisitas. (Bowless, 1997)

Jenis Tanah	Modulus Elastisitas (kg/cm ²)
Lempung	
Sangat Lunak	3-30
Lunak	20-40
Sedang	45-90
Keras	70-200
Berpasir	300-425
Pasir	
Berlanau	50-200
Tidak Padat	100-250
Padat	500-1000
Modulus elastisitas (kg/cm²)	
Jenis Tanah	Modulus elastisitas (kg/cm ²)
Pasir dan kerikil	
Padat	800-2000
Tidak Padat	500-1400
Lanau	20-200
<i>Loess</i>	150-600
Serpih	1400-14000
Kayu	80.000-100.000
Beton	2.150.000

Tabel 6. 1 *Poisson's Ratio.*(Bowless,1997)

Jenis Tanah	<i>Poisson's Ratio</i>
Lempung Tanah	0,4-0,5
Lempung tak Jenuh	0,1-0,3
Lemoung berpasir	0,2-0,3
Lanau	0,3-0,35
Pasir Padat	0,3-0,4
Pasir Kasar (e = 0,4-0,7)	0,15
Pasir halus (e = 0,4-0,7)	0,25
Batu	0,1-0,4
<i>Loess</i>	0,1-0,3

2.13. Penurunan Kelompok Tiang.

Penurunan kelompok tiang umumnya lebih besar dari pada tiang tunggal karena pengaruh pada daerah yang lebih luas dan lebih dalam. *Vesic* memberikan formula sederhana sebagai berikut:

$$Sg = s \sqrt{\frac{Bg}{D}}$$

Keterangan :

S = Penurunan pondasi tiang tunggal.

Sg = Penurunan kelompok tiang.

Bg = Lebar kelompok tiang.

D = Diameter tunggal.

2.14. Penurunan Ijin Pondasi.

Penurunan ijin dari suatu bangunan atau penurunan yang telah ditoleransi bergantung kepada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis, tinggi, kekakuan, fungsi bangunan, serta besar dan kecepatan penurunan serta distribusinya

$$S_{total} \leq S_{ijin} \quad (II.12)$$

Dengan :

$$S_{ijin} = 10\% D \quad (II.13)$$

Keterangan :

D = diameter

Tabel 7.1 Batas Penurunan Maksimum. (Hardiyatmo, 2011)

Jenis Pondasi	Batas penurunan maksimum (mm)
Pondasi terpisah pada tanah Lempung	65
Pondasi terpisah pada tanah pasir	40
Pondasi rakit pada tanah Lempung	65-100
Pondasi rakit pada tanah pasir	40-65

2.15. Faktor Keamanan

Faktor keamanan atau *safety factor* merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam perencanaan struktur. Dalam perencanaan pondasi faktor keamanan diperlukan untuk menentukan kapasitas daya dukung ijin pondasi dengan cara membagi kapasitas daya dukung ultimate pondasi

dengan faktor keamanan. Faktor keamanan berfungsi untuk:

- 2.15.1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitung yang digunakan;
- 2.15.2. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah;
- 2.15.3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja;
- 2.15.4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi;
- 2.15.5. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.

Untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian perhitungan yang digunakan, Tomlinson dalam Hardiyatmo (2008: 118) menyarankan faktor untuk tiang bor:

$$Qa = \frac{Qu}{2,5} \quad (II.14)$$

Untuk tiang tanpa pembesaran di bagian bawahnya :

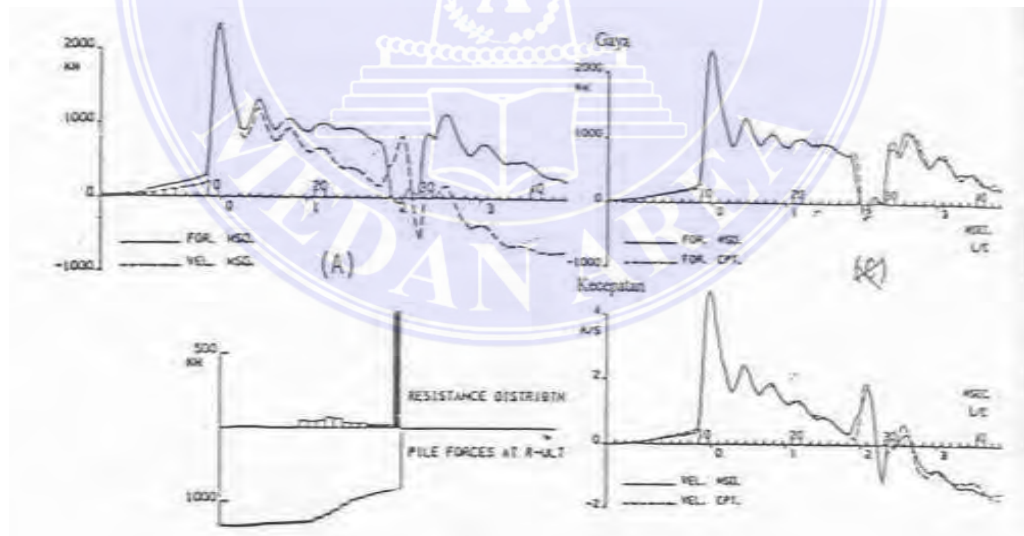
$$Qa = \frac{Qu}{w} \quad (II.15)$$

Untuk diameter tiang lebih dari 2 m, kapasitas daya dukung ijin pondasi perlu dievaluasi dari pertimbangan penurunan tiang. Selanjutnya penurunan struktur harus dicek terhadap persyaratan besarnya penurunan toleransi yang masih diijinkan. Hardiyatmo (2008: 119)

2.16. Pile Driving Analyzer (PDA).

PDA test adalah metode pengujian *non-destruktif* untuk mengetahui kapasitas tiang, penurunan, transfer beban, *energy hammer* dengan berdasarkan teori gelombang. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban dinamis (*drop hammer*) dan menempatkan 2 pasang sensor secara berlawanan pada tiang. Satu pasang sensor terdiri dari pengukuran regangan (*strain transducer*) dan pengukuran percepatan (*accelerometer*) yang dipasang di bawah kepala tiang sehingga ada jarak bebas pada saat tumbukan.

Akibat tumbukan pada kepala tiang, sensor akan menangkap Gerakan yang timbul dan mengubahnya menjadi signal listrik yang kemudian direkam dan di proses dengan *Pile Driving Analyzer* (PDA). Sehingga hasil dari PDA test yaitu daya dukung aksial tekan tiang, penurunan tiang, keutuhan tiang, energy dan gaya yang ditransfer.



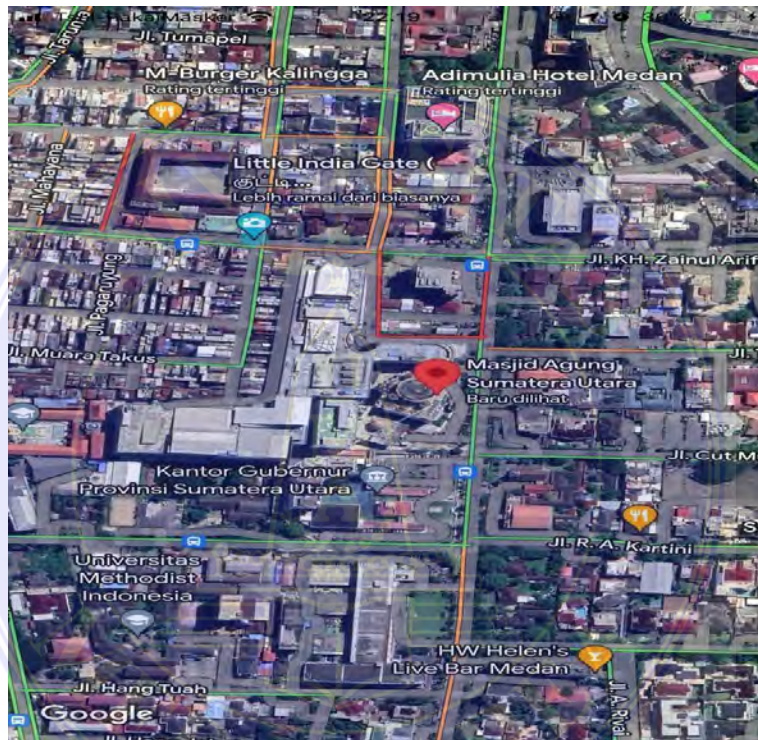
Gambar 18.1 Contoh hasil PDA. (Rahardjo, 2005)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Analisis Perencanaan Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi *Bore Pile* Pada Proyek Pembangunan Menara Masjid Agung Kota Medan.



Gambar 19.1 Lokasi Penelitian. (Google : Maps)

3.2. Data Teknis Proyek

Data Umum

Nama Proyek : Jasa Rancang Bangun Pembangunan Masjid Agung.

Lokasi Proyek : Jalan Diponegoro, Madras Hulu, Medan Polonia, Kota Medan, Sumatera Utara 20152.

- a) Pemilik Proyek : Panitia Masjid Agung Medan.
- b) Konsultan Perencana : Garis Rancang Bangun Arsitektur.
Konsultan Perencana : PT. PP (Persero) Tbk struktur.

Luas Total Bangunan : 34.824,00 M²Data Struktur

Data Struktur mengenai Proyek Pembangunan

Masjid Agung Medan sebagai berikut :

- 1. Gedung Parkir
 - Mobil : 400 Unit
 - Motor : 1000 Unit
- 2. Gedung Serbaguna : 1200 Orang
- 3. Gedung Masjid : 5000 + 2000 jamaah
- 4. Menara 199 : +199,00 m
- 5. Menara 99 : + 99,00 m
- 6. Luasan Lantai
 - Gedung masjid : 14.288,93 m²
 - Gedung Serbaguna : 6.676,07 m²
 - Gedung Parkir : 13.445,34 m²
 - Menara 199 : 209,72 m²
 - Menara 99 : 104, 86 m²

3.3. Langkah Penelitian

Persiapan adalah kegiatan sebelum pengumpulan dan pengolahan data.

Dalam tahap persiapan disusun hal - hal yang harus dilakukan dengan tujuan

efektifitas waktu dalam penulisan skripsi. Dalam Pengolahan data dan penyusunan skripsi ini, penulis melakukan penelitian pada proyek pembangunan Masjid Agung Sumatera Utara yang berlokasi di Jalan Diponegoro, Madras Hulu, Medan, Sumaatera utara.

Persiapan awal yang dilakukan dalam penyusunan Skripsi adalah Sebagai berikut :

1. Survey lokasi proyek yang akan ditinjau.
2. Menentukan dan mengumpulkan data yang diperlukan.
3. Studi pustaka berupa pengumpulan literatur sebagai referensi untuk mendukung penyelesaian masalah ;
4. Pembuatan Jadwal rencana penyusunan skripsi.

3.4. Pengumpulan Data

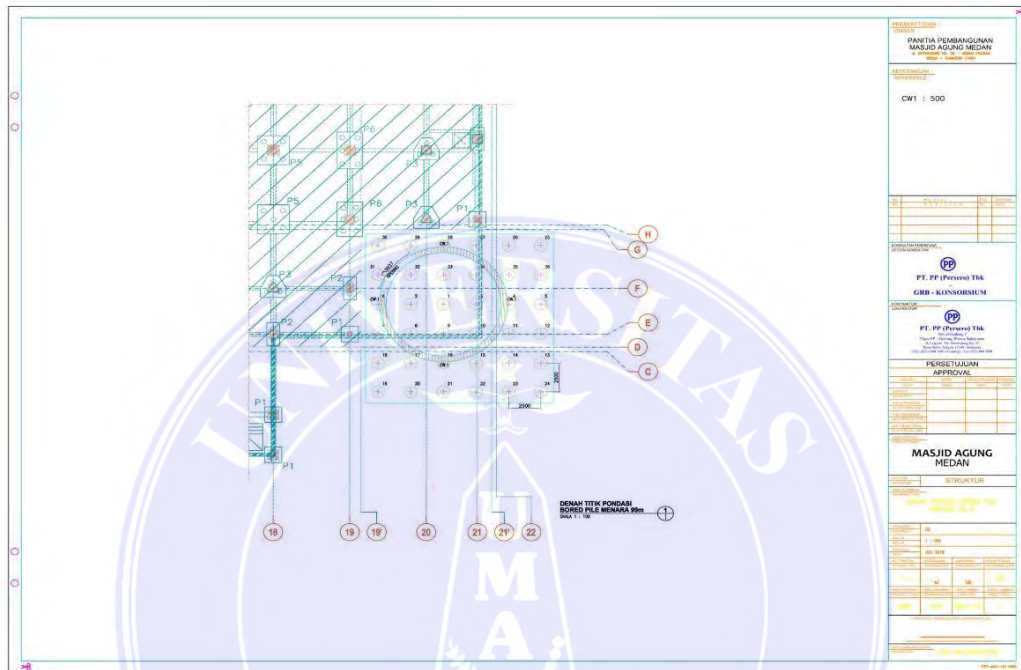
Dalam Perencanaan perlu dilakukan Analisa terhadap hal yang direncanakan. Untuk dapat melakukan Analisa yang baik di perlukan data – data dan teori – teori dasar yang berhubungan dengan konsep yang analisis. Data yang digunakan dalam penulisan akhir ini menjadi 2 bagian yaitu :

3.4.1. Data Primer.

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi proyek pembangunan maupun hasil survey lapangan, yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber untuk menghitung daya dukung dan penurunan pondasi. Pengamatan langsung tersebut menghasilkan data-data pada proyek yaitu sebagai berikut:

- a. *Shop drawing* berupa denah dan detail pondasi *bored pile* Menara Masjid;
- b. Data penyelidikan tanah (*soil investigation*) bor mesin (SPT);

- c. Data Pengujian laboratorium berupa *index properties* (kadar air, berat jenis, Analisa saringan dan batas konsistensi *Atterberg*) dan *Engineering Properties* (Pengujian kuat tekan beton bebas, pengujian geser langsung, pengujian konsolidasi dan *triaxial*)



Gambar 20.1 Denah titik pondasi *bore pile* menara 99m. (Data Lapangan.)

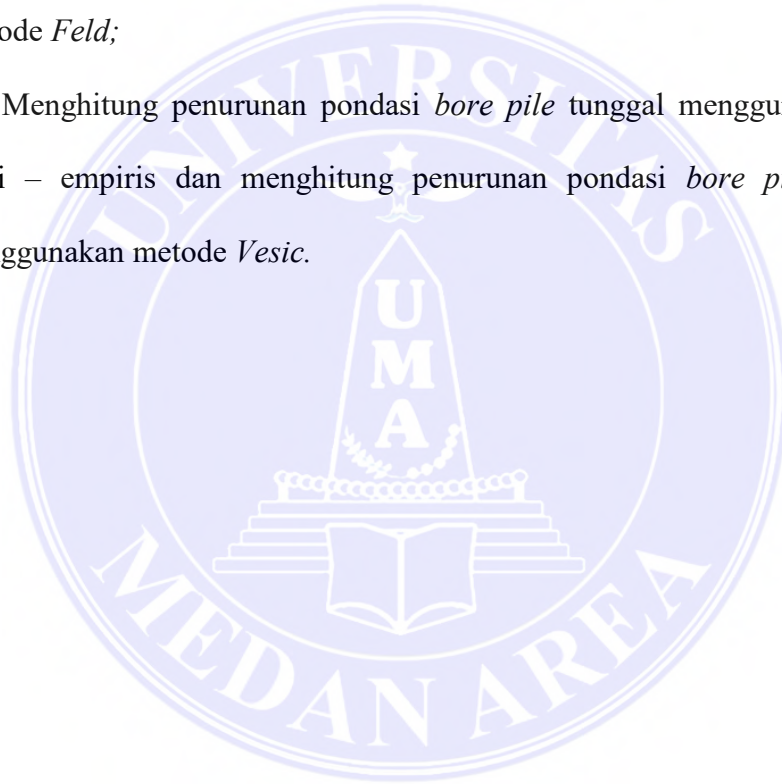
3.4.2. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data pendukung dari data primer yang kita miliki yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir. data sekunder tidak diperoleh dari survey langsung ke lapangan melainkan diperoleh dengan pengumpulan data-data dari hasil penyelidikan atau penelitian yang berisi teori-teori maupun standar yang diperlukan dalam perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi *bored pile*, yang bersumber dari buku dan internet.

3.5. Pengolahan Data

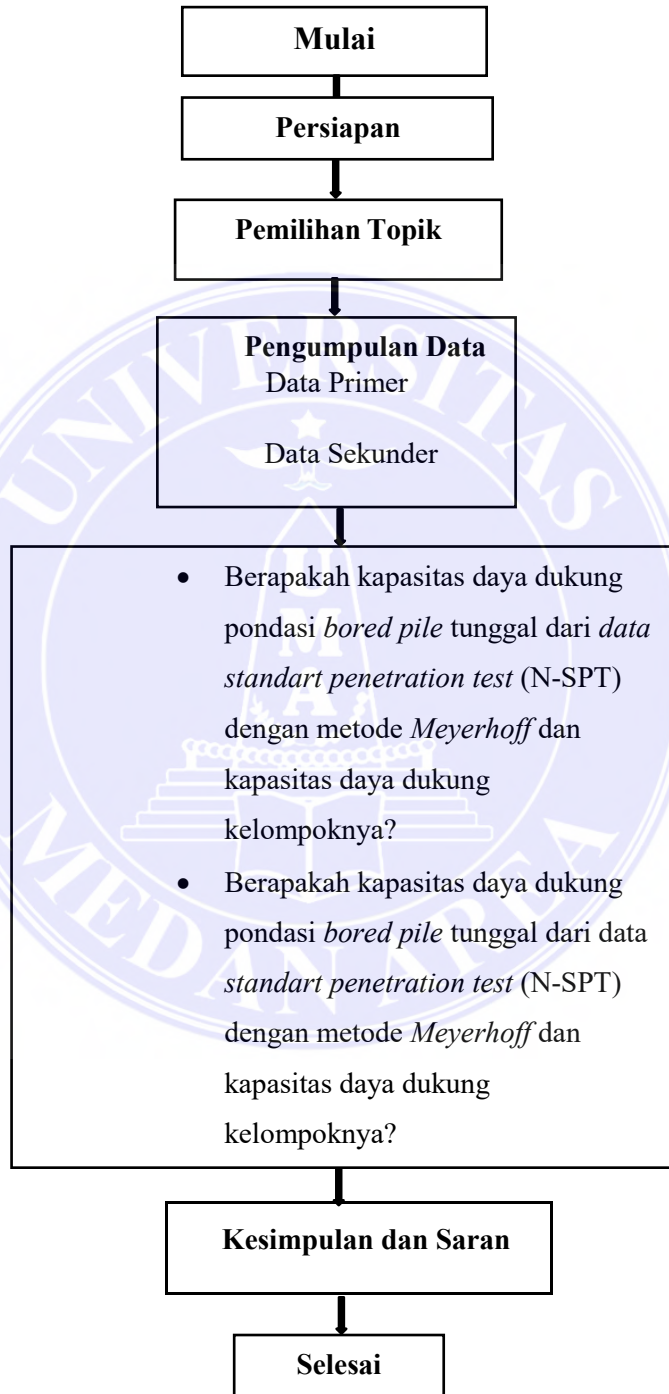
Berikut cara yang digunakan untuk menganalisis data yang di peroleh yaitu :

- 1) Menghitung daya dukung pondasi *bore pile* tunggal dari data *Standard Penetration Test* (N- SPT) dengan Metode *Meyerhoff*;
- 2) Menghitung Efisiensi kelompok tiang menggunakan metode sederhana, metode *Converse – Laberre*, Metode *Los Angels*, Metode *Seiler – Keeney* dan Metode *Feld*;
- 3) Menghitung penurunan pondasi *bore pile* tunggal menggunakan metode semi – empiris dan menghitung penurunan pondasi *bore pile* Kelompok menggunakan metode *Vesic*.



3.6. Diagram Alur Penyusunan Tugas Akhir

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini secara umum dilakukan melalui tahapan sebagai berikut :



Gambar 21.1 Diagram Alur Pembahasan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan daya dukung *bore pile* menggunakan data SPT dengan *Metode Meyerhoff* diperoleh daya dukung *bore pile* sebesar $Q_{all} = 880,165$ ton pondasi dinyatakan aman, karena hasil *PDA test* 909 ton lebih besar dari hasil analisis perhitungan daya dukung *bore pile*.

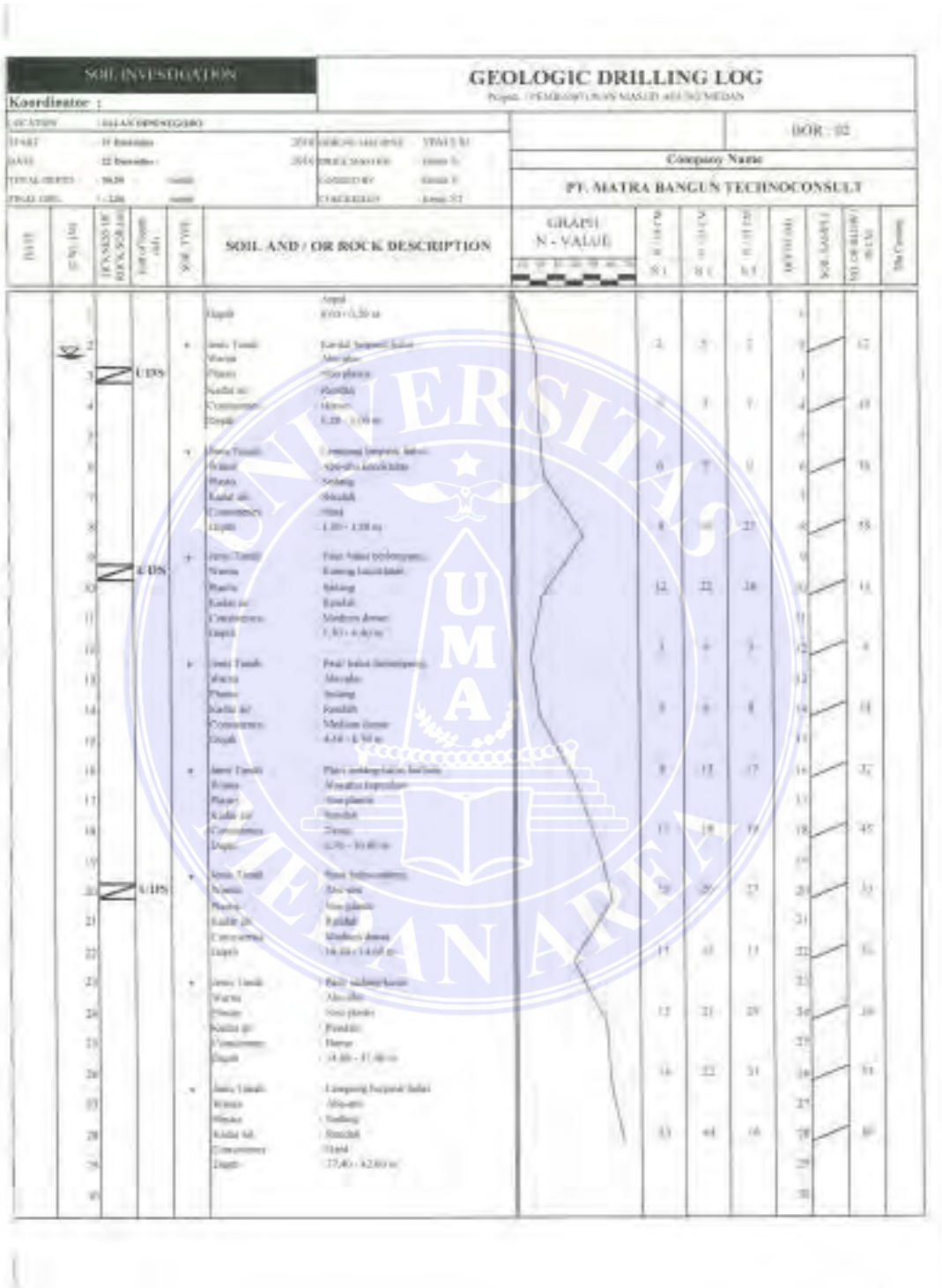
5.2. Saran

- a. Disarankan untuk menghitung daya dukung pondasi *bore pile* dan penurunannya menggunakan beberapa metode, supaya diperoleh hasil perhitungan yang lebih efisien.
- b. Untuk penelitian selanjutnya apabila ingin menghitung besarnya daya dukung *bore pile*, lebih baik memiliki kelengkapan data yang berhubungan dengan teknis tanah. Hal ini dapat mempermudah dalam melakukan perhitungan serta analisis untuk mendapatkan hasil yang akurat.

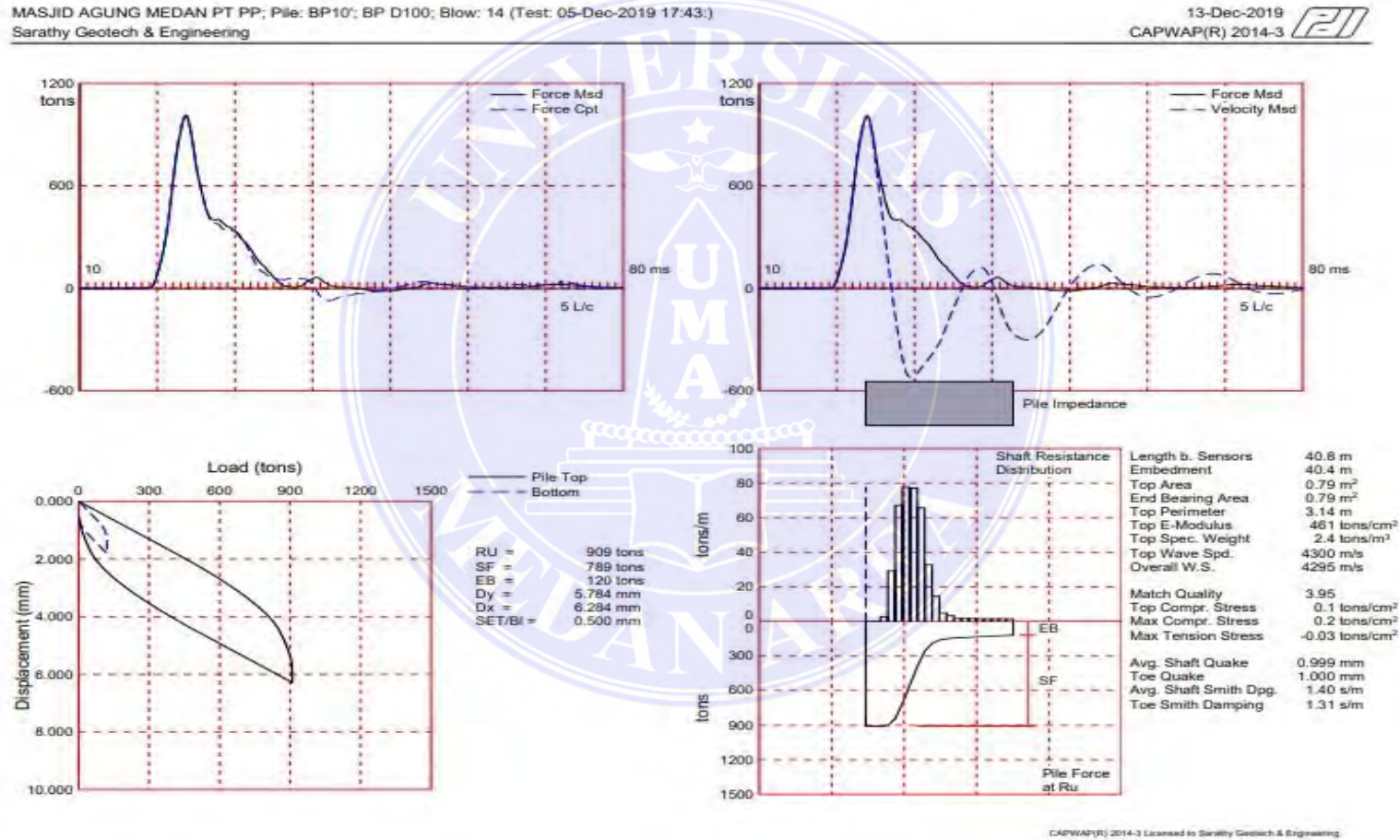
DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. 1997, *Analisis dan Desain Pondasi*. Edisi keempat Jilid 1
Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J.E. 1992, *Analisis dan Desain Pondasi*. Edisi keempat Jilid 2 Jakarta:
Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. 2014, *Analisis dan Perancangan Pondasi I*. Edisi kedua.
Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. 2008, *Teknik Fondasi II*. Edisi kedua Yogyakarta: Gajah
Mada University Press.
- Rahardjo, Paulus p, Aziz Djajaputra dan H.G.Poulos. 2005. *Manual
Pondasi Tiang*. Bandung: University Katolik Parahyangan.
- Das M.B., 1991, *Principles of Foundation Engineering, Fourth Edition,
California
State University, Sacramento*.
- Hakam A., 2008, *Rekayasa Pondasi*, CV. Bintang Perdana, Sumatera Barat.
- Irsyam M., *Catatan Kuliah Rekayasa Pondasi Teknik Sipil dan Lingkungan*, ITB,
Bandung.
- Prakash S. & Sharma, D.H., 1990, *Pile Foundation in Engineering Practice,
Canada*.
- Sosarodarsono S. & Nakazawa K., 1983, *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*, PT.
Pradnya Paramita, Jakarta

LAMPIRAN



HASIL PDA TEST



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

