

TUGAS AKHIR

ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN PASAR BARU MANDAILING NATAL

*Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas
Dan Syarat-Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Sipil
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ANDI ROMADHONI

1507210215



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Andi Romadhoni

NPM : 1507210215

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Proyek
Pembangunan Pasar Baru Mandailing Natal

Bidang Ilmu : Geoteknik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi teknik sipil, fakultas teknik, universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan, Februari 2022

Mengetahui dan Meyetujui

Dosen Pembimbing I/Penguji



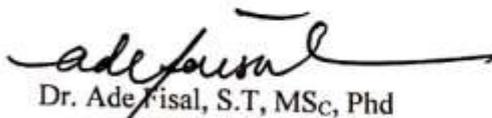
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, MSc

Dosen Pembimbing II/ Penguji



Rizki Efrida, S.T, M.T

Dosen Pembimbing I/Penguji



Dr. Ade Faisal, S.T, MSc, Phd

Dosen Pembimbing II/ Penguji



Sri Frapanti, S.T, M.T

Program Studi Teknik Sipil
Ketua



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Andi Romadhoni
Tempat Tanggal Lahir : Medan, 20 Januari 1997
NPM : 1507210215
Fakultas : Teknik
Prodi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

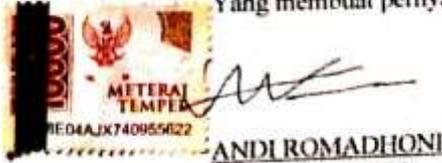
“ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN PASAR BARU MANDAILING NATAL”

Bukan merupakan Plagiarisme, pencurian hasil karya orang lain, hasil kerja orang lain, untuk kepentingan saya karena /hubungan material dan non material serta segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang telah dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaannya saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi meningkatkan Integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, Februari 2022
Yang membuat pernyataan



ANDI ROMADHONI
NPM: 1507210215

ABSTRAK

ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN PASAR BARU MANDAILING NATAL

Andi Romadhoni

1507210215

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Rizki Efrida, S.T M.T

Bangunan sipil sendiri terbagi dua struktur yaitu struktur atas dan struktur bawah. Kontruksi bawah terdiri dari kontruksi pondasi. Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah atau bagian yang terletak dibawah permukaan tanah yang berfungsi memikul beban bagian kontruksi lain yang diatasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan daya dukung dan penurunan pondasi dengan menggunakan metode analitis dan perangkat lunak plaxis. Berdasarkan data sondir, daya dukung pondasi untuk titik Sondir 1 = 73,3609 ton, Sondir 2 = 74,1793 ton, Sondir 3 = 74,5967 ton, sedangkan hasil dari menggunakan plaxis adalah untuk Sondir 1 = 24,7 ton, Sondir 2 = 24,999 ton, Sondir 3 = 25,1005 ton. Dan untuk penurunan yang di dapat dari metode analitis untuk Sondir 1 = 6,595 mm, Sondir 2 = 6,584 mm, Sondir 3 = 7,993 mm. Sedangkan menggunakan perangkat lunak Sondir 1 = 4,955 mm, Sondir 2 = 4,966 mm, Sondir 3 = 5,061 mm.

Kata kunci: Plaxis, Sondir, Daya Dukung, Penurunan

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE SUPPORTING CAPACITY OF THE BORE PILE FOUNDATION IN THE MANDAILING NATAL NEW MARKET DEVELOPMENT PROJECT

Andi Romadhoni
1507210215
Dr. Fahrizal Zulkarnain
Rizki Efrida, ST MT

Civil buildings are divided into two structures, namely the upper structure and the lower structure. The lower structure consists of the foundation construction. The foundation is the structure of the lower part of the building that is directly related to the ground or the part that is located below the ground surface which functions to carry the burden of the other parts of the building above it. This study aims to determine the comparison of bearing capacity and foundation settlement using analytical methods and Plaxis software. Based on sondir data, the bearing capacity of the foundation for Sondir 1 = 73.3609 tons, Sondir 2 = 74.1793 tons, Sondir 3 = 74.5967 tons, while the results from using plaxis are for Sondir 1 = 24.7 tons, Sondir 2 = 24,999 tons, Sondir 3 = 25,1005 tons. And for the decrease obtained from the analytical method for Sondir 1 = 6.595 mm, Sondir 2 = 6.584 mm, Sondir 3 = 7.993 mm. While using the software Sondir 1 = 4.955 mm, Sondir 2 = 4.966 mm, Sondir 3 = 5.061 mm.

Keywords: Plaxis, Sondir, Carrying Capacity, Decrease

KATA PENGANTAR

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Segala puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satunya ialah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “(Analisis Kinerja Pelayanan dan Kenyamanan Fasilitas Pelabuhan Laut Singkil Kabupaten Aceh Singkil)” sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Kedua orang tua saya yang telah memberikan kasih sayang, nasehat, dan dukungan tanpa henti, yang tak ternilai kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Kepala Jurusan Fakultas Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan memberikan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Rizki Efrida, S.T M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan memberikan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen dan biro akademik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama melakukan kegiatan belajar.

7. Teristimewa kepada Abangda Syahyuni Bancin S.T, Harwin Harahap S.T, Arif, Posman Aditya, Ahmad Anggi dan teman-teman lainnya yang telah memberikan dukungan baik do'a maupun nasehat.
8. Para Senior Stambuk Atas yang telah banyak membantu dalam melaksanakan Skripsi ini. Terima kasih atas motivasi, saran, bantuan, dan semangat yang tak tergantikan.
9. Untuk Rekan-rekan Mahasiswa/i satu perjuangan, Teknik Sipil Stambuk 2015 atas segala masukan dan saran yang diberikan agar berguna bagi saya, masing-masing dari kalian memiliki makna tersendiri bagiku.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis berharap kritik dan saran yang dapat membangun untuk menjadi bahan pembelajaran bagi penulis di masa depan. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan juga pembaca sekalian.

وَلَسَّلَامٌ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Medan, Februari 2022

ANDI ROMADHONI

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tanah	5
2.1.1. Komposisi Tanah	5
2.2. Penyelidikan Tanah	6
2.2.1. Pengujian Penetrasi Kerucut Statis (Sondir)	8
2.3. Pondasi	9
2.4. Pengertian Pondasi Tiang Bor	13
2.5. Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor	15
2.6. Kapasitas Daya Dukung	19
2.6.1. Kapasitas Dukung Ujung Tiang Dan Tiang Gesek	19
2.6.2. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Bore Pile	19
2.6.3. Kapasitas Daya Dukung Bore Pile Dengan Data Sondir	20

2.7.	Penurunan Elastisitas Tiang Tunggal	21
2.8.	Fakto Keamanan	24
2.9.	Parameter Tanah	25
BAB 3	METODE PENELITIAN	
3.1.	Diagram Alir	30
3.2.	Data Umum Proyek	31
3.3.	Lokasi Titik Pengeboran	31
3.4.	Pengumpulan Data	32
3.5.	Analisa Data Tanah	32
3.6.	Analisa Parameter Tanah	41
3.7.	Menghitung Daya Dukung Dan Penurunan Dengan Metode Elemen Hingga	43
3.7.1	Pemodelan Geometri	43
3.7.2	Kondisi Batas (<i>Boundary Condition</i>)	44
3.7.3	Input Parameter Tanah	45
3.7.4	Penyusunan Elemen Jaring (<i>Meshing</i>)	45
3.8.5	Initial Kondisi (Kondisi Awal)	46
3.7.6	Kalkulasi	47
BAB 4	ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1	Perhitungan Daya Dukung Menggunakan Data Sondir	48
4.1.1.	Perhitungan Daya Dukung Pada Titik Sondir 1	48
4.1.2.	Perhitungan Daya Dukung Pada Titik Sondir 2	50
4.1.3.	Perhitungan Daya Dukung Pada Titik Sondir 3	52
4.2	Perhitungan Penurunan (<i>Settlement</i>) Menggunakan Data Sondir	56
4.2.1.	Perhitungan Penurunan Pada Titik Sondir 1	56
4.2.2.	Perhitungan Penurunan Pada Titik Sondir 2	58
4.2.3.	Perhitungan Penurunan Pada Titik Sondir 3	61
4.3	Hasil Dari Program Analisis (PLAXIS)	65
4.3.1	Penurunan (<i>Settlement</i>)	65
4.3.2.	Daya Dukung	68
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	

5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	parameter elastis tanah (Braja M Das, 2006)	23
Tabel 2.2	Faktor keamanan untuk pondasi tiang (<i>Reese & O'Neil, 1999,; Pugsley, 1996</i>).	25
Tabel 2.3	Hubungan antara konsistensi dengan undrained cohesion (Terzaghi dan Peck, 1976)	26
Tabel 2.4	: Hubungan antara kepadatan, <i>relative density</i> , nilai N, qc dan \emptyset (Begemann, 1965)	26
Tabel 2.5	Korelasi N-SPT dengan modulus elastisitas pada tanah pasir (Schmertman, 1970).	27
Tabel 2.6	Korelasi N-SPT dengan modulus elastisitas pada tanah lempung(Randolph, 1978).	27
Tabel 2.7	Hubungan Jenis Tanah dan poisson ratio (ν') (Hardiyatmo, 1994).	28
Tabel 2.8	Hubungan jenis tanah degan berat isi tanah kering (Soedarmo, 1993).	28
Tabel 2.9	Nilai koefisien Permeabilitas tanah (Braja,1995).	29
Tabel 3.1	Data hasil pengujian lapangan Sondir	33
Tabel 3.2	Data hasil pengujian laboratorium	33
Tabel 3.3	Data description tanah dari pengujian lapangan	34
Tabel 3.4	Data uji lapangan Sondir pada titik S.1	35
Tabel 3.5	Data pengujian lapangan Sondir pada titik S.2	37
Tabel 3.6	Data pengujian lapangan Sondir pada titik S.3	39
Tabel 3.7	Parameter tanah pada titik sondir 1	42
Tabel 3.8	Parameter tanah pada titik sondir 2	42

Tabel 3.9	Parameter tanah pada titik sondir 3	43
Tabel 4.1	Hasil perhitungan daya dukung ultimit (Qult) dan daya dukung ijin (Qall)	54
Tabel 4.2	Penurunan tiang pondasi dengan metode analitis	63
Tabel 4.3	Penurunan menggunakan program analisis (PLAXIS)	68
Tabel 4.4	Tegangan dan daya dukung pondasi menggunakan aplikasi (PLAXIS)	70
Tabel 4.5	Perbandingan penurunan antara metode analitis dengan aplikasi	70
Tabel 4.6	Perbandingan daya dukung antara metode analitis dengan aplikasi	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi tanah berdasarkan tekstur (DAS, 1996)	6
Gambar 2.2	Rincian Konus Ganda	9
Gambar 2.3	Macam-macam tipe pondasi	13
Gambar 2.4	Contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi cukup dangkal (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).	16
Gambar 2.5	Contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi berada sekitar 10 meter dibawah permukaan tanah (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).	16
Gambar 2.6	Contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi berada sekitar 20 meter dibawah permukaan tanah (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000)	16
Gambar 2.7	Contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi berada sekitar 30 meter dibawah permukaan tanah (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).	17
Gambar 2.8	Tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya a) <i>end bearing</i> b) <i>friction pile</i> (Hardiyatmo, 2008)	23
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.	37
Gambar 3.2	Denah lokasi proyek pembangunan pasar baru penyambungan	38
Gambar 3.3	Denah lokasi pengeboran CPT dan SPT	39
Gambar 3.4	Grafik data pengujian lapangan Sondir pada titik S.1	43
Gambar 3.5	Grafik data pengujian lapangan Sondir pada titik S.2	45
Gambar 3.6	Grafik data pengujian lapangan Sondir pada titik S.2	47

Gambar 3.7	Pemodelan geometri pada program analisis (plaxis)	51
Gambar 3.8	Boundary condition atau interface	51
Gambar 3.9	Pemodelan tanah dan input parameter tanah	52
Gambar 3.10	Susunan jaring <i>meshing</i>	53
Gambar 3.11	Hasil perhitungan initial soil stresses	53
Gambar 3.12	Tahapan perhitungan atau kalkulasi	54
Gambar 4.1	Gambar grafik daya dukung ultimit (Qult)	60
Gambar 4.2	Gambar grafik daya dukung ijin(Qall)	60
Gambar 4.3	Grafik batang penurunan dengan metode analitis	68
Gambar 4.4	Grafik garis penurunan dengan metode analitis	69
Gambar 4.5	Penurunan pada titik sondir 1	70
Gambar 4.6	Penurunan pada titik sondir 2	70
Gambar 4.7	Penurunan pada titik sondir 3	71
Gambar 4.8	Grafik batang penurunan dengan metode analisis (PLAXIS)	71
Gambar 4.9	Grafik garis penurunan dengan metode analisis (PLAXIS)	72
Gambar 4.10	Tegangan efektif yang terjadi pada titik sondir 1	73
Gambar 4.11	Tegangan efektif yang terjadi pada titik sondir 2	73
Gambar 4.12	Tegangan efektif yang terjadi pada titik sondir 3	74
Gambar 4.13	Grafik batang perbandingan penurunan menggunakan kedua metode	71
Gambar 4.14	Grafik batang perbandingan daya dukung menggunakan kedua metode	71

DAFTAR NOTASI

$Q_b = Q_p$	= Kapasitas tahanan di ujung tiang
Q_s	= Kapasitas tahanan kulit
Q_{ult}	= Kapasitas tahanan <i>ultimate</i>
$Q_{all} = Q_{ijin}$	=Kapasitas tahanan ijin
A_p	= Luas penampang tiang
P	= Luas selimut tiang
D	= Diameter tiang
L	= Panjang tiang
N	= Harga SPT lapangan
SF	= Faktor keamanan
c	= Kohesi
C_u	= Kohesi undrained
α	= Koefisien adhesi antara tanah dan tiang
K	= Faktor kekakuan tiang
q_c	= Tahanan ujung sondir
E_s	= Modulus elastisitas tanah disekitar tiang
E_b	= Modulus elastisitas tanah didasar tiang
E_p	= Modulus elastisitas dari bahan tiang
S	= Penurunan pondasi
H	= Kedalaman
ϕ	= sudut geser dalam
γ_{sat}	= Berat isi tanah jenuh
γ_{dry}	= Berat isi tanah kering
$\nu = \mu$	= Poisson Ratio
ψ	= Sudut dilatansi

DAFTAR SINGKATAN

SPT	= Standard penetration test
FK	= Faktor keamanan
Dr	= Kepadatan relatif
Ux	= Koordinat titik arah x
Uy	= Koordinat titik arah y
Kx	= Permeabilitas arah x
Ky	= Permeabilitas arah y
EI	= Elastisitas dengan Inersia
EA	= Elastisitas dengan Luas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Dengan berkembangnya zaman dan teknologi, pembangunan infrastruktur di Indonesia semakin meningkat terutama di bidang ekonomi. Hal tersebut berbanding lurus dengan berjalannya waktu dan zaman yang semakin maju, dan juga kebutuhan masyarakat semakin meningkat dan terus berkembang pesat sampai sekarang. Dengan adanya infrastruktur tersebut perkembangan roda ekonomi akan semakin cepat dan pesat di daerah tersebut, yang akan menunjang taraf kehidupan daerah tersebut lebih maju dibandingkan dengan sebelumnya. Dan pasar merupakan salah satu infrastruktur yang menunjang perkembangan ekonomi suatu daerah.

Demi perkembangan perekonomian di Sumatera Utara, khususnya di daerah Mandailing Natal dan sekitarnya. Pemerintah berupaya terus membangun infrastruktur yang sejalan dengan perkembangan ekonomi, yaitu pembangunan pasar Baru Mandailing Natal. Pembangunan Pasar baru Mandailing Natal di bagi menjadi dua bangunan yaitu bangunan pasar basah yang digunakan untuk menjual sayur mayur, buah-buahan, ikan, dan lain-lain. Sedangkan pasar kering sendiri di peruntukan untuk menjual barang-barang kering seperti pakaian, tas, sepatu, dan lain-lain.

Bangunan sipil sendiri terbagi dua struktur yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas terdiri kontruksi balok, kolom, plat, dan lain-lain. Sedangkan kontruksi bawah terdiri dari kontruksi pondasi. Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah atau bagian yang terletak dibawah permukaan tanah yang berfungsi memikul beban bagian kontruksi lain yang diatasnya (Joseph E.Bowles, 1997).

Pondasi merupakan bagian penting dari suatu bangunan, pondasi menjadi dasar penahan beban terdasar dari suatu kontruksi. Kontruksi jalan, jembatan, gudang, bendungan, gedung dan kontruksi lainnya tanpa pondasi yang kuat pasti akan mengalami kegagalan kontruksi. Pada pengaplikasiannya di lapangan sering mengesampingkan analisa daya dukung pondasi yang tepat. Desain pondasi hanya

berdasarkan pengalaman, sehingga penulis menganggap hal ini perlu diangkat dan tertarik karena pondasi menjadi hal terpenting dalam keberhasilan suatu bangunan struktur.

Pondasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal adalah pondasi yang tidak memerlukan galian tanah terlalu dalam karena lapisan tanah dangkal sudah cukup keras, apalagi bangunan yang dibangun adalah hanya rumah sederhana. Sedangkan pondasi dalam adalah pondasi yang membutuhkan pengeboran atau pemancangan yang dalam karena lapisan tanah keras berada pada kedalaman yang cukup dalam, biasanya digunakan oleh bangunan besar seperti jembatan, gudang, gedung, dan sebagainya.

Pondasi bore pile sebagai jenis pondasi yang dipilih untuk digunakan dalam pembangunan pasar Mandailing Natal. Pemilihan jenis pondasi bore pile dinilai tepat, karena pasar digunakan untuk keperluan umum dan direncanakan untuk jangka panjang dan masa layan yang cukup lama. Sehingga penting diketahui dan dibahas hal-hal apa saja yang menyangkut daya dukung dan penurunan pondasi, agar dapat dipertimbangkan nilai kegunaan berdasarkan faktor keamanannya.

Secara umum permasalahan pondasi dalam lebih rumit dari pondasi dangkal. Dengan alasan tersebut penulis akan mengonsentrasikan Tugas Akhir ini pada perencanaan pondasi dalam, yaitu pondasi *boed pile*. Pondasi *bored pile* adalah pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan yang sudah dirakit dan kemudian dicor. Daya dukung *bored pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan pada ujung tiang dan daya dukung geser dan selimut (*friction bearing capacity*) diperoleh dari daya dukung gesek antara bored pile dan tanah di sekelilingnya. *Bored pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur di atasnya. Untuk menghasilkan analisa daya dukung yang akurat maka diperlukan juga suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang sering digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi *bored pile* yaitu menggunakan metode statis dan metode dinamis.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan daya dukung pondasi *bore pile* pada masing-masing titik menggunakan metode analitis dan menggunakan perangkat lunak plaxis.?
2. Bagaimana penurunan tiang tunggal pondasi *bore pile* menggunakan perangkat lunak plaxis.?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Pada pelaksanaan proyek pembangunan Pasar Baru Mandailing Natal banyak yang dapat di bahas, oleh karena itu penting kiranya diadakan pembatasan masalah. Yang bertujuan menghindari kekaburan ataupun menyimpang dari tujuan awal. Adapun batasan masalah tersebut sebagai berikut:

1. Hanya meninjau gaya vertikal
2. Hanya meninjau pada tiang tunggal
3. Hanya menggunakan data pengujian sondir dan parameter tanah

1.4. Tujuan

1. Mengetahui perbandingan daya dukung pondasi *bore pile* pada masing-masing titik menggunakan metode analitis dan menggunakan perangkat lunak plaxis.
2. Mengetahui penurunan tiang tunggal pondasi *bore pile* menggunakan perangkat lunak plaxis.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi referensi bagi kontraktor ataupun perencana dalam perencanaan.
2. Diharapkan dapat bermanfaat bagi owner ataupun perencana dalam hal menyumbangkan pemikiran-pemikiran untuk merencanakan pondasi.

1.6.Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Mengurai hal-hal umum mengenai tugas akhir seperti latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian manfaat penelitian, sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab 2 ini berisikan teori-teori, konsep dan rumus sesuai dengan acuan judul tugas akhir ini

BAB 3 METODE PENELITIAN

Menjelaskan rencana atau prosedur yang dilakukan penulis untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan permasalahan pada tugas akhir ini.

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Menguraikan dan menjelaskan hasil pembahasan analisa dan kinerja struktur dari tugas akhir ini

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan sesuai dengan analisa terhadap penelitian ini dan beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut yang lebih baik di masa yang akan datang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Tanah merupakan suatu material yang mencakup semua bahan dari tanah lempung sampai berkrilik, dimanatanah mempunyai sifat elastis, *homogeny*, *isotropis*.

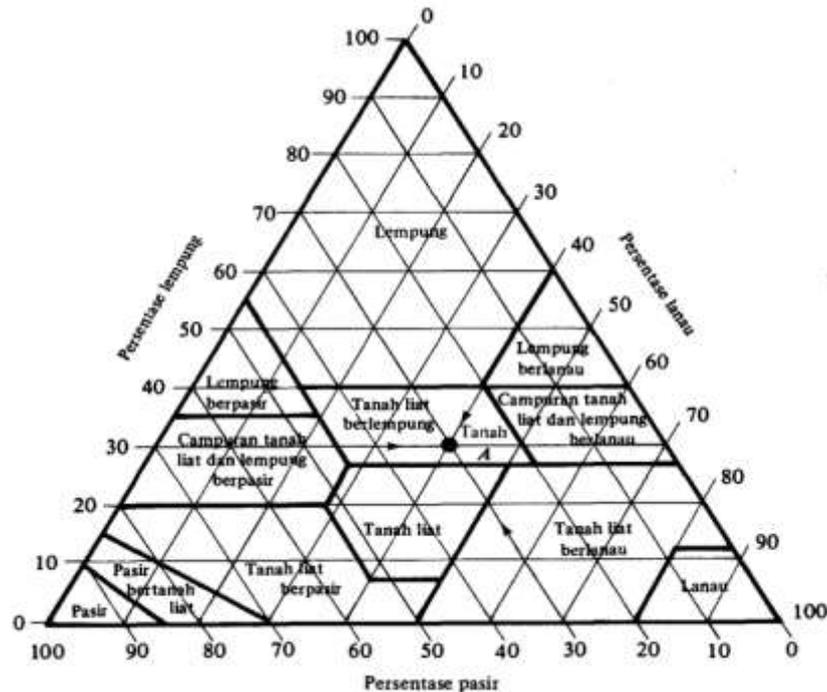
2.1.1. Komposisi Tanah

Di dalam bukunya Das (1995) menjelaskan definisi tanah sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah menjadi tumpuan awal dari suatu bangunan sehingga tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan tersebut. Maka dari itu diperlukan tanah dengan kondisi yang kuat menahan beban diatas dan dapat menyebarkannya secara merata. Dalam pengertian teknik secara umum, tanah diartikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut.

Dalam bukunya Braja M.Das (1995) dijelaskan ukuran dari partikel tanah dalam sangat beragam dengan variasi yang cukup besar, tanah umumnya dapat disebut sebagai krikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Beberapa sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu oleh berbagai organisasi guna untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri, beberapa dari sistem-sistem tersebut masih dipakai hingga saat ini. Gambar 2.1 menunjukkan sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh

Departemen Pertanian Amerika (USDA). Sistem ini didasarkan pada ukuran batas butiran tanah seperti:

1. Pasir : Butiran dengan diameter 2.0 sampai dengan 0.05mm
2. Lanau : Butiran dengan diameter 0.05 sampai dengan 0.002mm
3. Lempung : Butiran dengan diameter lebih kecil dari pada 0.002mm



Gambar 2.1: Klasifikasi tanah berdasarkan tekstur (DAS, 1996)

2.2. Penyelidikan Tanah (*soil investigation*)

Dalam perencanaan sebuah pondasi sangatlah penting untuk mengetahui keadaan ataupun jenis dan sifat tanah tersebut. Apakah tanah tersebut dapat menahan beban dengan baik yang ada di atasnya termasuk dari gaya vertical ataupun horizontal. Bergantung pada maksud dan tujuannya, penyelidikan dapat dilakukan dengan cara-cara menggali lubang-lubang (*trial-pit*), pengeboran, dan pengujian langsung di lapangan (*in-situ-test*). Dari data yang diperoleh, sifat-sifat teknis tanah dipelajari, kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisa daya dukung dan penurunan (Hardiyatmo, 1996).

Tuntutan kelitihan peyelidikan tanah tergantung dari besar beban bangunan, tingkat keamanan yang diinginkan, kondisi lapisan tanah, dan dana yang tersedia untuk penyelidikan. Oleh karena itu, untuk bangunan-bangunan sederhana

ataurangan, kadang-kadang tidak dibutuhkan penyelidikan tanah, karena kondisi tanah dapat diketahui berdasarkan pengalaman setempat (Hardiyatmo, 1996).

Tujuan penyelidikan tanah , antara lain:

1. Menentukan daya dukung tanah menurut tipe fondasi yang dipilih.
2. Menentukan tipe dan kedalaman fondasi.
3. Untuk mengetahui posisi muka air tanah.
4. Untuk meramalakan besarnya penurunan
5. Menentukan besarnya tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah atau pangkal jembatan
6. Menyelidiki kemandirian suatu struktur bila penyelidikan dilakukan pada bangunan yang telah ada sebelumnya.
7. Pada proyek jalan raya dan irigasi, penyelidikan tanah berguna untuk menentukan letak-letak saluran, gorong-gorong, penentuan lokasi dan macam bahan timbunan.

Penyelidikan tanah dibedakan menjadi dua jenis yaitu (Hardiyatmo, 1996):

1. Penyelidikan di lapangan

Jenis penyelidikan di lapangan seperti pengeboran (*Hand Boring* ataupun *Machine Boring*), *Cone Penetrometer Test* (Sondir), *Standard Penetration Test* (SPT), *Sand Cone Test* dan *Dynamic Cone Penetration*

2. Penyelidikan di laboratorium

Sifat-sifat fisik tanah dapat dipelajari dari hasil uji laboratorium pada sampel tanah yang diambil dari kegiatan pengeboran. Hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung ultimit dan penurunan. Jenis penyelidikan di laboratorium terdiri dari uji *ujiindex* tanah (*Atterberg Limit*, *Water Content*, *Specific Gravity*, *Sieve Analysis*) dan *engineering properties* tanah (*Direct Shear Test*, *Triaxial Test*, *Consolidation Test*, *Permeability Test*, *Compaction Test* dan CBR).

Dari hasil penyelidikan tanah diperoleh contoh tanah (*soil sampling*) yang dapat dibedakan menjadi dua yaitu (Hardiyatmo, 1996)

1. Contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*)

Suatu contoh tanah dikatakan tidak terganggu apabila contoh tanah itu dianggap masih menunjukkan sifat-sifat asli tanah tersebut. Sifat asli yang dimaksud adalah contoh tanah tersebut tidak mengalami perubahan pada strukturnya, kadar air, atau susunan kimianya. Contoh tanah seperti ini tidaklah mungkin didapatkan, akan tetapi dengan menggunakan teknik-teknik pelaksanaan yang baik, maka kerusakan pada

contoh tanah tersebut dapat diminimalisir . *Undisturbed soil* digunakan untuk percobaan *engineering properties*.

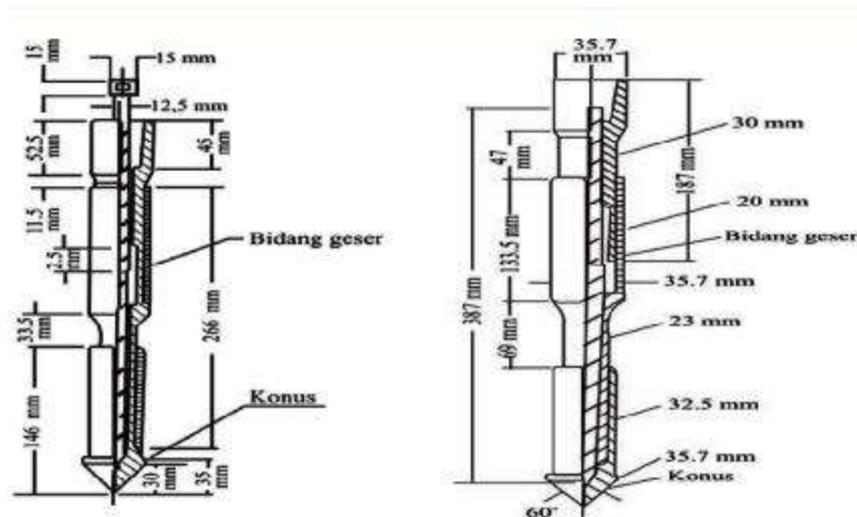
2. Contoh tanah terganggu (*disturbed soil*)

Contoh tanah terganggu adalah contoh tanah yang diambil tanpa adanya usaha-usaha tertentu untuk melindungi struktur asli tanah tersebut. *Disturbed soil* digunakan untuk percobaan uji *index properties* tanah.

2.2.1. Pengujian Penetrasi Kerucut Statis (Sondir)

Uji Penetrasi Kerucut Statis atau Uji Sondir banyak digunakan di Indonesia. Pengujian ini berguna untuk menentukan lapisan-lapisan tanah berdasarkan tahanan ujung konus dan daya lekat tanah setiap kedalaman pada alat sondir (SNI 2827, 2008).

Hasil penyelidikan dengan Sondir ini digambarkan dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara kedalaman setiap lapisan tanah dengan perlawanan penetrasi konus atau perlawanan tanah terhadap konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan panjang. Konus yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (Gambar 2.2):



Gambar 2.2: Rincian Konus Ganda: a) keadaan tertekan, b) keadaan terbentang (SNI 2827, 2008)

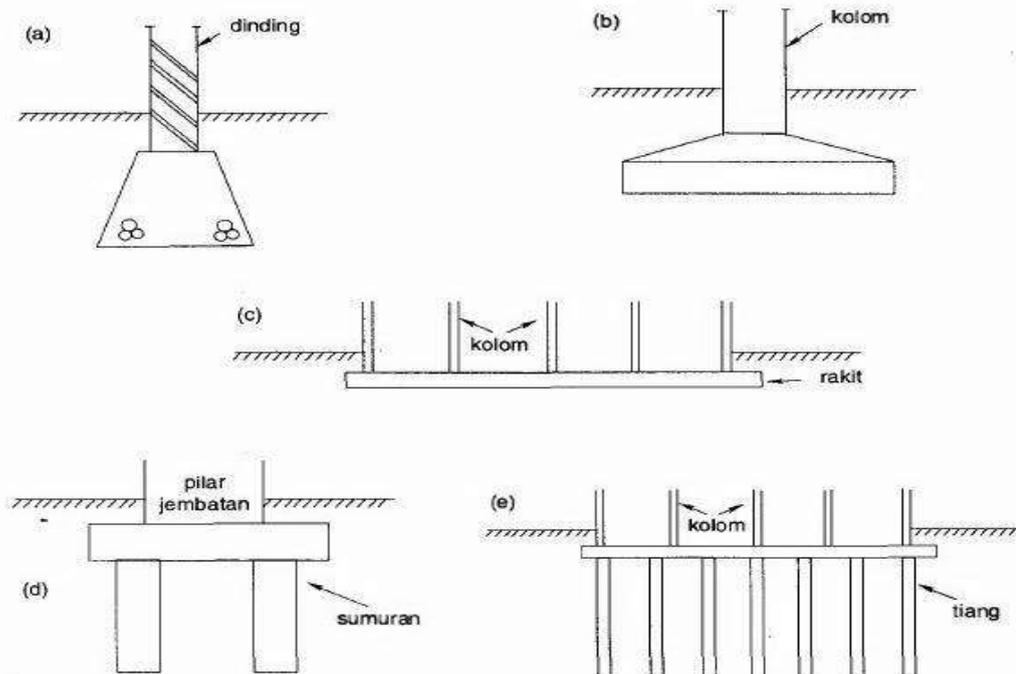
Dimana:

1. Ujung konus bersudut $60^{\circ} \pm 5^{\circ}$
2. Ukuran diameter konus adalah $35,7 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$ atau luas proyeksi konus = 10 cm^2 ; bagian runcing ujung konus berjari-jari kurang dari 3 mm

3. Konus ganda harus terbuat dari baja dengan tipe dan kekerasan yang cocok untuk menahan abrasi tanah.

2.3. Pondasi

Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. (Hardiyatmo, 1996). Terdapat dua klasifikasi pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dapat diartikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung seperti: pondasi telapak, pondasi memanjang dan pondasi rakit. Pondasi dalam dapat diartikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang letaknya relative jauh dari permukaan tanah, contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang. Macam-macam contoh tipe pondasi diberikan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Macam-macam tipe pondasi
(a) Pondasi memanjang, (b) pondasi telapak, (c) pondasi rakit,
(d) pondasi sumuran, (e) pondasi tiang.

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh suatu pondasi dan berat sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (Bowles, 1997).

Istilah struktur-atas umumnya dipakai untuk menjelaskan bagian sistem yang direkayasa yang membawa beban kepada pondasi atau struktur –bawah. Istilah struktur-bawah memiliki arti bahwa struktur yang di rekayasa dibagian bawah dar isuatu bangunan atau struktur yang berfungsi menerima beban dari struktur-atas dan bebannya sendiri, lalu menyalurkan beban tersebut ke bagian dasar bangunan itu yaitu tanah keras atau batu. Untuk merancang atau merekayasa suatu pondasi atau struktur-bawah banyak yang harus dipertimbangkan dan syarat yang dipenuhi. Berikut persyaratan dan langkah-langkah minimum untuk mereancang ataupun merekayasa pondasi menurut Joseph E.Bowles (1997):

- 1) Menentukan lokasi tapak dan posisi muatan. Perkiraan kasar beban-beban pondasi biasanya disediakan oleh nasabah atau dihitung sendirinya (*in-house*). Tergantung dari kepelikan sistem beban atau tapak, maka dapat dimulai membuat tinjauan kepustakaan untuk mengetahui bagaimana orang lain berhasil mengadakan pendekatan tasa masalah yang sama.
- 2) Pemeriksaan fisik atas tapak tentang adanya setiap masalah geologis atau masalah-masalah lan, bukti-bukti dari kemungkinan lain adanya permasalahan. Lengkapilah hal-hal ini dengan segala data pertanahan yang telah diperoleh sebelumnya.
- 3) Menetapkan program eksplorasi lapangan dan penyusun pengujian pelengkap lapangan yang perlu atas dasar temuan, serta menyusun program uji laboratorium.
- 4) Menentukan parameter racangan tanah yang perlu berdasarkan pengintegrasian data uji, asas-asas, ilmiah dan pertimbangan rekayasa. Hal ini mungkin melibatkan analisa computer yang bersifat sederhana atau rumit. Untuk masalah-masalah ynag kompleks, bandingkanlah data yang dianjurkan dengan kepustakaan yang pernah diterbitkan atau gunakanlah konsultan geoteknis yang lain agar hasil-hasilnya member prespektif menurut sumber luar.
- 5) Membuatt rancang pondasi dengan menggunkan parameter-parameter tanah menurut langkah no.4. Laksanakan interaksi yang erat dengan semua pihak yang berkepentingan (nasabah, para rekayasa , arsitek, kontraktor) sehingga sistem struktur-bawah di rancang secara tidak berlebihan dan resiko dijaga agar berada pada tingkat-tingkat yang dapat diterima.

Sedangkan di dalam buku Sosrodarsono dan Nakazawa (1980) menjelaskan, untuk memilih pondasi yang memadai, perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan dilapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerja. Bila keadaan-keadaan tersebut ikut serta dalam pertimbangan dalam menentukan pondasi, hal-hal berikut ini perlu dipertimbangkan:

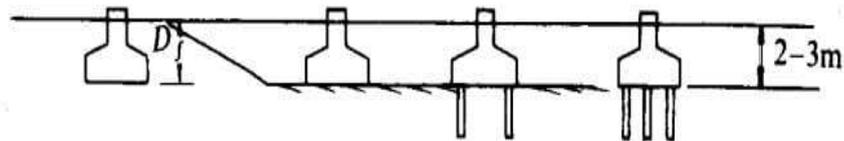
- 1) Keadaan tanah pondasi
- 2) Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya
- 3) Batasan-batasan dari sekelilingnya.
- 4) Waktu dan biaya pekerjaan.

Dari hal-hal di atas, jelas bahwa keadaan tanah pondasi pada urutan no.1 yang merupakan keadaan paling penting dan perinciannya. Berikut ini adalah jenis-jenis pondasi yang sesuai dengan keadaan tanah pondasi yang bersangkutan (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1980):

- 1) Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter dibawah permukaan tanah (Gambar 2.6), dalam hal ini pondasinya adalah pondasi telapak (*spread foundation*).
- 2) Bila tanah pendukung pondasi tanah terletak pada kedalaman 10 meter dibawah permukaan tanah, dalam hal ini pondasi yang dipakai pondasi tiang atau pondasi tiang apung (*floating pile foundation*) untuk memperbaiki tanah pondasi (Gambar 2.7). Jika memakai tiang, maka tiang baja atau tiang beton yang dicor ditempat (*cast in place*) kurang ekonomis, karena tiang kurang panjang.
- 3) Bila tanah pondasi terletak pada kedalaman 20 meter dibawah permukaan tanah, dalam hal ini tergantung dari penurunan (*settlement*) yang diizinkan, dapat dipakai pondasi seperti Gambar 2.8. Apabila tidak boleh terjadi penurunan, biasanya dipakai pondasi tiang pancang (*pile driven foundation*). Tetapi bila terdapat batu besar (*cobble stones*) pada lapisan antara, pemakaian kaison lebih menguntungkan.
- 4) Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 30 meter dibawah permukaan tanah, biasanya dipakai kaison terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat, seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.9. Tetapi

apabila tekanan atmosfer yang bekerja ternyata kurang dari 3 kg/cm^3 digunakan juga kaison tekanan.

- 5) Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman lebih dari 40 meter dibawah permukaan tanah, dalam hal ini yang paling baik adalah tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat (*cast in place*).

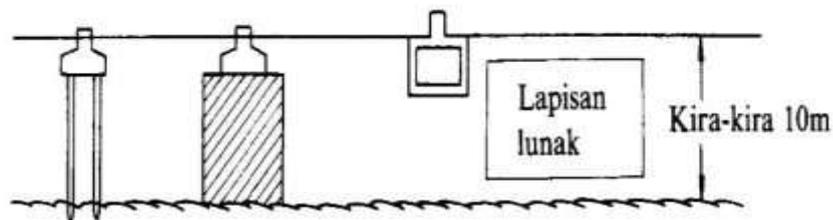


Agar dalamnya D_f yang diperlukan tetap, lapisan pondasi diturunkan

Digabungkan dengan turap untuk menghindari pengikisan

Tiang pancang agar tidak terjadi kerusakan maupun pengikisan

Gambar 2.4: Contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi cukup dangkal (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).

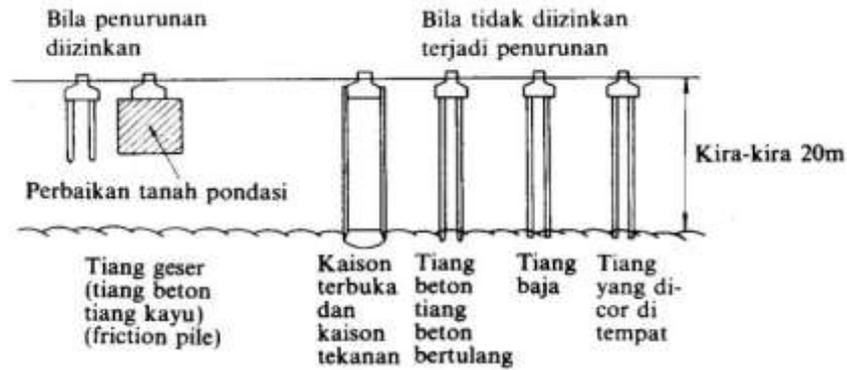


Tiang beton atau tiang kayu

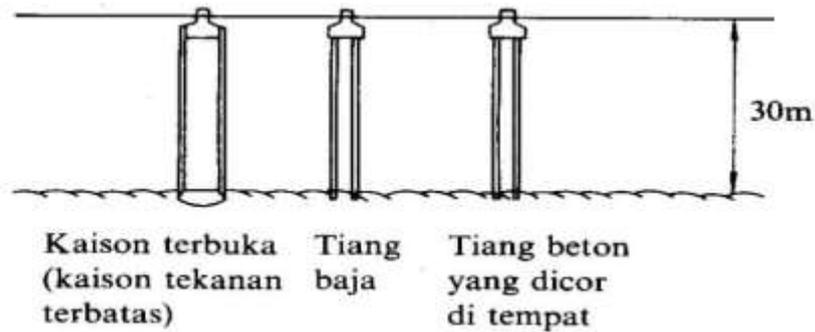
Perbaikan tanah pondasi

Pondasi tiang apung

Gambar 2.5: Contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi berada sekitar 10 meter dibawah permukaan tanah (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).



Gambar 2.6: Contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi berada sekitar 20 meter dibawah permukaan tanah (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000)



Gambar 2.7: Contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi berada sekitar 30 meter dibawah permukaan tanah (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).

2.4. Pengertian Pondasi Tiang Bor

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal kesumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000). Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan dengan monolit menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi, agar kekuatan pondasi merata dalam menahan gaya yang bekerja diatas.

Pondasi tiang terbagi menjadi dua jenis, yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor. Perbedaan kedua pondasi ini terletak pada metode konstruksinya. Secara umum, pondasi tiang bor (*bore pile*) merupakan pondasi yang jenis konstruksinya dengan cara mengecor beton segar kedalam lubang yang telah dibor sebelumnya. Dengan tahapan, setelah lubang dibor sesuai dengan yang diinginkan. Tulangan baja yang telah dirakit dimasukkan kedalam lubang, setelah

itu baru dilakukan pengecoran dengan beton segar. Pondasi tiang bor merupakan *nondisplacement pile* karena pelaksanaannya tidak menyebabkan perpindahan tanah.

Keuntungan-keuntungan pondasi tiang bor

- a) Peralatan pengeboran mudah dipindahkan sehingga waktu pelaksanaan relatif lebih cepat
- b) Berdasarkan contoh tanah selama pengeboran dapat dipelajari kesesuaian kondisi tanah yang dijumpai dengan keadaan tanah *boring log* yang dilakukan pada waktu penyelidikan tanah.
- c) Diameter dan kedalaman lubang bor mudah divariasikan sehingga jika terjadi perubahan-perubahan dari rencana semula misalnya beban kolom berubah, kondisi tanah berbeda dengan penyelidikan tanah dapat segera dilakukan penyesuaian-penyesuaian.
- d) Suara dan getaran yang ditimbulkan dari alat *boring* relative lebih kecil jika dibandingkan dengan alat-alat pancang lain.
- e) Dapat digunakan untuk segala macam jenis kondisi tanah misalnya harus menembus lapisan keras, kerakal, lensa-lensa batuan yang tidak dapat ditembus oleh tiang pancang.
- f) Tiang bor merupakan "*high bearing capacity piles*" karena diameter dapat divariasikan sampai 1,5m, sehingga lebih ekonomis untuk beban-beban kolom yang besar terutama untuk pondasi bangunan tinggi. Dalam arti, 1 tiang bor dapat menggantikan suatu kelompok tiang pancang sehingga *pile cap* yang digunakan praktis lebih kecil dan lebih ekonomis.
- g) Tidak diperlukan sambungan tiang terutama untuk tiang-tiang yang dalam dimana pada tiang pancang mempunyai panjang yang terbatas sehingga harus disambung dan titik sambungan biasanya merupakan titik-titik kelemahan selama pemancangan.

Kerugian-kerugian pondasi tiang bore

- a) Prosedur pelaksanaan terutama pengecoran adalah kritis terhadap kualitas tiang secara keseluruhan sehingga memerlukan pengawasan pencatatan yang lebih ketat dan teliti selama pelaksanaan.

- b) Teknis-teknis pelaksanaan kadang sangat sensitif terhadap keadaan tanah yang dijumpai sehingga diperlukan personel-personel yang betul-betul berpengalaman.
- c) Kekurangan pengalaman, pengetahuan dari masalah-masalah pelaksanaan dan metode perencanaan dapat menimbulkan masalah-masalah seperti: keterlambatan pelaksanaan, daya dukung yang tidak dipenuhi dan sebagainya.
- d) Kondisi lapangan pekerjaan lebih kotor/berlumpur dibandingkan dengan pondasi tiang pancang sehingga dapat menghambat pekerjaan.
- e) Karena semakin besar diameter tiang bor yang direncanakan makin besar pula daya dukungnya sehingga apabila diperlukan *loading test*, biasanya menjadi lebih mahal.
- f) Kondisi tanah di kaki tiang sering kali rusak akibat proses pengeboran. Adanya endapan tanah dari runtuh dinding lubang bor atau sedimentasi lumpur menjadikan daya dukung ujung dari tiang bor tidak dapat diandalkan.
- g) Pelaksanaan pondasi tiang bor memerlukan waktu yang cukup lama.

2.5. Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor

Kualitas dari pondasi tiang sangat tergantung dari cara pelaksanaannya. Pemilihan cara pelaksanaan alat yang sesuai, cara pelaksanaan (*workmanship*) yang baik dan pengawasan yang ketat terhadap pelaksanaan pondasi tiang bor sangat penting.

Salah satu faktor utama yang menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan jenis pondasi adalah keandalannya. Arti dari keandalan disini adalah keyakinan bahwa pondasi telah dirancang dapat memikul beban yang diberikan dengan suatu faktor keamanan yang memadai. Konsekuensi dari keandalan yang ditawarkan oleh pondasi tiang bor, perhatian yang lebih besar harus dicurahkan pada detail pelaksanaan. Pada dasarnya, semua cara pelaksanaan pondasi tiang akan merubah keadaannya tanah setempat. Pelaksanaan konstruksi yang dilakukan tanpa pengawasan kontraktor ahli dapat berakibat pada kegagalan konstruksi dan juga terhadap desain pondasi tiang bor yang telah dilakukan.

Pelaksanaan pondasi tiang bor secara garis besar meliputi tahapan sebagai berikut:

1. Penggalian lubang

Penggalian lubang dilakukan dengan cara pengeboran tanah. Pengeboran diawali dengan menentukan posisi peralatan pengeboran dan melakukan pengeboran awal dengan metode kering hingga kedalaman tertentu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengeboran adalah:

- a) Dimensi alat bor dan pemasangan alat pengeboran serta ketelitian letak dan tegak lurusnya tiang.
- b) Persediaan alat-alat bantu yang kiranya diperlukan seperti casing, alat-alat untuk membersihkan lubang, alat-alat pengaman dan sebagainya.
- c) Batas dalamnya pengeboran lubang. Batas ini tergantung dari keadaan tanah. Meskipun umumnya telah ditentukan dalam spesifikasi, namun sebaiknya penentuan dilapangan ditentukan oleh *site soil engineer* yang cukup ahli dan berpengalaman. Pada tanah lempung cukup keras, umumnya lubang tiang dapat langsung dibuat tanpa harus menggunkan casing.

Akibat dari penggalian lubang, maka:

- a) Tanah sekeiling dan di bawah lubang terganggu, serta terjadi perubahan tegangan pada bagian tanah sekitar lubang karena pengambilan tanah.
- b) Jika muka air tanah tinggi, maka akan terjadi aliran air pori tanah ke dalam lubang.

Para ahli umumnya sependapat bahwa kedua peristiwa tersebut diatas akan mengakibatkan berkurangnya kekuatan geser lempung. Untuk mengurangi pengaruh tersebut maka penting akan pengecoran beton dilakukan secepat mungkin setelah lubang dibuat. Sebagian ahli berpendapat bahwa penggunaan *bentonite* juga dapat mengurangi pengaruh tersebut. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan yaitu bahwa dasar lubang bor harus dibersihkan dahulu dari lumpur dan kotoran yang disebabkan oleh longsornya sebagian dinding lubang sebelum beton dicor.

Masalah utama dalam instalasi tiang bor pada tanah pasir adalah masalah pelaksanaan. Pada keadaan tanah khusus, seperti tanah pasir lepas sering memerlukan dipakainya *casing* atau menggunakan *bentonite*. Pengaruh pengeboran tanah pasir pada dasar lubang umumnya sama dengan pada tanah lempung yaitu berkurangnya daya dukung tanah. Berdasarkan penelitian beberapa ahli,

disimpulkan bahwa penggunaan *bentonite* secara praktis tidak mengurangi tahanan selimut tanah pada tiang bor, jika cara pelaksanaan tiang bor cukup baik.

2. Pembersihan lubang

Pembersihan dasar lubang dianggap hal yang paling penting dalam pelaksanaan pengeboran, terlebih jika lubang penuh dengan air. Terdapat banyak cara yang dapat dilakukan, tetapi jika lubang penuh air, pemakaian *cleaning bucket* khusus mungkin yang paling dapat diandalkan. Hal penting juga agar lubang tidak terlalu lama dibiarkan, sebaiknya pemasangan tulangan dan pengecoran dilakukan dalam waktu tidak lebih dari 24 jam setelah lubang dibor.

3. Pemasangan tulangan

Perencanaan besi tulangan untuk tiang bor merupakan bagian dari proses desain dan bentuk geometri besi tulangan memiliki pengaruh yang signifikan pada tahapan konstruksi. Penulangan untuk tiang bor biasanya diperlukan untuk menahan gaya lateral, gaya tarik dan momen yang timbul akibat gaya gempa, angin dan sebagainya.

Besi tulangan yang dipakai harus memenuhi spesifikasi ASTM A 615 yakni mempunyai tegangan leleh minimum 3900 kg/cm². Semua besi tulangan harus dipabrikasi secara akurat dan ukuran-ukurannya harus sesuai dengan gambar kerja (*shop drawing*). Tulangan tiang bor terdiri dari tulangan longitudinal (tulangan utama) dan tulangan transversal (sengkang). Prinsip utama penulangan longitudinal adalah untuk menahan tegangan akibat lentur dan tarik. Apabila tegangan lentur dan tegangan tarik diabaikan, maka tidak diperlukan tulangan utama kecuali diperlukan dalam spesifikasi. Umumnya, penulangan tiang bor akan maksimum pada daerah atas dan berkurang seiring bertambahnya panjang. Tulangan longitudinal yang digunakan adalah tulangan ulir.

Jarak antar tulangan longitudinal harus cukup sehingga tidak menimbulkan masalah aliran beton segar selama proses pengecoran berlangsung. Rekomendasi praktis jarak minimum antar tulangan adalah berkisar dari 3-5 kali ukuran terbesar agregat.

Tulangan transversal berfungsi untuk menahan gaya geser yang bekerja pada tiang bor. Tulangan transversal bisa dipasang dengan dua macam konfigurasi yakni *hoop* dan *spiral*. Rangkaian tulangan harus cukup kuat untuk menahan gaya

akibat beton segar yang mengalir selama proses pengecoran dan tidak boleh terjadi deformasi yang berlebihan pada tulangan. Pemasangan tulangan transversal harus cukup kuat sehingga mampu mengekang tulangan longitudinal dengan baik.

Kedalaman lubang bor umumnya cukup dalam dibanding dengan panjang tulangan besi yang tersedia sehingga tidak mungkin satu rangkaian tulangan yang utuh untuk sepanjang kedalaman tiang bor. Sambungan diperlukan jika kedalaman tiang bor cukup dalam. Sambungan pada tulangan longitudinal umumnya dilakukan dengan membuat *overlap* tulangan longitudinal yang akan disambung sehingga lekatan (*bond*) tulangan cukup kuat. Penyambungan tulangan dilakukan dengan mengelas bagian yang *overlap*.

Untuk membantu dalam proses pabrikasi besi tulangan tiang bor dan untuk memastikan bahwa diameternya tepat, maka tulangan transversal yang berbentuk spiral harus dipabrikasi dengan diameter yang benar. Spiral umumnya memberikan bantuan agar pemasangan tulangan menjadi mudah dan diameternya tepat.

4. Pengecoran beton

Sepertikan dikemukakan sebelumnya, untuk menghindari tegangannya stabilitas lubang bor sehingga terjadi keruntuhan dinding lubang dan sebagainya, maka pelaksanaan pengecoran beton pada tiang bor sebaiknya dilaksanakan segera setelah lubang dibor.

Apabila lubang bor dalam keadaan kering dan tidak terlalu dalam, pengecoran beton biasanya tidak memerlukan teknik tertentu. Lain halnya jika lubang penuh dengan air dan cukup dalam, maka pengecoran beton biasanya dilakukan dengan *tremie*. Pelaksanaan pengecoran dengan *tremie* memerlukan teknik khusus.

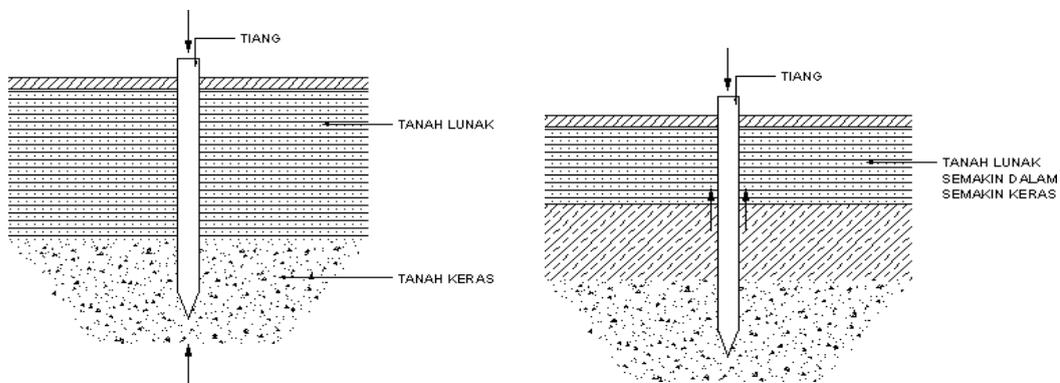
Hal penting pertama yang diperhatikan adalah *workability* dari beton. *Workability* beton diperlukan agar beton mendesak kotoran tanah yang berada pada dasar lubang ke atas serta dapat mendesak kesamping lubang. Biasanya diperlukan beton dengan slump > 15cm. Hal kedua adalah agar beton tidak cepat mengering atau mengeras. Hal ini perlu disesuaikan dengan perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk penyesuaian pengecoran. Hal ini yang perlu diperhatikan adalah teknik menggerakkan *tremie* dan keringgian mengangkat pada saat tahap pengecoran.

2.6. Kapasitas Daya Dukung

2.6.1. Kapasitas Dukung Ujung Tiang dan Tiang Gesek

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 dua macam (Hardiyatmo, 2002), yaitu:

- 1) Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung beradadalam zone tanah yang lunak yang berada diatas tanah keras. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lainnya yang dapat mendukung beban yang diperkirakan yang tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada dibawah ujung tiang (Gambar 2.8a)
- 2) Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya (Gambar 2.8b). Tahanan gesek dan pengaruh konsolidasi lapisan tanah dibawahnya diperhitungkan pada hitungan kapasitas tanah.



Gambar 2.8 Tiang dinjau dari cara medukung bebannya a) *end bearing* b) *friction pile* (Hardiyatmo, 2008)

2.6.2. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Bore Pile

Podasi tiang ataupun bore pile berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah di bawahnya melalui dua mekanisme, yaitu melalui daya dukung ujung tiang dan juga daya dukung selimut tiang. Menurut *Vesic* (1977), pondasi dalam atau pondasi tiang dibutuhkan untuk keadaan sebagai berikut:

- a. Lapisan tanah bagian atas sangat kompresibel dan terlalu lemah untuk memikul beban dari gedung sehingga harus dipikul oleh lapisan tanah yang terletak lebih dalam.
- b. Jika ada gaya horizontal, pondasi tiang menahan momen namun juga tetap menahan beban vertical dari atas.
- c. Jika lapisan tanah di bawah struktur merupakan tanah yang ekspansif dan mudah runtuh.
- d. Struktur yang diharapkan dapat menahan gaya angkat air (*uplift*) yang besar, misalnya menara transmisi dan *offshore* platforms.
- e. Abutment dan pier pada jembatan, digunakan pondasi tiang untuk menghindari penurunan kapasitas daya dukung tanah yang mungkin terjadi pada pondasi dangkal akibat adanya erosi tanah.

Daya dukung ultimit pondasi bore pile dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{ult} = Q_P + Q_S \quad (2.1)$$

2.6.3. Kapasitas Daya Dukung Bore Pile Dengan Data Sondir

Daya dukung pondasi *bore pile* menggunakan data sondir yang dikemukakan oleh ilmuwan Meyerhof sebagai berikut.

A. Kekuatan Ujung Tiang (*end bearing*)

Untuk mendapatkan kekuatan ujung tiang (*end bearing*) dapat menggunakan rumus 2.8

$$Q_p = A_p f_b \quad (2.8)$$

$$f_b = \omega_1 \omega_2 q_{ca} \quad (2.9)$$

Dimana:

A_p = Luas penampang tiang

f_b = Tahanan ujung satuan, untuk tiang bor diambil 70% atau 50%-nya

q_{ca} = q_c rata-rata (Kn/m^2) pada zona $1d$ di bawah ujung tiang dan $4d$ di atasnya

ω_1 = $\{(d+0,5)/2d\}^n$; koefesien modifikasi pengaruh skala, jika $d > 0,5$ $\omega_1 = 1$

ω_2 = $L/10d$; koefesien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan pasir padat saat $L < 10d$, jika $L > 10d$, $\omega_2 = 1$

- d = Diameter tiang (m)
 L = Kedalaman penetrasi tiang di dalam lapisan pasir padat (m)
 n = Nilai eksponensial {(1 untuk pasir longgar ($q_c < 5$ Mpa),
 (2 untuk pasir kepadatan sedang ($5 \text{ Mpa} < q_c < 12 \text{ Mpa}$),
 (3 untuk pasir padat ($q_c > 12 \text{ Mpa}$))}

B. Kekuatan Selimut Tiang (Tahanan Gesek)

Untuk mendapatkan nilai kekuatan selimut tiang atau tahanan gesek dapat menggunakan rumus 2.10.

$$Q_s = f_s A_s \quad (2.10)$$

Dan untuk tiang pancang, kekuatan selimut atau tahanan gesek tiang satuan diambil dari salah satu dari rumus berikut.

$$f_s = K_f q_f \quad \text{dengan } K_f = 1 \quad (2.11)$$

Atau, bila tidak dilakukan pengukuran tahanan gesek sisi konus :

$$f_s = K_c q_c \quad \text{dengan } K_c = 0,005 \quad (2.12)$$

Dimana :

A_s = Luas selimut tiang

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm^2)

K_f = Koefesien modifikasi tahanan gesek sisi konus

K_c = koefesien modifikasi tahanan konus

q_f = Tahanan gesek sisi konus (kg/cm^2)

untuk tiang bor, Meyerhoff menyarankan menggunakan factor reduksi sebesar 70% dan 50% dalam menghitung tahanan gesek tiang dengan menggunakan persamaan 2.11 dan 2.12.

2.7. Penurunan Elastis Tiang Tunggal

Untuk tiang dengan penurunan Elastis (*Immediate/Elastic Settlement*) penurunan yang dihasilkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan, dan terjadi pada volume konstan. Termasuk penurunan pada tanah-tanah berbutir kasar dan tanah-

tanah berbutir halus yang tidak jenuh, karena penurunan terjadi segerasetelah terjadi penerapan beban.

Persamaan penurunan segera atau penurunan elastis dari pondasi yang diasumsikan terletak pada tanah yang homogen, elastis dan isotropis pada media semi tak terhingga, dinyatakan dengan Pers. 2.13.

Penurunan tiang tunggal akibat beban yang bekerja vertical

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (2.13)$$

Dimana :

S = Penurunan total

S_1 = Penurunan batang tiang

S_2 = Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang

S_3 = Penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang

Menentukan S_1

Jika diasumsikan bahwa bahan tiang adalah elastik, maka deformasi batang tiang dapat dievaluasi dengan menggunakan prinsip-prinsip mekanika bahan:

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi \cdot Q_{ws})L}{A_p \cdot E_p} \quad (2.14)$$

dimana:

Q_{wp} = Beban yang dipikul ujung tiang di bawah kondisi beban kerja

Q_{ws} = Beban yang dipikul kulit tiang di bawah kondisi beban kerja

A_p = Luas penampang tiang

L = Panjang tiang

E_p = Modulus Young bahan tiang

Besarnya ξ bergantung pada sifat distribusi tahanan kulit sepanjang batang tiang, diantara 0,5 sampai dengan 0,67. (DAS, 2007)

Menentukan S_2

Penurunan tiang yang ditimbulkan oleh beban pada ujung tiang dapat dinyatakan dalam bentuk yang sama seperti yang diberikan dalam pondasi dangkal:

$$S_2 = \frac{q_{wp} \cdot D}{E_b} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (2.15)$$

$$q_{wp} = Q_{wp} / A_p \quad (2.16)$$

$$E_b = 10 \cdot E_s \quad (2.17)$$

dimana:

D = Lebar atau diameter tiang

q_{wp} = Beban titik per satuan luas ujung tiang (Pers. 2.16)

E_b = Modulus elastisitas dasar tanah (Pers. 2.17)

μ_s = Nisbah poisson tanah

I_{wp} = factor pengaruh sebesar 0.85

E_s = Modulus young tanah

Dalam keadaan tidak adanya hasil eksperimen, nilai modulus young dan nisbah poisson dapat diperoleh dari Tabel 2.1.

Tabel 2.1: parameter elastis tanah (Braja M Das, 2006)

Jenis Tanah	Modulus Young, E _s		Nisbah Poisson, μ _s ²
	MN/m ²	Ib/in ²	
Pasir Lepas	10.35-24.15	1,500-3,500	0.20-0.40
Pasir Padat Medium	17.25-27.60	2,500-4,000	0.25-0.40
Pasir Padat	34.50-55.20	5,000-8,000	0.30-0.40
Pasir Kelanauan	10.35-17.25	1,500-2,500	0.20-0.4
Pasir dan Kerikil	69.00-172.50	10,000-25,000	0.15-0.40
Lempung Lunak	2.07-25.18	300-750	0.20-0.50
Lempung Medium	25.18-10.35	750-1,500	0.20-0.50
Lempung Kaku	10.35-24.15	1,500-3,500	0.20-0.50

Menentukan S_3

Penurunan tiang yang ditimbulkan oleh pembebanan pada kulit tiang dapat diberikan dengan Pers. 2.18. sebagai berikut:

$$S_3 = \frac{Qws}{P.L} \frac{D}{Es} (1 - \mu s^2) Iws \quad (2.18)$$

dimana:

P = Keliling tiang

L = Panjang tiang yang tertanam

Iws = Faktor pengaruh

Perlu dicatat bahwa suku Qws/pL pada persamaan di atas adalah nilai rata-rata f di sepanjang batang tiang. Faktor pengaruh Iws dapat dinyatakan dengan sebuah hubungan empiris yang sederhana (Vesic, 1977) dalam Pers. 2.19.

$$Iws = 2 + 0.35\sqrt{L} \quad (2.19)$$

2.8. Faktor Keamanan

Daya dukung ijin pondasi tiang untuk beban aksial, Q_a atau Q_{ult} , dengan suatu faktor keamanan (FK) baik secara keseluruhan maupun secara terpisah dengan menerapkan faktor keamanan pada daya dukung selimut tiang dan pada tahanan ujungnya. Karena itu daya dukung ijin tiang dapat dinyatakan dalam Pers.2.20 dan 2.21.

$$Q_a = \frac{Q_u}{FK} \quad (2.20)$$

$$Q_a = \frac{Q_p}{FK_{ujung}} + \frac{Q_s}{FK_{selimut}} \quad (2.21)$$

Untuk menentukan faktor keamanan dapat digunakan klasifikasi struktur bangunan menurut *Pugsley (1966)* sebagai berikut:

1. Bangunan monumental, umumnya memiliki umur rencana melebihi 100 tahun, seperti Tugu Monas, Monumen Garuda Wisnu Kencana, jembatan- jembatan besar, dan lain-lain.
2. Bangunan permanen, umumnya adalah bangunan gedung, jembatan, jalan raya dan jalan kereta api, dan memiliki umur rencana 50 tahun.
3. Bangunan sementara, umur rencana bangunan kurang dari 25 tahun.

Faktor-faktor lain kemudian ditentukan berdasarkan tingkat pengendaliannya pada saat konstruksi.

1. Pengendalian baik: kondisi tanah cukup homogen dan konstruksi didasarkan pada program penyelidikan geoteknik yang tepat dan profesional, terdapat informasi uji pembebanan di dekat lokasi proyek dan pengawasan konstruksi dilaksanakan secara ketat (Tabel 2.2).
2. Pengendalian normal : Situasi yang paling umum, hampir serupa dengan kondisi diatas, tetapi kondisi tanah bervariasi dan tidak tersedia data pengujian tanah (Tabel 2.2).
3. Pengendalian kurang: Tidak ada uji pembebanan, kondisi tanah sulit dan bervariasi, tetapi pengujian geoteknik dilakukan dengan baik (Tabel 2.2).
4. Pengendalian buruk: Kondisi tanah amat buruk dan sukar ditentukan, penyelidikan geoteknik tidak memadai (Tabel 2.2).

Tabel 2.2: Faktor keamanan untuk pondasi tiang (*Reese & O'Neil, 1999*,; *Pugsley, 1996*).

Klasifikasi struktur bangunan	Bangunan monumental	Bangunan permanen	Bangunan sementara
FK (Pengendalian baik)	2.3	2.0	1.4
FK (Pengendalian normal)	3.0	2.5	2.0
FK (Pengendalian kurang)	3.5	2.8	2.4
FK (Pengendalian buruk)	4.0	3.4	2.8

2.9. Parameter Tanah

Parameter tanah adalah ukuran atau acuan untuk mengetahui atau menilainya suatu proses perubahan yang terjadi dalam tanah baik dari sifat fisik dan jenis tanah. Dengan mengenal dan mempelajari sifat-sifat tersebut, keputusan yang diambil dalam perancangan akan lebih ekonomis. Karena sifat-sifat tersebut maka penting dilakukan penyelidikan tanah (*soil investigation*).

Dari uji lapangan yang dilakukan kita bisa mendapatkan parameter-parameter tanah yang dapat digunakan untuk analisis maupun desain. Interpretasi data geoteknik mempunyai tingkat ketelitian yang berbeda-beda tergantung pada uji yang dilakukan, kompleksitas material alami yang terjadi, perubahan setempat dan asal-usul bahan.

1. Modulus Young

Karena sulitnya pengambilan contoh asli di lapangan untuk tanah granuler maka beberapa pengujian lapangan telah dikerjakan untuk mengestimasi nilai modulus elastisitas tanah. Nilai perkiraan modulus elastisitas dapat diperoleh dari pengujian SPT (Standart Penetration Test) dan sondir atau CPT (Cone Penetration Test). Modulus elastisitas tanah dapat didapat dengan cara pendekatan terhadap jenis dan konsistensi tanah dengan nilai-nilai Tekanan konus (q_c) dapat dikorelasikan terhadap konsistensi tanah lempung pada suatu lapisan tanah. Tabel 2.3 sampai 2.6.

Tabel 2.3 : Hubungan antara konsistensi dengan undrained cohesion (Terzaghi dan Peck, 1976)

konsistensi	Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran Undrained cohesion (KN/m ²)
<i>Very Soft</i>	0 - 2	< 12
<i>Soft</i>	2 - 4	12 – 25.0
<i>Medium Stiff</i>	4 - 8	25.0 – 50.0
<i>Stiff</i>	8 - 15	50.0 – 100.0
<i>Very stiff</i>	15 - 30	100.0 – 200.0
<i>Hard</i>	>30	> 200.0

Tabel 2.4 : Hubungan antara kepadatan, relative density, nilai N, qc dan ϕ (Begemann, 1965)

Kepadatan	Relative Density (Dr)	Nilai N	Tekanan Konus qc (kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (ϕ^0)
<i>Very loose</i>	< 0.2	< 4	< 20	< 30
<i>Loose</i>	0.2 – 0.4	4 – 10	20 – 40	30 – 35
<i>Medium dense</i>	0.4 – 0.6	10 – 30	40 – 120	35 – 40
<i>Dense</i>	0.6 – 0.8	30 – 50	120 – 200	40 – 45
<i>Very Dense</i>	0.8 – 1.0	> 50	> 200	> 45

Tabel 2.5: Korelasi N-SPT dengan modulus elastisitas pada tanah pasir (Schmertman, 1970).

Subsurface condition	Penet. Resistance (N)	Friction Angle ϕ (deg)	Poisson Ratio (v)	Cone penetration qc=4N	Relative Density Dr(%)	Young's Modulus Range Es (psi)	Shear Modulus Range G (psi)
Very loose	0-4	28	0,45	0-16	0-15	0-440	0-160
Loose	04-10	28-30	0,4	16-40	15-35	440-1100	160-390
Medium	10-30	30-36	0,35	40-120	35-65	1100-3300	390-1200
Dense	30-50	36-41	0,3	120-100	65-85	3300-5500	1200-1990
Very dense	50-100	41-45	0,2	200-400	85-100	5500-10000	1990-3900

Tabel 2.6: Korelasi N-SPT dengan modulus elastisitas pada tanah lempung (Randolph, 1978).

Subsurface condition	Penetration resistance range	E ₅₀ (%)	Poisson's Ratio (v)	Shear strength Su (psf)	Young's Modulus Range Es (psi)	Shear Modulus Range G (psi)
Very soft	2	0,020	0,5	250	170-340	60-110
Soft	2-4	0,020	0,5	375	260-520	80-170
Medium	4-8	0,020	0,5	750	520-1040	170-340
Stiff	8-15	0,010	0,45	1500	1040-2080	340-690
Very stiff	15-30	0,005	0,40	3000	2080-4160	690-1390
Hard	30	0,004	0,35	4000	2890-5780	960-1930
	40	0,004	0,35	5000	3470-6940	1150-2310
	60	0,0035	0,30	7000	4860-9720	1620-3420
	80	0,0035	0,30	9000	6250-12500	2080-4160
	100	0,003	0,25	11000	7640-15270	2540-5090
	120	0,003	0,25	13000	9020-18050	3010-6020

2. Poisson's Ratio (ν')

Poisson's Ratio sering dianggap sebesar 0,2 – 0,4 dalam pekerjaan – pekerjaan mekanika tanah. Nilai sebesar 0,5 biasanya digunakan untuk tanah jenuh dan nilai 0 sering digunakan untuk tanah kering dan tanah lainnya untuk kemudahan dalam perhitungan, ini disebabkan nilai dari rasio poisson sukar diperoleh untuk tanah (Hardiyatmo, 1994). Dalam Tabel 2.7 ditunjukkan hubungan antara jenis tanah, konsistensi dengan poisson ratio.

Tabel 2.7: Hubungan Jenis Tanah dan poisson ratio (ν') (Hardiyatmo, 1994).

Soil Type	Description	(ν')
Clay	Soft	0.35-0.40
	Medium	0.30-0.35
	Stiff	0.20-0.30
Sand	Loose	0.15-0.25
	Medium	0.25-0.30
	Dense	0.25-0.35

3. Kohesi (c)

Kohesi ialah gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser tanah, kohesi ialah parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah. Deformasi dapat terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Nilai dari kohesi didapat dari *engineering properties*, yaitu dengan *triaxial test* dan *direct shear test*.

4. Berat Isi Tanah Kering (γ_{dry})

Berat isi tanah kering adalah perbandingan antara berat tanah kering dengan satuan volume tanah. Berat isi tanah kering diperoleh dari pengujian di laboratorium. Berat isi tanah kering dapat juga menggunakan korelasi dengan jenis tanah seperti Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Hubungan jenis tanah dengan berat isi tanah kering (Soedarmo, 1993).

Jenis Tanah	Angka Pori e	Kadar air dalam keadaan jenuh (%)	Berat isi tanah kering γ_{dry}	
			lb/ft ³	kN/m ³
Pasir lepas seragam	0.80	30	92	14.50
Pasir padat seragam	0.45	16	116	18
Pasir kelanauan lepas berbutir tajam/bersudut	0.65	25	102	16
Lempung kaku	0.60	21	108	17
Lempung lunak	0.90-1.40	30-50	73-93	11.50-14.50
Loess	0.90	25	86	13.50
Lempung organik lunak	2.50-3.20	90-120	38-51	06-08
Tanah glasial	0.30	10	134	21

5. Berat Isi Tanah Jenuh (γ_{sat})

Berat isi tanah jenuh adalah perbandingan antara berat tanah jenuh air dengan satuan volume tanah seluruhnya. Di mana berat isi tanah kering juga diperoleh dari pengujian dilaboratorium, atau dengan Pers. 2. 22.

$$\gamma_{sat} = \gamma_{dry} + 9.8$$

(2.22)

6. Sudut Geser Dalam (ϕ)

Sudut geser dalam bersama dengan kohesi merupakan faktor dari kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah. Deformasi dapat terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Nilai dari sudut geser dalam didapat dari *engineering properties* tanah, yaitu dengan *triaxial test* dan *direct shear test*.

7. Sudut Dilatasi (Ψ)

Sudut dilatasi, ψ dinyatakan dalam derajat. Selain tanah lempung yang terkonsolidasi sangat berlebih, tanah lempung cenderung tidak menunjukkan dilatasi sama sekali yaitu $\psi = 0$. Dilatasi dari tanah pasir tergantung pada kepadatan serta sudut gesernya (Bakker dkk,2002), yang dinyatakan dengan Pers. 2. 23.

$$\Psi = \phi - 30^\circ$$

(2.23)

8. Permeabilitas (k)

Permeabilitas adalah kecepatan masuknya air pada tanah dalam keadaan jenuh. Penetapan permeabilitas dalam tanah baik vertikal maupun horizontal sangat penting peranannya dalam pengelolaan tanah dan air. Nilai koefisien *permeabilitas* tanah dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah tersebut seperti pada Tabel 2.9:

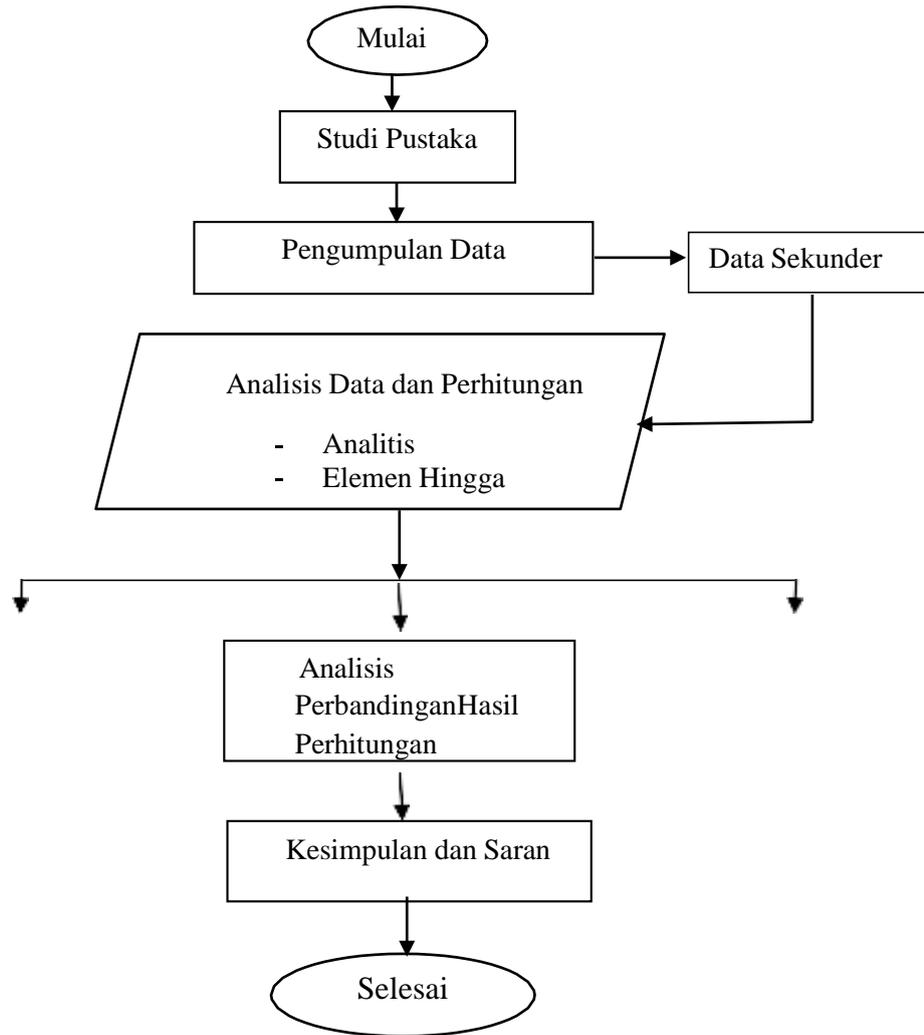
Tabel 2.9: Nilai koefisien Permeabilitas tanah (Braja,1995).

Jenis tanah	Permeabilitas (K)	
	cm/dtk	ft/mnt
Kerikil bersih	1.0-100	2.0-200
Pasir Kasar	1.0 - 0.01	2.0 – 0.02
Pasir Halus	0.01 – 0.001	0.02 – 0.002
Lanau	0.001 – 0.00001	0.002 – 0.00002

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan perencanaan dapat disajikan secara sistematis dalam Gambar 3.1.

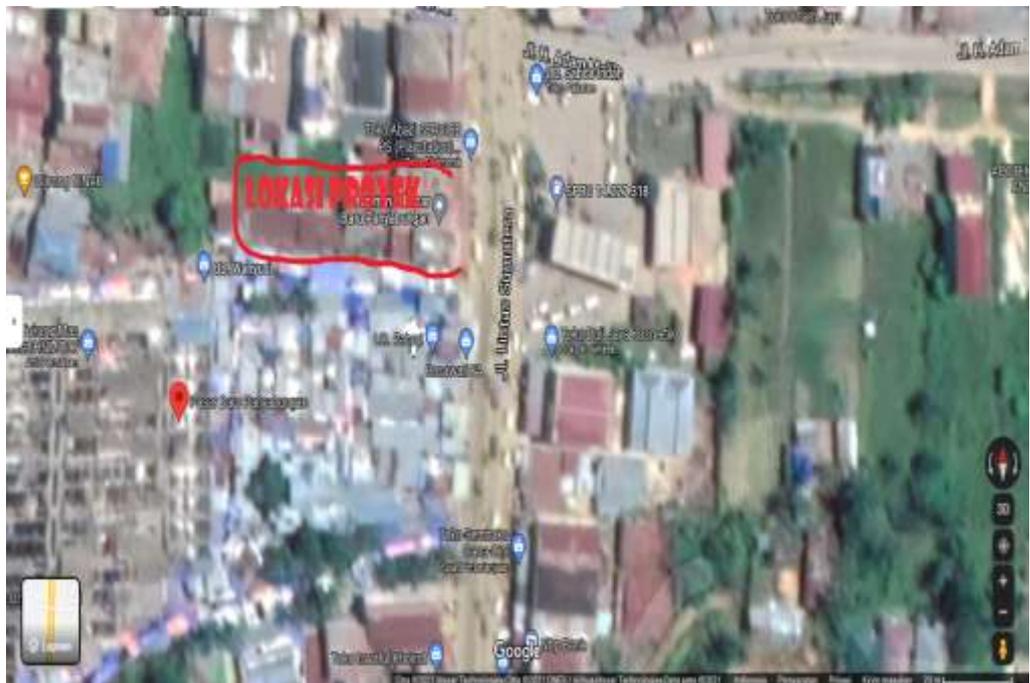


Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian.

3.2.Data Umum Proyek

Data umum dari proyek pembangunan pasar baru mandailing natal sebagai berikut:

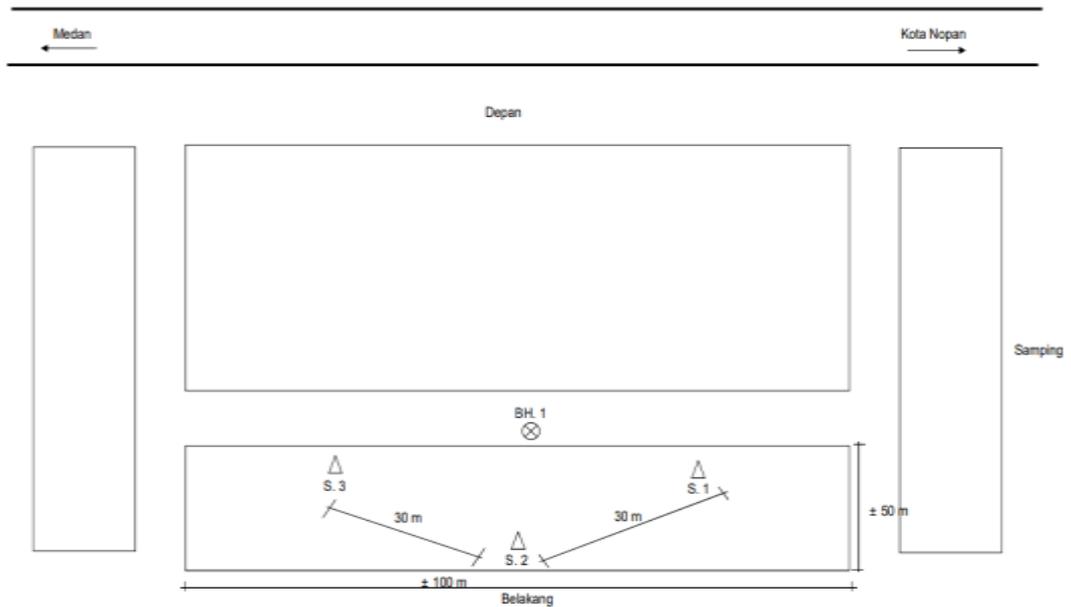
1. Nama Proyek : Pembangunan Pasar Baru Mandailing Natal
2. Lokasi Proyek : Penyambungan, Kab. Mandailing Natal
Prov. Sumatera Utara
3. Kontraktor Pelaksana : PT. BETESDA MANDIRI
4. Denah lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2: Denah lokasi proyek pembangunan pasar baru penyambungan

3.3. Lokasi Titik Pengeboran

Dari data yang di peroleh dari pihak kontraktor pelaksanaan pengeboran ada 4 titik dan melakukan 2 pengujian,yaitu CPT (*cone penetration test*) dan SPT (*standart penetration test*). 3 titik dilakukan pengujian sondir ataupun CPT (*cone penetration test*) dan untuk satu titik lagi dilakukan pegujian boring ataupun SPT (*standart penetration test*). Dan di sini penulis memilih menggunakan data pengujian sondir. Lokasi pengeboran atau pengujian dapat di lihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Denah lokasi pengeboran CPT dan SPT

3.4. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada tugas akhir ini, semuanya merupakan data sekunder. Data sekunder dalam tugas akhir ini di dapat dari kontraktornya langsung yang meliputi hasil PDA TEST, data tanah yang merupakan hasil dari pengujian sondir dan SPT (*standart penetration test*) dan data dari pengujian laboratorium.

3.5. Analisa Data Tanah

Data material tanah dalam penelitian ini adalah data sekunder yang didapat dari kontraktor langsung yang menangani pekerjaan pembangunan pasar baru mandailing natal. Data yang dimaksud adalah data dari hasil pengujian sondir sedalam 5.2 m dan pengujian SPT (*standart penetration test*) sedalam 30 m (Tabel 3.1 sampai 3.6) dan data hasil laboratorium yang terletak di sekitar kawasan pembangunan lihat Tabel 3.2.

Tabel 3.1: Data hasil pengujian lapangan Sondir

Test No	Kedalaman (m)	Perlawanan Konus CR (kg/cm ²)	Jumlah Hambatan Lekat TSF (kg/cm)
S.1	4.80	203	268
S.2	4.40	206	254
S.3	5.20	204	266

Tabel 3.2: Data hasil pengujian laboratorium

Bore Hole No.		BH. 1		
Sample Depth (m)		5.00 – 5.50	9.50 - 10.00	15.00 – 15.50
Condition of sample		UDS	UDS	DS
Moisture Content	W (%)	25.32	23.86	21.75
Natural Density	g _w (gr/cc)	1.718	1.734	-
Dry Density	g (gr/cc)	1.371	1.400	-
Specific Gravity	G _s	2.587	2.592	2.598
Void Ratio	e	0.8871	0.8515	-
Porosity	n	0.4701	0.4599	-
Degree of Saturation	S _r (%)	73.84	72.63	-
<u>Atterberg Limit Test</u>				
Liquit Limit LL	(%)	-	-	-
Plastic Limit PL	(%)	NP	NP	NP
Plastic Index PI	(%)	NP	NP	NP
<u>Sieve Analysis Test</u>				
No. 4	Passing Percent	100.00	100.00	100.00
No. 10	Passing Percent	100.00	99.73	98.41
No. 20	Passing Percent	99.06	98.02	96.15
No. 40	Passing Percent	96.11	95.27	91.81
No. 60	Passing Percent	84.35	82.67	77.26
No. 100	Passing Percent	55.82	53.65	51.27
No. 200	Passing Percent	24.51	22.63	23.81
<u>Unconfined Compression Test</u>				
qult	(Kg/cm ²)	NP	NP	-
Strain	(%)	-	-	-
<u>Direct Shear Test</u>				
Internal Friction f	(Degree)	34°	38°	-
Cohesion C	(Kg / cm ²)	0.045	0.026	-

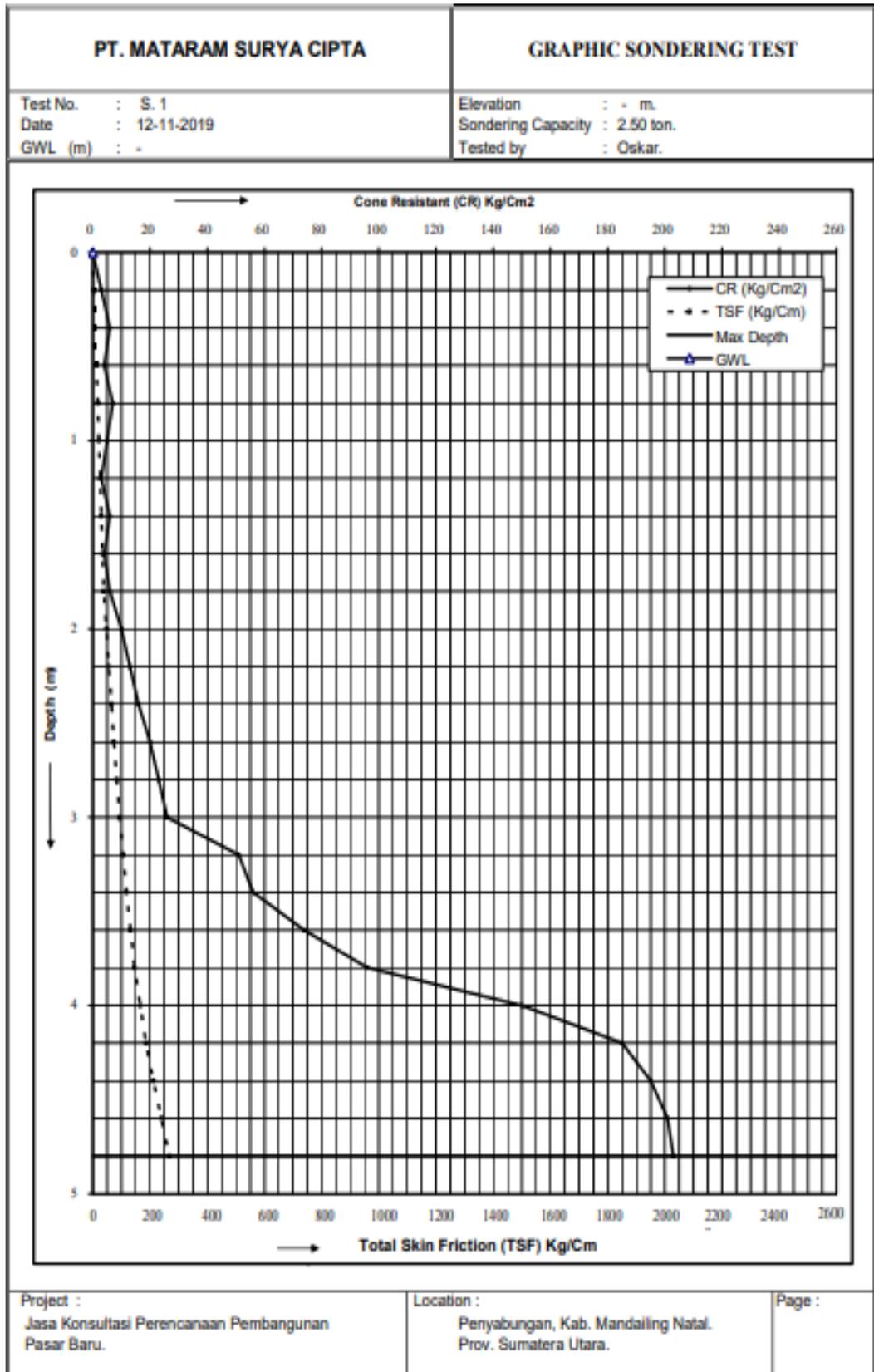
Bore Hole No.		BH. 1		
Sample Depth (m)		19.50 – 20.00	25.00 – 25.50	29.50 - 30.00
Condition of sample		DS	DS	DS
Moisture Content	W (%)	20.62	21.11	20.34
Natural Density	g _w (gr/cc)	-	-	-
Dry Density	g (gr/cc)	-	-	-
Specific Gravity	G _s	2.602	2.610	2.615
Void Ratio	e	-	-	-
Porosity	n	-	-	-
Degree of Saturation	S _r (%)	-	-	-
<u>Atterberg Limit Test</u>				
Liquit Limit LL	(%)	-	-	-
Plastic Limit PL	(%)	NP	NP	NP
Plastic Index PI	(%)	NP	NP	NP
<u>Sieve Analisis Test</u>				
No. 4	Passing Percent	98.12	97.47	96.38
No. 10	Passing Percent	97.36	95.71	92.84
No. 20	Passing Percent	93.68	91.92	85.65
No. 40	Passing Percent	87.54	82.62	74.95
No. 60	Passing Percent	75.45	69.84	56.23
No. 100	Passing Percent	48.14	42.35	36.52
No. 200	Passing Percent	21.75	19.74	18.67

Tabel 3.3: Data description tanah dari pengujian lapangan

No	Kedalaman (m)	Tebal lapisan (m)	Deskripsi Tanah
1	0.00 – 0.50	0.50	Aspal dan timbunan batuan
2	0.50 – 4.50	4.00	Lempung berlanau kepasiran bercampur gravell halus, berwarna abuabu gelap, kekakuan sedang, plastis sedang, kadar air sedang.
3	4.50 – 15.00	10.50	Pasir halus berlanau, berwarna ba-abu gelap, kepadatan sedang kepadat, tidak berplastis, kadar air rendah.
4	15.00 – 30.45	15.45	Pasir halus berlanau, berwarna ba-abu gelap, padat, tidak berplastis, kadar air rendah.

Tabel 3.4: Data uji lapangan Sondir pada titik S.1

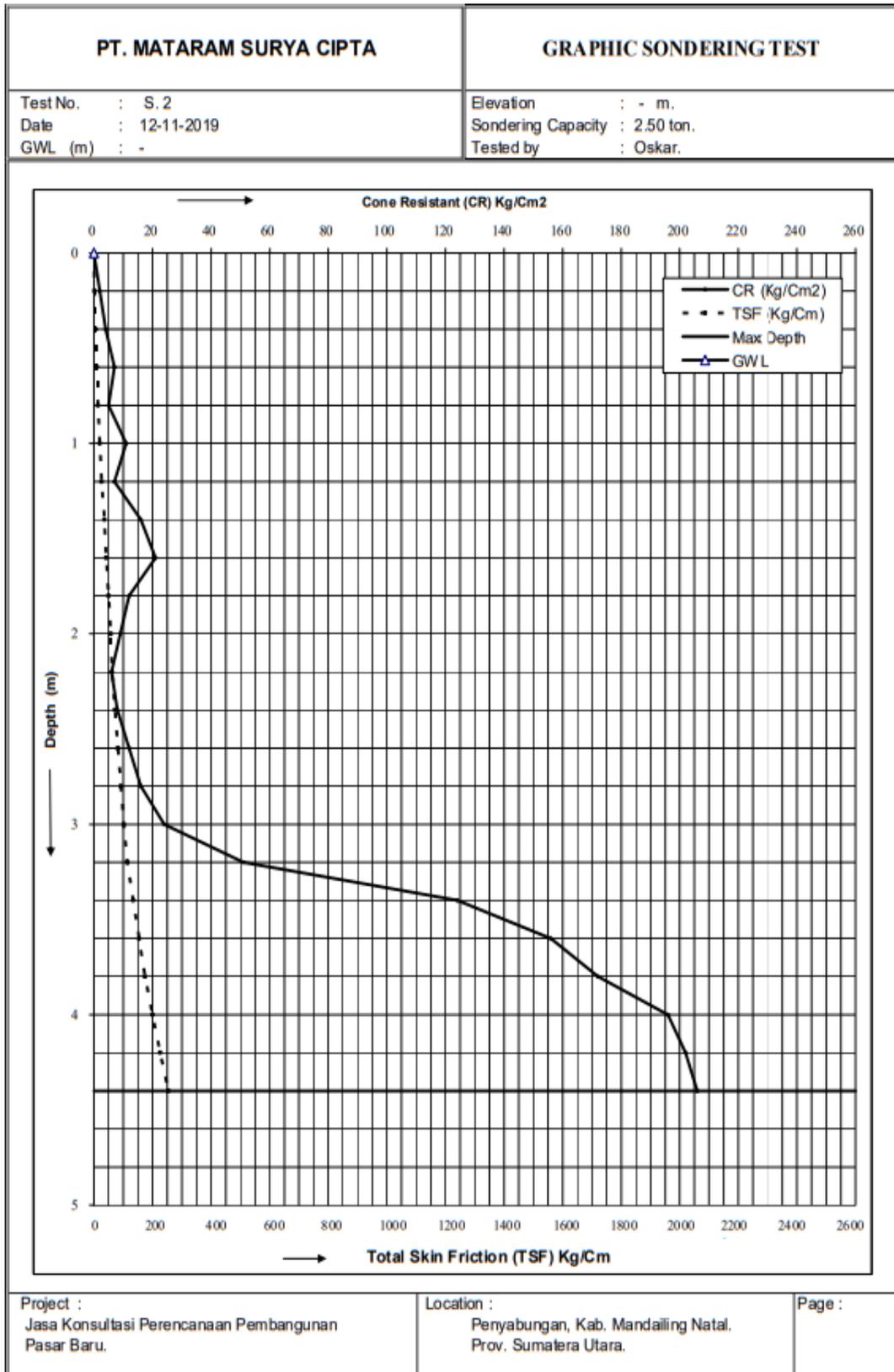
PT. MATARAM SURYA CIPTA			SONDERING TEST			
Test no.	:	S.1	Elevation	:	- m	
Date	:	12/11/2019	Sondering Capacity	:	2.50 ton	
GWL (m)	:		Tested by	:	oskar	
depth (m)	Cone Resistant (CR) kg/cm2	Total Resistant (TR) kg/cm2	Skin Friction (SF) kg/cm2	Skin Friction x 20/10 kg/cm	Total Skin Friction (TSF) kg/cm	Local skin Friction (LSF) kg/cm
0.00	0	0	0	0	0	0,00
0.20	3	5	2	4	4	0,20
0.40	6	8	2	4	8	0,20
0.60	4	6	2	4	12	0,20
0.80	7	10	3	6	18	0,30
1.00	5	7	2	4	22	0,20
1.20	3	5	2	4	26	0,20
1.40	6	8	2	4	30	0,20
1.60	4	6	2	4	34	0,20
1.80	6	8	2	4	38	0,20
2.00	10	15	5	10	48	0,50
2.20	13	17	4	8	56	0,40
2.40	16	21	5	10	66	0,50
2.60	20	24	4	8	74	0,40
2.80	23	28	5	10	84	0,50
3.00	26	31	5	10	94	0,50
3.20	51	57	6	12	106	0,60
3.40	56	62	6	12	118	0,60
3.60	74	81	7	14	132	0,70
3.80	96	103	7	14	146	0,70
4.00	150	160	10	20	166	1,00
4.20	185	195	10	20	186	1,00
4.40	195	208	13	26	212	1,30
4.60	201	215	14	28	240	1,40
4.80	203	217	14	28	268	1,40
5.00						
5.20						
jumlah	1363	1497	134	268	2188	13,4
rata-rata	56,7916	62,375	5,5833	11,166	91,16666667	0,5583333333
qca 1	199,6667					
qca 2	60					



Gambar 3.4: Grafik data pengujian lapangan Sondir pada titik S.1

Tabel 3.5: Data pengujian lapangan Sondir pada titik S.2

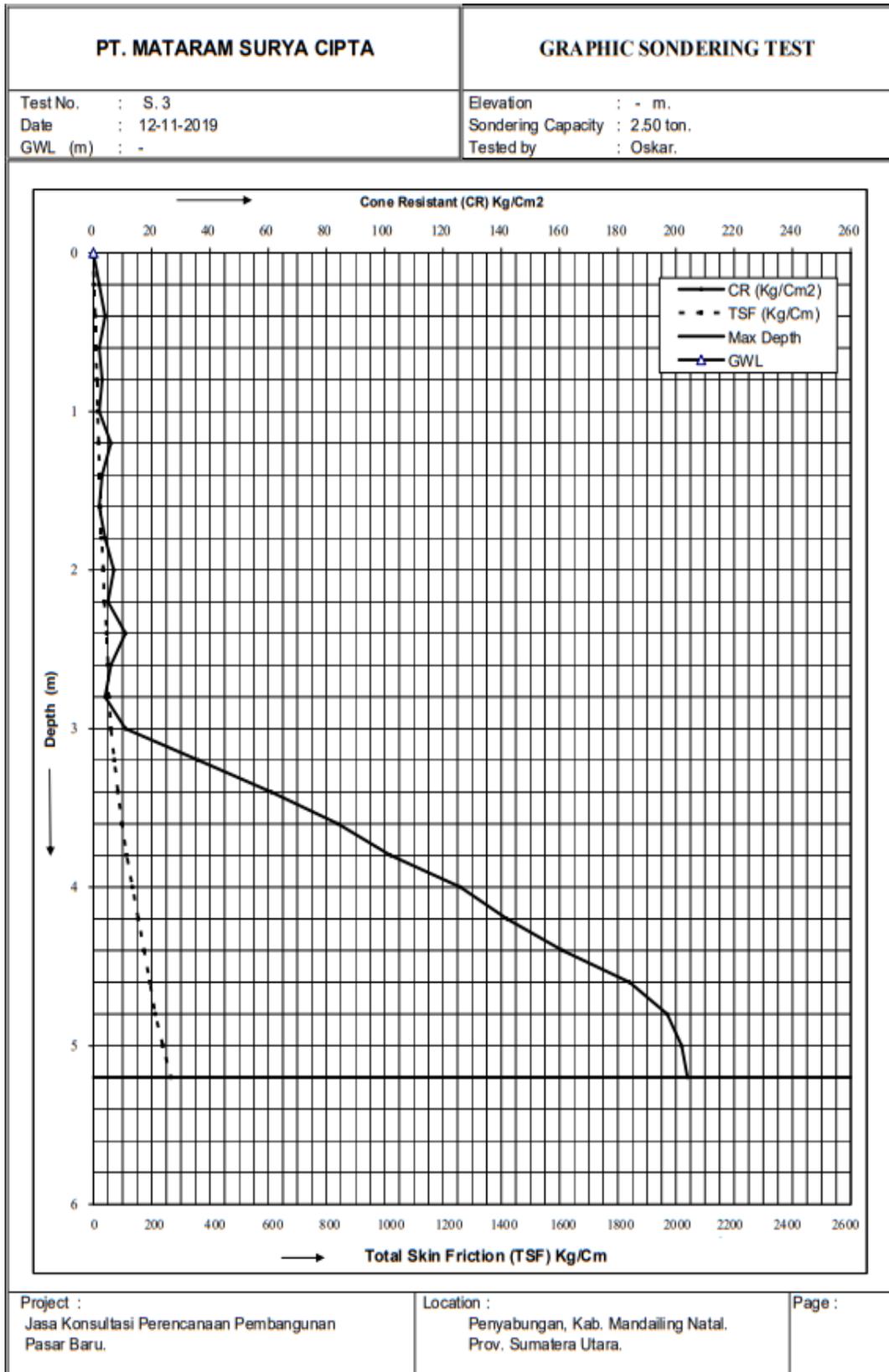
PT. MATARAM SURYA CIPTA			SONDERING TEST			
Test no.	:	S.2	Elevation	:	- m	
Date	:	12/11/2019	Sondering Capacity	:	2.50 ton	
GWL (m)	:		Tested by	:	oskar	
depth (m)	Cone Resistant (CR) kg/cm ²	Total Resistant (TR) kg/cm ²	Skin Friction (SF) kg/cm ²	Skin Friction x 20/10 kg/cm	Total Skin Friction (TSF) kg/cm	Local skin Friction (LSF) kg/cm
0.00	0	0	0	0	0	0,00
0.20	2	3	1	2	2	0,10
0.40	4	6	2	4	6	0,20
0.60	7	9	2	4	10	0,20
0.80	5	7	2	4	14	0,20
1.00	11	14	3	6	20	0,30
1.20	7	10	3	6	26	0,30
1.40	16	21	5	10	36	0,50
1.60	21	24	3	6	42	0,30
1.80	12	16	4	8	50	0,40
2.00	9	13	4	8	58	0,40
2.20	6	8	2	4	62	0,20
2.40	8	13	5	10	72	0,50
2.60	12	17	5	10	82	0,50
2.80	16	21	5	10	92	0,50
3.00	24	29	5	10	102	0,50
3.20	51	57	6	12	114	0,60
3.40	124	134	10	20	134	1,00
3.60	256	266	10	20	154	1,00
3.80	172	182	10	20	174	1,00
4.00	196	209	13	26	200	1,30
4.20	202	215	13	26	226	1,30
4.40	206	220	14	28	254	1,40
4.60						
4.80						
5.00						
5.20						
jumlah	1367	1494	127	254	1930	12,7
rata-rata	62,13636	67,909091	5,77273	11,54545	87,72727273	0,5772727
qca 1	201,3333					
qca 2	59,25					



Gambar 3.5: Grafik data pengujian lapangan Sondir pada titik S.2

Tabel 3.6: Data pengujian lapangan Sondir pada titik S.3

PT. MATARAM SURYA CIPTA			SONDERING TEST			
Test no.	:	S.3	Elevation	:	- m	
Date	:	12/11/2019	Sondering Capacity	:	2.50 ton	
GWL (m)	:		Tested by	:	oskar	
depth (m)	Cone Resistant (CR) kg/cm2	Total Resistant (TR) kg/cm2	Skin Friction (SF) kg/cm2	Skin Friction x 20/10 kg/cm	Total Skin Friction (TSF) kg/cm	Local skin Friction (LSF) kg/cm
0.00	0	0	0	0	0	0,00
0.20	2	3	1	2	2	0,10
0.40	4	6	2	4	6	0,20
0.60	2	3	1	2	8	0,10
0.80	3	5	2	4	12	0,20
1.00	2	3	1	2	14	0,10
1.20	6	8	2	4	18	0,20
1.40	3	5	2	4	22	0,20
1.60	2	3	1	2	24	0,10
1.80	4	6	2	4	28	0,20
2.00	7	10	3	6	34	0,30
2.20	5	7	2	4	38	0,20
2.40	11	15	4	8	46	0,40
2.60	6	8	2	4	50	0,20
2.80	4	6	2	4	54	0,20
3.00	11	14	3	6	60	0,30
3.20	36	42	6	12	72	0,60
3.40	61	67	6	12	84	0,60
3.60	84	91	7	14	98	0,70
3.80	102	110	8	16	114	0,80
4.00	126	136	10	20	134	1,00
4.20	142	152	10	20	154	1,00
4.40	161	171	10	20	174	1,00
4.60	184	194	10	20	194	1,00
4.80	197	206	9	18	212	0,90
5.00	202	215	13	26	238	1,30
5.20	204	218	14	28	266	1,40
jumlah	1165	1271	106	212	1652	10,6
rata-rata	48,54167	52,958333	4,41667	8,833333	68,83333333	0,4416667
qca 1	201					
qca 2	77,33333					



Gambar 3.6: Grafik data pengujian lapangan Sondir pada titik S.3

3.6. Analisa Parameter Tanah

Metode yang dipakai pada pemodelan ini adalah *Mohr Coulomb*. Pada model ini diasumsikan perilaku tanah bersifat plastis sempurna. Adapun parameter yang dibutuhkan dalam pemodelan ini yaitu, Modulus Young (E) (*stiffness modulus*), *Poisson's ratio* (ν), sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), sudut dilantansi (Ψ) berat isi tanah (γ).

Parameter tanah dari hasil uji SPT, Sondir dan laboratorium ini di ambil dari penyelidikan tanah yang dilaksanakan oleh PT. Mataram Surya Citra yang ditunjuk oleh kontraktor sebagai pelaksana pengujian lapangan. Karena keterbatasan data, maka sebagian parameter tanah pada lapisan tertentu ditentukan berdasarkan korelasikan nilai perlawanan konus (CR) dan juga jenis tanah pada lapisan. Dari hasil pengujian Sondir didapat nilai perlawanan konus, dari nilai tersebut disimpulkan bahwa tanah terbagi dua lapis dilihat dari keseragaman nilai perlawanan konus dapat di lihat pada Tabel 3.7.

1. Modulus young (*stiffness modulus*) didapat dari nilai perkiraan modulus elastisitas tanah, bisa dilihat pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6. Yaitu dengan mengkorelasi nilai N-SPT. N-SPT didapat dengan menggunakan rumus $N-SPT = \text{perlawanan konus} / 4$.
2. Angka poisson (ν), didapat dari hubungan jenis tanah dan poisson ratio yaitu pada Tabel 2.7.
3. Sudut geser dalam (ϕ), menggunakan Tabel 2.4 dengan cara mengkorelasi nilai N-SPT yang di dapat dari nilai perlawanan konus yang diubah menggunakan rumus $N-SPT = \text{perlawanan konus} / 4$.
4. Kohesi (c) biasanya diperoleh dari pengujian laboratorium yang dilaksanakan oleh pihak kontraktor, lihat pada Tabel 3.2.
5. Berat isi tanah kering (γ_{dry}) didapat dari Tabel 2.8 yaitu dengan cara pendekatan (korelasi) antara jenis tanah dengan berat isi tanah kering.
6. Berat isi tanah jenuh (γ_{sat}) diperoleh dengan cara menggunakan Pers. 2.22.
7. Sudut Dilantasi didapat dengan menggunakan Pers. 2.23.
8. Koefisien Rembesan (K_x, K_y) didapat dari nilai koefisien *permeabilitas* tanah pada berbagai jenis tanah yang terdapat pada Tabel 2.9.

Tabel 3.7: Parameter tanah pada titik sondir 1

No	Parameter	simbol	lapisan		satuan
			1	2	
1	Model material	-	Mohr coulomb	Mohr coulomb	-
2	Jenis perilaku	-	Terdrainase	Terdrainase	-
3	Berat isi tanah di atas garis freatik	γ_{dry}	11,12	11,12	kN/m ³
4	Berat isi tanah di bawah garis freatik	γ_{sat}	20,9	20,9	kN/m ³
5	permeabilitas arah horizontal	K_x	8,64,E-04	8,64,E-04	m/hari
6	permeabilitas arah vertical	K_y	8,64,E-04	8,64,E-04	m/hari
7	Modulus young	E	2768,7	32162,4	kN/m ²
8	Angka poisson	ν	0,3	0,3	-
9	Kohesi	c	1	1	kN/m ²
10	Sudut geser dalam	ϕ	5,85	45,68	°
11	Sudut dilatansi	ψ	0	15,68	°

Tabel 3.8: Parameter tanah pada titik sondir 2

No	Parameter	simbol	lapisan		satuan
			1	2	
1	Model material	-	Mohr coulomb	Mohr coulomb	-
2	Jenis perilaku	-	Terdrainase	Terdrainase	-
3	Berat isi tanah di atas garis freatik	γ_{dry}	11,12	11,12	kN/m ³
4	Berat isi tanah di bawah garis freatik	γ_{sat}	20,9	20,9	kN/m ³
5	permeabilitas arah horizontal	K_x	8,64,E-04	8,64,E-04	m/hari
6	permeabilitas arah vertical	K_y	8,64,E-04	8,64,E-04	m/hari
7	Modulus young	E	2928,1	32162,4	kN/m ²
8	Angka poisson	ν	0,3	0,3	-
9	Kohesi	c	1	1	kN/m ²
10	Sudut geser dalam	ϕ	5,4	46,35	°
11	Sudut dilatansi	ψ	0	16,35	°

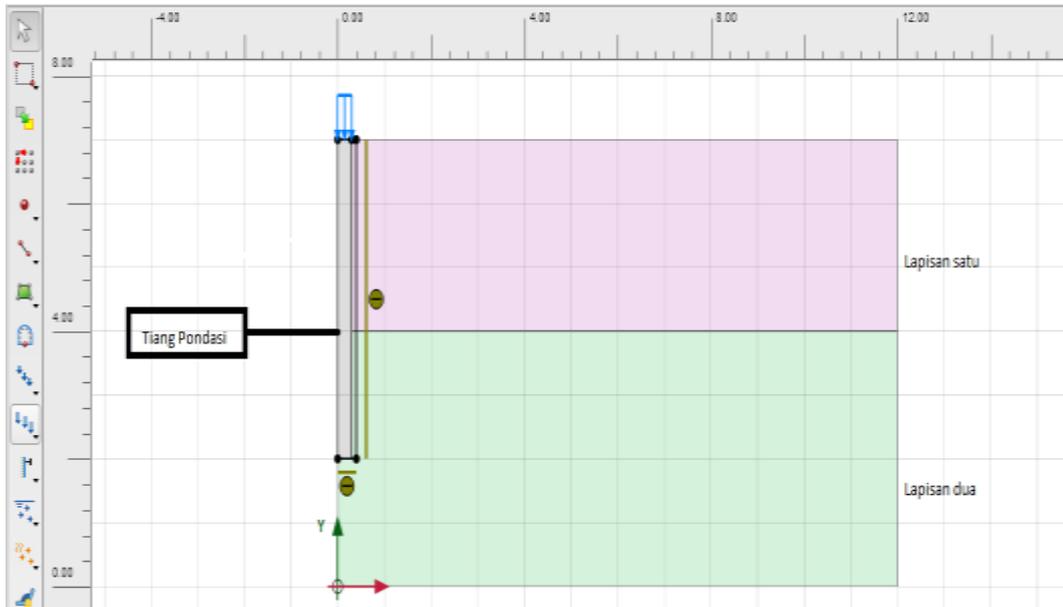
Tabel 3.9: Parameter tanah pada titik sondir 3

No	Parameter	simbol	lapisan		satuan
			1	2	
1	Model material	-	Mohr coulomb	Mohr coulomb	-
2	Jenis perilaku	-	Terdrainase	Terdrainase	-
3	Berat isi tanah di atas garis freatik	γ_{dry}	11,12	11,12	kN/m ³
4	Berat isi tanah di bawah garis freatik	γ_{sat}	20,9	20,9	kN/m ³
5	permeabilitas arah horizontal	K_x	8,64,E-04	8,64,E-04	m/hari
6	permeabilitas arah vertical	K_y	8,64,E-04	8,64,E-04	m/hari
7	Modulus young	E	1274,8	29028	kN/m ²
8	Angka poisson	ν	0,3	0,3	-
9	Kohesi	c	1	1	kN/m ²
10	Sudut geser dalam	ϕ	2,5	45,9	°
11	Sudut dilatansi	ψ	0	15,9	°

3.7.Menghitung Daya Dukung dan Penurunan Dengan Metode Elemen Hingga

3.7.1.Pemodelan Geometri

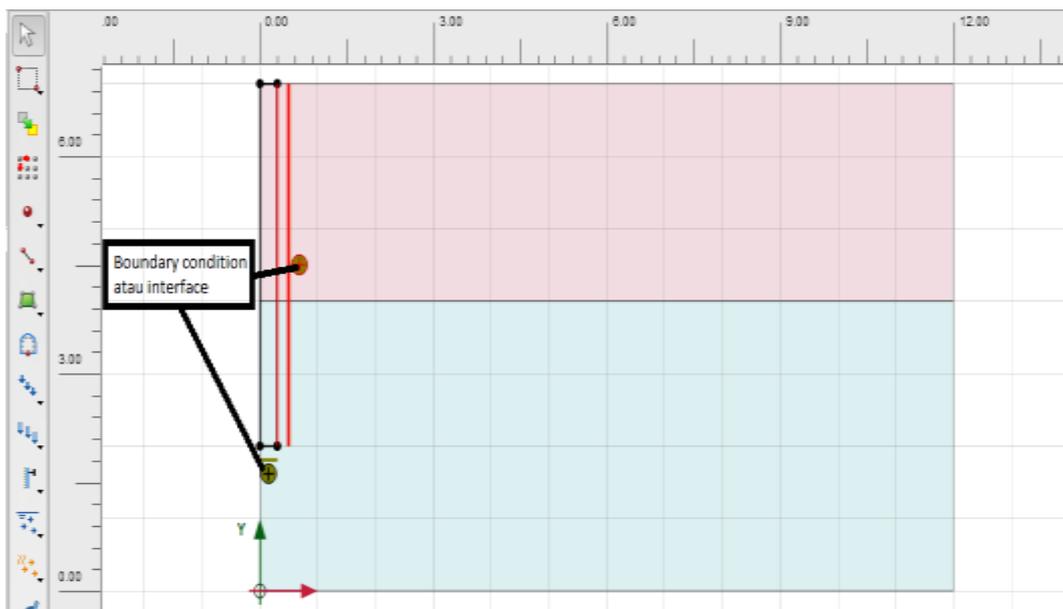
Penggambaran sebuah model elemen hingga dimulai dengan pembuatan geometrik dari model, yang merupakan gambaran dari masalah yang ingin dianalisis. Dalam penelitian ini dimodelkan klaster dengan tinggi kontur geometrik adalah 7 meter dimana kedalaman tiang pondasi 5 meter, sedangkan untuk lebar kontur geometrik menggunakan *aximetry* 12 m (Gambar 3.7). Setelah pemodelan klaser lapisan tanah, selanjutnya yaitu pemodelan struktur tiang pondasi. Tiang pondasi di modelkan *aximetry* 0.3 meter dengan kedalaman 5 meter.



Gambar 3.7: Pemodelan geometri pada program analisis (plaxis)

3.7.2.Kondisi Batas (Boundary Condition)

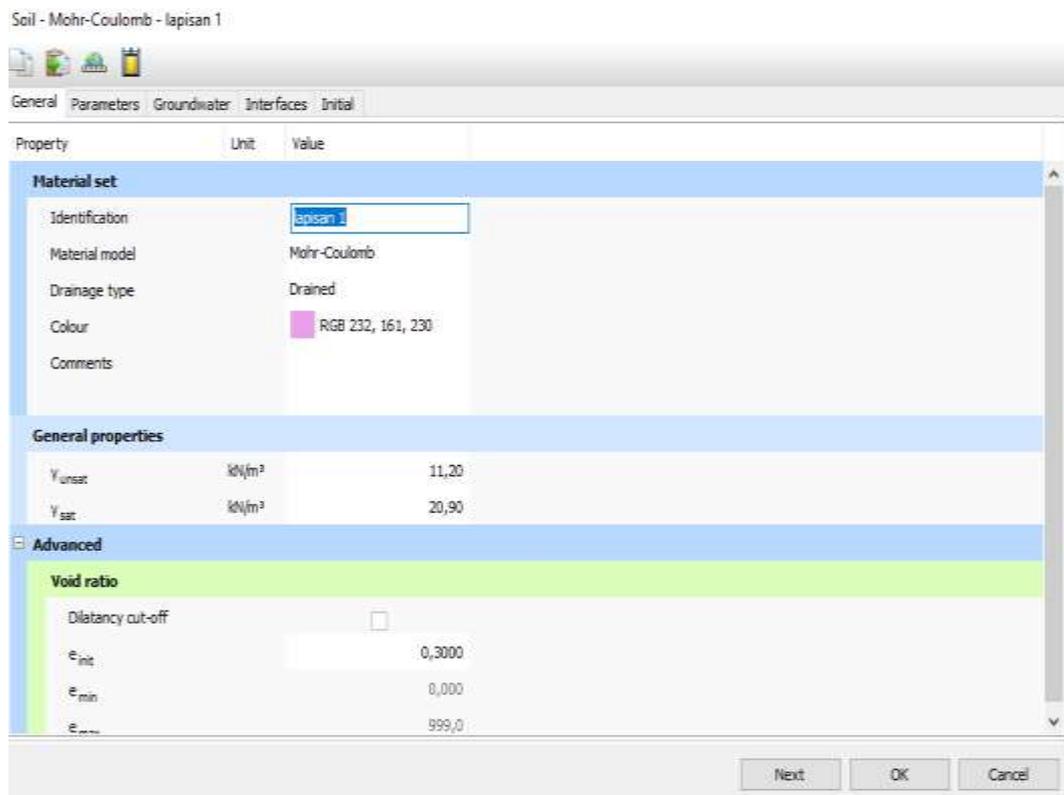
Dengan mengklik menu line pada toolbar, dan kemudian mengklik kembali menu create interface pada sub toolbar tersebut. Lalu menggambar interface di area perbatasan antara pondasi pile dengan tanah lapisan. Maka gambar geometri atau gambar analisis akan terlihat seperti Gambar 3.8.



Gambar 3.8: Boundary condition atau interface

3.7.3. Input Parameter Tanah

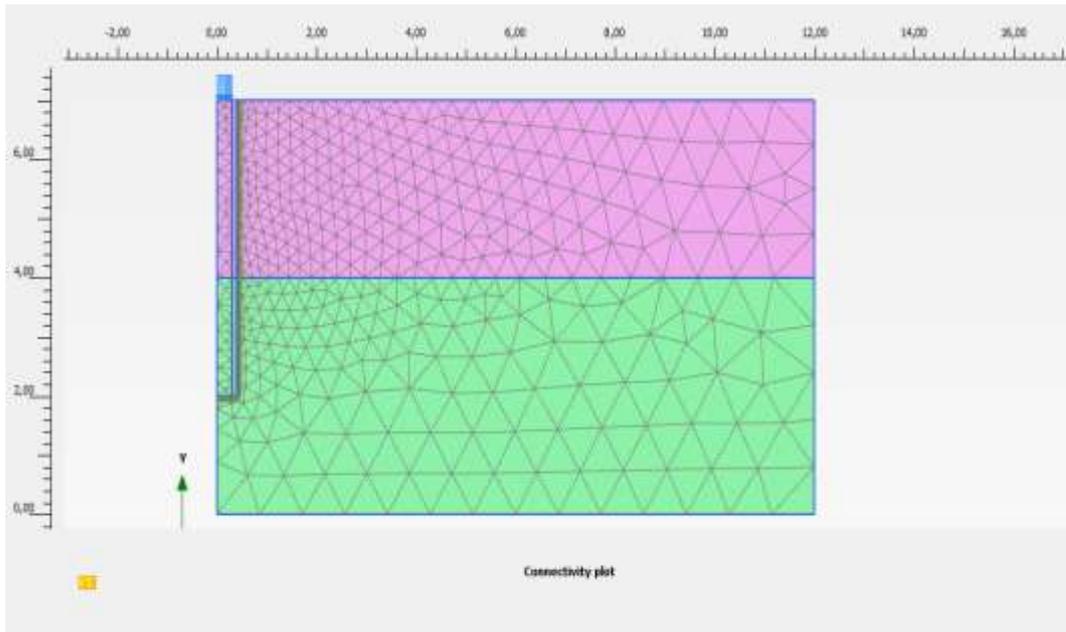
Parameter material tanah menggunakan *Mohr-Coulomb* yang merupakan pemodelan dengan kondisi elastis-plastis terdiri dari beberapa parameter. Parameter-parameter tersebut yaitu *Modulus Young* (E) dan *Poisson Rasio* (ν), kohesif (c), sudut gesek dalam (ϕ), sudut dilatasi (ψ), berat jenis kering (γ_{dry}), berat jenis jenuh (γ_{sat}), dan juga permeabilitas (K). Dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9: Pemodelan tanah dan input parameter tanah

3.7.4. Penyusunan Elemen Jaring (*Meshing*)

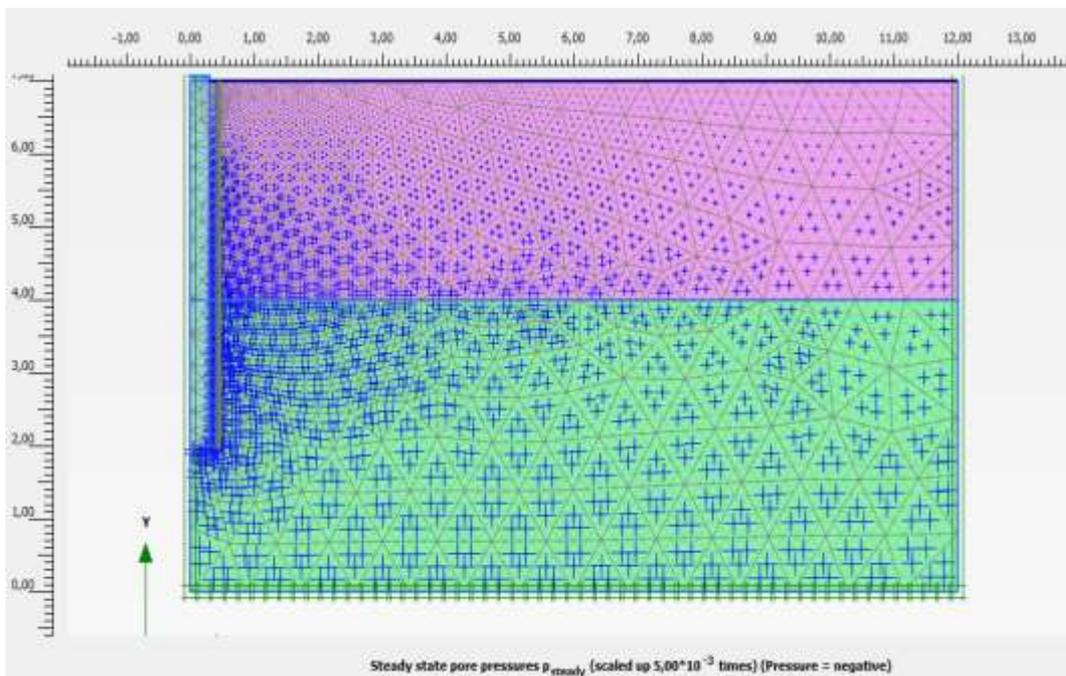
Geometri yang telah di modelkan disusun menjadi jaringan yang lebih kecil agar dapat dilakukan perhitungan. Hasil proses *meshing* ataupun elemen jaring dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10: Susunan jaring *meshing*

3.7.5. Initial Kondisi (Kondisi Awal)

Kondisi awal dapat diartikan untuk menghitung tekanan pori awal (*initial condition*) dan tegangan awal (*initian stress condition*) dapat dilihat pada Gambar 3.10.

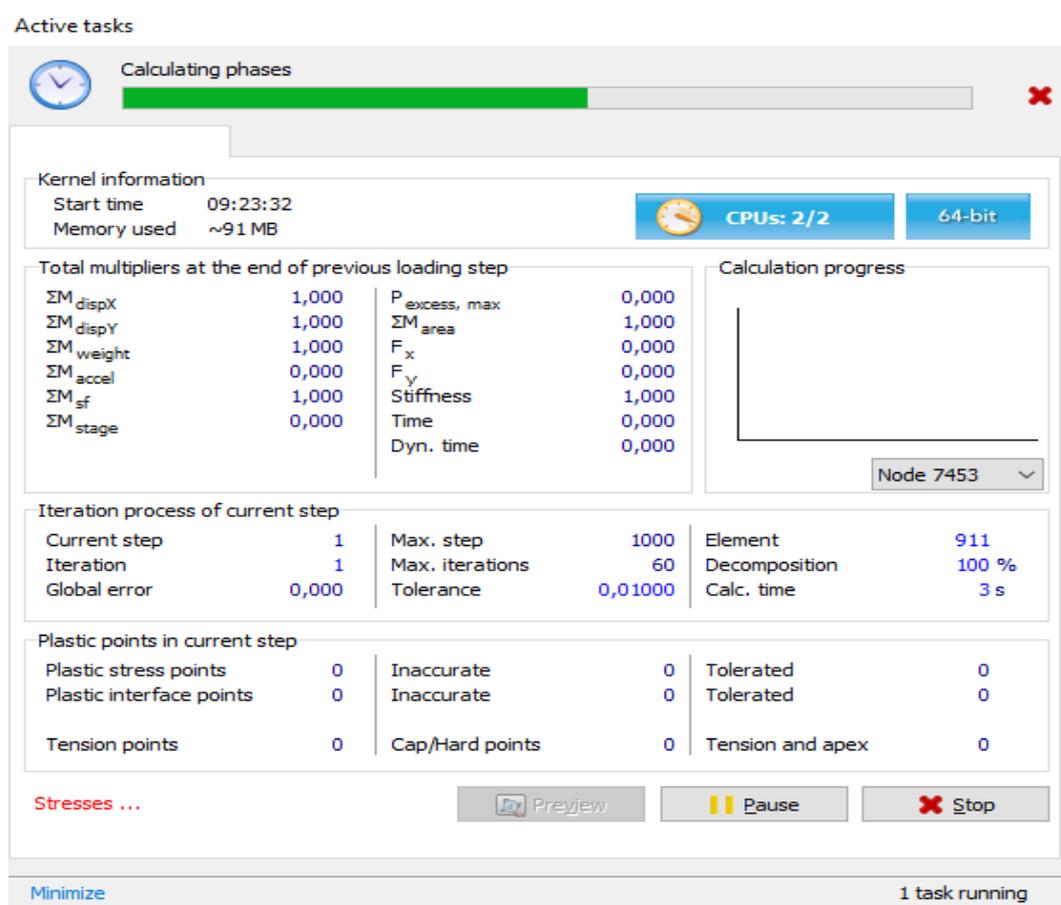


Gambar 3.11: Hasil perhitungan initial soil stresses

3.7.6.Kalkulasi

Selanjutnya adalah tahap kalkulasi (Gambar 3.11), tetapi sebelum tahap kalkulasi dilakukan ada beberapa tahap atau phase yang harus di lakukan ataupun gambaran umum dari tahapan perhitungan beban aksial pada model geometri, yaitu

- Tahapan awal yaitu mengaktifkan plate (tiang pondasi) pada model geometri.
- Setelah tiang aktif kemudian tahapan pengaktifan interface.
- Tahap selanjutnya yaitu mengaktifkan beban struktur atas yang bekerja.
- Tahap akhir ialah tahap SF dengan memilih *Phi/c reduction*, dimana pada tahapan ini dilakukan perhitungan faktor keamanan.
- Kemudian memilih titik node pada ujung tiang bagian atas lalu klik update
- Kemudian klik calculate untuk memulai proses kalkulasi



Gambar 2.12:Tahapan perhitungan atau kalkulasi

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Daya Dukung Menggunakan Data Sondir

Menghitung kapasitas daya dukung pondasi menggunakan data data pengujian sondir yang di dapat dari pihak kontraktor. Perhitungan ini menggunakan metode ataupun rumusan yang dikemukakan oleh ilmuwan meyerhoff.

4.1.1. Perhitungan Daya Dukung Pada Titik Sondir 1

$$\text{Panjang tiang (L)} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Diameter (d)} = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

Luas selimut tiang (As)

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 5 \\ &= 2,355 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang (Ap)

$$\begin{aligned} \text{Ap} &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 0,3^2 \\ &= 0,2826 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

❖ Daya dukung ujung tiang (end bearing)

$$Q_p = A_p \cdot f_b$$

$$f_b = \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot q_{ca}$$

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \{(d+0,5)/2d\}^n \\ &= \{(0,6 + 0,5) / 2 \cdot 0,6\}^3 \\ &= 0,7703 \end{aligned}$$

$$\omega_2 = \frac{L}{10 d}$$

$$= \frac{5}{10 \cdot 0,6}$$

$$= 0,833$$

$$q_{ca} = \frac{q_{ca1} + q_{ca2}}{2}$$

$$= \frac{199,667 + 60}{2}$$

$$= 129,8333333 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 12983,33333 \text{ KN/m}^2$$

$$f_b = \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot q_{ca}$$

$$= 0,7703 \cdot 0,833 \cdot 12983,33333$$

$$= 8333,727173 \text{ KN/m}^2$$

Untuk tiang bor disaran oleh ilmuan Meyerhof menyarankan memakai 50% - 70% dari factor reduksi yang di dapat.

$$= 70\% \cdot 8333,727173 \text{ KN/m}^2$$

$$= 5833,609021 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_p = A_p \cdot f_b$$

$$= 0,2826 \cdot 5833,609021$$

$$= 1648,577909 \text{ KN}$$

❖ Daya dukung selimut tiang

$$Q_s = A_s \cdot f_s$$

$$F_s = k_f \cdot q_f$$

$$= 1 \cdot 5,583333$$

$$= 5,583333 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 558,3333333 \text{ KN/m}^2$$

Untuk tiang bor disaran oleh ilmuwan Meyerhof menyarankan memakai 50% - 70% dari factor reduksi yang di dapat.

$$= 70\% \cdot 558,3333333 \text{ KN/m}^2$$

$$= 390,8333333 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 2,355 \text{ m}^2 \cdot 390,8333333 \text{ KN/m}^2$$

$$= 920,4125 \text{ KN}$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$= 1648,577909 \text{ KN} + 920,4125 \text{ KN}$$

$$= 2568,990409 \text{ KN}$$

$$= 256,8990409 \text{ ton}$$

$$Q_{all} = Q_{ijin} = \frac{Q_p}{FK} + \frac{Q_s}{FK}$$

$$= \frac{1648,577}{3} + \frac{920,412}{5}$$

$$= 733,6084698 \text{ KN}$$

$$= 73,36084698 \text{ TON}$$

4.1.2. Perhitungan Daya Dukung Pada Titik Sondir 2

$$\text{Panjang tiang (L)} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Diameter (d)} = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

Luas selimut tiang (A_s)

$$A_s = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot r \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 5$$

$$= 2,355 \text{ m}^2$$

Luas penampang (A_p)

$$A_p = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot 0,3^2$$

$$= 0,2826 \text{ m}^2$$

❖ Daya dukung ujung tiang (end bearing)

$$Q_p = A_p \cdot f_b$$

$$f_b = \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot q_{ca}$$

$$\begin{aligned}\omega_1 &= \left\{ \frac{d+0,5}{2d} \right\}^n \\ &= \left\{ \frac{0,6 + 0,5}{2 \cdot 0,6} \right\}^3 \\ &= 0,7703\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega_2 &= \frac{L}{10 \cdot d} \\ &= \frac{5}{10 \cdot 0,6} \\ &= 0,833\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{ca} &= \frac{q_{ca1} + q_{ca2}}{2} \\ &= \frac{201,33 + 59,25}{2} \\ &= 130,29167 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 13029,167 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_b &= \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot q_{ca} \\ &= 0,7703 \cdot 0,833 \cdot 13029,167 \\ &= 8363,1466 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

Untuk tiang bor disarankan oleh ilmuwan Meyerhof menyarankan memakai 50% - 70% dari factor reduksi yang di dapat.

$$\begin{aligned}&= 70\% \cdot 8363,1466 \text{ KN/m}^2 \\ &= 5854,2026 \text{ KN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_p &= A_p \cdot f_b \\ &= 0,2826 \cdot 5854,2026 \\ &= 1654,3977 \text{ KN}\end{aligned}$$

❖ Daya dukung selimut tiang

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s \cdot f_s \\ F_s &= k_f \cdot q_f \\ &= 1 \cdot 5,772727 \\ &= 5,772727 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 577,27273 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk tiang bor disaran oleh ilmuwan Meyerhof menyarankan memakai 50% - 70% dari factor reduksi yang di dapat.

$$\begin{aligned} &= 70\% \cdot 577,27273 \text{ KN/m}^2 \\ &= 404,09091 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s \cdot f_s \\ &= 2,355 \text{ m}^2 \cdot 404,09091 \text{ KN/m}^2 \\ &= 951,63409 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 1654,3977 \text{ KN} + 951,63409 \text{ KN} \\ &= 2606,03176 \text{ KN} \\ &= 260,603176 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} = Q_{ijin} &= \frac{Q_p}{FK} + \frac{Q_s}{FK} \\ &= \frac{1654,3977}{3} + \frac{951,63409}{5} \\ &= 741,79271 \text{ KN} \\ &= 74,179271 \text{ TON} \end{aligned}$$

4.1.3. Perhitungan Daya Dukung Pada Titik Sondir 3

$$\begin{aligned} \text{Panjang tiang (L)} &= 5 \text{ m} \\ \text{Diameter (d)} &= 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Luas selimut tiang (A_s)

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{2} \pi \cdot r \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 5 \\ &= 2,355 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang (A_p)

$$\begin{aligned} A_p &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 0,3^2 \\ &= 0,2826 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

❖ Daya dukung ujung tiang (end bearing)

$$Q_p = A_p \cdot f_b$$

$$f_b = \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot q_{ca}$$

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \left\{ \frac{d+0,5}{2d} \right\}^n \\ &= \left\{ \frac{0,6 + 0,5}{2 \cdot 0,6} \right\}^3 \\ &= 0,7703 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_2 &= \frac{L}{10 \cdot d} \\ &= \frac{5}{10 \cdot 0,6} \\ &= 0,833 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{ca} &= \frac{q_{ca1} + q_{ca2}}{2} \\ &= \frac{201 + 77,333}{2} \\ &= 139,16667 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 13916,667 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_b &= \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot q_{ca} \\ &= 0,7703 \cdot 0,833 \cdot 13916,667 \\ &= 8932,8141 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk tiang bor disaran oleh ilmuan Meyerhof menyarankan memakai 50% - 70% dari factor reduksi yang di dapat.

$$= 70\% \cdot 8932,8141 \text{ KN/m}^2$$

$$= 6252,9699 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_p = A_p \cdot f_b$$

$$= 0,2826 \cdot 6252,9699$$

$$= 1767,0893 \text{ KN}$$

❖ Daya dukung selimut tiang

$$Q_s = A_s \cdot f_s$$

$$F_s = k_f \cdot q_f$$

$$= 1 \cdot 4,76$$

$$= 4,76 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 476 \text{ KN/m}^2$$

Untuk tiang bor disaran oleh ilmuan Meyerhof menyarankan memakai 50% - 70% dari factor reduksi yang di dapat.

$$= 70\% \cdot 476 \text{ KN/m}^2$$

$$= 333,2 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 2,355 \text{ m}^2 \cdot 333,2 \text{ KN/m}^2$$

$$= 784,686 \text{ KN}$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$= 1767,0893 \text{ KN} + 784,686 \text{ KN}$$

$$= 2551,7753 \text{ KN}$$

$$= 255,17753 \text{ ton}$$

$$Q_{all} = Q_{ijin} = \frac{Q_p}{FK} + \frac{Q_s}{FK}$$

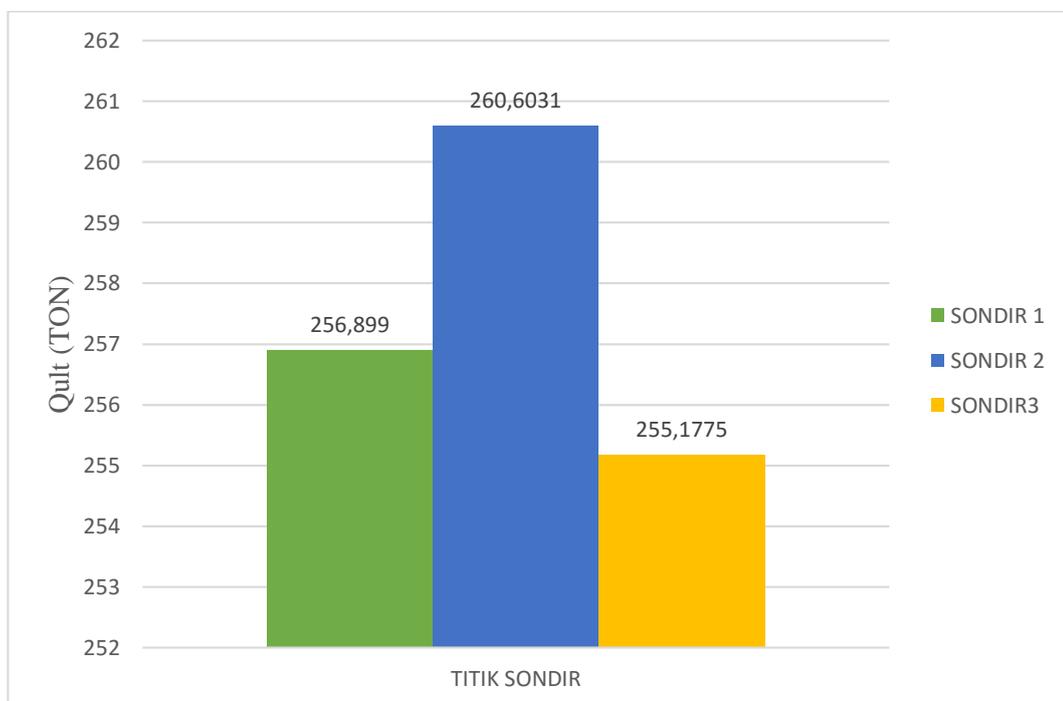
$$= \frac{1767,0893}{3} + \frac{784,686}{5}$$

$$= 745,96696 \text{ KN}$$

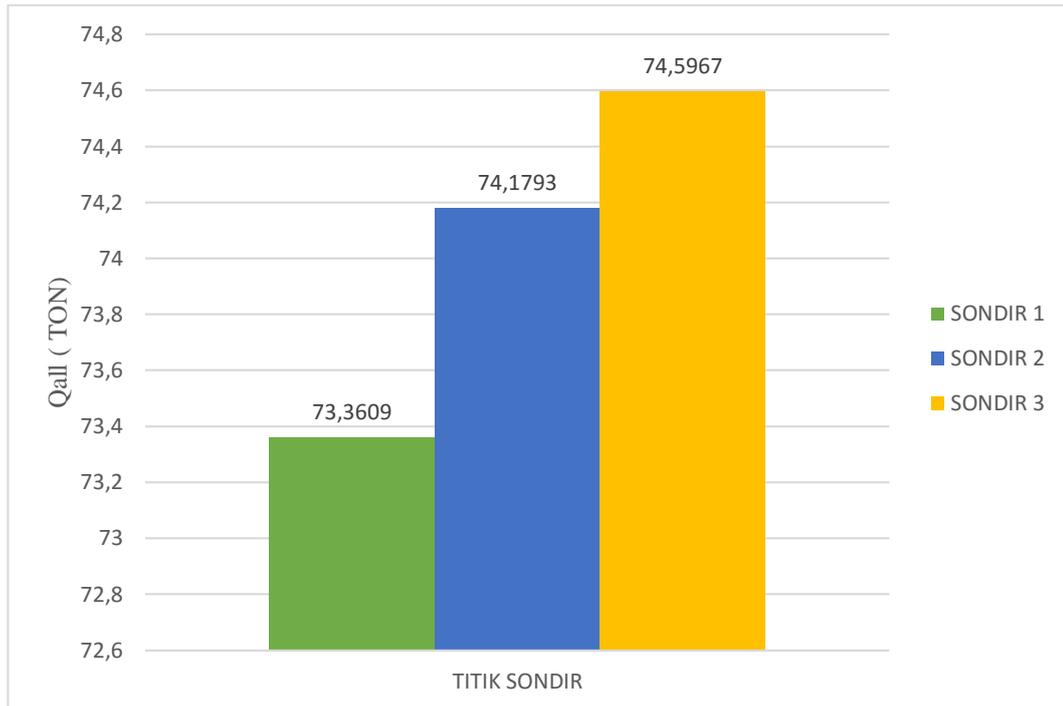
$$= 74,596696 \text{ TON}$$

Tabel 4.1: Hasil perhitungan daya dukung ultimit (Qult) dan daya dukung ijin (Qall)

No	Titik sondir	Qult		Qall = Qijin	
		KN	TON	KN	TON
1	Sondir 1	2568,990	256,8990	733,609	73,3609
2	Sondir 2	2606,031	260,6031	741,793	74,1793
3	Sondir 3	2551,775	255,1775	745,967	74,5967



Gambar 4.1: Gambar grafik daya dukung ultimit (Qult)



Gambar 4.2: Gambar grafik daya dukung ijin(Qall)

4.2.Perhitungan Penurunan (*Settlement*) Menggunakan Data Sondir

Menghitung elastisitas penurunan pondasi menggunakan data data pengujian sondir yang di dapat dari pihak kontraktor. Perhitungan ini menggunakan metode ataupun rumusan Pers.2.13 sampai dengan 2.19.

4.2.1.Perhitungan Penurunan Pada Titik Sondir 1

Panjang tiang (L) = 5 m

Diameter (d) = 60 cm = 0,6 m

Luas penampang (Ap)

$$\begin{aligned}
 A_p &= \pi \cdot r^2 \\
 &= 3,14 \cdot 0,3^2 \\
 &= 0,2826 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$S = S1 + S2 + S3$$

❖ Menentukan S1

$$S1 = \frac{Qwp + \xi \cdot Qws \cdot L}{Ap \cdot Ep}$$

$$\begin{aligned} Qwp &= \text{Ujung tiang (Qp)} + \text{Selimut tiang (Qs)} \\ &= 1648,577909 + 920,413 \\ &= 728,1654094 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qws &= \text{Selimut tiang (Qs)} \\ &= 920,413 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ep &= 4700 \cdot \sqrt{25} \\ &= 23500 \text{ MPA} \\ &= 23500000 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\xi = 0,5$$

$$\begin{aligned} S1 &= \frac{Qwp + \xi \cdot Qws \cdot L}{Ap \cdot Ep} \\ &= \frac{728,1654 + 0,5 \cdot 920,413 \cdot 5}{0,2826 \cdot 23500000} \\ &= \frac{5941,8582}{6641100} \\ &= 0,00089471 \text{ m} \\ &= 0,894709957 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Menentukan S2

$$S2 = \frac{qwp \cdot d}{Eb} \cdot (1 - \mu s^2) Iwp$$

$$\begin{aligned} qwp &= \frac{QWP}{Ap} \\ &= \frac{728,1654}{0,2826} \\ &= 2576,664577 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$Es = 32162,4 \text{ KN/m}^2$$

$$\begin{aligned} Eb &= 10 \cdot Es \\ &= 10 \cdot 32162,4 \\ &= 321624 \end{aligned}$$

$$\mu s^2 = 0,3$$

$$\begin{aligned}
I_{wp} &= 0,85 \\
S_2 &= \frac{q_{wp} \cdot d}{Eb} \cdot (1 - \mu_s^2) I_{wp} \\
&= \frac{2576,664577 \cdot 0,6}{321624} (1 - 0,3) 0,85 \\
&= \frac{2576,664577 \cdot 0,6}{321624} (0,595) \\
&= 0,002860077 \text{ m} \\
&= 2,86007653 \text{ mm}
\end{aligned}$$

❖ Menentukan S3

$$S_3 = \frac{Q_{ws} D}{P.L Es} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

Q_{ws} = Selimut tiang (Q_s)

$$= 920,4125 \text{ KN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
P &= \frac{1}{2} \pi \cdot r \\
&= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 0,3 \\
&= 2,355 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$E_s = 32162,4 \text{ KN/m}^2$$

$$\mu_s^2 = 0,3$$

$$\begin{aligned}
I_{ws} &= 2 + 0,35 \sqrt{L} \\
&= 2 + 0,35 \sqrt{5} \\
&= 2,7826
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_3 &= \frac{Q_{ws} D}{P.L Es} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\
&= \frac{920,415}{2,355 \cdot 5} \frac{0,6}{32162,4} (1 - 0,3) 2,7826 \\
&= 0,002840359 \text{ m} \\
&= 2,840358866 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Selanjutnya menjumlahkan setiap penurunan S1, S2, dan S3.

$$\begin{aligned}
S &= S_1 + S_2 + S_3 \\
&= 0,00089471 + 0,00286 + 0,002840359
\end{aligned}$$

$$= 0,006595145 \text{ m}$$

$$= 6,595145354 \text{ mm}$$

4.2.2. Perhitungan Penurunan Pada Titik Sondir 2

Panjang tiang (L) = 5 m

Diameter (d) = 60 cm = 0,6 m

Luas penampang (Ap)

$$A_p = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot 0,3^2$$

$$= 0,2826 \text{ m}^2$$

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

❖ Menentukan S1

$$S_1 = \frac{Q_{wp} + \xi \cdot Q_{ws} \cdot L}{A_p \cdot E_p}$$

$$Q_{wp} = \text{Ujung tiang (Qp)} + \text{Selimut tiang (Qs)}$$

$$= 1654,3977 + 951,6340909$$

$$= 702,76357 \text{ KN}$$

$$Q_{ws} = \text{Selimut tiang (Qs)}$$

$$= 951,63409 \text{ KN}$$

$$E_p = 4700 \cdot \sqrt{25}$$

$$= 23500 \text{ MPA}$$

$$= 23500000 \text{ KN/m}^2$$

$$\xi = 0,5$$

$$S_1 = \frac{Q_{wp} + \xi \cdot Q_{ws} \cdot L}{A_p \cdot E_p}$$

$$= \frac{702,76357 + 0,5 \cdot 951,63409 \cdot 5}{0,2826 \cdot 23500000}$$

$$= \frac{5892,9031}{6641100}$$

$$= 0,0008873 \text{ m}$$

$$= 0,8873384 \text{ mm}$$

❖ Menentukan S2

$$S_2 = \frac{q_{wp} \cdot d}{E_b} \cdot (1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

$$\begin{aligned} q_{wp} &= \frac{Q_{WP}}{A_p} \\ &= \frac{702,763574}{0,2826} \\ &= 2486,7784 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$E_s = 32162,4 \text{ KN/m}^2$$

$$\begin{aligned} E_b &= 10 \cdot E_s \\ &= 10 \cdot 32162,4 \\ &= 321624 \end{aligned}$$

$$\mu_s^2 = 0,3$$

$$I_{wp} = 0,85$$

$$\begin{aligned} S_2 &= \frac{q_{wp} \cdot d}{E_b} \cdot (1 - \mu_s^2) I_{wp} \\ &= \frac{2486,7784 \cdot 0,6}{321624} (1 - 0,3) 0,85 \\ &= \frac{2486,7784 \cdot 0,6}{321624} (0,595) \\ &= 0,0027603 \text{ m} \\ &= 2,7603036 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Menentukan S3

$$S_3 = \frac{Q_{ws} D}{P.L E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

$$\begin{aligned} Q_{ws} &= \text{Selimut tiang (Qs)} \\ &= 951,63409 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{2} \pi \cdot r \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 0,3 \\ &= 2,355 \text{ m} \end{aligned}$$

$$E_s = 32162,4 \text{ KN/m}^2$$

$$\mu_s^2 = 0,3$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35\sqrt{L}$$

$$= 2 + 0,35 \sqrt{5}$$

$$= 2,7826$$

$$S_3 = \frac{Qws}{P.L} \frac{D}{Es} (1 - \mu s^2) Iws$$

$$= \frac{951,63409}{2,355 \cdot 5} \frac{0,6}{32162,4} (1 - 0,3) 2,7826$$

$$= 0,0029367 \text{ m}$$

$$= 2,9367075 \text{ mm}$$

Selanjutnya menjumlahkan setiap penurunan S1, S2, dan S3.

$$S = S1 + S2 + S3$$

$$= 0,0008873 + 0,00276 + 0,0029367$$

$$= 0,0065843 \text{ m}$$

$$= 6,5843495 \text{ mm}$$

4.2.3. Perhitungan Penurunan Pada Titik Sondir 3

$$\text{Panjang tiang (L)} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Diameter (d)} = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

Luas penampang (A_p)

$$A_p = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \cdot 0,3^2$$

$$= 0,2826 \text{ m}^2$$

$$S = S1 + S2 + S3$$

❖ Menentukan S1

$$S1 = \frac{Qwp + \xi \cdot Qws \cdot L}{A_p \cdot Ep}$$

$$Qwp = \text{Ujung tiang (Qp)} + \text{Selimut tiang (Qs)}$$

$$= 1767,0893 + 784,686$$

$$= 982,40329 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
Q_{ws} &= \text{Selimut tiang (} Q_s) \\
&= 784,686 \text{ KN} \\
E_p &= 4700 \cdot \sqrt{25} \\
&= 23500 \text{ MPA} \\
&= 23500000 \text{ KN/m}^2 \\
\xi &= 0,5 \\
S_1 &= \frac{Q_{wp} + \xi \cdot Q_{ws} \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\
&= \frac{928,40329 + 0,5 \cdot 784,686 \cdot 5}{0,2826 \cdot 23500000} \\
&= \frac{6873,7314}{6641100} \\
&= 0,001035 \text{ m} \\
&= 1,0350291 \text{ mm}
\end{aligned}$$

❖ Menentukan S2

$$\begin{aligned}
S_2 &= \frac{q_{wp} \cdot d}{E_b} \cdot (1 - \mu_s^2) I_{wp} \\
q_{wp} &= \frac{Q_{WP}}{A_p} \\
&= \frac{982,40329}{0,2826} \\
&= 3476,3032 \text{ KN} \\
E_s &= 32162,4 \text{ KN/m}^2 \\
E_b &= 10 \cdot E_s \\
&= 10 \cdot 32162,4 \\
&= 321624 \\
\mu_s^2 &= 0,3 \\
I_{wp} &= 0,85 \\
S_2 &= \frac{q_{wp} \cdot d}{E_b} \cdot (1 - \mu_s^2) I_{wp} \\
&= \frac{3476,3032 \cdot 0,6}{321624} (1 - 0,3) 0,85 \\
&= \frac{2486,7784 \cdot 0,6}{321624} (0,595)
\end{aligned}$$

$$= 0,0042753 \text{ m}$$

$$= 4,2753212 \text{ mm}$$

❖ Menentukan S3

$$S_3 = \frac{Q_{ws}}{P.L} \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

Q_{ws} = Selimut tiang (Q_s)

$$= 784,686 \text{ KN/m}^2$$

$$P = \frac{1}{2} \pi \cdot r$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 0,3$$

$$= 2,355 \text{ m}$$

$$E_s = 32162,4 \text{ KN/m}^2$$

$$\mu_s^2 = 0,3$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{L}$$

$$= 2 + 0,35 \sqrt{5}$$

$$= 2,7826$$

$$S_3 = \frac{Q_{ws}}{P.L} \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

$$= \frac{784,686}{2,355 \cdot 5} \frac{0,6}{32162,4} (1 - 0,3) 2,7826$$

$$= 0,002683 \text{ m}$$

$$= 2,6829832 \text{ mm}$$

Selanjutnya menjumlahkan setiap penurunan S1, S2, dan S3.

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

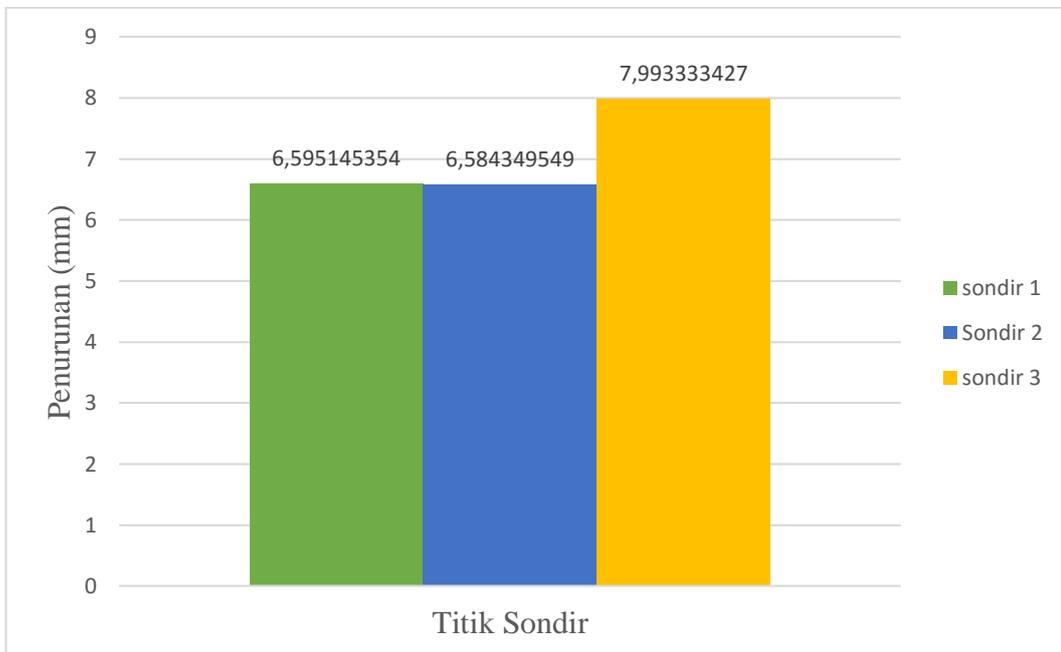
$$= 0,001035 + 0,004275 + 0,002683$$

$$= 0,0079933 \text{ m}$$

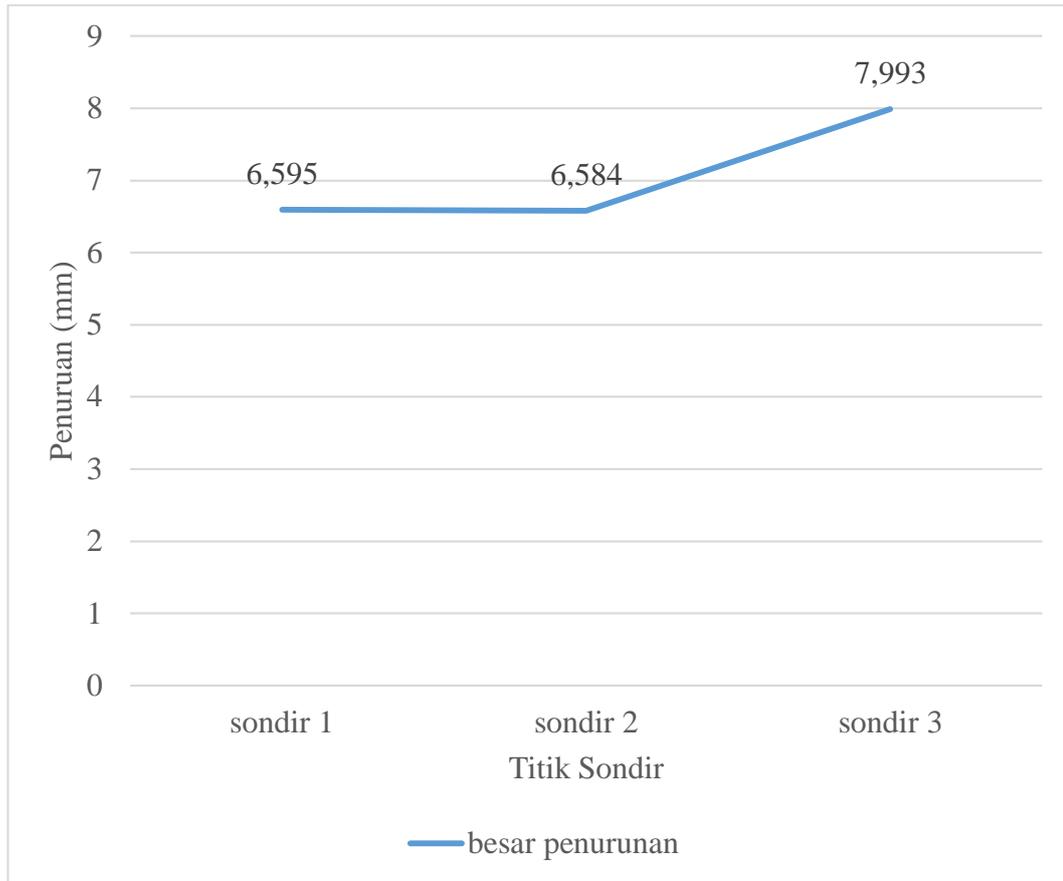
$$= 7,9933334 \text{ mm}$$

Tabel 4.2: Penurunan tiang pondasi dengan metode analitis

NO	Titik Sondir	Penurunan (S)	
		mm	m
1	Sondir 1	6,595145354	0,006595145
2	Sondir 2	6,5843495	0,0065843
3	Sondir 3	7,9933334	0,0079933



Gambar 4.3: Grafik batang penurunan dengan metode analitis

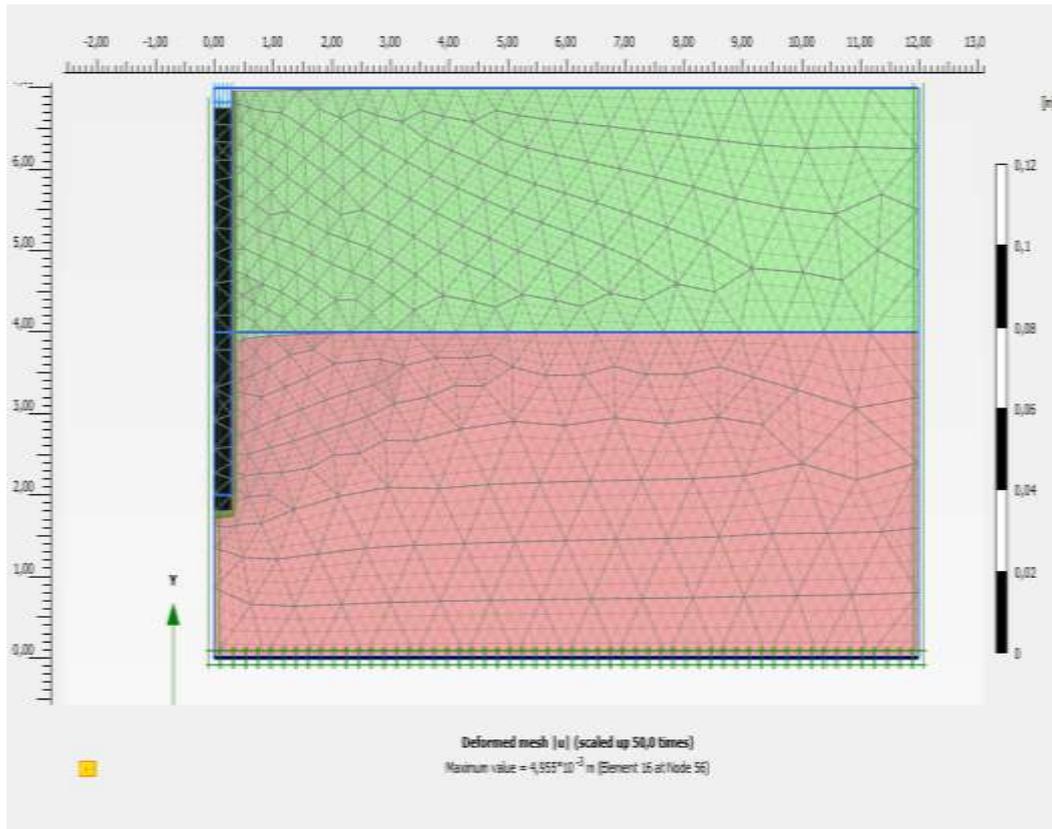


Gambar 4.4: Grafik garis penurunan dengan metode analitis

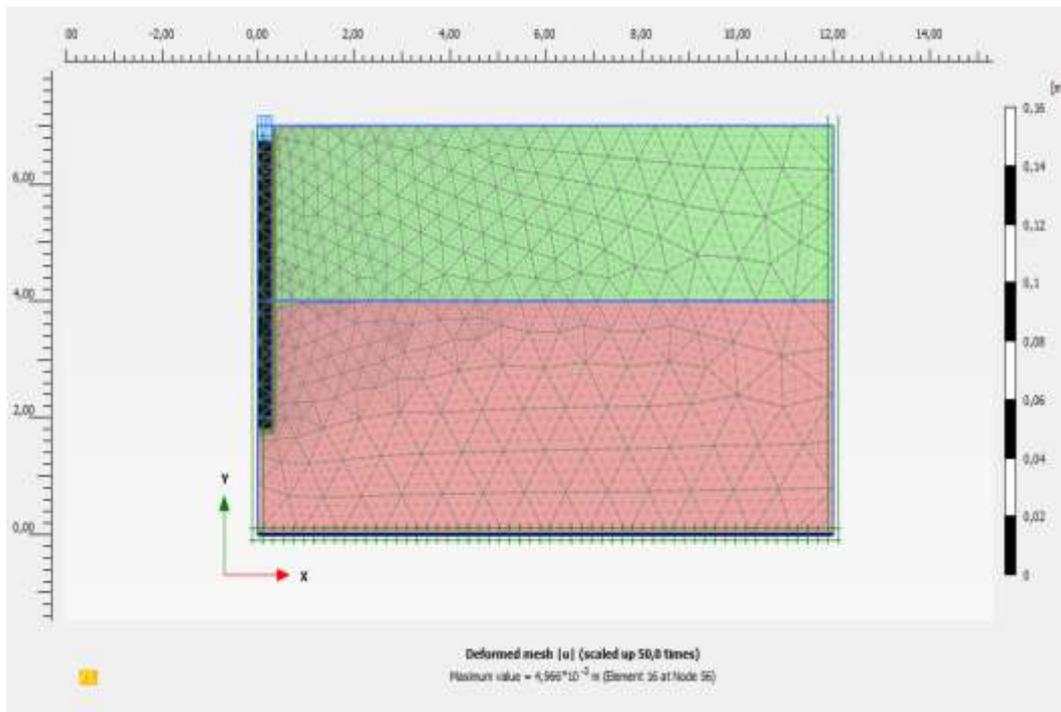
4.3. Hasil Dari Program Analisis (PLAXIS)

4.3.1. Penurunan (*Settlement*)

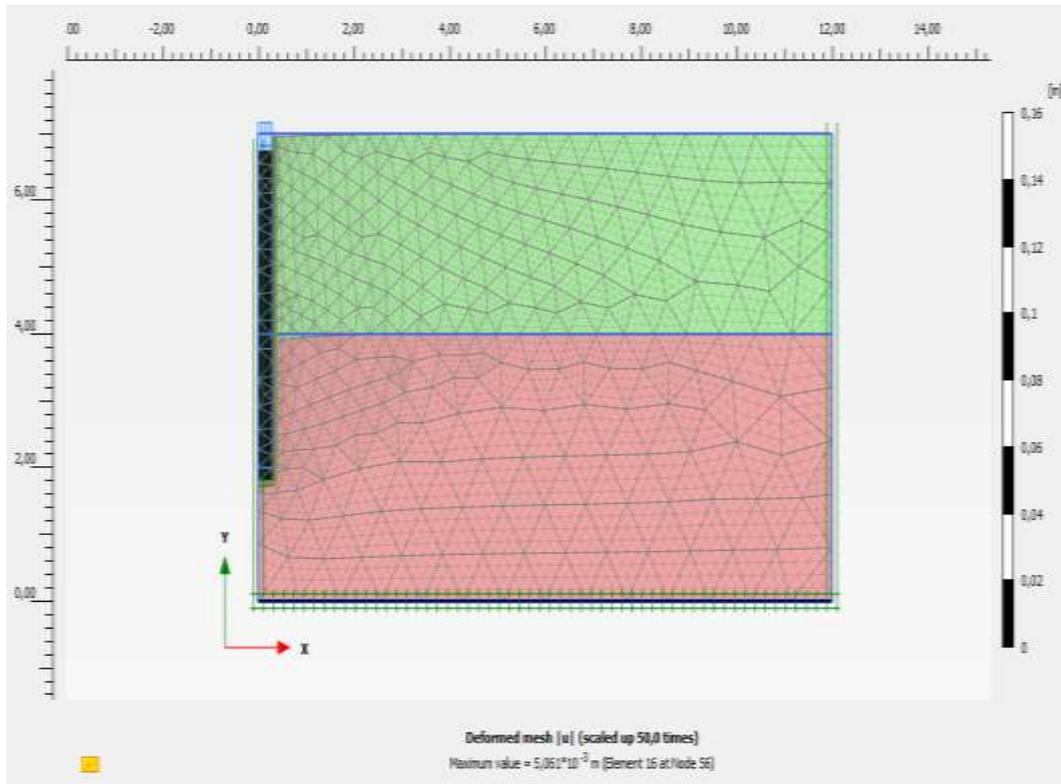
Setelah membuat geometri dan melakukan input parameter tanah, setelah itu melakukan tahapan kalkulasi yang berisi dari beberapa tahapan atau proses. Setelah tahapan kalkulasi selesai maka akan mendapatkan hasil *output* berupa gambar *visualisasi* seperti Gambar 4.5 - 4.7.



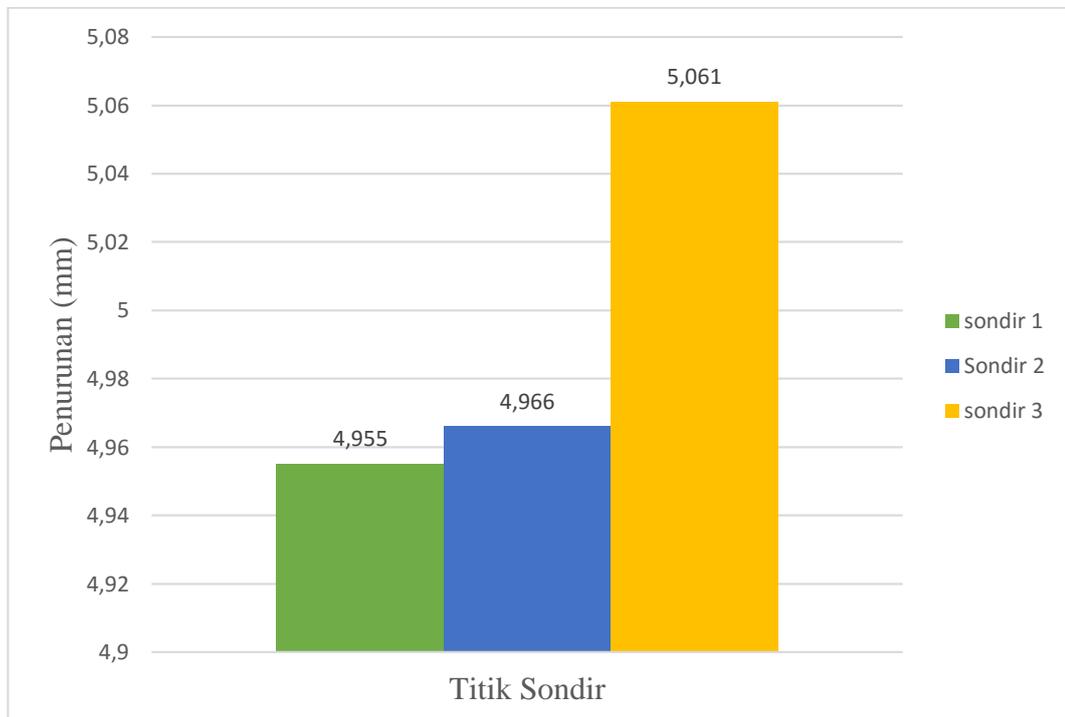
Gambar 4.5: Penurunan pada titik sondir 1



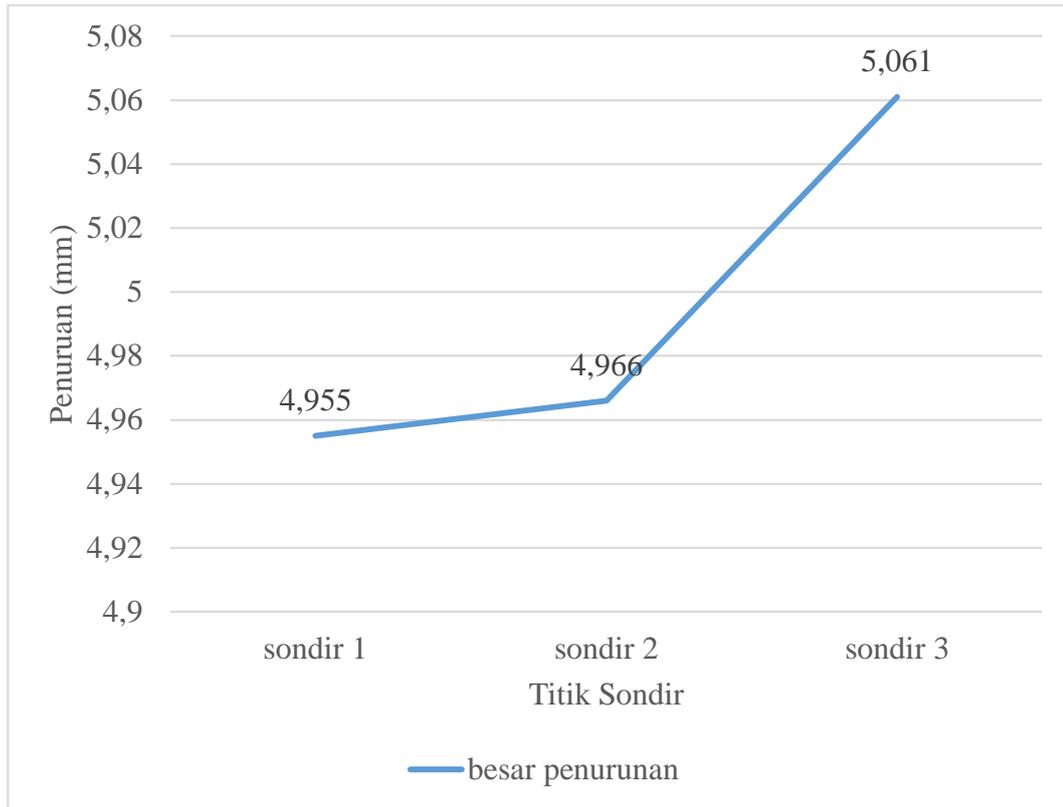
Gambar 4.6: Penurunan pada titik sondir 2



Gambar 4.7: Penurunan pada titik sondir 3



Gambar 4.8: Grafik batang penurunan dengan metode analisis (PLAXIS)



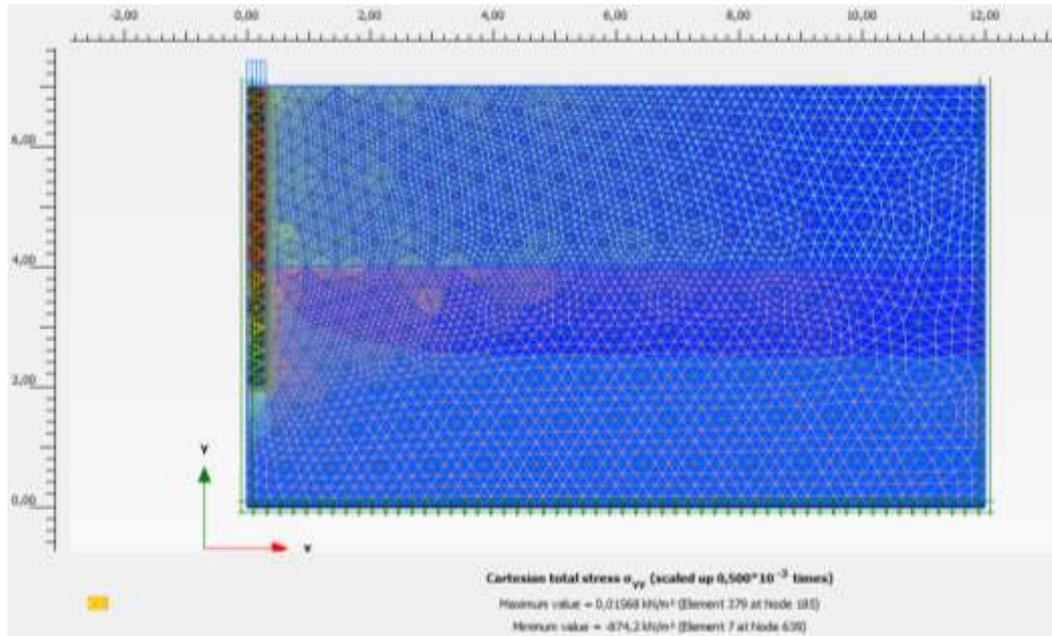
Gambar 4.9: Grafik garis penurunan dengan metode analisis (PLAXIS)

Tabel 4.3: Penurunan menggunakan program analisis (PLAXIS)

NO	TITIK SONDIR	PENURUNAN
1	SONDIR 1	4,955 mm
2	SONDIR 2	4,966 mm
3	SONDIR 3	5,061 mm

4.3.2. Daya Dukung

Daya dukung diperoleh dari hasil perkalian dari nilai luas penampang pondasi dengan tegangan maximum yang dihasilkan atau diperoleh dari program, yaitu plaxis. Dapat dilihat pada Gambar 4.8 – 4.10 atau lebih jelasnya dapat melihat Tabel 4.4.



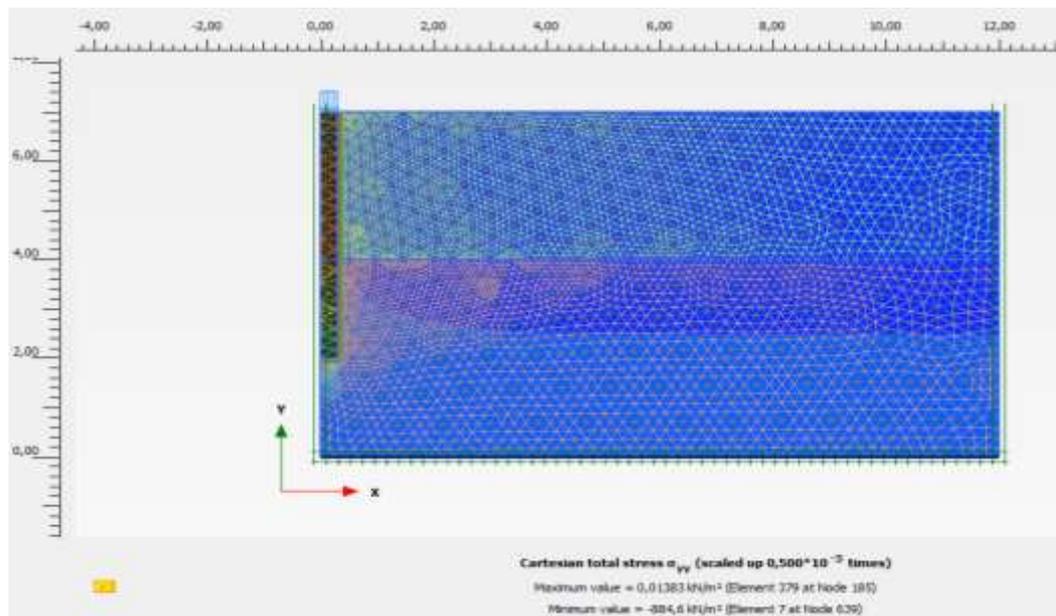
Gambar 4.10: Tegangan efektif yang terjadi pada titik sondir 1

Dari hasil perhitungan titik sondir 1 dengan menggunakan program analisis didapat nilai tegangan efektif sebesar 874,2 kN/m² maka nilai Q_u adalah:

$$Q_u = \sigma \times A_p$$

$$Q_u = 874,2 \times 0,2826 = 247,049 \text{ kN} = 24,7049 \text{ ton}$$

Dengan penurunan sebesar: 4,955 mm



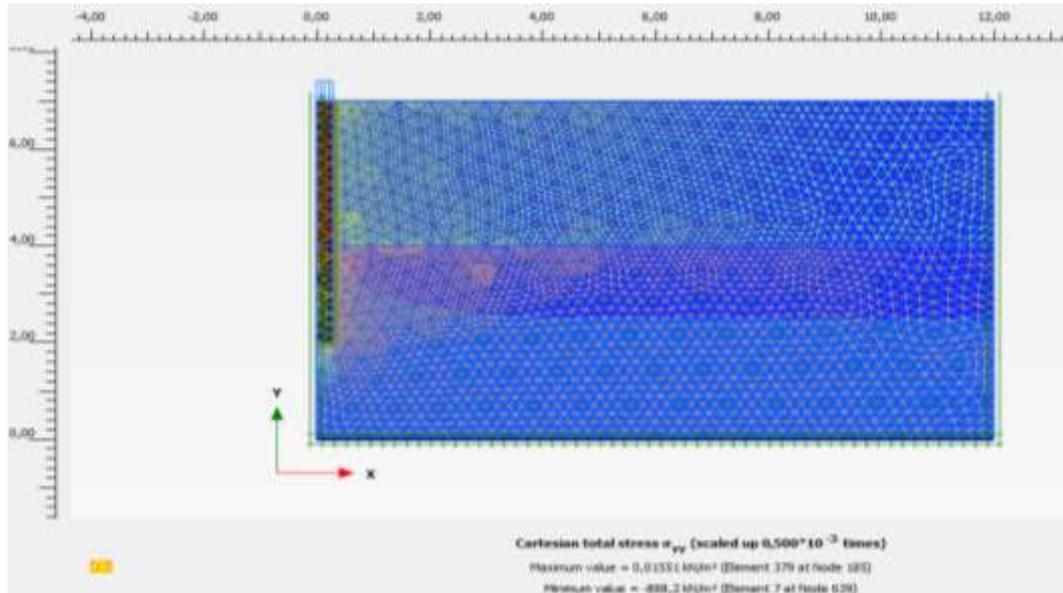
Gambar 4.11: Tegangan efektif yang terjadi pada titik sondir 2

Dari hasil perhitungan titik sondir 2 dengan menggunakan program analisis didapat nilai tegangan efektif sebesar 884,6 kN/m² maka nilai Q_u adalah:

$$Q_u = \sigma \times A_p$$

$$Q_u = 884,6 \times 0.2826 = 249,987 \text{ kN} = 24,9987 \text{ ton}$$

Dengan penurunan sebesar: 4,966 mm



Gambar 4.12: Tegangan maximum yang terjadi pada titik sondir 3

Dari hasil perhitungan titik sondir 3 dengan menggunakan program analisis didapat nilai tegangan efektif sebesar 888,2 kN/m² maka nilai Q_u adalah:

$$Q_u = \sigma \times A_p$$

$$Q_u = 888,2 \times 0.2826 = 251,005 \text{ kN} = 25,1005 \text{ ton}$$

Dengan penurunan sebesar: 5,061 mm

Tabel 4.4: Tegangan dan daya dukung pondasi menggunakan aplikasi (PLAXIS)

NO	TITIK SONDIR	TEGANGAN	DAYA DUKUNG
1	SONDIR 1	874,2 KN/m ²	24,7049 ton
2	SONDIR 2	884,6 KN/m ²	24,9987 ton
3	SONDIR 3	888,2 KN/m ²	25,1005 ton

Dari hasil perhitungan dengan metode analitis dan menggunakan aplikasi (PLAXIS). Perbandingan dari kedua metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5: Perbandingan penurunan antara metode analitis dengan aplikasi

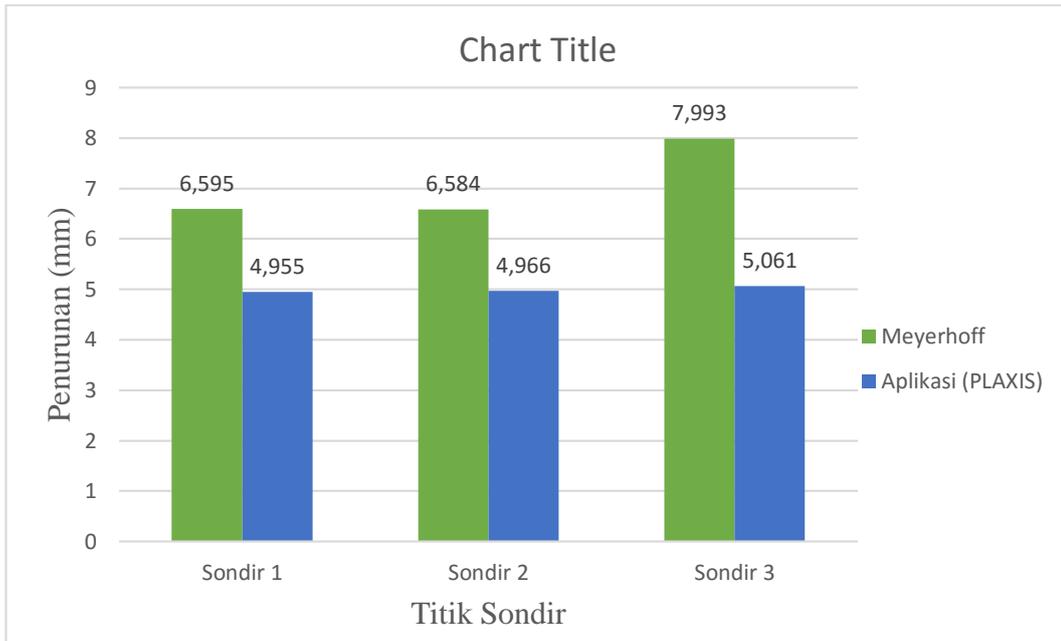
NO	TITIK SONDIR	MEYERHOFF	APLIKASI (PLAXIS)	SELISIH (%)
1	SONDIR 1	6,595 mm	4,955 mm	24,9 %
2	SONDIR 2	6,584 mm	4,966 mm	24,6 %
3	SONDIR 3	7,993 mm	5,061 mm	35,9%

Dari hasil perhitungan dengan metode analitis dan menggunakan aplikasi (PLAXIS). Perbandingan dari kedua metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

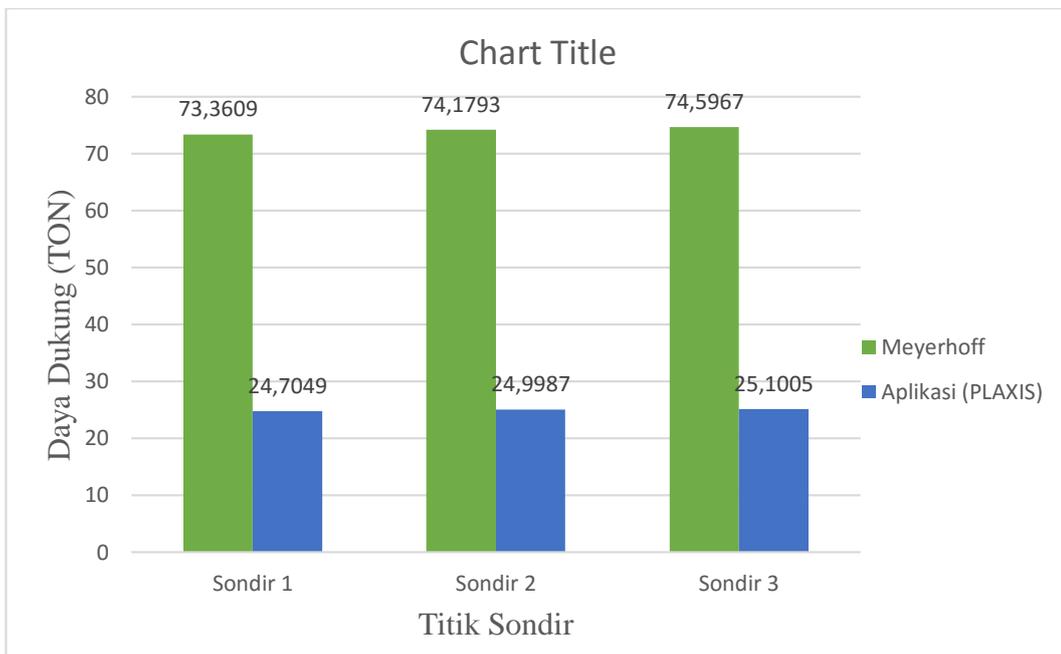
Tabel 4.6: Perbandingan daya dukung antara metode analitis dengan aplikasi

NO	TITIK SONDIR	MEYERHOFF	APLIKASI (PLAXIS)	PERSENTASE
1	SONDIR 1	73,3609 ton	24,7049 ton	66,3 %
2	SONDIR 2	74,1793 ton	24,9987 ton	66,3 %
3	SONDIR 3	74,5967 ton	25,1005 ton	66,3 %
RATA - RATA				66,3%

Perbandingan untuk kedua metode dalam bentuk grafik batang, dalam hal penurunan dan daya dukung pondasi dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



Gambar 4.13: Grafik batang perbandingan penurunan meggunakan kedua metode



Gambar 4.14: Grafik batang perbandingan daya dukung meggunakan kedua metode

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan pengujian, dapat di ambil kesimpulan

1. Setelah dihitung dan diakumulasikan ada selisih dari penurunan antara metode analitis dan metode analisis, yaitu Sondir 1 = 24,9 %, Sondir 2 = 24,6 %, Sondir 3 = 35,9 %, sedangkan selisih untuk daya dukung selisihnya untuk semua titik sebesar 66,3 %.
2. Besarnya penurunan hasil perhitungan dari metode analisis (program PLAXIS), yaitu Sondir 1 = 4,955 mm, Sondir 2 = 4,966 mm, Sondir 3 = 5,061 mm.

5.2. Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian dan penulisan, penulis juga bermaksud memberikan beberapa saran yang bersangkutan dengan perencanaan pondasi. Guna ataupun mudah-mudahan dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya ataupun para owner atau engginer-engginer.

1. Untuk mendapatkan hasil daya dukung ataupun penurunan pondasi diperlukan ilmu mekanika tanah yang baik dan juga mempunyai ketelitian yang baik agar hasil yang dihasilkan sesuai harapan.
2. Di saran kepada para engginer untuk meggunakan lisensi *software* yang asli guna mendapatkan hasilyang maksimal. Dan juga harus lebih hati-hati dalam penginputan nilai-nilai parameter tanah.
3. Dalam perencanaan pondasi pasti ditemukan beberapa masalah yang susah di selesaikan mengenai kondisi tanah, disaat kondisi ini ilmu dari pengalaman di perlukan ataupun "*feeling engineering*" yang juga di dasari oleh ilmu pengetahuan tentang tanah dan mekanika tanah yang luas. Agar hasil dari perencanaan sesuai dengan harapan dan memuaskan.
4. Di sini penulis menyarankan memakai perangkat lunak plaxis sebagai alat bantu dalam mencari daya dukung pondasi atau pun penurunan pondasi.

Demikian kesimpulan dan saran yang dapat penulis ambil dari Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih atas koreksi dan pemasukan dari pembaca, serta tak lupa penulis meminta maaf mengingat banyaknya keterbatasan dalam hal pengumpulan data, pengetahuan ataupun kesalahan pada perencanaan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (2007) *Principles of Foundation Engineering, SI*, Seventh, Edition United States of America: Cengage Learning.
- Das, B. M. (1995) *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1, Surabaya: Erlangga.
- Sosrodarsono, S. dan Nakazawa, K. (2000) *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Hardiyatmo, H. C. (2002) *Mekanika Tanah I*, Edisi Ketiga, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2002) *Mekanika Tanah II*, Edisi Ketiga, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (1996) *Teknik Pondasi I*, Jakarta: PT. Gramedia Pusaka Utama
- Joseph, E. Bowles (1997), *Analisa Dan Desain Pondasi*, Jilid 1, Edisi Keempat, Jakarta: Erlangga
- SNI 4153. (2008) Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT.
- SNI 2827. (2008) Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir
- Reza Satria Warman, S.T. (2019), *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Fondasi*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga.
- Jusi, U. (2015), *Analisa Kuat Dukung Pondasi Bore Pile*, Vol.1, No.2, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru.
- Thedy (2016), *Studi Desain Pondasi Tiang Bor dan Diaphragm Gedung World Financial Tower Lingkar Mega Kuningan Jakarta Selatan*, Tugas Akhir S1 Institut Teknologi Bandung.
- Hajar, I. (2018), *Perbandingan Analisa Daya Dukung Penurunan Pondasi Bore Pile Dengan Metode Elemen Hingga Pada Proyek Jalan Fly Over Jamin Ginting*, Tugas Akhir S1 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Vesic.A.S. (1977), *Design of Pile Foundation*, National Cooperative Highway Synthesis of Practice No. 42, Transportation Research Board, Wasington.

LAMPIRAN



DATA UJI PDA TEST

Project : Pembangunan Pasar Baru Payud Client : PT. Beladina Mandiri
Location : Penyabug BN: BN: BN: BN: BN:

Table with 6 columns (Date of Pile Installation, Date of Testing, Pile Identity, Hammer Type, Hammer Weight, Drop Height, Pile Type, Pile Area, Modulus Elastis, Mutu Beton, Berat Jenis, Panjang Tiang Total, Posisi Sensor, Tiang Tertanam, Sambungan, Kapasitas Desain, Kapasitas Ultimit, ID Sensor, Transducer, Accelerometer, DFN/DMX, RMX) and 5 rows of data.

Note : Data diatas merupakan hasil di lapangan, data yang dipakai adalah data yang telah dianalisa dengan Program CAPWAP

Dikerjakan Oleh, PT. GEO STRUKTUR INDONESIA (Signature) Testing Engineer

(Signature) PANCI LAMAH Pemberi Kerja

Disaksikan Oleh, (Signature) HARWIN HARAHIP MK/Konsultan (Signature) Owner



