

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN  
PONDASI *BORED PILE* PADA PROYEK JALAN TOL  
MEDAN – KUALANAMU – TEBING-TINGGI**

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

**Disusun Oleh:**

**FAISAL SYAIFULLAH**  
**1307210146**



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Faisal Syaifullah

NPM : 1307210146

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis daya dukung dan penurunan pondasi *bored pile* pada proyek jalan tol Medan – Kualanamu – Tebing-tinggi.

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, 02 Juli 2018

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



M. Husin Gultom, ST, MT

Dosen Pembimbing II/Penguji



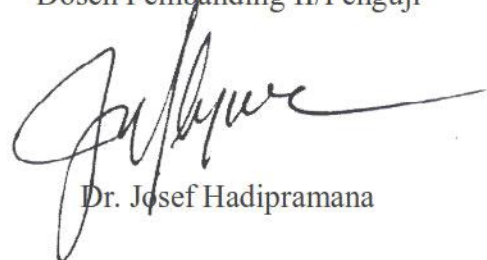
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dosen Pembanding I / Penguji



Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dosen Pembanding II/Penguji



Dr. Josef Hadipramana

Program Studi Teknik Sipil  
Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc



**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
Jalan Kapten Mukhtar Basri, BA No.3 Tel. 061-6619056, 662400  
**MEDAN-SUMATERA UTARA**

---

**PENGESAHAN SKRIPSI**

**Skripsi ini disusun oleh:**

**Nama : Faisal Syaifullah**

**NPM : 1307210146**

**Program Studi : Teknik Sipil**

**Judul : ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI BORED  
PILE PADA PROYEK JALAN TOL MEDAN – KUALANAMU –  
TEBING-TINGGI.**

**Disetujui dan memenuhi persyaratan untuk diajukan dalam ujian  
Mempertahankan Skripsi.**

Medan, 02 Juli 2018

Dosen Pembimbing I / Penguji

M. Husin Gultom, ST, MT

Dosen Pembimbing II/Penguji

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Mengetahui dan menyetujui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dekan Fakultas Teknik

Munawar Alfansury Siregar, ST, MT



**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
Jalan Kapten Mukhtar Basri, BA No.3 Tel. 061-6619056, 662400  
**MEDAN-SUMATERA UTARA**

---

**BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI**

Telah selesai diberikan bimbingan dalam penulisan skripsi sehingga naskah skripsi ini telah memenuhi syarat dan dapat disetujui untuk dipertahankan dalam ujian skripsi oleh:

Nama : Faisal Syaifullah

NPM : 1307210146

Program Studi : Teknik Sipil

Judul : Analisis daya dukung dan penurunan pondasi *Bored pile* pada proyek jalan tol Medan – Kualanamu – tebing-tinggi.

Medan, 02 Juli 2018

Dosen Pembimbing I / Penguji

M. Husin Gultom, ST, MT

Dosen Pembimbing II/Penguji

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Mengetahui dan menyetujui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dekan Fakultas Teknik

Munawar Alfansury Siregar, ST, MT

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Faisal Syaifullah

Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 31 Juli 1995

NPM : 1307210146

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis daya dukung dan penurunan pondasi *Bored pile* pada proyek jalan tol Medan – Kualanamu – Tebing-tinggi”,

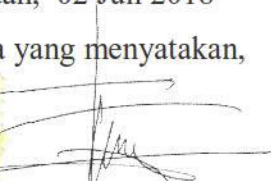

bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 02 Juli 2018

Saya yang menyatakan,

  
 Faisal Syaifullah

## ABSTRAK

### ANALISA DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI *BORED PILE* PADA PROYEK TOL MEDAN-KUALANAMU-TEBING TINGGI (STUDI KASUS)

Faisal Syaifullah

1307210146

M. Husin Gultom, ST, MT.

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc.

Pondasi *bored piled* adalah bagian dari suatu konstruksi yang meneruskan beban kepada tanah dan batuan yang terletak dibawahnya. Daya dukung ijin pondasi harus lebih besar daripada beban yang bekerja pada pondasi baik beban statik maupun beban dinamik, penurunan yang akan ditimbulkan akibat pembebanan tidak boleh melebihi penurunan yang diijinkan dan pengendalian mutu menjadi salah satu kunci penting keberhasilan pondasi. Untuk memastikan tidak akan terjadinya keruntuhan pada pondasi akibat kekurangan dukungan dari tanah maka perlu dilakukan analisa terhadap daya dukung tanah pada proyek jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing tinggi. Daya dukung dan penurunan pondasi dapat dihitung menggunakan metode analitis dan penurunan elastis serta menggunakan bantuan program perhitungan (*software Allpile*). Data tanah yang digunakan berupa data *Standard penetration test* (SPT) yang dikorelasikan kedalam parameter-parameter tanah yang dibutuhkan dalam perhitungan analisis maupun program. Berdasarkan data *Standard penetration test* (SPT) dan parameter kuat geser tanah daya dukung dapat dihitung dengan metode Reese & O'neil, metode Vesic dengan korelasi parameter tanah Briaud, menggunakan program (*software Allpile*). Untuk penurunan dihitung menggunakan perhitungan penurunan elastis tiang tunggal dan dengan program (*software Allpile*). Dari proses analisa tersebut telah didapat besarnya daya dukung pada titik yang ditinjau sebesar 387,162 Ton dan perbandingan penurunan antara metode penurunan elastis dengan program komputer sebesar 20,29%.

Kata kunci: Daya dukung, *Bored pile*, Penurunan, Resse and O'neil, Briaud.

## **ABSTRACT**

### **BEARING CAPACITY ANALYSIS AND SETTLEMENT OF BORED PILE FOUNDATION IN PROJECT TOL MEDAN-KUALANAMU-TEBING TINGGI (CASE STUDY)**

Faisal Syaifullah

1307210146

M. Husin Gultom, ST, MT.

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc.

*The bored pile foundation was part of a construction which continued to burden of soil and rocks which is located underneath. Allowable of bearing capacity must be greater than the load of the foundation as well as the dynamic load, a decrease which will be brought about due to the decline of imposition shall not exceed that permitted and quality control became one of the important keys to the success of the foundation. To ensure that there will be no collapse on the foundation due to lack of support from the soil it is necessary to analyze the bearing capacity in project Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi. Bearing capacity and the settlement of the foundation can be calculated using the method of analytical and elastic of settlement as well as using the helper program. Standart Penetration Test (SPT) the be correlated into the soil parameters that are required in the calculation analysis of both programs. Based on the data of standart penetration test, and strong shear parameters of land resource carrying capacity can be calculated by the method Reese and O;neil, Vesic method with correlation of soil parameter Briaud, and using the program. to decrease is calculated using calculation of decrease in single pole elastic. From the analysis process has obtained the bearing capacity at the point reviewed for 387.162 Ton and the ratio of the decrease between the method of elastic reduction with computer program of 20.29%.*

*Keywords: Bearing capacity, Bored Pile, settlement, Reese and onelil, Briaud.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi *Bored Pile* Pada Proyek Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Muhammad Husin Gultom, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, MSc, selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar A Siregar, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.



7. Orang tua penulis: Sukandar, dan Yayuk Sumiati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Agung Trisna, Erry Prasetyo, Zakaria Fadhil, Suguluh Wisnu Murti, Ibnu Hajar, Putri Pangesti Wahyu Wijayanti, Kelas Struktur dan Transport Malam, dan seluruh angkatan 2013 lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Maret 2018

Faisal Syaifullah

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat Penulisan	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tanah dan Partikel Tanah	6
2.2. Penyelidikan tanah ( <i>soil investigation</i> )	8
2.2.1. Pengujian Penetrasi Standar (SPT)	9
2.3. Parameter Tanah	10
2.4. Pengertian Pondasi Tiang	14
2.4.1. Pondasi Tiang Bor ( <i>Bored Pile</i> )	14
2.5. Kapasitas Daya Dukung	16
2.5.1. Tiang Dukung Ujung dan Tiang Gesek	16
2.5.2. Kapasitas Daya Dukung dari Data N-SPT	17
2.6. Faktor Keamanan	22
2.7. Penurunan Tiang Elastis	23
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	

3.1.	Diagram Alir Penelitian	26
3.2.	Data Umum Proyek	27
3.3	Lokasi Titik Pengeboran	28
3.4.	Pengumpulan Data	29
3.5.	Analisis Data Tanah	30
3.6.	Tahap Penelitian	32
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1.	Perhitungan Daya Dukung Menggunakan Data SPT	41
4.1.1.	Perhitungan Pada Titik BH-1	41
4.1.2.	Perhitungan Pada Titik BH-2	51
4.1.3.	Perhitungan Pada Titik BH-3	61
4.2.	Perhitungan Penurunan Elastis ( <i>Settlement</i> )	71
4.2.1.	Penurunan Pada Titik BH-1	71
4.2.2.	Penurunan Pada Titik BH-2	73
4.2.3.	Penurunan Pada Titik BH-3	76
4.3.	Menghitung Daya Dukung Dengan Program ( <i>AllPile</i> )	79
4.3.1.	Output desain pondasi program ( <i>Allpile</i> ) BH 1	79
4.3.1.1.	<i>Vertical capacity</i>	81
4.3.1.2.	<i>Settlement calculation</i>	81
4.3.2.	Output desain pondasi program ( <i>Allpile</i> ) BH 2	82
4.3.2.1.	<i>Vertical capacity</i>	83
4.3.2.2.	<i>Settlement calculation</i>	83
4.3.3.	Output desain pondasi program ( <i>Allpile</i> ) BH 3	84
4.3.3.1.	<i>Vertical capacity</i>	85
4.3.3.2.	<i>Settlement calculation</i>	86
4.3.4.	Hasil Rekapitulasi	87
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1.	Kesimpulan	89
5.2.	Saran	90
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batasan-batasan ukuran golongan tanah	6
Tabel 2.2	Korelasi N-SPT dengan Modulus Elastisitas pada tanah lempung	10
Tabel 2.3	Hubungan jenis tanah, konsistensi dan <i>passion ratio</i> ( $v$ )	11
Tabel 2.4	Korelasi nilai berat isi dengan N spt pada tanah lempung	11
Tabel 2.5	Korelasi nilai berat isi dengan N spt pada tanah pasir	12
Tabel 2.6	Parameter rencana tiang tanah kohesif	13
Tabel 2.7	Parameter rencana tiang untuk tanah non kohesif	13
Tabel 2.8	Hubungan dari, $\Phi$ dan N dari pasir	17
Tabel 2.9	Nilai faktor daya dukung menurut teori Vesic	18
Tabel 2.10	Variasi nilai $\lambda$ berdasarkan $\lambda$ Method	19
Tabel 2.11	Faktor keamanan untuk pondasi tiang	23
Tabel 2.12	Nilai umum modulus elastisitas tanah	25
Tabel 3.1	Data uji lapangan <i>standard penetration Test</i> (SPT) pada BH-1	30
Tabel 3.2	Data uji lapangan <i>standard penetration Test</i> (SPT) pada BH-2	31
Tabel 3.3	Data uji lapangan <i>standard penetration Test</i> (SPT) pada BH-3	32
Tabel 4.1	Perhitungan daya dukung metode Resse and o'neil pada BH-1	47
Tabel 4.2	Perhitungan daya dukung metode Briaud pada BH-1	49
Tabel 4.3	Perhitungan daya dukung metode Resse and o'neil pada BH-2	56
Tabel 4.4	Perhitungan daya dukung metode Briaud pada BH-2	59
Tabel 4.5	Perhitungan daya dukung metode Resse and o'neil pada BH-3	66
Tabel 4.6	Perhitungan daya dukung metode Briaud pada BH-3	69
Tabel 4.7	Rekapitulasi perhitungan penurunan elastis tiang tunggal	79
Tabel 4.8	Data tiang ( <i>output software Allpile</i> ) BH-1	80
Tabel 4.9	Data tanah ( <i>output software Allpile</i> ) BH-1	80
Tabel 4.10	Data tiang ( <i>output software Allpile</i> ) BH-2	82
Tabel 4.11	Data tanah ( <i>output software Allpile</i> ) BH-2	82
Tabel 4.12	Data tiang ( <i>output software Allpile</i> ) BH-3	84
Tabel 4.13	Data tanah ( <i>output software Allpile</i> ) BH-3	85
Tabel 4.14	Rekapitulasi perbandingan hasil perhitungan daya dukung <i>ultimate</i>	87
Tabel 4.15	Rekapitulasi perbandingan hasil perhitungan penurunan	88

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Batasan-batasan ukuran golongan tanah	8
Gambar 2.2	Tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya	16
Gambar 2.3	Faktor adhesi untuk tiang pada tanah lempung	21
Gambar 2.4	<i>Overbreak</i> diameter lubang bor akibat longsoran tanah	19
Gambar 2.5	Variasi jenis bentuk unit tahanan friksi (kulit) alami terdistribusi sepanjang tiang tertanam ke dalam tanah	24
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2	Denah Lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Medan Kualanamu Tebing Tinggi (Seksi 6)	28
Gambar 3.3	Lokasi titik pengeboran BH-1 (Dokumentasi PT. Waskita Karya Seksi 6)	29
Gambar 3.4	Lokasi titik pengeboran BH-2 dan BH-3 (Dokumentasi PT. Waskita Karya Seksi 6)	29
Gambar 3.5	Pengujian penetrasi standart	34
Gambar 3.6	Skema urutan pengujian penetrasi standar (SPT)	35
Gambar 3.7	Tampilan <i>software</i> Allpile ( <i>Pile Type</i> )	36
Gambar 3.8	Tampilan <i>software</i> Allpile ( <i>Pile Profile</i> )	37
Gambar 3.9	Tampilan <i>software</i> Allpile ( <i>Pile Properties</i> )	38
Gambar 3.10	Tampilan <i>software</i> Allpile ( <i>Load and Group</i> )	38
Gambar 3.11	Tampilan <i>software</i> Allpile ( <i>Soil Properties</i> )	39
Gambar 3.12	Tampilan <i>software</i> Allpile ( <i>Advanced Page</i> )	39
Gambar 4.1	Grafik daya dukung metode Resse and O'neil pada BH 1	48
Gambar 4.2	Grafik daya dukung metode Briaud pada BH 1	50
Gambar 4.3	Grafik daya dukung metode Resse and O'neil pada BH 2	58
Gambar 4.4	Grafik daya dukung metode Briaud pada BH 2	60
Gambar 4.5	Grafik daya dukung metode Resse and O'neil pada BH 3	68
Gambar 4.6	Grafik daya dukung metode Briaud pada BH 3	70
Gambar 4.7	<i>Output</i> grafik daya dukung pondasi tiang bor pada <i>software</i> Allpile BH-1	81
Gambar 4.8	<i>Output</i> grafik daya dukung pondasi tiang bor pada <i>software</i>	

	<i>Allpile</i> BH-2	84
Gambar 4.9	<i>Output</i> grafik daya dukung pondasi tiang bor pada <i>software</i>	
	<i>Allpile</i> BH-3	86

## 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
$L_i$	= Panjang Lapisan tanah yang ditinjau
$N$	= Harga SPT lapangan
$SF$	= Faktor keamanan
$c$	= Kohesi
$C_u$	= Kohesi undrained
$\alpha$	= Koefisien adhesi antara tanah dan tiang
$Q_p$	= Tahanan ujung persatuan luas
$K$	= Faktor kekakuan tiang
$q_c$	= Tahanan ujung sondir
$E_s$	= Modulus elastisitas tanah disekitar tiang
$E_b = 10.E_s$	= Modulus elastisitas tanah didasar tiang
$E_p$	= Modulus elastisitas dari bahan tiang
$S$	= Penurunan pondasi
$I_o$	= Faktor pengaruh penurunan tiang yang tidak mudah mampat (incompressible) dalam massa semi tak terhingga
$H$	= Kedalaman
$\phi$	= sudut geser dalam
$\gamma_{sat}$	= Berat isi tanah jenuh
$\gamma_{dry}$	= Berat isi tanah kering
$\nu = \mu$	= Poisson Ratio
$\xi$	= Variasi jenis bentuk unit tahanan friksi (kulit)

## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

SPT	= Standard penetration test
FK	= Faktor keamanan
Dr	= Kepadatan relatif
EI	= Elastisitas dengan Inersia
EA	= Elastisitas dengan Luas
PSF	= Pound Square Feet
PSI	= Pound Square Inch



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sejalan dengan program pemerintah dalam meningkatkan taraf pembangunan, sebagaimana kita ketahui pada dewasa ini di negara-negara yang sedang berkembang seperti layaknya Indonesia. Program tersebut juga didasarkan oleh permasalahan-permasalahan yang kerap ditemui di berbagai sektor misalnya jalan.

Berdasarkan pertimbangan pembangunan infrastruktur untuk mempermudah akses perjalanan di kota Medan khususnya untuk menuju ke bandara Kualanamu dan menuju Kota Tebing tinggi maka pemerintah melaksanakan program pembangunan jalan tol yang akan menghubungkan kota Medan dengan Tebing tinggi serta Bandara Kualanamu. Hal itu ditandai dengan dilaksanakannya perletakan batu pertama pada 23 September 2014. Jalan tol sepanjang 61,80 km ini merupakan bagian dari jalan tol trans-sumatera dan terbagi dalam 2 (dua) seksi. Pemerintah yakin pembangunan jalan tol akan berdampak positif pada naiknya peringkat *global competitiveness* Indonesia.

Sebelum melakukan pekerjaan konstruksi baik itu jalan tol, jembatan, *fly over*, maupun gedung, hal yang utama dilakukan adalah pekerjaan pondasi.

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas menahan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/ super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya.

Pondasi tiang dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kategori sebagai berikut: Tiang Perpindahan Besar (*large displacement pile*) yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif besar. Kedua yaitu tiang perpindahan kecil (*small displacement pile*) yaitu tiang dengan kategori pertama hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relatif kecil, contohnya: tiang beton berlubang dengan ujung terbuka, tiang baja bulat ujung terbuka, tiang ulir dan terakhir adalah tiang tanpa perpindahan (*non displacement pile*) merupakan tiang

yang terdiri dari tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah. Termasuk dalam tiang tanpa perpindahan adalah *bored pile*, yaitu tiang beton yang pengecorannya langsung di dalam lubang hasil pengeboran tanah (pipa baja diletakkan di dalam lubang dan dicor beton) (Hardiyatmo, 2002).

Pondasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu pondasi dangkal (*Shallow foundation*) dan pondasi dalam (*Deep foundation*). Secara umum permasalahan yang dapat timbul pada pondasi dalam lebih rumit daripada pondasi dangkal. Dalam hal ini penulis mencoba dalam tugas akhir ini menganalisa daya dukung pondasi dalam yaitu pondasi *Bored pile*. Pondasi *bored pile* dipilih dikarenakan proses pengeboran yang berkelanjutan dengan lebih sedikit getaran dan kebisingan sehingga meminimalkan tingkat gangguan bagi gedung-gedung atau aktifitas lain disekitarnya. *Bored Pile* merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang penulis defenisikan sebagai struktur bawah yang berinteraksi dengan tanah disekitarnya untuk menghasilkan perkuatan/daya dukung (*Bearing capacity*) untuk mampu menopang beban struktur di atasnya. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan juga proses penyelidikan tanah secara akurat pula. Ada dua metode yang bisa digunakan dalam proses penyelidikan tanah yaitu penyelidikan tanah dengan metode statis dan penyelidikan tanah dengan metode dinamis.

Penyelidikan tanah dengan metode statis melalui percobaan dilapangan ialah penyelidikan tanah dengan sondir dan metode dinamis yaitu *standart penetration test* (SPT). Penyelidikan tanah bertujuan untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah yang merupakan indikasi dari kekuatan daya dukung lapisan tanah dengan menggunakan rumus *empiris*.

Penyelidikan dengan *standart penetration test* (SPT) bertujuan untuk mendapatkan gambaran kekuatan lapisan tanah, sifat-sifat tanah dan karakteristik tanah dengan pengamatan secara visual dari pengambilan contoh tanah terganggu.

Data yang dihasilkan dari kedua penyelidikan diatas dapat dijadikan dasar untuk menghitung daya dukung yang merupakan tujuan penulis dari tugas akhir ini.

## 1.2. Rumusan Masalah

Pada proyek pembangunan tol Medan-Kualanamu-Tebing tinggi terdapat banyak permasalahan yang dapat ditinjau dan dibahas, namun untuk mengkonsentrasikan penulis maka diperlukan adanya pembatasan masalah yang akan ditinjau dan dibahas sehingga dapat meminimalkan timbulnya kerancuan dan penyimpangan dari permasalahan yang dikemukakan. Walaupun demikian hal tersebut tidak akan mempersempit nilai-nilai dari pokok masalah yang akan di bahas, justru akan memperjelas tentang hasil dari masalah yang sedang di bahas.

Berdasarkan pernyataan dikemukakan diatas, maka permasalahan yang dapat diangkat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Berapa daya dukung pondasi *Bored pile* antara tiga titik sampel pondasi menggunakan metode Reese & O'neil dan metode Vesic mrnggunakan korelasi parameter tanah Briaud dan bantuan program komputer?
- b. Bagaimana perbandingan penurunan antara pondasi *Bored pile* yang di tinjau dari tiga titik sampel pondasi yang berbeda dengan perhitungan penurunan elastis dan bantuan program komputer?

## 1.3. Ruang Lingkup

Untuk meminimalkan timbulnya kerancuan dan penyimpangan dari permasalahan yang dikemukakan maka dalam penulisan tugas akhir ini permasalahan yang ditinjau antara lain:

- a. Menggunakan data *Standart Penetration Test* (SPT) sebagai data acuan perhitungan.
- b. Menghitung daya dukung dan penurunan dengan metode Reese & O'neil juga metode Vesic dengan korelasi parameter tanah Briaud dan dengan bantuan program komputer.

## 1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Mengetahui daya dukung *Bored Pile* berdasarkan data *Standart Penetration Test* (SPT) menggunakan metode Resse & O'neill, dan

metode Vesic menggunakan korelasi parameter tanah Briaud serta bantuan program AllPile dari tiga titik sampel pondasi.

- b. Mengetahui penurunan pondasi *Bored pile* dan perbandingan antara ketiga sampel pondasi melihat dari penurunan elastis dan bantuan program komputer.

### **1.5. Manfaat**

Penulisan Tugas Akhir ini diharapkan bermanfaat bagi :

- a. Sebagai bahan referensi bagi siapa saja yang membacanya khususnya bagi mahasiswa yang melakukan studi kasus yang sama.
- b. Diharapkan bermanfaat sebagai media perkembangan ilmu pengetahuan di bidang geoteknik, terutama pondasi *bored pile* bagi studi kasus dan pihak-pihak terkait.
- c. Sebagai bahan penelitian selanjutnya dengan membandingkan metode analitis yang lain.

### **1.6. Sistematika Pembahasan**

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan rincian sebagai berikut:

#### **BAB - I PENDAHULUAN**

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, pembatasan masalah dan metode pengumpulan data.

#### **BAB - II TINJAUAN PUSATAKA**

Bab ini berisikan tentang teori-teori dasar yang mendukung studi yang digunakan dalam laporan tugas akhir.

#### **BAB - III METODOLOGI**

Bab ini berisi metode penelitian, pengumpulan dan interpretasi data yang akan digunakan dalam tugas akhir ini.

#### BAB - IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Bab ini berisi tentang analisis dan perhitungan kapasitas daya dukung pondasi *bored pile* berdasarkan dari data yang dikumpulkan.

#### BAB - V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dan saran mengenai studi kasus pada laporan tugas akhir ini.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanah dan Partikel Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan 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 (Das, 1995). Butiran-butiran mineral membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil pelapukan dari batuan. Ukuran setiap butiran padat tersebut sangat bervariasi dan sifat-sifat fisik dari tanah banyak tergantung dari faktor-faktor ukuran, bentuk, dan komposisi kimia dari butiran. Untuk lebih jelasnya tentang faktor-faktor tersebut, harus lebih dikenal dahulu tipe-tipe dasar dari batuan yang membentuk batuan, dan proses pelapukan.

Ukuran dari partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*Gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya. Beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran jenis tanah (*soil-separate-size limits*). Das (1995) Pada Tabel 2.1 ditunjukkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah dikembangkan oleh beberapa organisasi tersebut.

Tabel 2.1: Batasan-batasan ukuran golongan tanah (Das, 1995).

Nama golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	>2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	<0,002

Tabel 2.1: *Lanjutan.*

Nama golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
U.S. [Department of Agriculture (USDA)]	>2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	<0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 - 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	<0,002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U. S. Bureau of Reclamation)	76,2 – 4,74	4,75 – 0,075	Halus (Yaitu lanau dan lempung) <0,0075	

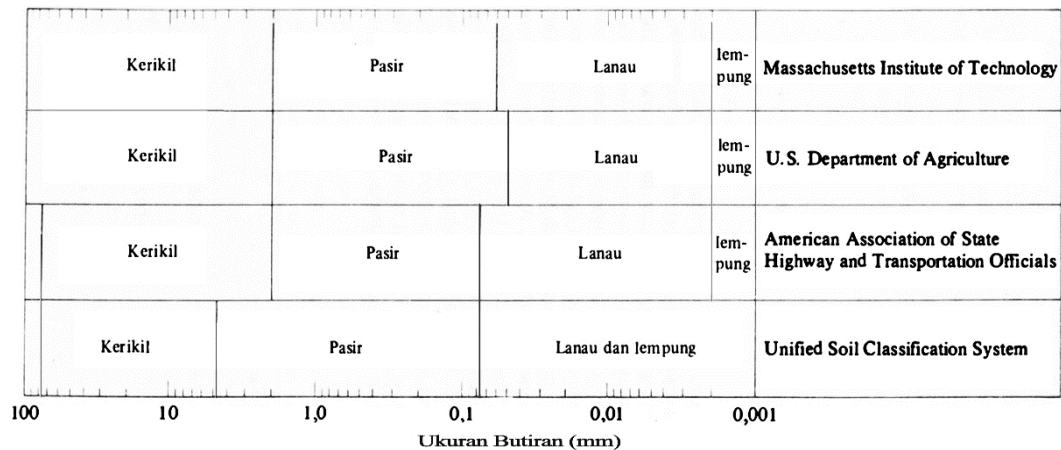
*Society of Testing and Materi* (ASTM) didalam buku Das (1995) Gambar 2.1 menunjukkan batasan-batasan ukuran dalam bentuk grafik.

*Kerikil (gravel)* adalah kepingan-kepingan dari batuan yang kadang-kadang juga mengandung partikel-partikel mineral *quartz*, *feldspar*, dan mineral-mineral lain.

Pasir (*sand*) sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*. Butiran dari mineral yang lain mungkin juga masih ada pada golongan ini.

Lanau (*silts*) sebagian besar merupakan fraksi mikroskopis (berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus, dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika.

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



Gambar 2.1: Batasan-batasan ukuran golongan tanah menurut beberapa sistem (Das, 1995).

## 2.2. Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Penyelidikan tanah (*Soil Investigation*) secara awam penulis dapat diartikan kegiatan yang dilakukan terhadap tanah atau sampel tanah guna menganalisa jenis, sifat, maupun karakteristik dari tanah. Juga untuk mengetahui apakah tanah tersebut mampu menahan beban rencana di atasnya maupun dari pengaruh gaya vertikal ataupun horizontal. Penyelidikan tanah tersebut dapat dilakukan tes laboratorium dengan membawa sampel dari berbagai lapisan tanah atau juga dengan pengamatan langsung dilapangan (Hardiyatmo, 1996).

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) ada dua jenis yaitu:

### 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 Penetrometer*.

### 2) Penyelidikan di laboratorium

Jenis, sifat serta karakteristik dari tanah dapat diketahui dengan membawa sampel tanah dari hasil pengeboran ke laboratorium. Hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung ultimit dan penurunan. Jenis penyelidikan di laboratorium terdiri dari uji *indexproperties* tanah (*Atterberg Limit*, *Water Content*, *Spesific 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:

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 bisa didapatkan, akan tetapi dengan menggunakan teknik-teknik pelaksanaan yang baik, maka kerusakan-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 Standar (SPT)**

Pengujian Penetrasi Standar dimaksudkan yaitu untuk menentukan kepadatan relatif dan sudut geser lapisan tanah tersebut dari pengambilan contoh tanah dengan tabung, dapat diketahui jenis tanah dan ketebalan dari setiap lapisan tanah tersebut, untuk memperoleh data yang kumulatif pada perlawanan penetrasi tanah dan menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkoheesi yang biasanya sulit diambil sampelnya (SNI 4153, 2008).

Pengujian Penetrasi Standar (SPT) adalah suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal ( $N_2 + N_3$ ). Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat

63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap (SNI 4153, 2008).

### 2.3. Parameter Tanah

Parameter tanah adalah ukuran atau acuan untuk mengetahui atau menilai hasil suatu proses perubahan yang terjadi dalam tanah baik dari sifat fisik dan jenis tanah. (Tabel 2.6 dan 2.7).

#### 1. Modulus Young (E)

Nilai perkiraan modulus elastisitas dapat diperoleh dari pengujian SPT (*Standart Penetration Test*), Selain itu modulus elastisitas tanah dapat juga di cari dengan pendekatan terhadap jenis dan konsistensi tanah dengan N-SPT (Tabel 2.2).

Tabel 2.2: Korelasi N-SPT dengan Modulus Elastisitas pada tanah lempung (Randolph dan Wroth, 1978).

Subsurface condition	Penetration resistance range N	E50 (%)	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 ( $\nu'$ )

Rasio Poisson sering dianggap sebesar 0,2 s.d 0,4 dalam pekerjaan-pekerjaan mekanika tanah. Nilai sebesar 0,5 biasanya dipakai untuk tanah jenuh dan nilai 0 sering dipakai untuk tanah kering dan tanah lainnya untuk kemudahan dalam perhitungan. Dalam Tabel 2.3 ditunjukkan hubungan antara jenis tanah, konsistensi dengan *poission ratio*.

Tabel 2.3: Hubungan jenis tanah, konsistensi dan *poission ratio* ( $\nu$ ) (Hardiyatmo, 1994).

Soil Type	Description	( $\nu'$ )
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. Berat Jenis Tanah Kering ( $\gamma_{dry}$ )

Berat jenis tanah kering adalah perbandingan antara berat tanah kering dengan satuan volume tanah. Berat jenis tanah kering dapat diperoleh dari data *Soil Test* dan *Direct Shear* dan di korelasikan dengan data N SPT pada Tabel 2.4 dan 2.5.

Tabel 2.4: Korelasi nilai berat isi dengan N SPT pada tanah lempung (Civiltech, 2017).

Consistensi	Symbol (Psf)	Very soft	Soft	Medium	Stiff	Very stiff	Hard
SPT	Nspt	0-2	2-4	4-8	8-16	16-32	>32
UCS	$q_u$	0-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000	>8000
Shear	$c_u$	0-250	250-500	500-1000	4000	2000-4000	>4000
Saturated	$\gamma$	<100	100-120	100-130	120-130	120-140	>130

Tabel 2.5: Korelasi nilai berat isi dengan N SPT pada tanah pasir (Civiltech, 2017).

Consistensi	Symbol (Psf)	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
SPT	Nspt	0-4	4-10	10-30	30-50	>50
Moist	$\gamma$	<100	95-125	110-130	110-140	>130
Submerged	$\gamma$	<60	55-65	60-70	65-85	>75

#### 4. Berat Jenis Tanah Jenuh ( $\gamma_{sat}$ )

Berat jenis tanah jenuh adalah perbandingan antara berat tanah jenuh air dengan satuan volume tanah jenuh. Di mana ruang porinya terisi penuh oleh air (Soedarmo, 1993).

#### 5. Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )

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* (Soedarmo, 1993).

#### 6. Kohesi (c)

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser tanah, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah. Selain itu nilai berat jenis tanah kering ( $\gamma_{dry}$ ), berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), sudut geser ( $\phi$ ) dan kohesi (C) dapat juga di peroleh dari program Allpile dengan memasukkan nilai N-SPT (Soedarmo, 1993).

Dari Tabel 2.6 dapat dilihat jenis konsistensi dari tanah kohesif, misal pada tanah yang sangat lembek secara pengujian langsung ketika digenggam hilang antara jari tangan memiliki nilai N berkisar antara 0-2, memiliki nilai kuat geser *undrained* berkisar antara 0-10 dan nilai koefisien terganggu sebesar 1,0.

Tabel 2.6: Parameter rencana tiang tanah kohesif (BMS, 1992).

Kondisi tanah kohesif		Nilai 'N'	Kuat geser "undrained" rata-rata nominal, $c_u$ kpa	Koefisien terganggu $F_c$
Konsistensi				
Sangat Lembek	Hilang antara jari tangan	0-2	0-10	1,0
Lembek	Mudah di bentuk dengan jari	2-4	10-25	1,0
Teguh	Dapat di bentuk dengan jari dan tekanan kuat	4-8	25-45	1.0
			45-50	1,0-0.95
Kenyal	Tidak dapat dibentuk dengan jari	8-15	50-60	0.95-0,8
			60-80	0.8-0.65
			80-100	0.65-0.55
Sangat Kenyal	Getas atau tahan	15-30	100-120	0.55-0.45
			120-140	0.45-0.4
			140-160	0.4-0.35
			160-180	0.36-0.35
			180-200	0.35-0.34
Keras	Keras	>30	>200	0.34

Dari Tabel 2.7 dapat dilihat konsistensi tanah non kohesif, misal pada tanah dengan konsistensi padat dapat diketahui nilai N berkisar antara 30-50, batas kedalaman/diameter tiang sebesar 15, faktor gesekan rencana sebesar 0,8 untuk tiang bor dan nilai faktor kapasitas daya dukung sebesar 100 untuk tiang bor.

Tabel 2.7: Parameter rencana tiang untuk tanah non kohesif (BMS, 1992).

Kondisi tanah		Batas kedalaman/diameter tiang $Z_L/d$	$F_1$		$N_q$	
Konsistensi	Nilai S.P.T "N"		Tiang pancang	Tiang bora tau tiang cor di tempat	Tiang pancang	Tiang bor
Lepas	0-10	6	0.8	0.3	60	25
Sedang	10-30	8	1.0	0.5	100	60
Padat	30-50	15	1.5	0.8	180	100

## 2.4. Pengertian Pondasi Tiang

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya *orthogonal* kesumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1980). Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan dengan monolit menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi.

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya, dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Demikian pula bila pondasi bangunan terletak pada tanah timbunan yang cukup tinggi, sehingga bila bangunan diletakkan pada timbunan akan dipengaruhi oleh penurunan yang besar (Hardiyatmo, 1996).

Pondasi tiang secara umum dibedakan menjadi dua berdasarkan teknik pelaksanaan konstruksinya yaitu pondasi tiang bor (*Bored pile*) dan pondasi tiang pancang.

### 2.4.1. Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

Pondasi tiang bor merupakan pondasi yang konstruksinya dengan cara memasukkan langsung beton segar ke dalam lubang yang telah dibor yang sebelumnya juga telah dimasukkan tulangan baja yang telah dirakit ke dalam lubang pengeboran sebelumnya. Pondasi tiang bor dapat disebut sebagai *nondisplacementpile* dikarenakan prosesnya tidak menyebabkan perpindahan tanah.

Keuntungan dan kerugian pondasi tiang bor menurut Hardiyatmo (2008) adalah sebagai berikut:

Keuntungan-keuntungan pondasi tiang bor:

- a) Berdasar contoh tanah selama pengeboran dapat dipelajari kesesuaian kondisi tanah yang dijumpai dengan keadaan tanah dari *boring log* yang dilakukan pada waktu penyelidikan tanah.
- b) 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.

- c) Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.
- d) Dapat dipergunakan untuk segala macam kondisi tanah misalnya harus menembus lapisan keras, kerakal, lensa-lensa batuan yang tidak dapat ditembus oleh tiang pancang.
- e) Tiang bor memiliki kapasitas yang besar dalam satu tiang karena diameter dapat divariasikan sampai 1,50 m, 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 diperlukan praktis lebih kecil dan ekonomis.
- f) 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 perlemahan selama pemancangan.

Kerugian-kerugian pondasi tiang bor:

- a) Air yang mengalir kedalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas daya dukung tanah terhadap tiang sehingga diperlukan pengendalian yang baik.
- b) Teknis-teknis pelaksanaan kadang sangat sensitif terhadap keadaan tanah yang dijumpai sehingga diperlukan personil-personil kerja 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) Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
- e) Karena makin besar diameter tiang bor yang direncanakan makin besar pula daya dukungnya sehingga apabila diperlukan *loading test*, biayanya menjadi lebih mahal.

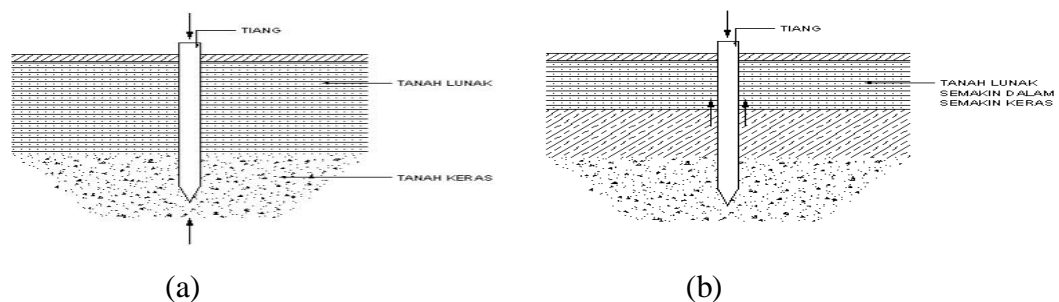
- f) Kondisi tanah di kaki tiang seringkali rusak akibat proses pengeboran. Adanya endapan tanah dari runtuh dinding lubang bor atau sedimentasi lumpur menjadikan daya dukung ujung dari tiang bor tidak dapat diandalkan.
- g) Penyelesaian pondasi tiang bor memerlukan waktu yang cukup lama dikarenakan harus menunggu proses kesiapan pengujian beton pengecoran pondasi.

## 2.5 Kapasitas Daya Dukung

### 2.5.1 Tiang Dukung Ujung dan Tiang Gesek

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

- 1) Daya dukung ujung tiang (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada dibawah ujung tiang (Gambar 2.2a).
- 2) Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya (Gambar 2.2b).



Gambar 2.2: Tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya: (a) *end bearing pile*, (b) *friction pile* (Hardiyatmo, 2002).



### 2.5.2 Kapasitas daya dukung dari data N-SPT

*Standard Penetration Test* (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *split spoon* kedalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kepadatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah ( $\Phi$ ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Hubungan kepadatan relatif, sudut geser tanah dan nilai N dari pasir dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Hubungan dari,  $\Phi$  dan N dari pasir (Sosrodarsono, 1983).

Nilai N	Kepadatan Relative (Dr)		Sudut Geser Dalam	
			Menurut Peck	Menurut Meyerhof
0-4	0,0-0,2	Sangat lepas	< 28,5	< 30
4-10	0,2-0,4	Lepas	28,5-30	30-35
10-30	0,4-0,6	Sedang	30-36	35-40
30-50	0,6-0,8	Padat	36-41	40-45
> 50	0,8-1,0	Sangat Padat	< 41	> 45

Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi tiang pada tanah pasir dan lempung didasarkan pada data uji lapangan SPT Briaud dalam buku (Das, 2007) mengusulkan persamaan korelasi parameter tanah yang digunakan untuk membantu menghitung tahanan ujung tiang yang ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

1. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) dan kekuatan lekatan (*skin friction*) pada tanah non kohesif dengan korelasi parameter tanah Briaud (Das, 2007) ditunjukkan dalam Pers. 2.1 dan 2.2.

Kekuatan ujung tiang :

$$Q_p = A_p \cdot 19.7 p_a (N)^{0.36} \quad (2.1)$$

Dimana :

$N$  = nilai rata-rata dari angka standart penetrasi di dekat titik tumpuan  
(sekitar 10D di atas dan 4D di bawah titik tumpuan)

$p_a$  = tekanan atmosfer (<100 kN> m<sup>2</sup> atau 2000 lb > ft<sup>2</sup>)

$A_p$  = Luas penampang tiang

Untuk tahanan geser selimut tiang :

$$Q_s = pL f_{av} \quad (2.2)$$

$$\text{Dengan } f_{av} = 0.224 p_a (N_c)^{0.29} \quad (2.3)$$

Dimana :

$p$  = keliling tiang untuk bagian yang di tinjau

$L$  = Kedalaman pondasi *bored pile*

$D$  = Diameter tiang

Luas penampang tiang

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (2.4)$$

$$p = \pi \cdot D \quad (2.5)$$

2. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) dan kekuatan lekatan (*skin friction*) pada tanah kohesif menurut Vesic (Das, 1995) ditunjukkan dalam persamaan berikut:

Daya dukung ujung tiang:

$$Q_p = A_p \cdot N_c \cdot C_u \quad (2.6)$$

Untuk nilai  $N_c$  (faktor daya dukung) berdasarkan teori dari teori Vesic (Das, 1995) dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9: Nilai faktor daya dukung menurut teori Vesic (Das, 1995).

$I_{rr}$	$N_c$
10	6,97
20	7,90
40	8,82
60	9,36
80	9,75
100	10,04
200	10,97
300	11,51

Tabel 2.9: Lanjutan.

$I_{rr}$	$N_c$
400	11,89
500	12,19

$$I_r = I_{rr} = 347 \left( \frac{C_u}{P_a} \right) - 33 \quad (2.7)$$

Daya dukung selimut tiang ( $\lambda$  Method)

$$f_{av} = \lambda(\sigma_o + 2C_u) \quad (2.9)$$

$$Q_s = pL f_{av} \quad (2.10)$$

Dengan mengetahui kedalaman pondasi yang di tinjau, maka untuk menentukan berapa besarnya nilai  $\lambda$  dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10: Variasi nilai  $\lambda$  berdasarkan  $\lambda$  Method (Das, 1995).

Embedment Length, L (m)	$\lambda$
0	0,5
5	0,336
10	0,245
15	0,200
20	0,173
25	0,150
30	0,136
35	0,132
40	0,127
50	0,118
60	0,113
70	0,110
80	0,110
90	0,110

$$\sigma_o = \gamma \cdot L \quad (2.11)$$

Dimana :

- $C_u$  = Kohesi *Undrained*
- $L$  = panjang lapisan tanah yang di tinjau
- $N_c$  = faktor daya dukung
- $\gamma$  = Berat isi tanah

Adapun perkiraan kapasitas daya dukung pondasi tiang pada tanah kohesi dan non kohesi didasarkan pada data uji laboratorium, Reese and O’neill (Das, 2007) mengusulkan persamaan untuk menghitung tahanan ujung tiang ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

1. Kekuatan ujung tiang dan kekuatan lekatan pada tanah kohesif menurut Reese and O’neil (Das, 2007) ditunjukkan dalam persamaan berikut:

Kekuatan ujung tiang

$$Q_b = A_p \cdot N_c \cdot C_u \quad (2.12)$$

Tahanan geser selimut tiang:

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L \quad (2.13)$$

Dimana:

- $p$  = Keliling
- $C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur
- $\alpha$  = Faktor adhesi
- $\Delta L$  = Kedalaman
- $A_p$  = Luas penampang

Adapun Pers. Untuk mencari nilai  $\alpha$  sesuai Pers. 2.14:

$$\alpha = 0,55 \rightarrow \text{jika } \frac{C_u}{P_a} \leq 1,5$$

$$0,55 - 0,1 \cdot \left( \frac{C_u}{P_a} - 1,5 \right) \rightarrow \text{jika } 1,5 < \frac{C_u}{P_a} \leq 2,5 \quad (2.14)$$

Luas selimut tiang sesuai Pers.2.15

$$p = \pi \cdot D \quad (2.15)$$

Luas penampang tiang sesuai Pers.2.16

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (2.16)$$

2. Kekuatan ujung tiang dan kekuatan lekatan pada tanah non-kohefif menurut Resse and O'neill (Das, 2007) ditunjukkan dalam persamaan berikut:

Kekuatan ujung tiang sesuai Pers. 2.17

$$Q_b = q_p \cdot a_p \quad (2.17)$$

Adapun Pers. Untuk mencari nilai  $q_p$  sesuai Pers. 2.18

$$q_p = 57,5 \cdot N_{spt} \cdot A_p \quad (2.18)$$

Tahanan geser selimut tiang Pers. 2.19

$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L \quad (2.19)$$

Adapun Pers. Untuk mencari nilai  $f$  Pers. 2.20

$$f = \beta \cdot \sigma \quad (2.20)$$

3. Berdasarkan metode  $\alpha$  untuk mencari nilai tahanan geser selimut juga bisa berdasarkan persamaan berikut:

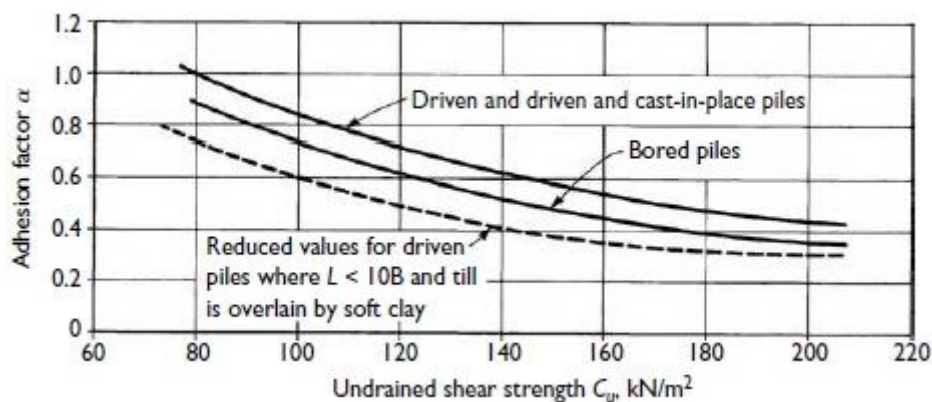
$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L = \sum \alpha C_u p \cdot \Delta L \quad (2.21)$$

Dengan

$$f = \alpha C_u \quad (2.22)$$

$$\alpha = C \left( \frac{\sigma_o}{C_u} \right)^{0,45} \quad (2.23)$$

Diluar dari Pers. 2.23 untuk menentukan besarnya nilai  $\alpha$  bisa juga ditentukan dengan melihat grafik (Gambar 2.3).



Gambar 2.3: Faktor adhesi untuk tiang pada tanah lempung (Tomlinson dan Woodward, 1977).

## 2.6. 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. 2.24 dan 2.25:

$$Q_a = \frac{Q_u}{FK} \quad (2.24)$$

$$Q_a = \frac{Q_p}{FK \text{ ujung}} + \frac{Q_s}{FK \text{ selimut}} \quad (2.25)$$

Untuk menentukan faktor keamanan dapat digunakan klasifikasi struktur bangunan menurut Reese and O'neil (Hardiyatmo, 2008) 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 2.11).
2. Pengendalian normal: Situasi yang paling umum, hampir serupa dengan kondisi diatas, tetapi kondisi tanah bervariasi dan tidak tersedia data pengujian tanah (Tabel 2.11).
3. Pengendalian kurang: Tidak ada uji pembebanan, kondisi tanah sulit dan bervariasi, tetapi pengujian geoteknik dilakukan dengan baik (Tabel 2.11).
4. Pengendalian buruk: Kondisi tanah amat buruk dan sukar ditentukan, penyelidikan geoteknik tidak memadai (Tabel 2.11).

Tabel 2.11: Faktor keamanan untuk pondasi tiang menurut Reese dan O'Neil; Pugsley (Hardiyatmo, 2008).

Klasifikasi struktur bangunan	Bangunan monumental	Bangunan permanen	Bangunan sementara
Probabilitas kegagalan yang dapat diterima	10-3	10-4	10-3
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	2.3
FK (Pengendalian buruk)	4.0	3.4	2.8

## 2.7. Penurunan Tiang Elastis

Untuk tiang dengan penurunan segera/elastis (*Immediate/Elastic Settlement*) penurunan yang dihasilkan oleh perubahan bentuk 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 segera setelah 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 persamaan sebagai berikut:

Penurunan tiang tunggal akibat beban yang bekerja vertikal

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (2.26)$$

Dimana :

S = Penurunan total

S<sub>1</sub> = Penurunan batang tiang

S<sub>2</sub> = Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang

S<sub>3</sub> = Penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang

Menentukan S1 sesuai Pers.2.27

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws}) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \quad (2.27)$$

Dimana :

S = Penurunan elastis dari tiang (mm)

$Q_{wp}$  = Daya dukung pada ujung tiang dikurangi daya dukung *friction* (kN)

$Q_{ws}$  = Daya dukung *friction* (kN)

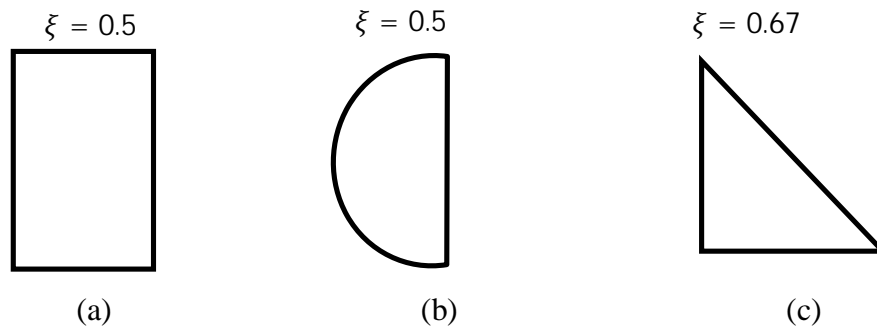
$A_p$  = Luas penampang tiang pancang ( $m^2$ )

L = Panjang tiang pancang (m)

$E_p$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang ( $kN/m^2$ )

$\xi$  = Koefisien dari *skin friction* (Gambar 2.5 b)

D = Diameter tiang (m)



Gambar 2.5: Variasi jenis bentuk unit tahanan friksi (kulit) alami terdistribusi sepanjang tiang tertanam ke dalam tanah: (a) bentuk penampang unit tinjauan bujur sangkar, (b) bentuk penampang unit tinjauan lingkaran, (c) bentuk penampang tinjauan segitiga (Das, 2007).

Menentukan S2 sesuai Pers. 2.28 dan 2.29

$$S_2 = \frac{(q_{wp} D)}{E_b} (1 - \mu_s^2) l_{wp} \quad (2.28)$$

$$q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_p} \quad (2.29)$$

Dimana:

$q_{wp}$  : Beban titik per satuan luas ujung tiang

$Q_{ws}$  : Beban yang dipikul selimut tiang akibat beban kerja

D : Lebar atau diameter tiang



$I_{wp}$  : Faktor pengaruh

$E_b$  : Modulus elastisitas tanah sesuai Pers. 2.32

Menentukan  $S_3$  sesuai Pers. 2.30

$$S_3 = \left( \frac{Q_{ws}}{PL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \quad (2.30)$$

Dimana:

$P$  : Keliling tiang

$L$  : Panjang tiang yang tertanam

$I_{ws}$  : Faktor pengaruh sesuai Pers. 2.31

$\frac{Q_{ws}}{PL}$  : Nilai rata-rata friksi sepanjang tiang

$$I_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (2.31)$$

Karena sifat tanah yang berbeda beda untuk mendapatkan nilai  $E_s$  (nilai modulus elastisitas pada tanah) dapat dilihat pada Tabel 2.12 berdasarkan jenis tanah dan atau berdasarkan kedalaman atau dengan menggunakan data SPT, maka dapat di rumuskan sesuai Pers. 2.32.

$$E_s = 2,5 \cdot q_c \text{ kN/m}^2 \quad (2.32)$$

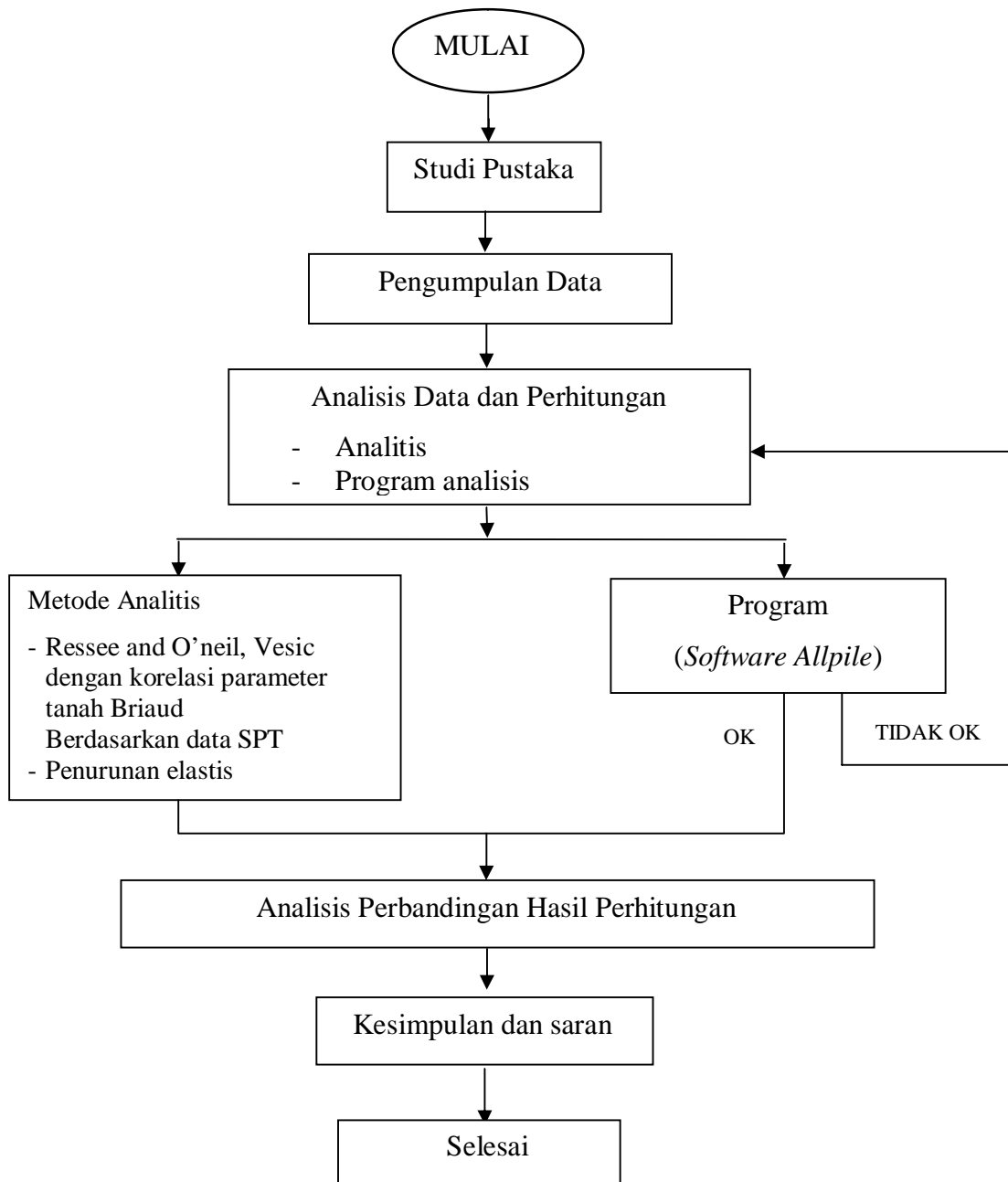
Tabel 2.12 : Nilai umum modulus elastisitas tanah (Das, 2009).

TYPE	$E_s$ (kN/m <sup>2</sup> )
Coarse and medium coarse sand	
Louse	25.000 - 35000
Medium dense	30000 - 40000
dense	40000 - 45000
Sandy silt	
loose	8000 - 12000
Medium dense	10000 - 12000
Dense	12000 - 15000

**BAB 3**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1. Diagram Alir Penelitian**

Tahapan perencanaan disajikan secara sistematis dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

Berdasarkan diagram alir diatas dapat kita lihat proses studi kasus yang penulis lakukan sebagai berikut:

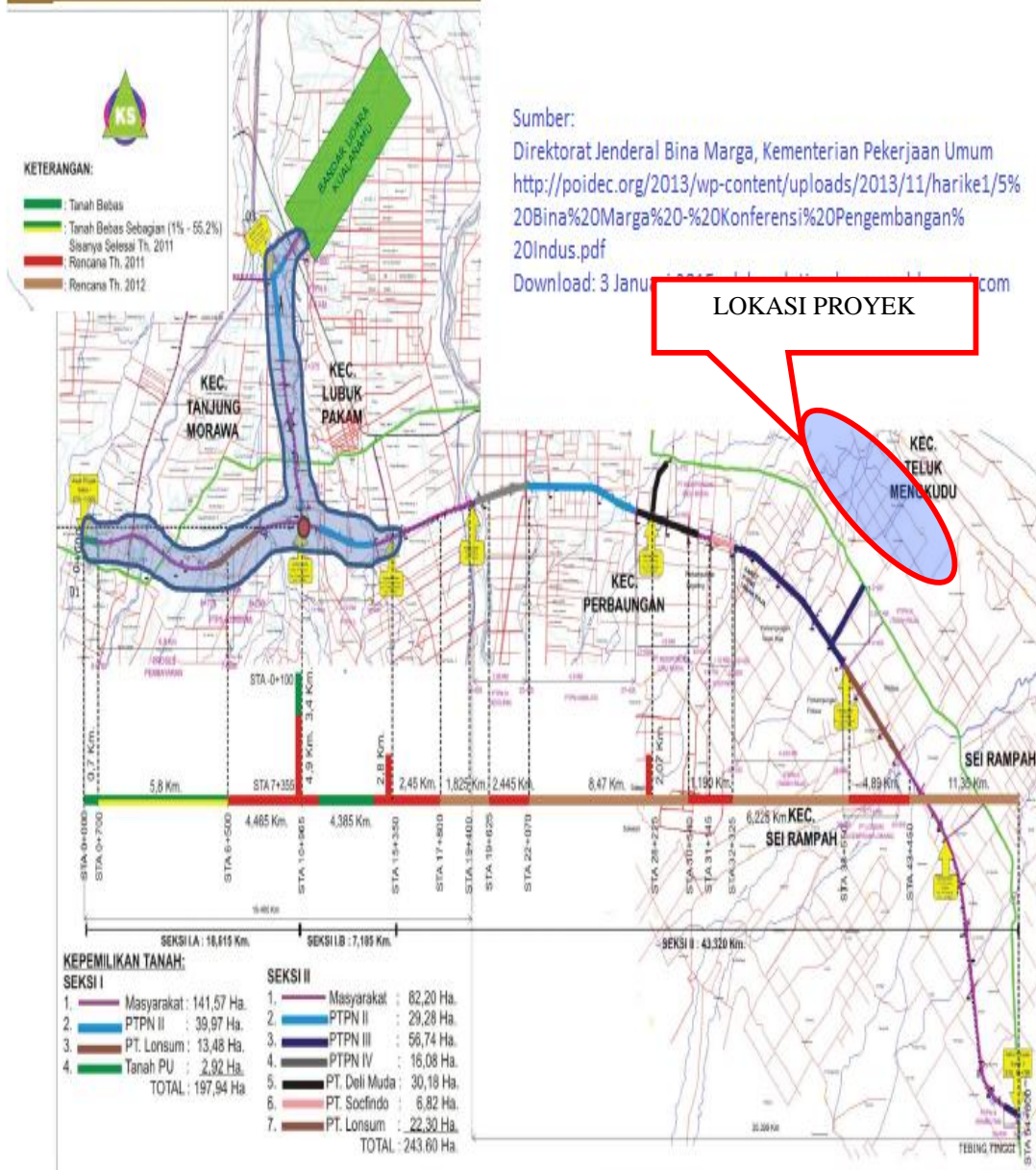
1. Memulai dengan penetapan lokasi proyek sebagai objek studi kasus.
2. Pengumpulan studi pustaka sebagai referensi ilmu pengetahuan dalam penulisa tugas akhir sehingga setiap isi dari tugas akhir ini dapat dipertanggungjawabkan secara ilmu pengetahuan.
3. Pengumpulan data yang penulis lakukan dengan meminta langsung kepada kontraktor pelaksana proyek yaitu PT.Waskita Karya (persero).
4. Analisis data dan perhitungan dilakukan dengan dua metode yaitu analitis dan bantuan program komputer yaitu software Allpile, namun jika perhitungan menggunakan program komputer mendapatkan hasil yang tidak sesuai atau dalam hal ini penulis menyebutnya tidak ok, maka dilakukan lagi analisa pada parameter tanah.
5. Membandingkan hasil dari perhitungan analitis dengan perhitungan menggunakan program komputer.
6. Menyimpulkan perhitungan yang telah dilakukan.
7. Selesai.

### **3.2. Data Umum Proyek**

Data umum dari proyek Pembangunan Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi (MKTT) Seksi 6, Sumatera Utara adalah sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Pembangunan Jalan Tol MKTT Seksi 6
2. Lokasi Proyek : Teluk Mengkudu, Sei Rampah
3. Kontraktor Pelaksana : PT. Waskita Karya (persero)
4. Denah lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 3.2.

## PEMBANGUNAN JALAN TOL MEDAN – KUALANAMU – TB. TINGGI



Sumber:  
 Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum  
<http://poidec.org/2013/wp-content/uploads/2013/11/harike1/5%20Bina%20Marga%20-%20Konferensi%20Pengembangan%20Indus.pdf>  
 Download: 3 Janu 2014 11:11:11 com

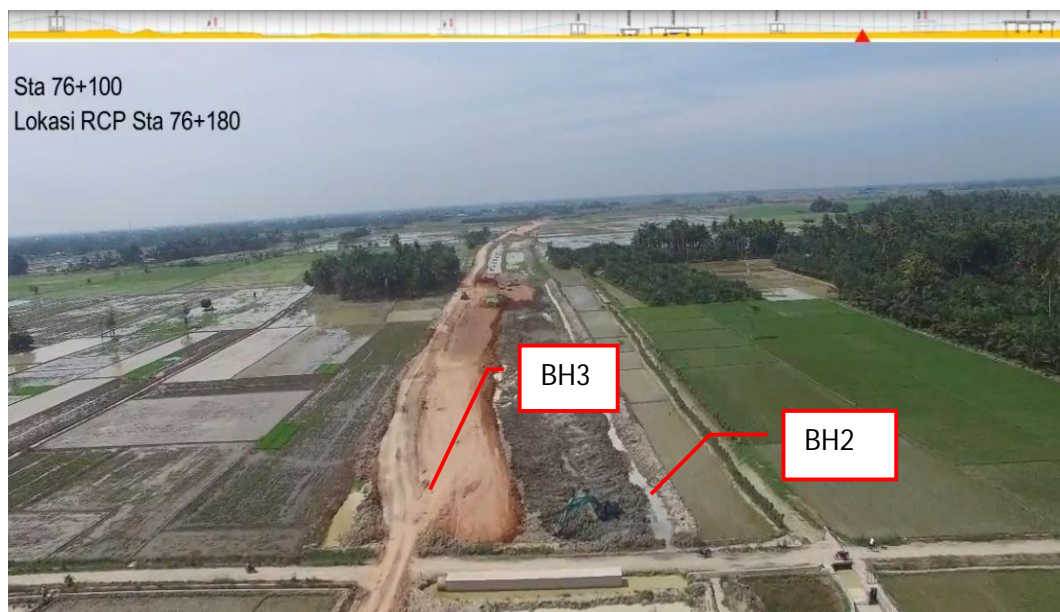
Gambar 3.2: Denah lokasi proyek pembangunan jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi (Seksi 6).

### 3.3. Lokasi Titik Pengeboran

Penulis memilih 3 titik pengeboran yaitu di lokasi teluk mengkudu sei rampah desa pematang ganjang dan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3: Lokasi titik pengeboran BH-1 (Dokumentasi PT. Waskita Karya Seksi 6).



Gambar 3.4: Lokasi titik pengeboran BH-2 dan BH-3 (Dokumentasi PT. Waskita Karya Seksi 6).

### 3.4. Pengumpulan Data

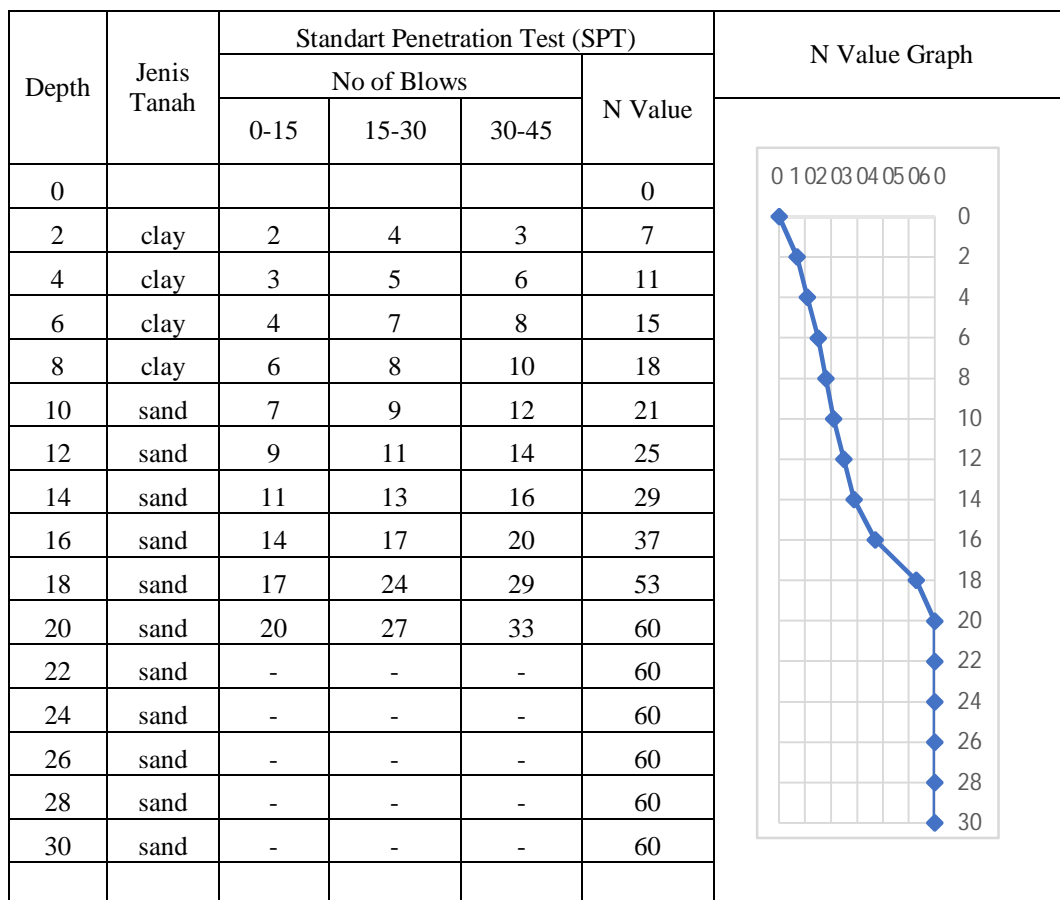
Data yang digunakan pada tugas akhir ini keseluruhannya merupakan data yang bersifat sekunder. Data sekunder dalam penelitian ini meliputi data tanah yang merupakan hasil dari pengujian *Standart Penetration Test* (SPT).

### 3.5. Analisis Data Tanah

Data propertis material dalam penelitian ini adalah data Sekunder yang diperoleh dari pihak kontraktor yang menangani pekerjaan pembangunan Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi (seksi 6). Data lapangan yang dimaksud ialah data uji penetrasi standar (SPT) sedalam 30 m (Tabel 3.1 s.d 3.3) yang terletak dalam kawasan pembangunan.

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat hasil dari pengujian penetrasi standart disetiap kedalaman yang di tinjau. Dimulai pada kedalaman 2 meter untuk memasukkan tabung belah pada kedalaman N1 dibutuhkan pukulan atau tumbukan sebanyak 2 kali, kemudian untuk kedalaman N2 dibutuhkan pukulan atau tumbukan sebanyak 4 kali, dan untuk kedalaman N3 dibutuhkan pukulan atau tumbukan sebanyak 3 kali sehingga didapat N value sebesar 7 yang merupakan nilai SPT pada kedalaman 2 meter.

Tabel 3.1 : Data uji lapangan *standard penetration Test* (SPT) pada BH-1.



Dari Tabel 3.2 dapat dilihat hasil dari pengujian penetrasi standart disetiap kedalaman yang di tinjau. Dimulai pada kedalaman 2 meter untuk memasukkan tabung belah pada kedalaman N1 dibutuhkan pukulan atau tumbukan sebanyak 3 kali, kemudian untuk kedalaman N2 dibutuhkan pukulan atau tumbukan sebanyak 4 kali, dan untuk kedalaman N3 dibutuhkan pukulan atau tumbukan sebanyak 4 kali sehingga didapat N value sebesar 8 yang merupakan nilai SPT pada kedalaman 2 meter. Cara baca pada kedalaman selanjutnya sama dengan kedalaman 2 meter.

Tabel 3.2 : Data uji lapangan *standard penetration Test* (SPT) pada BH-2.

Depth	Jenis Tanah	Standart Penetration Test (SPT)			N Value	N Value Graph
		No of Blows				
		0-15	15-30	30-45		
0		0	0	0	0	<p>The graph plots N Value (0 to 60) on the x-axis against Depth (0 to 30 meters) on the y-axis. The data points are: (2, 8), (4, 13), (6, 9), (8, 24), (10, 28), (12, 31), (14, 55), (16, 60), (18, 60), (20, 60), (22, 60), (24, 60), (26, 60), (28, 60), (30, 60). The line shows a significant increase in N value between 12m and 16m depth, reaching a plateau of 60 thereafter.</p>
2	Clay	3	4	4	8	
4	Clay	4	6	7	13	
6	Clay	3	4	5	9	
8	sand	8	10	14	24	
10	sand	10	12	16	28	
12	sand	9	13	18	31	
14	sand	14	20	35	55	
16	sand	17	35	42	60	
18	sand	-	-	-	60	
20	sand	-	-	-	60	
22	sand	-	-	-	60	
24	sand	-	-	-	60	
26	sand	-	-	-	60	
28	sand	-	-	-	60	
30	sand	-	-	-	60	

Dari Tabel 3.3 dapat dilihat hasil dari pengujian penetrasi standart disetiap kedalaman yang di tinjau. Dimulai pada kedalaman 2 meter untuk memasukkan tabung belah pada kedalaman N1 dibutuhkan pukulan atau tumbukan sebanyak 3 kali, kemudian untuk kedalaman N2 dibutuhkan pukulan atau tumbukan sebanyak 2 kali, dan untuk kedalaman N3 dibutuhkan pukulan atau tumbukan sebanyak 4 kali sehingga didapat N value sebesar 6 yang merupakan nilai SPT pada kedalaman 2 meter. Cara baca pada kedalaman selanjutnya sama dengan kedalaman 2 meter.

Tabel 3.3 : Data uji lapangan *standard penetration Test* (SPT) pada BH-3.

Depth	Jenis Tanah	Standart Penetration Test (SPT)			N Value	N Value Graph
		No of Blows				
		0-15	15-30	30-45		
0		0	0	0	0	
2	clay	3	2	4	6	
4	clay	4	5	7	12	
6	clay	3	4	6	10	
8	clay	5	7	9	16	
10	clay	7	8	11	19	
12	sand	12	16	20	36	
14	Sand	18	24	32	56	
16	sand	-	-	-	60	
18	sand	-	-	-	60	
20	sand	-	-	-	60	
22	sand	-	-	-	60	
24	sand	-	-	-	60	
26	sand	-	-	-	60	
28	sand	-	-	-	60	
30	sand	-	-	-	60	

### 3.6. Tahap penelitian

Penulis melakukan beberapa tahapan pelaksanaan sehingga tercapai maksud dan tujuan dari penelitian. Mengingat kembali pada bab I, tujuan penelitian adalah untuk mengetahui besarnya daya dukung dan penurunan yang terjadi pada pondasi *bored pile* berdasarkan rumus dari beberapa metode yang didasarkan pada data pengujian di lapangan dan pengujian di laboratorium serta menganalisis besarnya daya dukung aksial pondasi *bored pile* menggunakan metode analitis



dan di kembangkan kedalam program analitis. Dalam mencapai tujuan tersebut, maka dilakukan tahap sebagai berikut:

1. Tahap pertama

Mengumpulkan berbagai jenis buku, jurnal dan makalah atau artikel yang mendukung terhadap pengerjaan Tugas Akhir ini sesuai dengan judul yang akan dibahas.

2. Tahap kedua

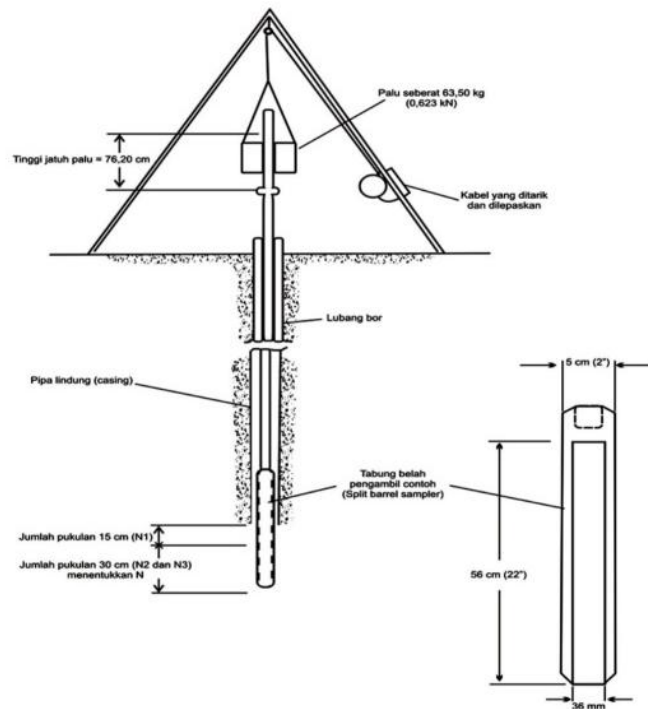
Pada tahap ini di lakukan pengumpulan data hasil SPT, pengujian laboratorium yang diperoleh dari pihak kontraktor yaitu PT. Waskita Karya (Persero).

2.1 Pengujian penetrasi standart

a. Persiapan pengujian

Lakukan persiapan pengujian SPT di lapangan dengan tahapan sebagai berikut (Gambar 3.5):

- 1) Pasang blok penahan (*knocking block*) pada pipa bor;
- 2) Beri tanda pada ketinggian sekitar 75 cm pada pipa bor yang berada di atas penahan;
- 3) Bersihkan lubang bor pada kedalaman yang akan dilakukan pengujian dari bekas-bekas pengeboran;
- 4) Pasang split barrel sampler pada pipa bor, dan pada ujung lainnya disambungkan dengan pipa bor yang telah dipasang blok penahan;
- 5) Masukkan peralatan uji SPT ke dalam dasar lubang bor atau sampai kedalaman pengujian yang diinginkan;
- 6) Beri tanda pada batang bor mulai dari muka tanah sampai ketinggian 15 cm, 30 cm dan 45 cm.



Gambar 3.5: Pengujian penetrasi standar (SPT) (SNI 4153, 2008).

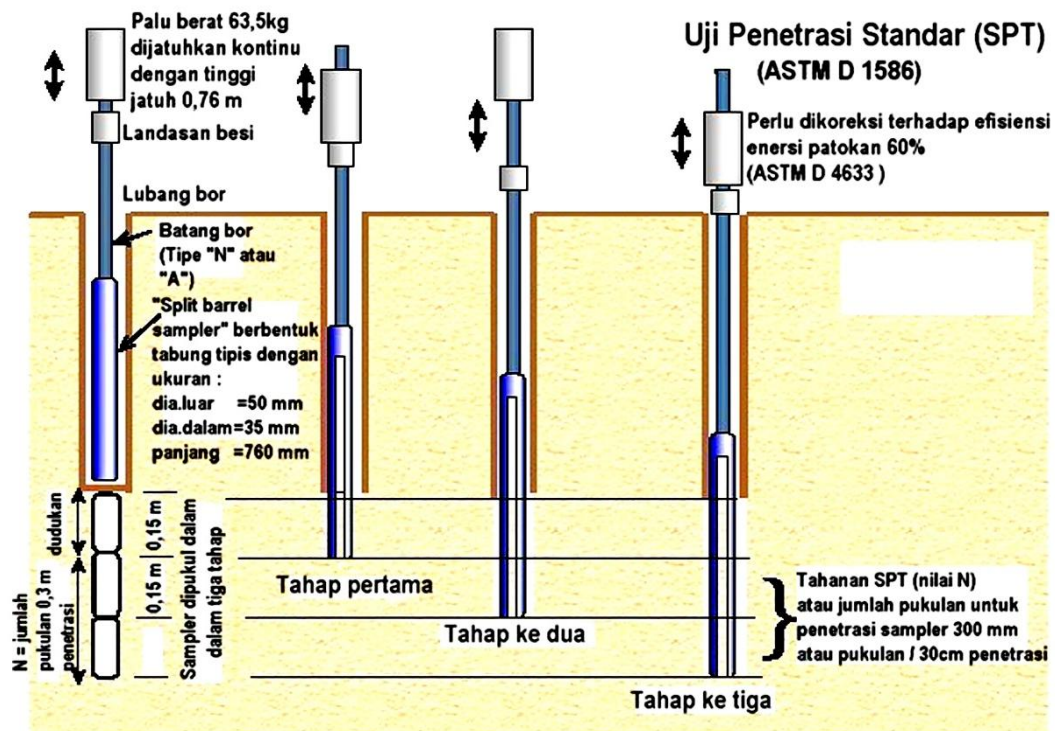
#### b. Prosedur Pengujian

Lakukan pengujian dengan tahapan sebagai berikut (Gambar 3.6):

- 1) Lakukan pengujian pada setiap perubahan lapisan tanah atau pada interval sekitar 1,50 m s.d 2,00 m atau sesuai keperluan;
- 2) Tarik tali pengikat palu (*hammer*) sampai pada tanda yang telah dibuat sebelumnya (kira-kira 75 cm);
- 3) Lepaskan tali sehingga palu jatuh bebas menimpa penahan; Ulangi 2) dan 3) berkali-kali sampai mencapai penetrasi 15 cm;
- 4) Hitung jumlah pukulan atau tumbukan N pada penetrasi 15 cm yang pertama;
- 5) Ulangi 2), 3), 4) dan 5) sampai pada penetrasi 15 cm yang ke-dua dan ke-tiga;
- 6) Catat jumlah pukulan N pada setiap penetrasi 15 cm:
  - 15 cm pertama dicatat N1;
  - 15 cm ke-dua dicatat N2;
  - 15 cm ke-tiga dicatat N3;
  - Jumlah pukulan yang dihitung adalah  $N2 + N3$ . Nilai N1 tidak

diperhitungkan karena masih kotor bekas pengeboran;

- 7) Bila nilai N lebih besar daripada 50 pukulan, hentikan pengujian dan tambah pengujian sampai minimum 6 meter;
- 8) Catat jumlah pukulan pada setiap penetrasi 5 cm untuk jenis tanah batuan.



Gambar 3.6: Skema urutan pengujian penetrasi standar (SPT) (SNI 4153, 2008).

### 3. Tahap ketiga

Melakukan analisis antara data yang diperoleh dari lapangan dengan buku dan referensi lain yang sesuai dengan penelitian tentang penggunaan teori yang sesuai.

### 4. Tahap keempat

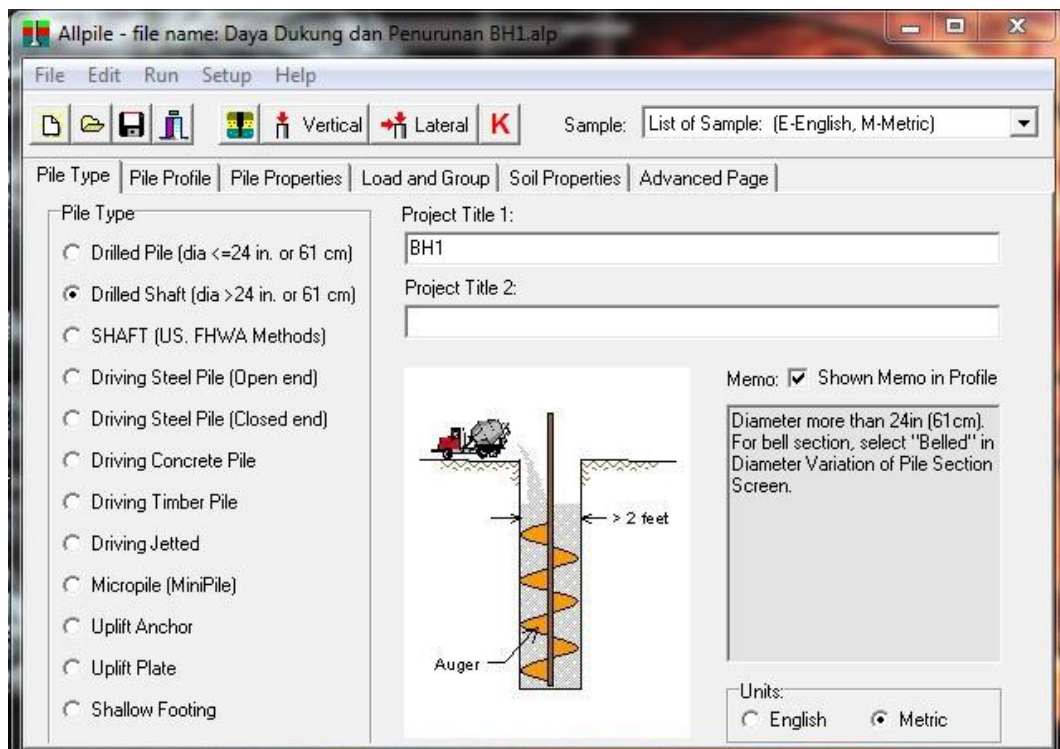
Pada tahap ini dilakukan studi parameter tanah, untuk mendapatkan parameter tanah berdasarkan pendekatan terhadap jenis dan konsistensi tanah dari beberapa sumber dan referensi yang ada. Hal ini dikarenakan data pengujian di laboratorium tidak mencakup semua sampel tanah di masing masing lapisan.

## 5. Tahap kelima

Pada tahap ini dilakukan perhitungan daya dukung dan penurunan secara analitis dengan metode Vesic dengan korelasi parameter tanah Briaud serta metode Resse and O'neil, kemudian melakukan pemodelan tanah dengan *software all pile* untuk mendapatkan daya dukung dan penurunan elastis pondasi tiang bor.

### 5.1 Daya dukung dengan program *Allpile*.

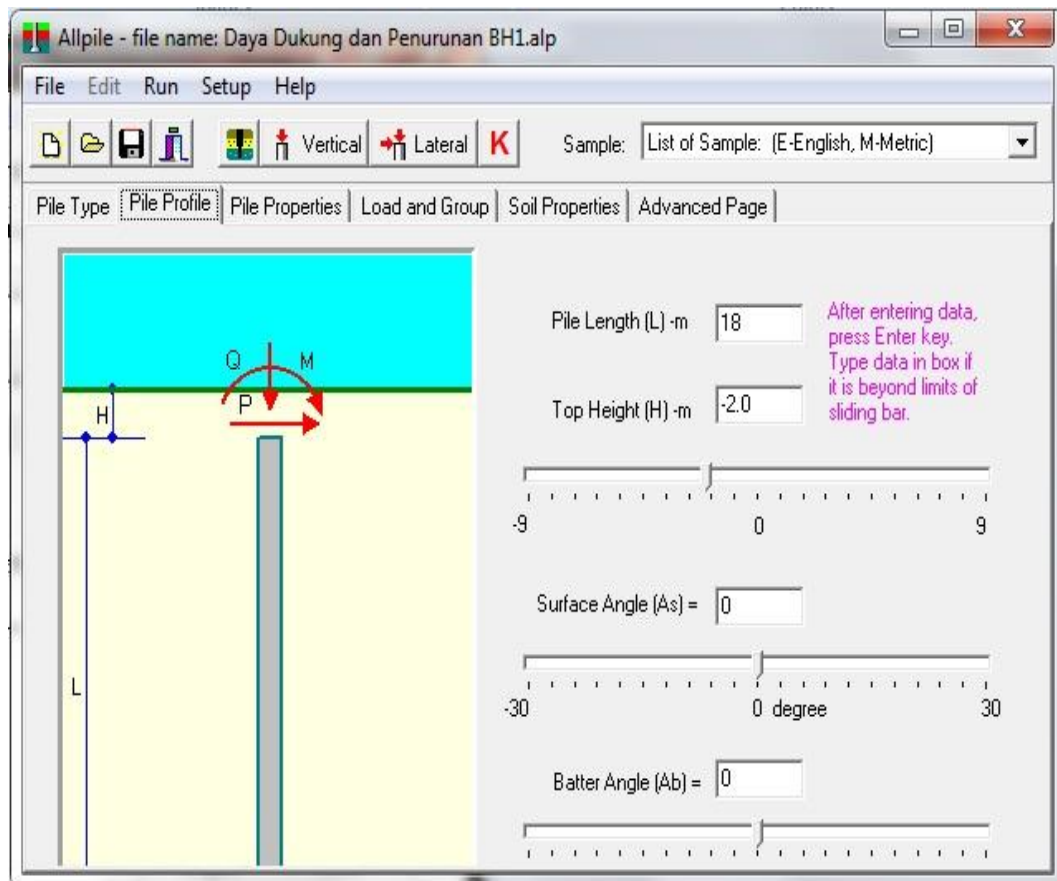
Seorang *Civil Engineer* dituntut untuk memahami secara akurat ilmu yang berhubungan dengan pondasi dan mekanika tanah. Untuk membantu mempermudah dan mempersingkat waktu seorang *Civil Engineer* dalam merancang struktur maka dikembangkan berbagai macam *software* komputer. Kali ini yang akan penulis jelaskan adalah salah satu *software* untuk merancang pondasi yaitu *Allpile*. *Software* ini dikembangkan oleh *Civiltech Software Co.* yang berbasis di *Seattle-Bellevue, USA*. Tampilan utama *Allpile* seperti pada (Gambar 3.7).



Gambar 3.7: Tampilan *software* *Allpile* (*Pile Type*).

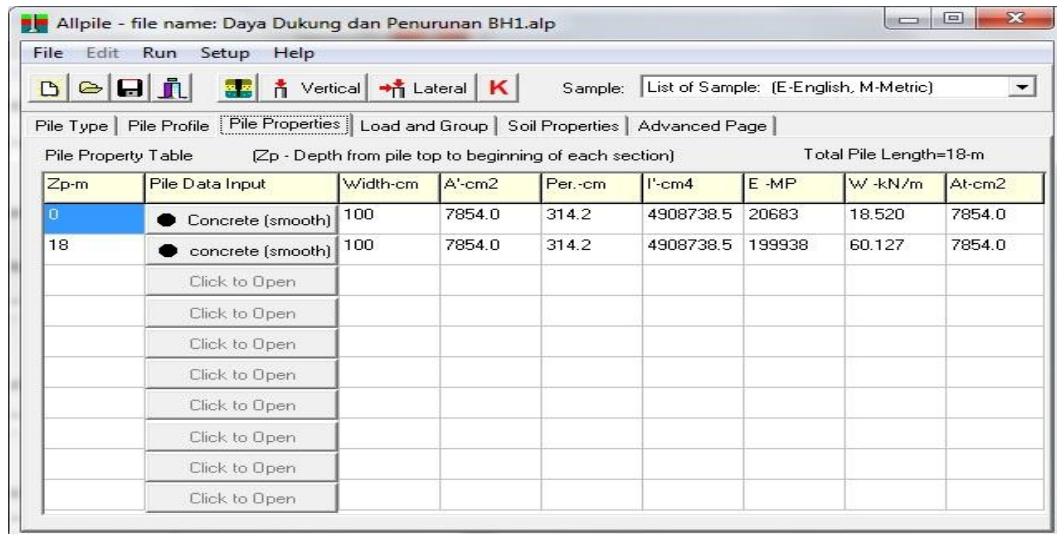
*Software* ini relatif sederhana dan *user-friendly*. Sesuai namanya bahwa *software* ini digunakan untuk desain pondasi pile, baik itu pancang maupun *bored-pile* walaupun tersedia juga untuk pondasi dangkal (*shallow Footing*). Bagian pertama yaitu *Pile Type*, yang berisi tipe pondasi dan judul pekerjaan yang dapat diisi nama pekerjaan atau informasi lainnya.

Bagian kedua adalah *Pile profile* yang harus kita isi dengan informasi tentang pile yang digunakan, seperti panjang pile, jarak dari permukaan tanah, kemiringan pile (bila dipancang miring), serta kemiringan permukaan tanah seperti pada (Gambar 3.8).



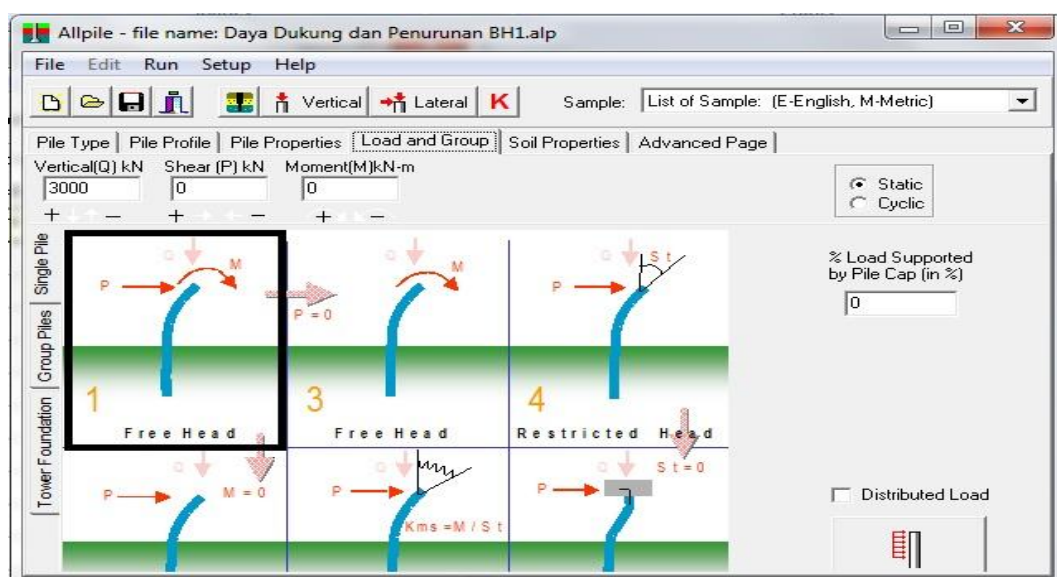
Gambar 3.8: Tampilan *software* Allpile (*Pile Profile*).

Bagian ketiga adalah *Pile Properties* yang berisi data- data properti dari pile yang digunakan meliputi Diameter, material, Inersia dan lainnya seperti pada (Gambar 3.9).



Gambar 3.9: Tampilan software Allpile (*Pile Properties*).

Bagian keempat adalah *Load and Group*. Bagian ini berisi besarnya pembebanan yang diterima pile. *Allpile* menyediakan beberapa pilihan perhitungan baik itu untuk *single pile* maupun *group pile* yang sederhana. Yang harus diperhatikan adalah jenis beban yang dimasukkan merupakan beban *ultimate*, karena tidak ada fasilitas untuk menerapkan kombinasi pembebanan. *Allpile* juga telah menyediakan pilihan jenis *Head-pile*, ada yang *fix* maupun *free*. hal ini tergantung pile *head treatment* yang di inginkan seperti pada (Gambar 3.10).



Gambar 3.10: Tampilan software Allpile (*Load and Group*).

Bagian kelima adalah *Soil Properties* yang berisi data tanah tempat pondasi akan ditanam. Isikan sesuai data tanah yang ada jangan lupa masukkan juga kedalaman muka air tanah di isian *water table* seperti pada (Gambar 3.11).

Zg-m	Soil Data Input	G-kN/m <sup>3</sup>	Phi	C-kN/m <sup>2</sup>	k-MN/m <sup>3</sup>	e50 or Dr	Nspt	Type
0.000	Soft Clay	5.3	0.0	4.2	2.6	4.38	1	1
2	Stiff Clay [W]	9.8	0.0	42.5	49.8	1.07	7	2
4	Stiff Clay [W]	10.6	0.0	65.2	96.3	0.83	11	2
6	Silt (Phi + C)[W]	10.9	31.6	45.2	151.8	0.68	15	3
8	Silt (Phi + C)[W]	11.0	32.4	53.0	188.0	0.62	18	3
10	Sand/Gravel[W]	9.3	36.6	0.0	19.0	55.18	21	4
12	Sand/Gravel[W]	9.4	37.4	0.0	22.3	60.52	25	4
14	Sand/Gravel[W]	9.5	37.9	0.0	25.0	64.49	29	4
16	Sand/Gravel[W]	9.7	38.6	0.0	30.5	71.87	37	4
18	Sand/Gravel[W]	10.9	40.4	0.0	45.3	88.39	53	4

Gambar 3.11: Tampilan software Allpile (*Soil Properties*).

Bagian terakhir adalah *Advanced Page* yang dapat digunakan salah satunya apabila terjadi *zero skin friction* pada kedalaman tertentu atau untuk *adjust* besarnya *tip resistance* (tahanan ujung). Juga ada pilihan untuk menentukan angka keamanan yang diinginkan seperti (Gambar 3.12).

Parameters:	Value [1]	Value [2]
FS for Downward: [1] FS_side; [2] FS_tip	2.0	2.0
FS for Uplift: [1] FS_side; [2] FS_weight	2.0	1.0
Load Factor: [1] Vertical,Q; [2] Lateral,P,M,T	1.0	1.0
(Critical Depth)/(Pile Diameter): [1] Side; [2] Tip	20.0	20.0
Resistance Limits: [1] Side; [2] Tip -kN/m <sup>2</sup> (No Limit: 9999)	5800.0	5800.0
Allowable Deflection: [1] Vertical, x_allow [2] Lateral, y_allow -cm	2.5	2.5
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront [2] Rside	1.0	1.0

Gambar 3.12: Tampilan software Allpile (*Advanced Page*).

## 6. Tahap Keenam

Pada tahap ini penulis akan membandingkan daya dukung pondasi tiang bor yang diperoleh dengan metode analitis dan hasil perhitungan metode analitis dengan data SPT di kembangkan dengan program analitis, kemudian membuat kesimpulan dan saran.



## BAB 4

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Perhitungan Daya Dukung Menggunakan Data N SPT

Menghitung kapasitas daya dukung dengan menggunakan data SPT dilakukan per lapisan tanah serta perhitungannya menggunakan metode analitis. Perhitungan ini menggunakan dua rumus yakni untuk jenis tanah non-kohefif (pasir) dan jenis tanah kohefif (lempung).

##### 4.1.1. Perhitungan Pada Titik BH-1

Diameter (D) = 100 cm = 1 m

Luas selimut tiang pondasi (p)

$$p = \pi \cdot d$$

$$p = 1,0 \times 3,14$$

$$p = 3,14 \text{ m}$$

Luas penampang tiang pondasi (Ap)

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2$$

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

Faktor keamanan (SF)

Ujung = 2 (Tabel 2.11)

Geser = 2 (Tabel 2.11)

Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah kohefif (lempung).

✓ Kedalaman 2 m

1. Daya dukung ujung tiang

Metode Reese and O'neill (1999)

$$Q_b = A_p \cdot N_c \cdot C_u$$

Dimana:

$p$  = Keliling

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

$N_c$  = Faktor daya dukung

Maka:

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

$$N_c = 8$$

$$C_u = 44,893 \text{ kPa}$$

$$Q_b = 0,785 \times 8 \times 44,893$$

$$Q_b = 281,928 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung berdasarkan metode Reese and O'Neill sebesar 281,928 kN.

Metode Vesic (1977)

$$Q_p = A_p \cdot N_c \cdot C_u$$

Dimana:

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

$N_c$  = Faktor daya dukung

Maka:

$$C_u = 44,893 \text{ kPa}$$

$$N_c = 10,46 \text{ (Tabel 2.9)}$$

$$I_{rr} = 347 \left( \frac{C_u}{P_a} \right) - 33$$

$$= 347 \left( \frac{44,893}{100} \right) - 33$$

$$= 122,78$$

$$Q_b = 0,785 \times 10,46 \times 44,893$$

$$Q_b = 368,621 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung berdasarkan metode Vesic sebesar 368,621 kN

2. Daya dukung geser selimut tiang

Metode Reese and O'neill (1999)

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L$$

Dimana:

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

$N_c$  = Faktor daya dukung

$\alpha$  = Faktor adhesi

Maka:

$$\alpha = 0,55 \text{ (Faktor adhesi menurut Reese and O'neill)}$$

$$C_u = 44,893 \text{ kPa}$$

$$Q_s = 0,55 \times 44,893 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_s = 155,059 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan metode Reese and O'neill sebesar 155,059 kN.

Metode  $\alpha$

$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L = \sum \alpha C_u p \Delta L$$

$$f = \alpha C_u$$

$$\alpha = C \left( \frac{\sigma_0}{C_u} \right)^{0.45}$$

Dimana:

$p$  = Keliling

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$\alpha$  = Faktor adhesi

$\Delta L$  = Kedalaman

$\sigma$  = Tegangan efektif

Maka:

$$\alpha = 0.4 \times \left( \frac{38}{44,893} \right)^{0,45}$$

$$\alpha = 0.37$$

$$f = 0.37 \times 44,893$$

$$f = 16,61$$

$$Q_s = 16,61 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_s = 104,311$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan metode  $\alpha$  sebesar 104,311 kN

Dengan begitu didapat daya dukung ultimit dan ijin tiang adalah:

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s \text{ (komulatif)}$$

$$Q_{ult} = 281,928 + 155,059$$

$$Q_{ult} = 436,987 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\ &= \frac{281,928}{2} + \frac{155,059}{2} \\ &= 218,494 \text{ kN} \\ &= 21,849 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ultimit sebesar 436,987 kN dan daya dukung ijin tiang sebesar 218,494 kN.

Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah non-koheusif

✓ Kedalaman 18 m

1. Daya dukung ujung tiang

Metode Reese and O'neil (1999)

$$Q_b = q_p \cdot A_p$$

Dimana:

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

N = Nilai SPT

Maka:

$$q_p = 57,5 \cdot N = 57,5 \times 53 = 3047,5$$

$$a_p = 0,785$$

$$Q_b = 3047,5 \times 0,785 \\ = 2392,288 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung tiang berdasarkan metode Reese and O'Neill sebesar 2392,288 kN

Korelasi Parameter Tanah Briaud (1985)

$$Q_b = A_p \cdot 19,7 P_a (N)^{0,36}$$

Dimana:

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

N = Nilai SPT

Maka:

$$Q_b = 0,785 \times 19,7 \times 100(53)^{0,36}$$

$$Q_b = 6457,660 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung tiang berdasarkan korelasi parameter tanah Briaud sebesar 6457,660 kN

2. Daya dukung geser selimut tiang

Metode Reese and O'Neil (1999)

$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L$$

Dimana:

p = Keliling

f = Friksi

$\Delta L$  = Kedalaman

$Q_s$  = Daya dukung selimut

$\sigma$  = Tegangan efektif

Maka:

$$\begin{aligned}f &= \beta \cdot \sigma = 0,465 \times 282 = 131,130 \text{ kPa} \\Q_s &= 131,130 \times 3,14 \times 2 \\&= 823,496 \text{ kN}\end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan metode Reese and O'Neill sebesar 823,496 kN.

Korelasi Parameter Tanah Briaud (1985)

$$\begin{aligned}Q_s &= pL f_{av} \\f_{av} &= 0,224 \cdot P_a(N)^{0,29}\end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}p_a &= \text{tekanan atmosfer (<100 kN> m}^2 \text{ atau 2000 lb> ft}^2) \\p &= \text{Keliling} \\L &= \text{Kedalaman} \\N &= \text{Nilai SPT}\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}Q_s &= 3,14 \times 2 \times (0,224 \times 100(53))^{0,29} \\Q_s &= 444,885\end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan korelasi parameter tanah Briaud sebesar 444,885 kN.

Dengan begitu didapat daya dukung ultimit dan ijin tiang adalah:

$$\begin{aligned}Q_{ult} &= Q_b + Q_s \text{ (komulatif)} \\&= 6457,660 + 2811,338 \\&= 9268,998 \text{ kN} \\Q_{all} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\&= \frac{6457,660}{2} + \frac{2811,338}{2} \\&= 4634,499 \text{ kN} \\&= 463,450 \text{ ton}\end{aligned}$$

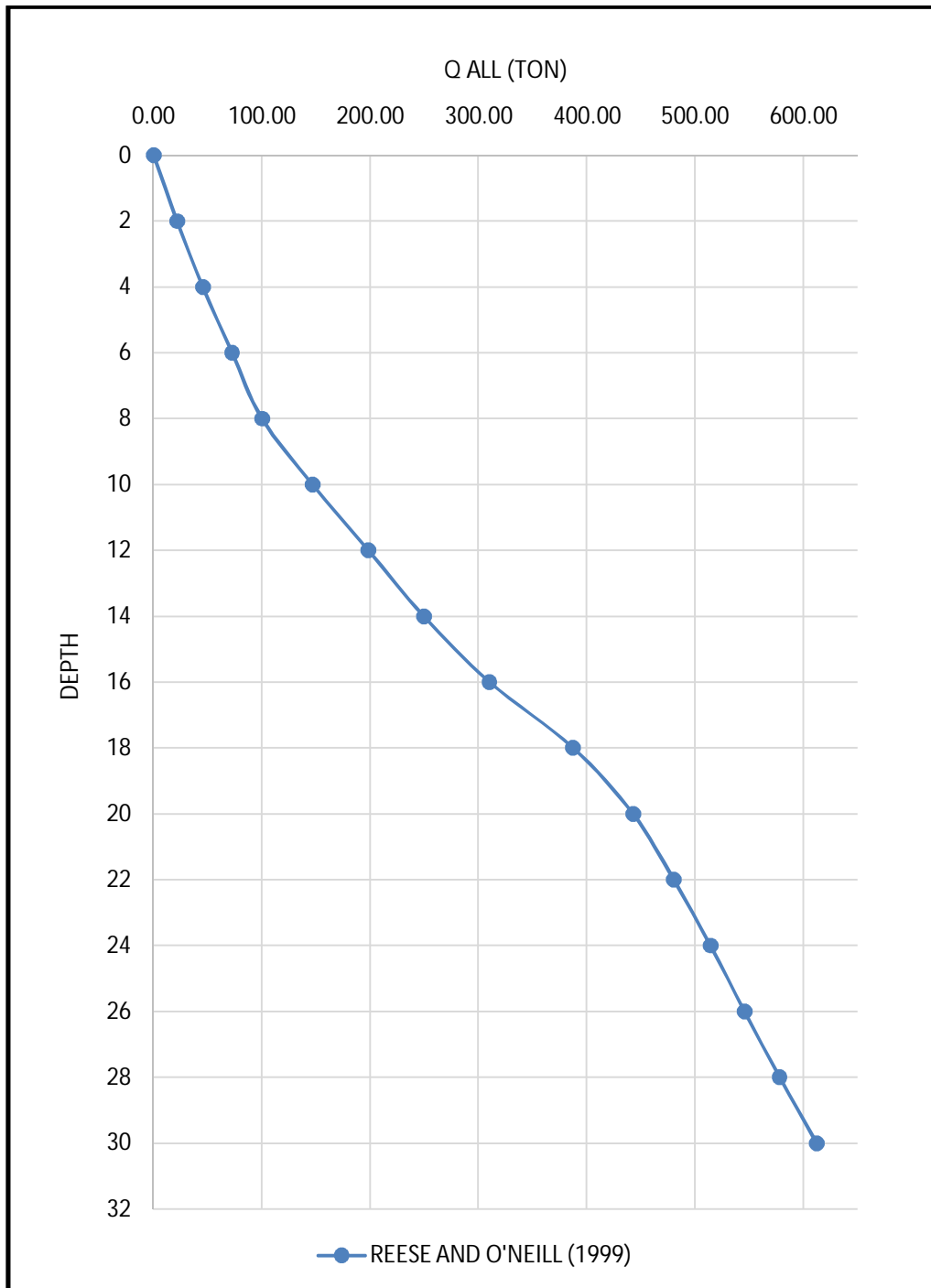
Sehingga didapat nilai daya dukung ultimit sebesar 9268,998 kN dan daya dukung ijin tiang sebesar 4634,449 kN.

Perhitungan diatas dilakukan pada kedalaman 2 meter untuk perhitungan pada tanah kohesif dan pada kedalaman 18 meter untuk perhitungan pada tanah non-kohesif, dan untuk keseluruhan interval kedalaman dihitung menggunakan program excel. Pada Tabel 4.1 dapat dilihat interval kedalaman yang kemudian nilai pengujian SPT, jenis lapisan tanah, nilai daya dukung selimut tiang, daya dukung ujung tiang, daya dukung ultimit tiang dan juga daya dukung yang di ijinakan tiang.

Tabel 4.1: Perhitungan daya dukung *bored pile* metode Resse and O'neil (BH-1).

No	z (m)	N spt	Clay or Sand	Qsi	$\Sigma Q_s$	Sand $\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_s+$ $\Sigma Q_b$	Qall	Qall
								kN	Ton
1	0							0	0.00
2	2	7	Clay	155,059	115,059	-	436,987	218,494	21,849
3	4	11	Clay	248,537	403,596	-	911,972	455,986	45,599
4	6	15	Clay	342,021	745,617	-	1445,200	722,600	72,260
5	8	18	Clay	412,125	1157,742	-	2000,731	1000,366	100,037
6	10	21	Sand	832,075	1989,817	947,888	2937,705	1468,853	146,885
7	12	25	Sand	847,360	2837,177	1128,438	3965,615	1982,808	198,281
8	14	29	Sand	847,863	3685,040	1308,988	4994,028	2497,014	249,701
9	16	37	Sand	842,424	4527,464	1670,088	6197,552	3098,776	309,878
10	18	53	Sand	823,496	5350,960	2392,288	7743,248	3871,624	387,162
11	20	60	Sand	791,104	6142,064	2708,250	8850,314	4425,157	442,516
12	22	60	Sand	746,717	6888,781	2708,250	9597,031	4798,516	479,852
13	24	60	Sand	689,544	7578,325	2708,250	10286,575	5143,288	514,329
14	26	60	Sand	620,564	8198,889	2708,250	10907,139	5453,570	545,357
15	28	60	Sand	646,840	8845,729	2708,250	11553,979	5776,990	577,699
16	30	60	Sand	687,660	9533,389	2708,250	12241,639	6120,820	612,082

Hasil perhitungan daya dukung menggunakan metode Reese and O'neill dapat ditampilkan dalam bentuk grafik daya dukung yang di tunjukkan pada Gambar 4.1 dengan sumbu x untuk nilai daya dukung ijin tiang dan sumbu y menunjukkan kedalaman yang ditinjau.



Gambar 4.1: Grafik daya dukung *bored pile* metode Resse and O'neil (BH-1).

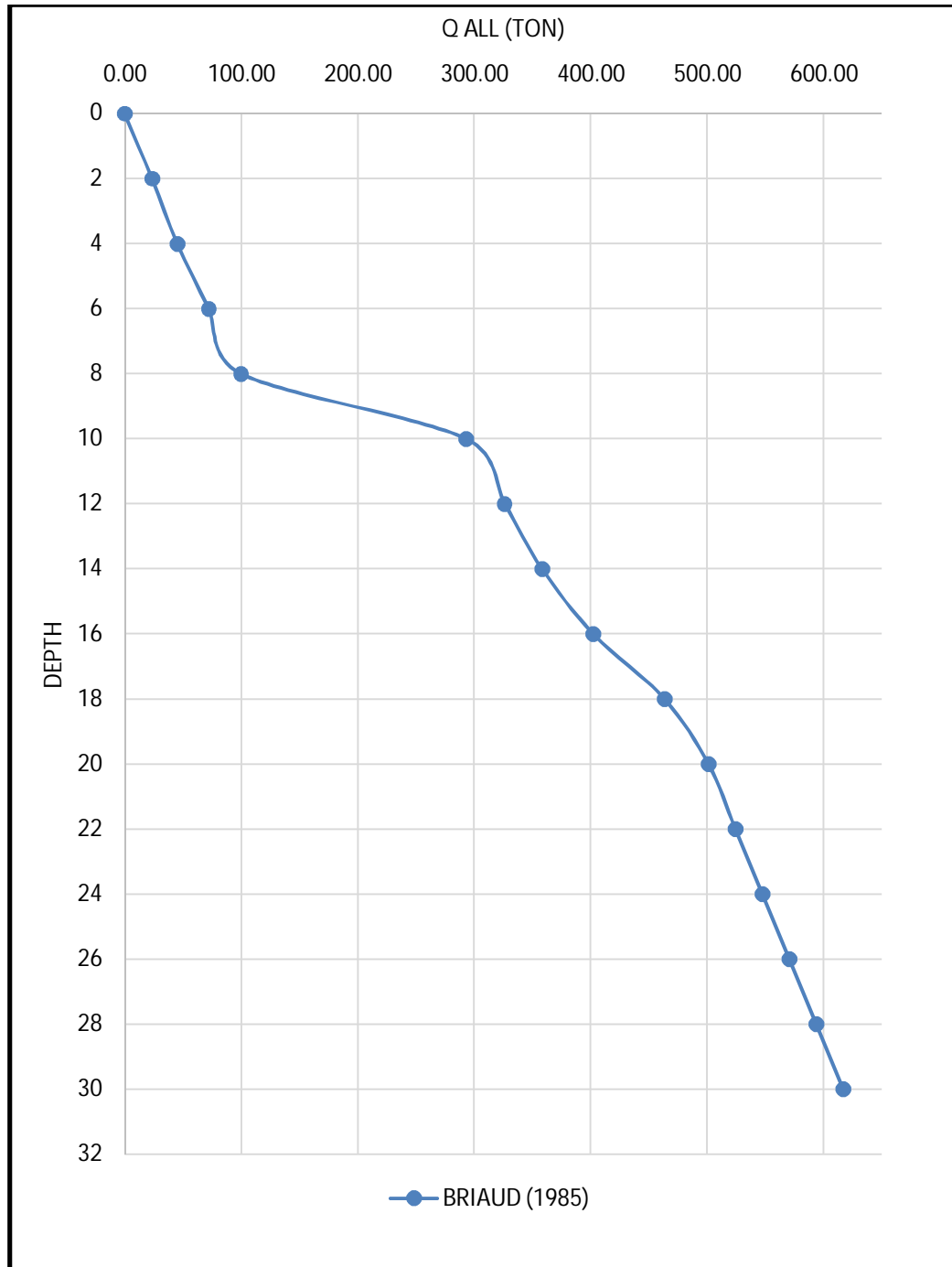


Perhitungan berikutnya menggunakan parameter tanah yang di kemukakan oleh Briaud dapat dilihat pada Tabel 4.2. Hasil berikut merupakan perhitungan menggunakan program excel. Pada Tabel 4.2 dapat dilihat interval kedalaman yang ditinjau, nilai pengujian SPT, jenis tanah tiap interval peninjauan, nilai daya dukung selimut tiang, nilai daya dukung ujung tiang, daya dukung ultimit tiang serta daya dukung yang diijinkan tiang.

Tabel 4.2: Perhitungan daya dukung *bored pile* dengan parameter tanah Briaud (BH-1).

No	z (m)	N spt	Clay or Sand	Qsi	$\sum Q_s$	Sand $\sum Q_b$	$\sum Q_{s+}$ $\sum Q_b$	Qall	Qall
								kN	Ton
1	0							0	0.00
2	2	7	Clay	104.311	104.311	-	472.932	236.466	23.647
3	4	11	Clay	185.273	289.584	-	906.979	453.490	45.349
4	6	15	Clay	267.396	556.980	-	1443.119	721.560	72.156
5	8	18	Clay	337.198	894.178	-	1994.747	997.374	99.737
6	10	21	Sand	340.135	1234.313	4627.376	5861.689	2930.845	293.084
7	12	25	Sand	357.775	1592.088	4927.133	6519.221	3259.611	325.961
8	14	29	Sand	373.511	1965.599	5197.556	7163.155	3581.578	358.158
9	16	37	Sand	400.854	2366.453	5673.989	8040.442	4020.221	402.022
10	18	53	Sand	444.885	2811.338	6457.660	9268.998	4634.499	463.450
11	20	60	Sand	461.181	3272.519	6752.589	10025.108	5012.554	501.255
12	22	60	Sand	461.181	3733.700	6752.589	10486.289	5243.145	524.314
13	24	60	Sand	461.181	4194.881	6752.589	10947.470	5473.735	547.374
14	26	60	Sand	461.181	4656.062	6752.589	11408.651	5704.326	570.433
15	28	60	Sand	461.181	5117.243	6752.589	11869.832	5934.916	593.492
16	30	60	Sand	461.181	5578.424	6752.589	12331.013	6165.507	616.551

Hasil perhitungan daya dukung menggunakan metode Reese and O'Neill dapat ditampilkan dalam bentuk grafik daya dukung yang di tunjukkan pada Gambar 4.2 dengan sumbu x untuk nilai daya dukung ijin tiang dan sumbu y menunjukkan kedalaman yang ditinjau.



Gambar 4.2: Grafik daya dukung *bored pile* dengan korelasi parameter tanah Briaud (BH-1).

#### 4.1.2. Perhitungan Pada Titik BH-2

$$\text{Diameter (D)} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

Luas selimut tiang pondasi (p)

$$p = \pi \cdot d$$

$$p = 1,0 \times 3,14$$

$$p = 3,14 \text{ m}$$

Luas penampang tiang pondasi ( $A_p$ )

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2$$

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

Faktor keamanan (SF)

$$\text{Ujung} = 2$$

$$\text{Geser} = 2$$

Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah kohesif (lempung).

✓ Kedalaman 2 m

1. Daya dukung ujung tiang

Metode Reese and O'Neill (1999)

$$Q_b = A_p \cdot N_c \cdot C_u$$

Dimana:

$$p = \text{Keliling}$$

$$C_u = \text{Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur}$$

$$A_p = \text{Luas penampang}$$

$$Q_b = \text{Daya dukung ujung}$$

$$N_c = \text{Faktor daya dukung}$$

Maka:

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

$$N_c = 8$$

$$C_u = 51,659 \text{ kPa}$$

$$Q_b = 0,785 \times 8 \times 51,659$$

$$Q_b = 324,419 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung berdasarkan metode Reese and O'Neill sebesar 324,419 kN.

Metode Vesic (1977)

$$Q_p = A_p \cdot N_c \cdot C_u$$

Dimana:

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

$N_c$  = Faktor daya dukung

Maka:

$$C_u = 51,659 \text{ kPa}$$

$$N_c = 10,58 \text{ (Tabel 2.9)}$$

$$\begin{aligned} I_{rr} &= 347 \left( \frac{C_u}{P_a} \right) - 33 \\ &= 347 \left( \frac{51,659}{100} \right) - 33 \\ &= 146,26 \end{aligned}$$

$$Q_b = 0,785 \times 10,58 \times 51,659$$

$$Q_b = 429,043$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung berdasarkan metode Vesic sebesar 429,043 kN.

## 2. Daya dukung geser selimut tiang

Metode Reese and O'Neill (1999)

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L$$

Dimana:

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

$N_c$  = Faktor daya dukung

$\alpha$  = Faktor adhesi

Maka:

$$\alpha = 0,55 \text{ (Faktor adhesi menurut Reese and O'Neill)}$$

$$C_u = 51,659 \text{ kPa}$$

$$Q_s = 0,55 \times 51,659 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_s = 178,427$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan metode Reese and O'Neill sebesar 178,427 kN.

Metode  $\alpha$

$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L = \sum \alpha C_u p \Delta L$$

$$f = \alpha C_u$$

$$\alpha = C \left( \frac{\sigma_0}{C_u} \right)^{0,45}$$

Dimana:

$p$  = Keliling

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$\alpha$  = Faktor adhesi

$\Delta L$  = Kedalaman

$\sigma$  = Tegangan efektif

Maka:

$$\alpha = 0,4 \times \left( \frac{40}{51,659} \right)^{0,45}$$

$$\alpha = 0,36$$

$$f = 0,36 \times 51,659$$

$$f = 18,597$$

$$Q_s = 18,597 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_s = 116,789$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan metode  $\alpha$  sebesar 116,789 kN.

Dengan begitu didapat daya dukung ultimit dan ijin tiang adalah:

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s \text{ (komulatif)}$$

$$Q_{ult} = 324,419 + 178,427$$

$$Q_{ult} = 502,846 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\ &= \frac{324,419}{2} + \frac{178,427}{2} \\ &= 251,423 \text{ kN} \\ &= 25,142 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ultimit sebesar 436,987 kN dan daya dukung ijin tiang sebesar 251,423 kN.

- Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah non-kohefif
- ✓ Kedalaman 18 m

#### 1. Daya dukung ujung tiang

Metode Reese and O'neil (1999)

$$Q_b = q_p \cdot A_p$$

Dimana:

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

$N$  = Nilai SPT

Maka:

$$q_p = 57,5 \cdot N = 57,5 \times 60 = 3450$$

$$a_p = 0,785$$

$$Q_b = 3450 \times 0,785$$

$$= 2708,250 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung tiang berdasarkan metode Reese and O'neill sebesar 2708,250 kN.

Korelasi Parameter Tanah Briaud (1985)

$$Q_b = A_p \cdot 19,7P_a(N)^{0,36}$$

Dimana:

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

N = Nilai SPT

Maka:

$$Q_b = 0,785 \times 19,7 \times 100(60)^{0,36}$$

$$Q_b = 6752,589$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung tiang berdasarkan korelasi parameter tanah Briaud sebesar 6752,589 kN.

2. Daya dukung geser selimut tiang

Metode Reese and O'neil (1999)

$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L$$

Dimana:

$p$  = Keliling

$f$  = Friksi

$\Delta L$  = Kedalaman

$Q_s$  = Daya dukung selimut

$\sigma$  = Tegangan efektif

Maka:

$$f = \beta \cdot \sigma = 0,465 \times 272 = 126,480 \text{ kPa}$$

$$Q_s = 126,480 \times 3,14 \times 2$$

$$= 794,294$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan metode Reese and O'neill sebesar 794,294 kN.

Korelasi Parameter Tanah Briaud (1985)

$$Q_s = pL f_{av}$$

$$f_{av} = 0,224 \cdot P_a (N)^{0,29}$$

Dimana:

$p_a$  = tekanan atmosfer (<100 kN> m<sup>2</sup> atau 2000 lb> ft<sup>2</sup>)

$p$  = Keliling

L = Kedalaman

N = Nilai SPT

Maka:

$$Q_s = 3,14 \times 2 \times (0,224 \times 100(60)^{0,29})$$

$$Q_s = 461,181$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan korelasi parameter tanah Briaud sebesar 461,181 kN.

Dengan begitu didapat daya dukung ultimit dan ijin tiang adalah:

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_b + Q_s \text{ (komulatif)} \\ &= 6752,589 + 3004,123 \\ &= 9756,712 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\ &= \frac{6752,589}{2} + \frac{3004,123}{2} \\ &= 4878,356 \text{ kN} \\ &= 487,836 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ultimit sebesar 9268,998 kN dan daya dukung ijin tiang sebesar 4878,356 kN.

Perhitungan diatas dilakukan pada kedalaman 2 meter untuk perhitungan pada tanah kohesif dan pada kedalaman 18 meter untuk perhitungan pada tanah non-kohesif, dan untuk keseluruhan interval kedalaman dihitung menggunakan program excel. Pada Tabel 4.3 dapat dilihat interval kedalaman yang kemudian nilai pengujian SPT, jenis lapisan tanah, nilai daya dukung selimut tiang, daya dukung ujung tiang, daya dukung ultimit tiang dan juga daya dukung yang di ijinakan tiang.

Tabel 4.3: Perhitungan daya dukung *bored pile* metode Resse and O'neil (BH-2).

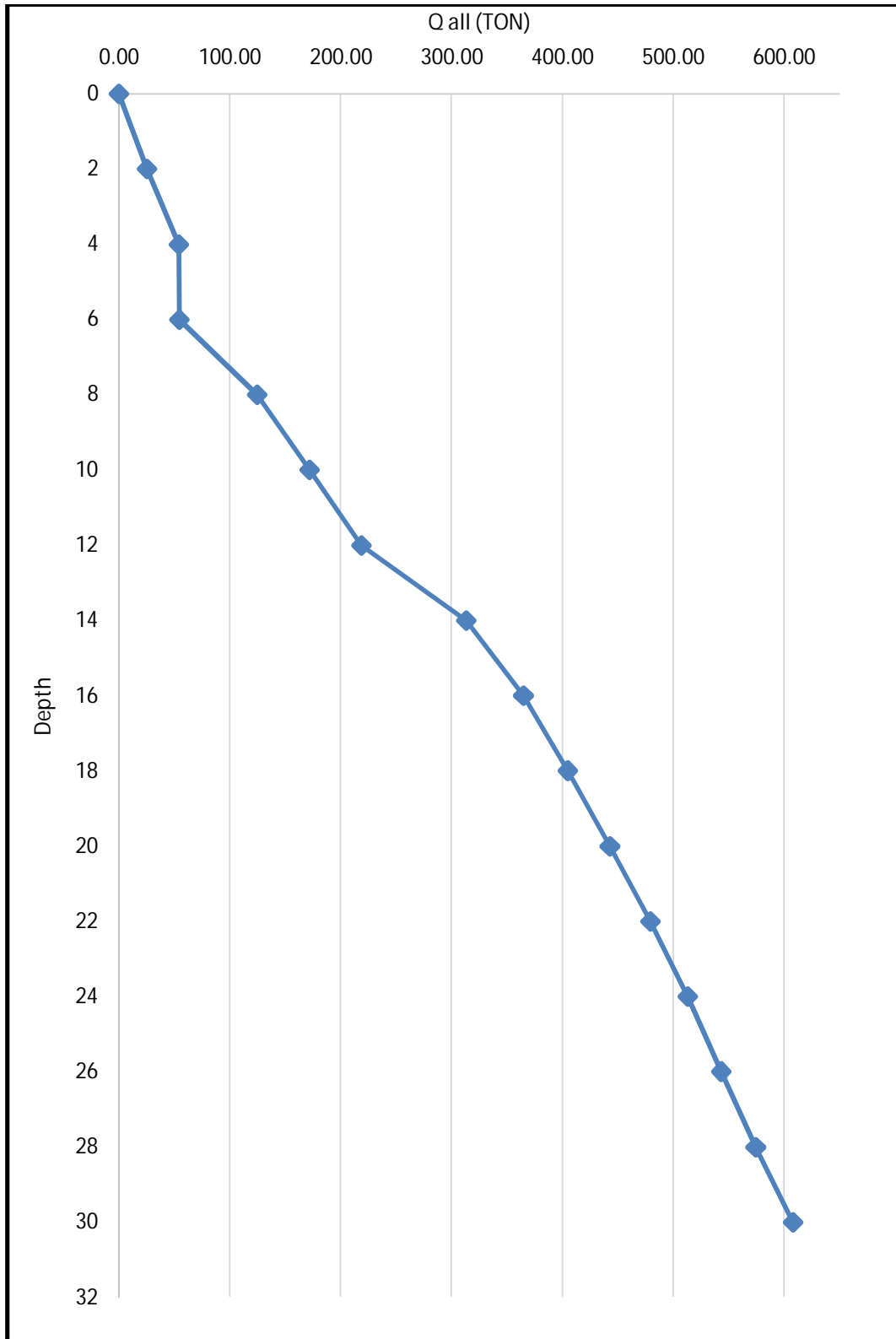
No	z (m)	N Sp t	Clay or Sand	Q <sub>si</sub>	ΣQ <sub>s</sub>	Sand ΣQ <sub>b</sub>	ΣQ <sub>s</sub> + ΣQ <sub>b</sub>	Q <sub>all</sub>	Q <sub>all</sub>
								kN	Ton
1	0							0	0.00



Tabel 4.3: *Lanjutan.*

No	z (m)	N Spt	Clay or Sand	Qsi	$\Sigma Q_s$	Sand $\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_s +$ $\Sigma Q_b$	Qall	Qall
								kN	Ton
2	2	8	Clay	178,427	178,427	-	502,846	251,423	25,142
3	4	13	Clay	295,279	473,706	-	1077,686	538,843	53,884
4	6	9	Clay	201,802	675,508	-	1088,281	544,141	54,414
5	8	24	Sand	732,499	1408,007	1083,300	2491,307	1245,654	124,565
6	10	28	Sand	768,069	2176,076	1263,850	3439,926	1719,963	171,996
7	12	31	Sand	798,000	2974,076	1399,263	4373,339	2186,670	218,667
8	14	55	Sand	810,999	3785,075	2482,563	6267,638	3133,819	313,382
9	16	60	Sand	809,517	4594,592	2708,250	7302,842	3651,421	365,142
10	18	60	Sand	794,294	5388,886	2708,250	8097,136	4048,568	404,857
11	20	60	Sand	765,419	6154,305	2708,250	8862,555	4431,278	443,128
12	22	60	Sand	724,360	6878,665	2708,250	9586,915	4793,458	479,346
13	24	60	Sand	670,390	7549,055	2708,250	10257,305	5128,653	512,865
14	26	60	Sand	604,488	8153,543	2708,250	10861,793	5430,897	543,090
15	28	60	Sand	631,140	8784,683	2708,250	11492,933	5746,467	574,647
16	30	60	Sand	671,960	9456,643	2708,250	12164,893	6082,447	608,245

Hasil perhitungan daya dukung menggunakan metode Reese and O'Neill dapat ditampilkan dalam bentuk grafik daya dukung yang di tunjukkan pada Gambar 4.3 dengan sumbu x untuk nilai daya dukung ijin tiang dan sumbu y menunjukkan kedalaman yang ditinjau.



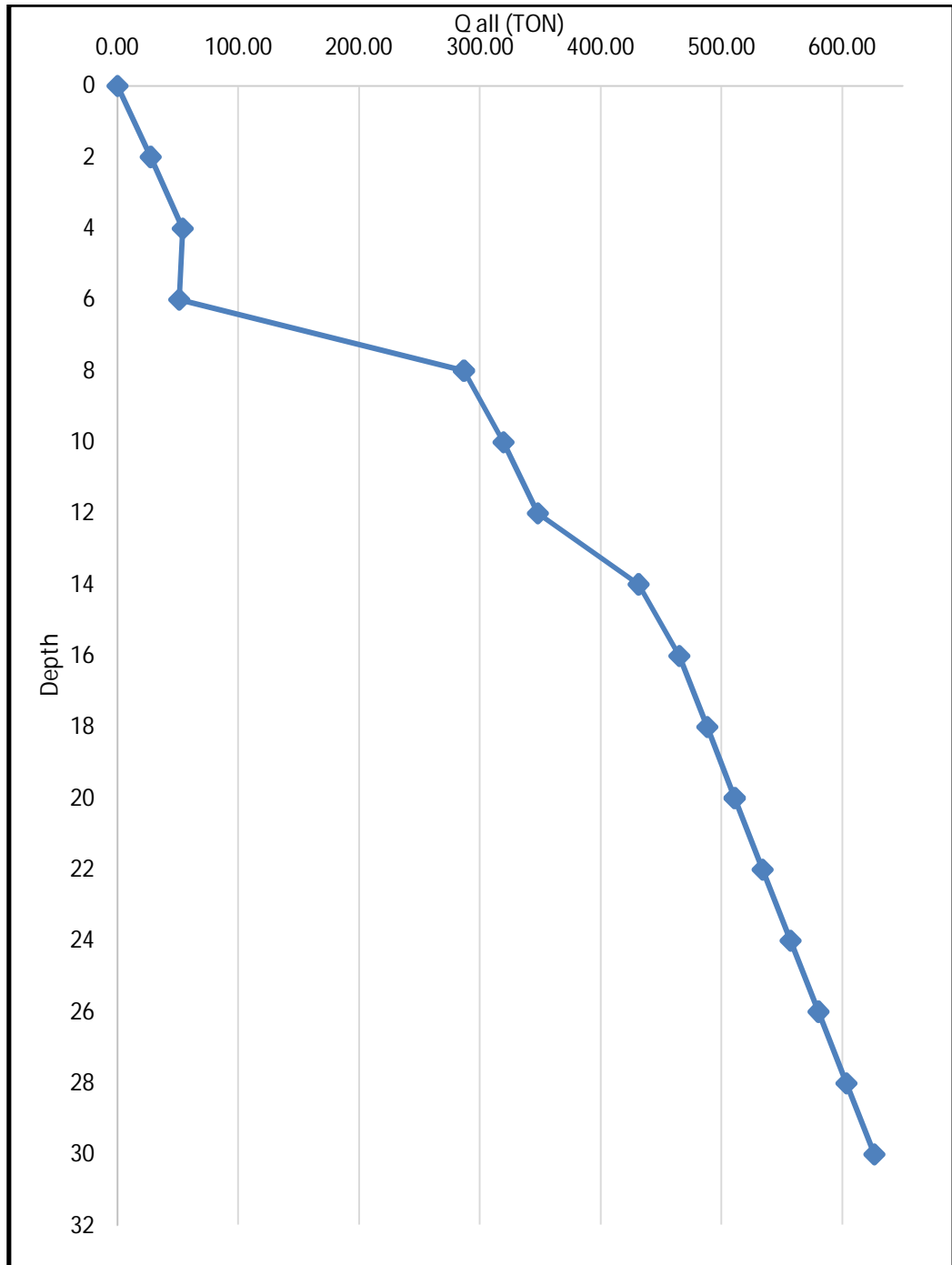
Gambar 4.3: Grafik daya dukung *bored pile* metode Resse and O'neil (BH-2).

Perhitungan berikutnya menggunakan parameter tanah yang di kemukakan oleh Briaud dapat dilihat pada Tabel 4.4. Hasil berikut merupakan perhitungan menggunakan program excel. Pada Tabel 4.4 dapat dilihat interval kedalaman yang ditinjau, nilai pengujian SPT, jenis tanah tiap interval peninjauan, nilai daya dukung selimut tiang, nilai daya dukung ujung tiang, daya dukung ultimit tiang serta daya dukung yang diijinkan tiang.

Tabel 4.4: Perhitungan daya dukung *bored pile* dengan parameter tanah Briaud (BH-2).

No	z (m)	N Spt	Clay or Sand	Qsi	$\sum Q_s$	Sand $\sum Q_b$	$\sum Q_{s+}$ $\sum Q_b$	Qall	Qall
								kN	Ton
1	0							0	0.00
2	2	8	Clay	116.789	116.789	-	545.832	272.916	27.292
3	4	13	Clay	209.381	326.170	-	1075.105	537.553	53.755
4	6	9	Clay	201.802	527.972	-	1018.254	509.127	50.913
5	8	24	Sand	353.565	881.537	4855	5736.791	2868.396	286.840
6	10	28	Sand	369.729	1251.266	5132.309	6383.575	3191.788	319.179
7	12	31	Sand	380.805	1632.071	5323.853	6955.924	3477.962	347.796
8	14	55	Sand	449.690	2081.761	6544.349	8626.110	4313.055	431.306
9	16	60	Sand	461.181	2542.942	6752.589	9295.531	4647.766	464.777
10	18	60	Sand	461.181	3004.123	6752.589	9756.712	4878.356	487.836
11	20	60	Sand	461.181	3465.304	6752.589	10217.893	5108.947	510.895
12	22	60	Sand	461.181	3926.485	6752.589	10679.074	5339.537	533.954
13	24	60	Sand	461.181	4387.666	6752.589	11140.255	5570.128	557.013
14	26	60	Sand	461.181	4848.847	6752.589	11601.436	5800.718	580.072
15	28	60	Sand	461.181	5310.028	6752.589	12062.617	6031.309	603.131
16	30	60	Sand	461.181	5771.209	6752.589	12523.798	6261.899	626.190

Hasil perhitungan daya dukung menggunakan metode Reese and O'neill dapat ditampilkan dalam bentuk grafik daya dukung yang di tunjukkan pada Gambar 4.4 dengan sumbu x untuk nilai daya dukung ijin tiang dan sumbu y menunjukkan kedalaman yang ditinjau.



Gambar 4.4: Grafik daya dukung *bored pile* dengan korelasi parameter tanah Briaud (BH-2).

### 4.1.3. Perhitungan Pada Titik BH-3

$$\text{Diameter (D)} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

Luas selimut tiang pondasi (p)

$$p = \pi \cdot d$$

$$p = 1,0 \times 3,14$$

$$p = 3,14 \text{ m}$$

Luas penampang tiang pondasi ( $A_p$ )

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2$$

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

Faktor keamanan (SF)

$$\text{Ujung} = 2$$

$$\text{Geser} = 2$$

Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah kohesif (lempung).

✓ Kedalaman 2 m

1. Daya dukung ujung tiang

Metode Reese and O'neill (1999)

$$Q_b = A_p \cdot N_c \cdot C_u$$

Dimana:

$$p = \text{Keliling}$$

$$C_u = \text{Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur}$$

$$A_p = \text{Luas penampang}$$

$$Q_b = \text{Daya dukung ujung}$$

$$N_c = \text{Faktor daya dukung}$$

Maka:

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

$$N_c = 8$$

$$C_u = 38,127 \text{ kPa}$$

$$Q_b = 0,785 \times 8 \times 38,127$$

$$Q_b = 239,438 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung berdasarkan metode Reese and O'Neill sebesar 239,438 kN.

Metode Vesic (1977)

$$Q_p = A_p \cdot N_c \cdot C_u$$

Dimana:

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

$N_c$  = Faktor daya dukung

Maka:

$$C_u = 38,127 \text{ kPa}$$

$$N_c = 10,34 \text{ (Tabel 2.9)}$$

$$\begin{aligned} I_{rr} &= 347 \left( \frac{C_u}{P_a} \right) - 33 \\ &= 347 \left( \frac{38,127}{100} \right) - 33 \\ &= 99,30 \end{aligned}$$

$$Q_b = 0,785 \times 10,34 \times 38,127$$

$$Q_b = 309,473$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung berdasarkan metode Vesic sebesar 309,473 kN.

## 2. Daya dukung geser selimut tiang

Metode Reese and O'Neill (1999)

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L$$

Dimana:

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

$N_c$  = Faktor daya dukung

$\alpha$  = Faktor adhesi

Maka:

$$\alpha = 0,55 \text{ (Faktor adhesi menurut Reese and O'Neill)}$$

$$C_u = 38,127 \text{ kPa}$$

$$Q_s = 0,55 \times 38,127 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_s = 131,692$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan metode Reese and O'Neill sebesar 131,692 kN.

Metode  $\alpha$

$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L = \sum \alpha C_u p \Delta L$$

$$f = \alpha C_u$$

$$\alpha = C \left( \frac{\sigma_0}{C_u} \right)^{0.45}$$

Dimana:

$p$  = Keliling

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$\alpha$  = Faktor adhesi

$\Delta L$  = Kedalaman

$\sigma$  = Tegangan efektif

Maka:

$$\alpha = 0.4 \times \left( \frac{38}{38,127} \right)^{0.45}$$

$$\alpha = 0.4$$

$$f = 0.4 \times 38,127$$

$$f = 15,251$$

$$Q_s = 15,251 \times 3,14 \times 2$$

$$Q_s = 95,776$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan metode  $\alpha$  sebesar 95,776 kN.

Dengan begitu didapat daya dukung ultimit dan ijin tiang adalah:

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s \text{ (komulatif)}$$

$$Q_{ult} = 309,473 + 95,776$$

$$Q_{ult} = 405,249 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\ &= \frac{309,473}{2} + \frac{95,776}{2} \\ &= 202,625 \text{ kN} \\ &= 20,262 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ultimit sebesar 436,987 kN dan daya dukung ijin tiang sebesar 202,625 kN.

Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah non-kohefif

✓ Kedalaman 18 m

1. Daya dukung ujung tiang

Metode Reese and O'neil (1999)

$$Q_b = q_p \cdot A_p$$

Dimana:

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung

$N$  = Nilai SPT

Maka:

$$q_p = 57,5 \cdot N = 57,5 \times 60 = 3450$$

$$a_p = 0,785$$

$$\begin{aligned} Q_b &= 3450 \times 0,785 \\ &= 2708,250 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung tiang berdasarkan metode Reese and O'neill sebesar 2708,250 kN.

Korelasi Parameter Tanah Briaud (1985)

$$Q_b = A_p \cdot 19,7 P_a (N)^{0,36}$$

Dimana:

$A_p$  = Luas penampang

$Q_b$  = Daya dukung ujung



N = Nilai SPT

Maka:

$$Q_b = 0,785 \times 19,7 \times 100(60)^{0,36}$$

$$Q_b = 6752,589$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ujung tiang berdasarkan korelasi parameter tanah Briaud sebesar 6752,589 kN.

## 2. Daya dukung geser selimut tiang

Metode Reese and O'neil (1999)

$$Q_s = \sum f \cdot \rho \cdot \Delta L$$

Dimana:

$\rho$  = Keliling

$f$  = Friksi

$\Delta L$  = Kedalaman

$Q_s$  = Daya dukung selimut

$\sigma$  = Tegangan efektif

Maka:

$$f = \beta \cdot \sigma = 0,465 \times 302 = 140,430 \text{ kPa}$$

$$Q_s = 140,430 \times 3,14 \times 2$$

$$= 881,900 \text{ kN}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan metode Reese and O'neill sebesar 881,900 kN.

Korelasi Parameter Tanah Briaud (1985)

$$Q_s = pL f_{av}$$

$$f_{av} = 0,224 \cdot P_a(N)^{0,29}$$

Dimana:

$p_a$  = tekanan atmosfer (<100 kN> m<sup>2</sup> atau 2000 lb> ft<sup>2</sup>)

$\rho$  = Keliling

L = Kedalaman

N = Nilai SPT

Maka:

$$Q_s = 3,14 \times 2 \times (0,224 \times 100(60)^{0,29}$$

$$Q_s = 461,181$$

Sehingga didapat nilai daya dukung geser selimut tiang berdasarkan korelasi parameter tanah Briaud sebesar 461,181 kN.

Dengan begitu didapat daya dukung ultimit dan ijin tiang adalah:

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_b + Q_s \text{ (komulatif)} \\ &= 6752,589 + 2985,379 \\ &= 9737,968 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\ &= \frac{6752,589}{2} + \frac{2985,379}{2} \\ &= 4868,984 \text{ kN} \\ &= 486,898 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai daya dukung ultimit sebesar 9268,998 kN dan daya dukung ijin tiang sebesar 4868,984 kN.

Perhitungan diatas dilakukan pada kedalaman 2 meter untuk perhitungan pada tanah kohesif dan pada kedalaman 18 meter untuk perhitungan pada tanah non-kohesif, dan untuk keseluruhan interval kedalaman dihitung menggunakan program excel. Pada Tabel 4.5 dapat dilihat interval kedalaman yang kemudian nilai pengujian SPT, jenis lapisan tanah, nilai daya dukung selimut tiang, daya dukung ujung tiang, daya dukung ultimit tiang dan juga daya dukung yang di ijjinkan tiang.

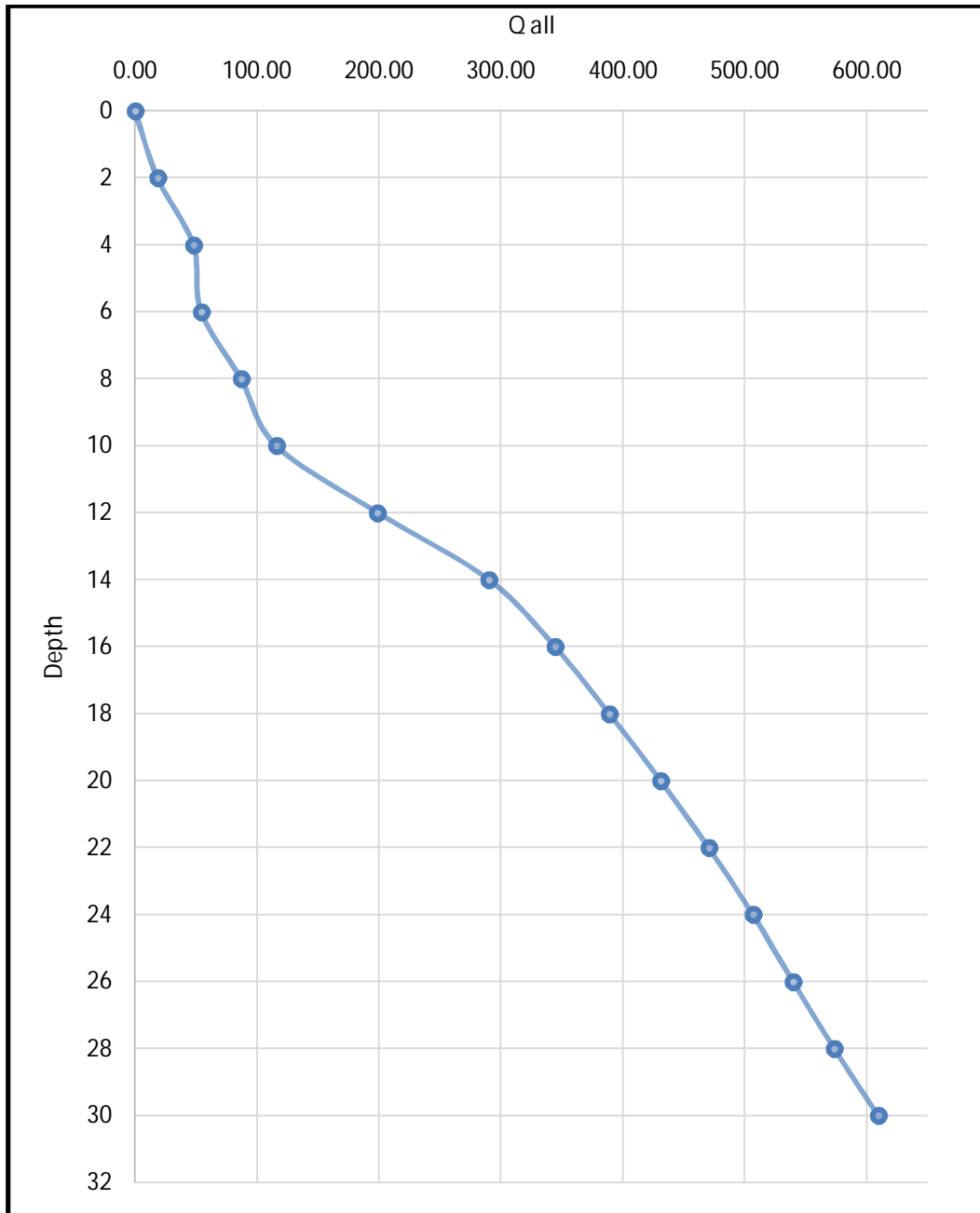
Tabel 4.5: Perhitungan daya dukung *bored pile* metode Resse and O'neil (BH-3).

No	z (m)	N Spt	Clay or Sand	Qsi	ΣQs	Sand ΣQb	ΣQs+ ΣQb	Qall	Qall
								kN	Ton
1	0							0	0.00

Tabel 4.5: *Lanjutan.*

No	z (m)	N Sp t	Clay or Sand	Qsi	$\Sigma Q_s$	Sand $\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_s +$ $\Sigma Q_b$	Qall	Qall
								kN	Ton
2	2	6	clay	131.692	131.69	-	371.13	185.57	18.56
3	4	12	clay	271.911	403.60	-	959.78	479.89	47.99
4	6	10	clay	225.169	628.77	-	1089.35	544.67	54.47
5	8	16	clay	365.389	994.16	-	1741.55	870.77	87.08
6	10	19	clay	435.499	1429.66	-	2320.45	1160.23	116.02
7	12	36	sand	921.402	2351.06	1624.950	3976.01	1988.01	198.80
8	14	56	sand	921.590	3272.65	2527.700	5800.35	2900.18	290.02
9	16	60	sand	908.239	4180.89	2708.250	6889.14	3444.57	344.46
10	18	60	sand	881.900	5062.79	2708.250	7771.04	3885.52	388.55
11	20	60	sand	842.475	5905.27	2708.250	8613.52	4306.76	430.68
12	22	60	sand	791.431	6696.70	2708.250	9404.95	4702.47	470.25
13	24	60	sand	727.852	7424.55	2708.250	10132.80	5066.40	506.64
14	26	60	sand	652.718	8077.27	2708.250	10785.52	5392.76	539.28
15	28	60	sand	678.240	8755.51	2708.250	11463.76	5731.88	573.19
16	30	60	sand	719.060	9474.57	2708.250	12182.82	6091.41	609.14

Hasil perhitungan daya dukung menggunakan metode Reese and O'neill dapat ditampilkan dalam bentuk grafik daya dukung yang di tunjukkan pada Gambar 4.5 dengan sumbu x untuk nilai daya dukung ijin tiang dan sumbu y menunjukkan kedalaman yang ditinjau.



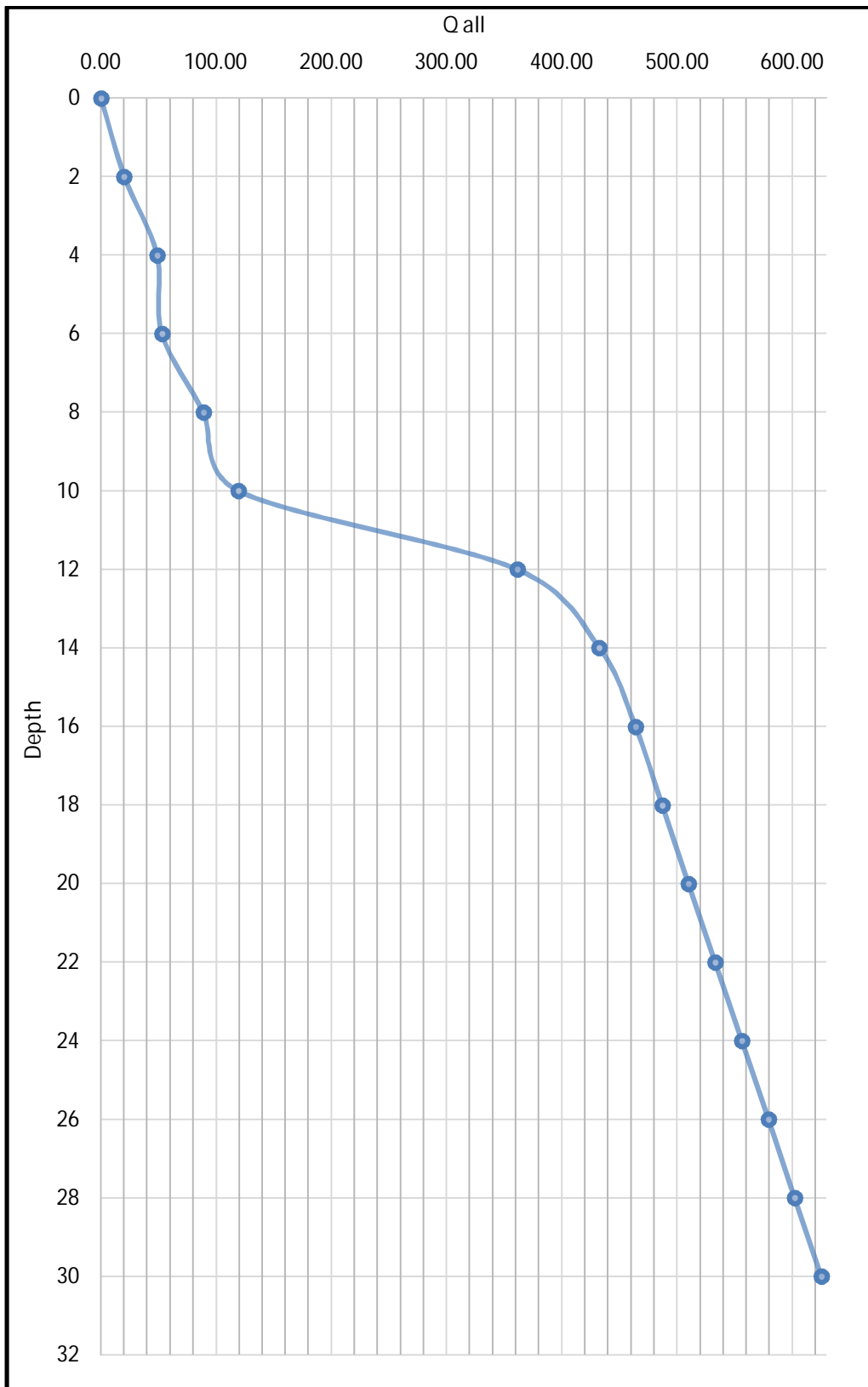
Gambar 4.5: Grafik daya dukung *bored pile* metode Resse and O'neil (BH-3).

Perhitungan berikutnya menggunakan parameter tanah yang di kemukakan oleh Briaud dapat dilihat pada Tabel 4.6. Hasil berikut merupakan perhitungan menggunakan program excel. Pada Tabel 4.6 dapat dilihat interval kedalaman yang ditinjau, nilai pengujian SPT, jenis tanah tiap interval peninjauan, nilai daya dukung selimut tiang, nilai daya dukung ujung tiang, daya dukung ultimit tiang serta daya dukung yang diijinkan tiang.

Tabel 4.6: Perhitungan daya dukung *bored pile* dengan korelasi parameter tanah Briaud (BH-3).

No	z (m)	N Spt	Clay or Sand	Qsi	$\Sigma Q_s$	Sand $\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_{s+}$ $\Sigma Q_b$	Qall	Qall
								kN	Ton
1	0							0	0.00
2	2	6	clay	95.776	95.776	-	405.249	202.625	20.262
3	4	12	clay	197.751	293.527	-	975.772	487.886	48.789
4	6	10	clay	212.886	506.413	-	1059.614	529.807	52.981
5	8	16	clay	318.886	825.299	-	1781.122	890.561	89.056
6	10	19	clay	387.991	1213.290	-	2388.144	1194.072	119.407
7	12	36	sand	397.681	1610.971	5618.298	7229.269	3614.635	361.463
8	14	56	sand	452.046	2063.017	6586.938	8649.955	4324.978	432.498
9	16	60	sand	461.181	2524.198	6752.589	9276.787	4638.394	463.839
10	18	60	sand	461.181	2985.379	6752.589	9737.968	4868.984	486.898
11	20	60	sand	461.181	3446.560	6752.589	10199.149	5099.575	509.957
12	22	60	sand	461.181	3907.741	6752.589	10660.330	5330.165	533.017
13	24	60	sand	461.181	4368.922	6752.589	11121.511	5560.756	556.076
14	26	60	sand	461.181	4830.103	6752.589	11582.692	5791.346	579.135
15	28	60	sand	461.181	5291.284	6752.589	12043.873	6021.937	602.194
16	30	60	sand	461.181	5752.465	6752.589	12505.054	6252.527	625.253

Hasil perhitungan daya dukung menggunakan metode Reese and O'Neill dapat ditampilkan dalam bentuk grafik daya dukung yang di tunjukkan pada Gambar 4.6 dengan sumbu x untuk nilai daya dukung ijin tiang dan sumbu y menunjukkan kedalaman yang ditinjau.



Gambar 4.6: Grafik daya dukung *bored pile* dengan Korelasi parameter tanah Briaud (BH-3).

## 4.2. Perhitungan Penurunan Elastis (*Settlement*)

### 4.2.1. Penurunan Pada Titik BH-1 Dengan Metode Penurunan Elastis

✓ Menentukan  $S_1$  sesuai kedalaman 18 m

Diameter (D) = 100 cm = 1 m

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

Dimana:

$S_1$  = Penurunan batang tiang

$Q_{wp}$  = Daya dukung pada ujung tiang dikurangi daya dukung *friction*

$\xi$  = Koefisien dari *skin friction* (Gambar 2.7b)

$Q_{ws}$  = Daya dukung *friction*

L = Panjang tiang pancang

$A_p$  = Luas penampang tiang pancang

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2 \\ &= 0,785 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$E_p$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang

$$E_p = 4700\sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa} = 2,6 \times 10^7 \text{ kN}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Q_{wp} &= \text{ujung tiang } (Q_p) - \text{selimut tiang } (Q_s) \\ &= 2392,3 - 823,5 = 1568,8 \end{aligned}$$

$$Q_{ws} = Q_s = 823,5$$

$\xi$  = 0.5 (gambar 2.7 b)

L = 18

$$S_1 = \frac{(1568,8 + 0,5 \times 823,5) \cdot 18}{0,785 \cdot 2,6 \times 10^7} = 0,001764 \text{ m} = 1,764 \text{ mm}$$

Sehingga didapat nilai penurunan batang tiang sebesar 1,764 mm.

✓ Menentukan S2 sesuai kedalaman 18 m.

$$\text{Diameter (D)} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

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

Dimana:

$$q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_p}$$

$S_2$  = Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang

$D$  = Diameter tiang

$E_p$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang

$q_{wp}$  = Beban titik per satuan luas ujung tiang

$I_{wp}$  = Faktor pengaruh

Maka:

$$\begin{aligned} Q_{wp} &= \text{ujung tiang } (Q_p) - \text{selimut tiang } (Q_s) \\ &= 2392,3 - 823,5 = 1568,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2 \\ &= 0,785 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$q_{wp} = \frac{1568,8}{0,785} = 1998,46$$

$$E_s = 2,5 \cdot qc$$

$$qc = 4 \times N \text{ spt} = 4 \times 53 = 212 \text{ kg/m}^2 = 20776 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 2,5 \cdot 20776 = 51940 \text{ kN/m}^2$$

$$E_b = 10 \cdot E_s$$

$$E_b = 10 \cdot 51940 = 519400 \text{ kN/m}^2$$

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

$$\mu = 0,5$$

$$S_2 = \frac{(1998,46 \cdot 1)}{519400} (1 - 0,5^2) \cdot 0,85 = 0,002453 \text{ m} = 2,453 \text{ mm}$$

Sehingga didapat nilai penurunan tiang akibat beban diujung tiang sebesar 2,453 mm.



✓ Menentukan S3 sesuai kedalaman 18 m.

$$\text{Diameter (D)} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$S_3 = \left( \frac{Q_{ws}}{PL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

Dimana:

$S_3$  = Penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang

$$Q_{ws} = Q_s = 823,5$$

P = Keliling tiang

$$\begin{aligned} P &= \pi \cdot D \\ &= 3,14 \cdot 1 = 3,14 \end{aligned}$$

$E_s$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang

$$E_s = 2,5 \cdot 20776 = 51940 \text{ kN/m}^2$$

$I_{ws}$  = Faktor pengaruh

$$\begin{aligned} I_{ws} &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \\ I_{ws} &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{18}{1}} = 3,48 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} S_3 &= \left( \frac{823,5}{3,14 \cdot 18} \right) \frac{1}{51940} (1 - 0,5^2) 3,48 \\ &= 0,000733 \text{ m} = 0,733 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang sebesar 0,733 mm.

Jadi penurunan total tiang tunggal akibat beban vertikal yang bekerja adalah:

$$\begin{aligned} S_{\text{Total}} &= S_1 + S_2 + S_3 \\ S &= 1,764 + 2,453 + 0,733 = 4,950 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4.2.2. Penurunan Pada Titik BH-2 Dengan Metode Penurunan Elastis

✓ Menentukan S1 sesuai kedalaman 18 m

$$\text{Diameter (D)} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

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

Dimana:

$S_1$  = Penurunan batang tiang

$Q_{wp}$  = Daya dukung pada ujung tiang dikurangi daya dukung *friction*

$\xi$  = Koefisien dari *skin friction* (Gambar 2.7b)

$Q_{ws}$  = Daya dukung *friction*

$L$  = Panjang tiang pancang

$A_p$  = Luas penampang tiang pancang

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2 \\ &= 0,785 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$E_p$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang

$$E_p = 4700\sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa} = 2,6 \times 10^7 \text{ kN}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Q_{wp} &= \text{ujung tiang } (Q_p) - \text{selimut tiang } (Q_s) \\ &= 2708,3 - 794,3 = 1914,0 \end{aligned}$$

$$Q_{ws} = Q_s = 794,3$$

$$\xi = 0.5 \text{ (gambar 2.7 b)}$$

$$L = 18$$

$$S_1 = \frac{(1914,0 + 0.5 \times 794,3) \cdot 18}{0,785 \cdot 2,6 \times 10^7} = 0,002059 \text{ m} = 2,059 \text{ mm}$$

Sehingga didapat nilai penurunan batang tiang sebesar 2,059 mm.

✓ Menentukan  $S_2$  sesuai kedalaman 18 m.

$$\text{Diameter } (D) = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$S_2 = \frac{(q_{wp} D)}{E_b} (1 - \mu_s^2) l_{wp}$$

Dimana:

$$q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_p}$$

$S_2$  = Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang

- $D$  = Diameter tiang  
 $E_p$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang  
 $q_{wp}$  = Beban titik per satuan luas ujung tiang  
 $I_{wp}$  = Faktor pengaruh

Maka:

$$\begin{aligned}
 Q_{wp} &= \text{ujung tiang } (Q_p) - \text{selimut tiang } (Q_s) \\
 &= 2708,3 - 794,3 = 1914,0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2 \\
 &= 0,785 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$q_{wp} = \frac{1914,0}{0,785} = 2438,16$$

$$E_s = 2,5 \cdot q_c$$

$$q_c = 4 \times N \text{ spt} = 4 \times 60 = 240 \text{ kg/m}^2 = 23530 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 2,5 \cdot 23520 = 58800 \text{ kN/m}^2$$

$$E_b = 10 \cdot E_s$$

$$E_b = 10 \cdot 58800 = 588000 \text{ kN/m}^2$$

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

$$\mu = 0,5$$

$$S_2 = \frac{(2438,16 \cdot 1)}{588000} (1 - 0,5^2) \cdot 0,85 = 0,002643 \text{ m} = 2,643 \text{ mm}$$

Sehingga didapat nilai penurunan tiang akibat beban diujung tiang sebesar 2,643 mm.

✓ Menentukan  $S_3$  sesuai kedalaman 18 m.

$$\text{Diameter } (D) = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$S_3 = \left( \frac{Q_{ws}}{PL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) l_{ws}$$

Dimana:

$S_3$  = Penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang

$$Q_{ws} = Q_s = 794,3$$

$P$  = Keliling tiang

$$P = \pi \cdot D$$

$$= 3,14 \cdot 1 = 3,14$$

$E_s$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang

$$E_s = 2,5 \cdot 23520 = 58800 \text{ kN/m}^2$$

$I_{ws}$  = Faktor pengaruh

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

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{18}{1}} = 3,48$$

Maka:

$$S_3 = \left( \frac{823,5}{3,14 \cdot 18} \right) \frac{1}{51940} (1 - 0,5^2) 3,48$$

$$= 0,000625 \text{ m} = 0,625 \text{ mm}$$

Sehingga didapat nilai penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang sebesar 0,625 mm.

Jadi penurunan total tiang tunggal akibat beban vertikal yang bekerja adalah:

$$S_{\text{Total}} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S = 1,764 + 2,453 + 0,625 = 5,327 \text{ mm}$$

#### 4.2.3. Penurunan Pada Titik BH-3 Dengan Metode Penurunan Elastis

✓ Menentukan  $S_1$  sesuai kedalaman 18 m

$$\text{Diameter (D)} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

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

Dimana:

$S_1$  = Penurunan batang tiang

$Q_{wp}$  = Daya dukung pada ujung tiang dikurangi daya dukung *friction*

$\xi$  = Koefisien dari *skin friction* (Gambar 2.7b)

$Q_{ws}$  = Daya dukung *friction*

$L$  = Panjang tiang pancang

$A_p$  = Luas penampang tiang pancang

$$\begin{aligned}
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2 \\
 &= 0,785 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$E_p$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang

$$E_p = 4700\sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa} = 2,6 \times 10^7 \text{ kN}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Q_{wp} &= \text{ujung tiang } (Q_p) - \text{selimut tiang } (Q_s) \\
 &= 2708,3 - 881,9 = 1826,4
 \end{aligned}$$

$$Q_{ws} = Q_s = 881,9$$

$$\xi = 0,5 \text{ (gambar 2.7 b)}$$

$$L = 18$$

$$S_1 = \frac{(1826,4 + 0,5 \times 881,9) \cdot 18}{0,785 \cdot 2,6 \times 10^7} = 0,002020 \text{ m} = 2,020 \text{ mm}$$

Sehingga didapat nilai penurunan batang tiang sebesar 2,020 mm.

✓ Menentukan  $S_2$  sesuai kedalaman 18 m.

$$\text{Diameter } (D) = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

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

Dimana:

$$q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_p}$$

$S_2$  = Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang

$D$  = Diameter tiang

$E_p$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang

$q_{wp}$  = Beban titik per satuan luas ujung tiang

$I_{wp}$  = Faktor pengaruh

Maka:

$$\begin{aligned}
 Q_{wp} &= \text{ujung tiang } (Q_p) - \text{selimut tiang } (Q_s) \\
 &= 2708,3 - 881,9 = 1826,4
 \end{aligned}$$

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1^2 \\
&= 0,785 \text{ m}^2 \\
q_{wp} &= \frac{1826,4}{0,785} = 2326,56 \\
E_s &= 2,5 \cdot qc \\
qc &= 4 \times N \text{ spt} = 4 \times 60 = 240 \text{ kg/m}^2 = 23520 \text{ kN/m}^2 \\
E_s &= 2,5 \cdot 23520 = 58800 \text{ kN/m}^2 \\
E_b &= 10 \cdot E_s \\
E_b &= 10 \cdot 58800 = 588000 \text{ kN/m}^2 \\
I_{wp} &= 0,85 \\
\mu &= 0,5 \\
S_2 &= \frac{(2326,56 \cdot 1)}{588000} (1 - 0,5^2) \cdot 0,85 = 0,002522 \text{ m} = 2,522 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai penurunan tiang akibat beban diujung tiang sebesar 2,522 mm.

✓ Menentukan S3 sesuai kedalaman 18 m.

$$\text{Diameter (D)} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$S_3 = \left( \frac{Q_{ws}}{PL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

Dimana:

$S_3$  = Penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang

$$Q_{ws} = Q_s = 794,3$$

P = Keliling tiang

$$\begin{aligned}
P &= \pi \cdot D \\
&= 3,14 \cdot 1 = 3,14
\end{aligned}$$

$E_s$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang

$$E_s = 2,5 \cdot 23520 = 58800 \text{ kN/m}^2$$

$I_{ws}$  = Faktor pengaruh

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

$$l_{ws} = 2 + 0.35 \sqrt{\frac{18}{1}} = 3,48$$

Maka:

$$S_3 = \left( \frac{823,5}{3,14 \cdot 18} \right) \frac{1}{51940} (1 - 0.5^2) 3,48$$

$$= 0,000694 \text{ m} = 0,694 \text{ mm}$$

Sehingga didapat nilai penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang sebesar 0,625 mm.

Jadi penurunan total tiang tunggal akibat beban vertikal yang bekerja adalah:

$$S_{\text{Total}} = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S = 2,020 + 2,522 + 0,694 = 5,236 \text{ mm}$$

Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan teori penurunan dengan metode penurunan elastis maka rekapitulasi perhitungan penurunan yang terjadi pada masing-masing titik tinjauan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Rekapitulasi perhitungan penurunan elastis tiang tunggal pada BH-1 s.d BH 3.

Tinjauan titik	S1 (mm)	S2 (mm)	S3 (mm)	S total (mm)
BH 1	1.764	2.453	0,733	4,950
BH 2	2,059	2,643	0,625	5,327
BH 3	2,020	2,522	0,694	5,236

### 4.3. Perhitungan Daya Dukung Dengan Program

Perhitungan daya dukung dan penurunan dengan program Allpile dengan data *Standart Penetration Test* (SPT) hasil pengujian di lapangan.

#### 4.3.1. Output Desain Program Allpile Pada BH-1

Data tiang yang terlebih dahulu di *input* pada program perhitungan sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4.8 untuk data dari tiang bor dan Tabel 4.9 untuk data tanah sesuai dengan pengujian dilapangan.

Tabel 4.8: Data tiang (*Output software Allpile*) Pada BH-1.

Depth (m)	Width (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	E (MP)	Weight (kN/m)
0	100	7854	4908738,5	20683	18,520
18	100	7854	4908738,5	199938	60,127

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat kedalaman tinjauan 0 meter dan 18 meter kemudian pada kolom kedua merupakan diameter dari tiang yang ditinjau, dilanjutkan dengan luas penampang tiang, inersia tiang, modulus elastisitas tiang dan kemudian berat dari tiang yang ditinjau.

Setelah data tanah yaitu jenis tanah dan nilai SPT di *input* pada program perhitungan maka akan dapat dilihat data *output* dari program perhitungan (Tabel 4.9).

Tabel 4.9: Data tanah (*Output software Allpile*) Pada BH-1.

Depth (m)	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	Phi	C (kN/m <sup>2</sup> )	K (MN/m <sup>3</sup> )	Nspt
0	5,3	0	4,2	2,6	1
2	9,8	0	42,5	49,8	7
4	10,6	0	65,2	96,3	11
6	10,9	31,6	45,2	151,8	15
8	11,0	32,4	53,0	188,0	18
10	9,3	36,6	0	19,0	21
12	9,4	37,4	0	22,3	25
14	9,5	37,9	0	25,0	29
16	9,7	38,6	0	30,5	37
18	10,9	40,4	0	45,3	53

Dari Tabel 4.9 dapat dilihat yang dihasilkan dari program perhitungan yaitu data kedalaman, nilai gamma, phi atau sudut gesek tanah, kohesi, modulus reaksi tanah dan nilai SPT sesuai data yang di *input* sebelumnya.



#### 4.3.1.1. Vertical capacity

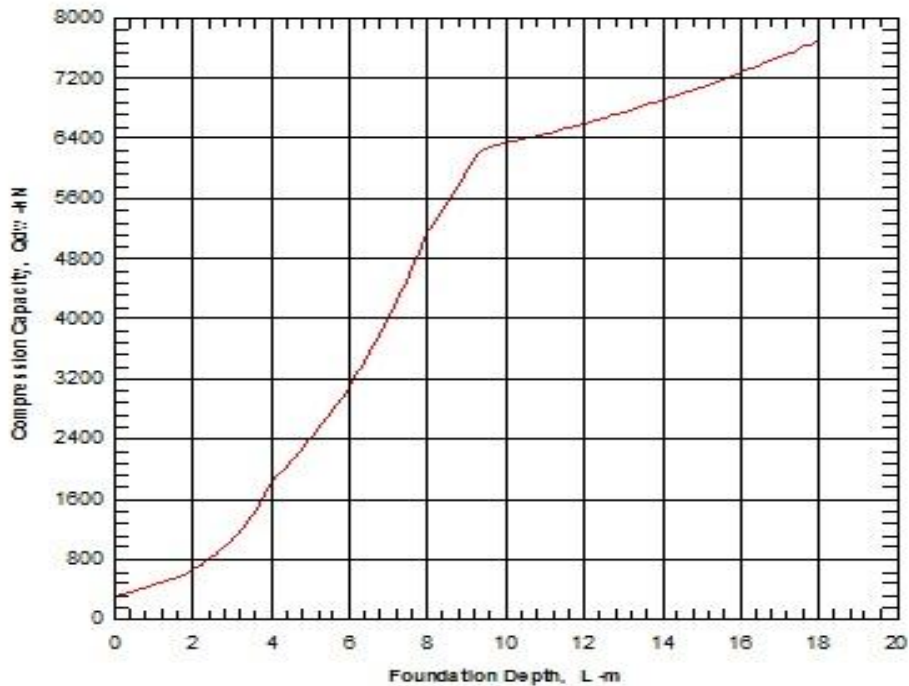
Weight above Ground	= 0,0	Total Weight = 194,77 kN
Side resistance (down)	= 3150,770kN	
Side resistance (up)	= 2356,066kN	
Total ultimate capacity (down)	=7706,090kN	
Total ultimate capacity (up)	=2550,837kN	
Total Allow able capacity (down)	=3853,045kN	
Total Allow able capacity (up)	=1372,805kN	

OK!  $Q_{allow} > Q$

#### 4.3.1.2. Settlement calculation

At $Q = 3000$ kN	settlement = 0,41972 cm
At $X_{allow} = 2,50$ cm	$Q_{allow} = 5546,8818$ kN

Dari data perhitungan diatas dapat juga di tampilkan dalam bentuk grafik daya dukung berdasarkan perhitungan dengan program (Gambar 4.7) dimana pada sumbu x merupakan kedalaman dari tiang yang ditinjau dan pada sumbu y merupakan nilai daya dukung berdasarkan hasil perhitungan program Allpile.



Gambar 4.7: Output grafik daya dukung pondasi tiang bor pada software Allpile. BH-1.

#### 4.3.2. Output Desain Software Allpile Pada BH 2

Setelah semua data sudah di *input* sesuai data *standart penetration test* (SPT) yang ada dilapangan, maka hasil program Allpile pada BH 2 dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

Tabel 4.10: Data tiang (*output software Allpile*) BH-2.

Depth (m)	Width (cm)	A rea (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	E (MP)	Weight (kN/m)
0	100	7854	4908738,5	20683	18,520
18	100	7854	4908738,5	199938	60,127

Dari Tabel 4.10 dapat dilihat kedalaman tinjauan 0 meter dan 18 meter kemudian pada kolom kedua merupakan diameter dari tiang yang ditinjau, dilanjutkan dengan luas penampang tiang, inersia tiang, modulus elastisitas tiang dan kemudian berat dari tiang yang ditinjau.

Setelah data tanah yaitu jenis tanah dan nilai SPT di *input* pada program perhitungan maka akan dapat dilihat data *output* dari program perhitungan (Tabel 4.11).

Tabel 4.11: Data tanah (*output software Allpile*) BH-2.

Depth (m)	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	Phi	C (kN/m <sup>2</sup> )	K (MN/m <sup>3</sup> )	Nspt
0	15,1	0	4,2	2,6	1
2	10,1	0	47,9	60,5	8
4	10,8	30,8	38,3	121,0	13
6	10,3	0	52,7	70,2	9
8	9,4	37,1	0	21,2	24
10	9,5	37,8	0	24,4	28
12	9,6	38,2	0	26,8	31

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

Depth (m)	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	Phi	C (kN/m <sup>2</sup> )	K (MN/m <sup>3</sup> )	Nspt
14	11,2	40,8	0	47,9	55
16	11,7	42,1	0	53,5	60
18	11,7	42,1	0	53,5	60

Dari Tabel 4.11 dapat dilihat yang dihasilkan dari program perhitungan yaitu data kedalaman, nilai gamma, phi atau sudut gesek tanah, kohesi, modulus reaksi tanah dan nilai SPT sesuai data yang di *input* sebelumnya.

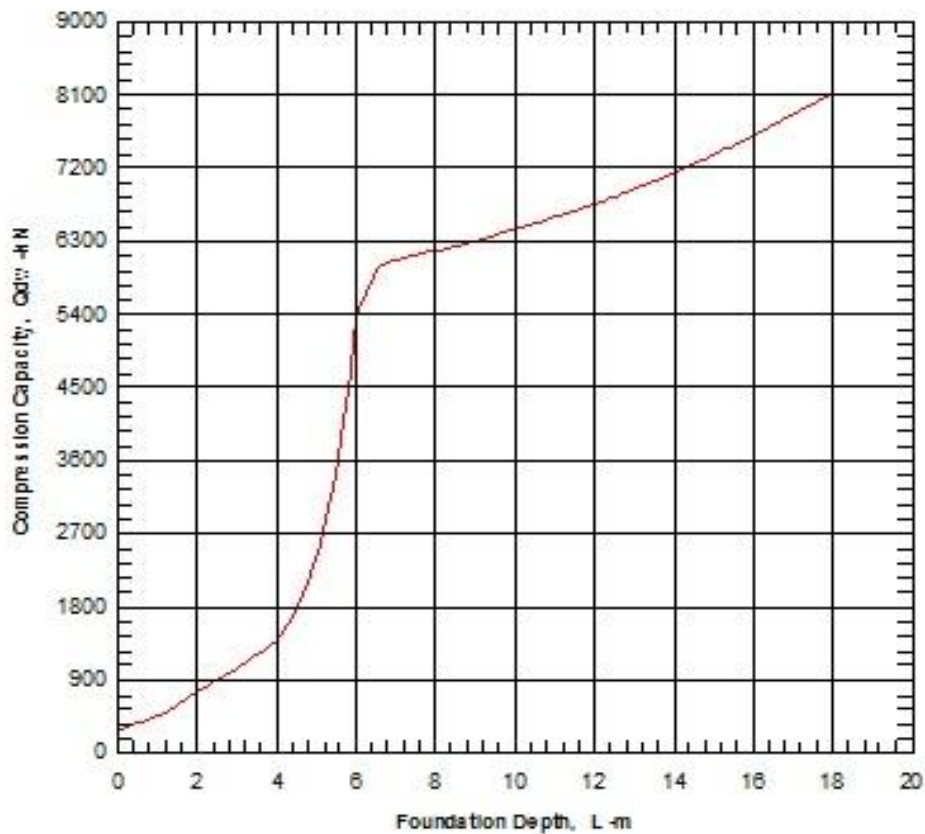
#### 4.3.2.1. *Vertical capacity*

<i>Weight above Ground</i>	=0,0	Total Weight = 194,77 kN
<i>Side resistance (down)</i>	=3130,438kN	
<i>Side resistance (up)</i>	=2163,642kN	
<i>Total ultimate capacity (down)</i>	= 8117,728kN	
<i>Total ultimate capacity (up)</i>	=2358,415kN	
<i>Total Allow able capacity (down)</i>	=4058,864kN	
<i>Total Allow able capacity (up)</i>	=1276,594kN	
OK! Q allow > Q		

#### 4.3.2.2. *Settlement calculation*

At Q	= 3000 kN	<i>settlement</i> = 0,46916 cm
At X allow	= 2,50 cm	<i>Q allow</i> = 5647,794kN

Dari data perhitungan diatas dapat juga di tampilkan dalam bentuk grafik daya dukung berdasarkan perhitungan dengan program (Gambar 4.8) dimana pada sumbu x merupakan kedalaman dari tiang yang ditinjau dan pada sumbu y merupakan nilai daya dukung berdasarkan hasil perhitungan program Allpile.



Gambar 4.8: *Output* grafik daya dukung pondasi tiang bor pada *software Allpile* BH-2.

#### 4.3.3. *Output* Desain *Software Allpile* Pada BH 3

Setelah semua data sudah di *input* sesuai data *standart penetration test* (SPT) yang ada dilapangan, maka hasil program *Allpile* pada BH 3 dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.

Tabel 4.12: Data tiang (*output software Allpile*) BH-3.

Depth (m)	Width (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	E (MP)	Weight (kN/m)
0	100	7854	4908738,5	20683	18,520
18	100	7854	4908738,5	199938	60,127

Dari Tabel 4.12 dapat dilihat kedalaman tinjauan 0 meter dan 18 meter kemudian pada kolom kedua merupakan diameter dari tiang yang ditinjau,

dilanjutkan dengan luas penampang tiang, inersia tiang, modulus elastisitas tiang dan kemudian berat dari tiang yang ditinjau.

Setelah data tanah yaitu jenis tanah dan nilai SPT di *input* pada program perhitungan maka akan dapat dilihat data *output* dari program perhitungan (Tabel 4.13).

Tabel 4.13: Data tanah (*output software Allpile*) BH-3.

Depth (m)	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	Phi	C (kN/m <sup>2</sup> )	K (MN/m <sup>3</sup> )	Nspt
0	17,4	0	18,0	11,3	3
2	9,4	28,1	18,0	37,1	6
4	10,7	30,6	35,9	110,5	12
6	10,5	29,8	29,9	85,0	10
8	10,9	31,9	47,9	164,2	16
10	11,0	32,7	56,9	206,5	19
12	9,7	38,6	0	30,1	36
14	11,3	41,0	0	48,9	56
16	11,7	42,1	0	53,5	60
18	11,7	42,1	0	53,5	60

Dari Tabel 4.13 dapat dilihat yang dihasilkan dari program perhitungan yaitu data kedalaman, nilai gamma, phi atau sudut gesek tanah, kohesi, modulus reaksi tanah dan nilai SPT sesuai data yang di *input* sebelumnya.

#### 4.3.3.1. Vertical capacity

<i>Weight above Ground</i>	=0,0	Total Weight = 194,77 kN
<i>Side resistance (down)</i>	=3710,885kN	
<i>Side resistance (up)</i>	=2629,451kN	
<i>Total ultimate capacity (down)</i>	=7794,965kN	
<i>Total ultimate capacity (up)</i>	=2824,224kN	

Total Allow able capacity (down) =3897,483kN

Total Allow able capacity (up) =1509,498kN

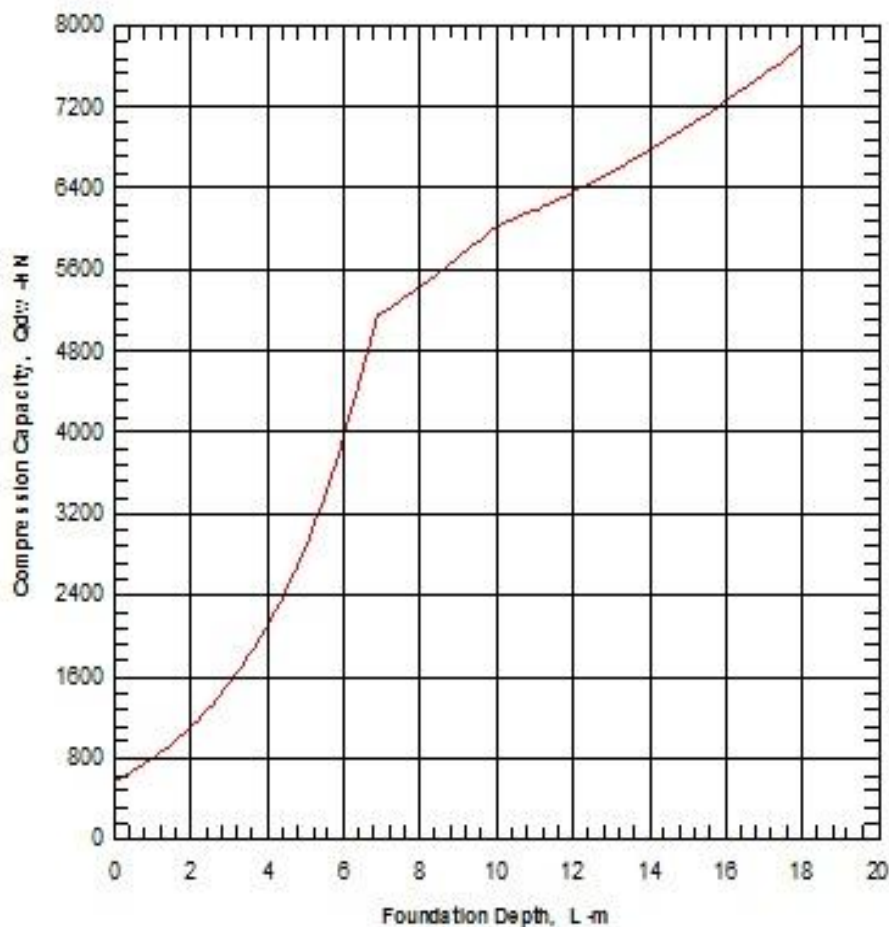
OK!  $Q_{allow} > Q$

#### 4.3.3.2. Settlement calculation

At  $Q = 3000$  kN                       $settlement = 0,34685$  cm

At  $X_{allow} = 2,50$  cm                       $Q_{allow} = 5946,347$ kN

Dari data perhitungan diatas dapat juga di tampilkan dalam bentuk grafik daya dukung berdasarkan perhitungan dengan program (Gambar 4.9) dimana pada sumbu x merupakan kedalaman dari tiang yang ditinjau dan pada sumbu y merupakan nilai daya dukung berdasarkan hasil perhitungan program Allpile.



Gambar 4.9: Output grafik daya dukung pondasi tiang bor pada software Allpile BH-3.

#### 4.3.4. Hasil rekapitulasi

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung pondasi *bored pile* yang dilakukan dengan metode analitis (Resse and O'neil, dan dengan korelasi parameter tanah Briaud) dan penurunan pondasi menggunakan program Allpile di tunjukkan pada :

1. Perbandingan hasil perhitungan daya dukung dengan metode analitis

Perbandingan hasil perhitungan daya dukung dengan metode analitis (Resse and O'neil, dan dengan korelasi parameter tanah Briaud) dengan program Allpile di tunjukan dalam (Tabel 4.14):

Tabel 4.14: Rekapitulasi perbandingan hasil perhitungan daya dukung *ultimate*.

Titik	Panjang tiang (m)	Metode Analitis Reese & O'Neill		Metode Analitis Vesic dengan korelasi parameter tanah Briaud		Program Allpile	
		Q ult (kN)	Q all (kN)	Q ult (kN)	Q all (kN)	Q ult (kN)	Q all (kN)
BH 1	18	7743,248	3871,624	9268,998	4634,499	7706,090	3853,045
BH 2	18	8097,136	4048,568	9756,712	4878,356	8117,728	4058,864
BH 3	18	7771,040	3885,520	9737,968	4868,984	7794,965	3897,483

Dari Tabel 4.14 diketahui bahwa perbedaan selisih hasil untuk perhitungan kapasitas daya dukung ultimit dan ijin antara metode analitis dengan program Allpile pada ketiga titik tinjauan yang dalam hal ini penulis membandingkan hasil hanya pada kedalaman tiang 18 meter, seperti dapat dilihat perbedaan pada BH 1 dengan metode Reese & O'neill untuk daya dukung ijin sebesar 3871,624 kN, sedangkan dengan metode Vesic dengan korelasi parameter tanah Briaud untuk daya dukung ijin sebesar 4634,499 kN dan dengan program Allpile menghasilkan nilai 3853,045 kN untuk daya dukung ijinnya.

2. Berdasarkan perhitungan analitis dan dengan perhitungan program Allpile

maka penurunan elastis yang terjadi pada tiang tunggal dapat di tunjukkan dalam (Tabel 4.15):

Tabel 4.15: Rekapitulasi perbandingan hasil perhitungan penurunan elastis dengan program Allpile.

Titik yang di tinjau	Penurunan elastis	Penurunan dengan program Allpile	Selisih %
BH 1	4,950 mm	4,197 mm	15,21
BH 2	5,327 mm	4,692 mm	11,92
BH 3	5,236 mm	3,469 mm	33,75
Rata-rata %			20,29

Dari Tabel 4.15 diketahui nilai penurunan pada BH 1 sebesar 4,950 mm berdasarkan perhitungan penurunan elastis dan 4,197 mm berdasarkan perhitungan penurunan dengan program Allpile, pada BH 2 dengan perhitungan penurunan elastis didapat nilai penurunan sebesar 5,327 mm dan 4,692 mm berdasarkan perhitungan penurunan dengan program Allpile, dan pada BH 3 didapat nilai penurunan berdasarkan penurunan elastis sebesar 5,236 mm dan dengan perhitungan dengan program Allpile sebesar 3,469 mm. Dengan begitu didapat perbedaan dan selisih pada BH-1=15,21%, BH-2=11,92% dan BH-3=33,75% antara perhitungan penurunan antara metode analitis dengan program Allpile.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis, dapat di ambil kesimpulan:

1. Hasil perhitungan daya dukung pondasi *Bored Pile* dengan metode analitis adalah sebagai berikut:

Daya dukung yang dihasilkan berdasarkan metode Reese and O'neil sebesar:

- BH 1 = 387,162 Ton
- BH 2 = 404,857 Ton
- BH 3 = 388,550 Ton

Daya dukung yang dihasilkan berdasarkan metode Vesic dengan korelasi parameter tanah Briaud sebesar:

- BH 1 = 463,450 Ton
- BH 2 = 487,836 Ton
- BH 3 = 486,898 Ton

Sedangkan hasil perhitungan kapasitas daya dukung pondasi *Bored Pile* dengan program *AllPile* adalah sebagai berikut:

- BH 1 = 385,305 Ton
- BH 2 = 405,886 Ton
- BH 3 = 389,748 Ton

2. Penurunan yang terjadi dengan menggunakan metode penurunan elastis pada ketiga titik adalah sebagai berikut:

- BH 1 = 5,084 mm
- BH 2 = 5,441 mm
- BH 3 = 5,362 mm

Sedangkan penurunan yang terjadi pada perhitungan program *AllPile* didapat nilai penurunan yang terjadi adalah sebagai berikut:

- BH 1 = 4,950 mm
- BH 2 = 5,327 mm
- BH 3 = 5,236 mm

Sehingga didapat persentase perbandingan penurunan yang terjadi antara metode penurunan elastis dengan perhitungan dengan program *Allpile*:

- BH 1 = 15,21 %
- BH 2 = 11,92 %
- BH 3 = 33,75 %

## 5.2. Saran

Berdasarkan dari studi kasus yang penulis lakukan bersama dengan ini penulis juga bermaksud memberikan saran yang mungkin bisa bermanfaat untuk peneliti selanjutnya, diantaranya sebagai berikut:

1. Untuk mempermudah dan mendapatkan kelancaran dalam melakukan studi kasus ataupun penelitian di harapkan selain memiliki ketelitian dalam penginputan data juga diharapkan memiliki insting seorang *engineering* sehingga tidak terlalu terfokus pada hasil perhitungan tetapi juga memiliki asumsi-asumsi yang dapat menguatkan hasil perhitungan.
2. Agar hasil perhitungan memiliki hasil yang baik diharapkan agar data yang digunakan sebagai dasar perhitungan benar-benar di *input* kedalam persamaan perhitungan dengan baik dan benar dengan tetap memperhatikan satuan dari setiap data.
3. Pada saat penggunaan program *AllPile* disarankan agar terlebih dahulu memahami setiap *tools* yang ada pada program dan juga memperhatikan ketelitian pada saat *input* data kedalam program sehingga tidak sering terjadi kesalahan dalam perhitungan.

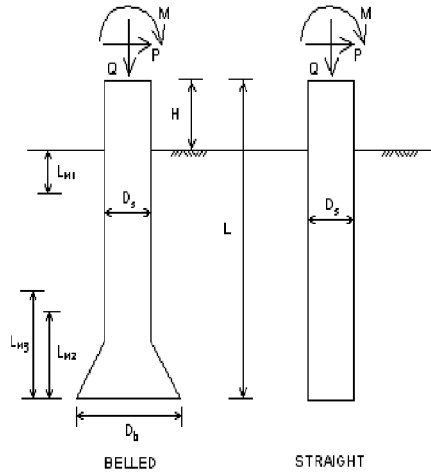
Demikian kesimpulan dan saran penulis pada Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih atas kesempatan pembaca untuk koreksi dan

masukannya, serta penulis juga ingin meminta maaf atas banyaknya keterbatasan dalam pengumpulan data, pengetahuan ataupun kesalahan pada perencanaan Tugas Akhir ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Civiltech (2007) *Allpile Version 7 User's Manual Volume 1 and 2*, USA.
- Bowles, J.E., (1998), *Analisis dan Desain Pondasi*, Jilid 1 Edisi Keempat, Jakarta: Erlangga.
- Das, B.M., (2008), *Principle of Foundation Engineering*, 7<sup>nd</sup> Edition, PWS - KENT Publishing Company, Boston.
- Das, B.M., (2007), *Bearing Capacity and Settlement*, 2<sup>nd</sup> Edition, CRC Press, Newyork.
- Das, B.M., (1995), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1, Jakarta: Erlangga.
- Geotechnical Engineering Bureau*, (2007), State Department Of Transportation, New York.
- Hardiyatmo, H. C. *Mekanika Tanah II* Edisi ketiga, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- O'Neill, W. M. and Reese, C. L. (1999) *Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods*, FHWA-IF-99-025.
- Randolph, M. F., dan Wroth, C. P. (1978) *Analysis of deformation of vertically loaded piles. Journal Geotechnical Engineering Div, ASCE.*
- SNI 4153-2008, Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT.
- Soedarmo, G. D. dan Purnomo. (1993), *Mekanika Tanah I*. Malang: Kanisius.
- Sosrodarsono, S., dan Nakazawa. (2000), *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Tomlinson., dan Woodward, J. (1977), *Pile Design and Construction Practice*, 5<sup>nd</sup> Edition, London dan Newyork: Taylor & Francis.

# LAMPIRAN



**Loads:**

Load Factor for Vertical Loads= 1.0  
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0  
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %  
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 3000.0 -kN  
 Shear Load, P= 0.0 -kN  
 Moment, M= 0.0 -kN-m

**Profile:**

Pile Length, L= 18.0 -m  
 Top Height, H= -2.0 -m  
 Slope Angle, As= 0  
 Batter Angle, Ab= 0

Nocontributing Zone, Ln1=Ln2=Ln3=0.

Drilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

**Soil Data:**

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0.000	5.3	0.0	4.2	2.6	4.38	1
2	9.8	0.0	42.5	49.8	1.07	7
4	10.6	0.0	65.2	96.3	0.83	11
6	10.9	31.6	45.2	151.8	0.68	15
8	11.0	32.4	53.0	188.0	0.62	18
10	9.3	36.6	0.0	19.0	55.18	21
12	9.4	37.4	0.0	22.3	60.52	25
14	9.5	37.9	0.0	25.0	64.49	29
16	9.7	38.6	0.0	30.5	71.87	37
18	10.9	40.4	0.0	45.3	88.39	53

**Pile Data:**

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MP	Weight -kN/m
0.0	100	7854.0	314.2	4908738.5	20683	18.520
18.0	100	7854.0	314.2	4908738.5	199938	60.127

**Vertical capacity:**

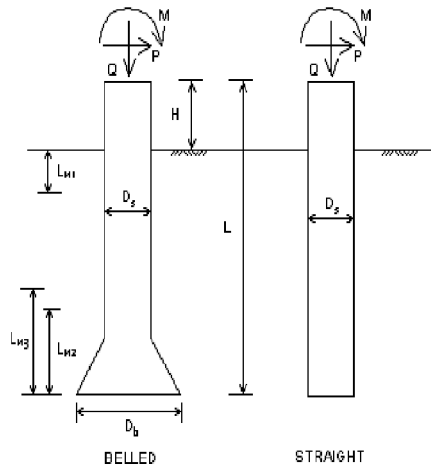
Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 194.77-kN \*Soil Weight is not included  
 Side Resistance (Down)= 3150.770-kN Side Resistance (Up)= 2356.065-kN  
 Tip Resistance (Down)= 4555.320-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN  
 Total Ultimate Capacity (Down)= 7706.090-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 2550.837-kN  
 Total Allowable Capacity (Down)= 3853.045-kN Total Allowable Capacity (Up)= 1372.805-kN  
 OK! Qallow > Q

**Settlement Calculation:**

At Q= 3000.00-kN Settlement= 0.41972-cm  
 At Xallow= 2.50-cm Qallow= 5546.88184-kN

Note: If program can't find result or the result exceeds the up limits. The result shows 9999.

Gambar L.1: Output Allpile vertikal analisis pada BH1.



Drilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

**Loads:**

Load Factor for Vertical Loads= 1.0  
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0  
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %  
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 3000.0 -kN  
 Shear Load, P= 0.0 -kN  
 Moment, M= 0.0 -kN-m

**Profile:**

Pile Length, L= 18.0 -m  
 Top Height, H= -2.0 -m  
 Slope Angle, As= 0  
 Batter Angle, Ab= 0

Nocontributing Zone, Ln1=Ln2=Ln3=0.

**Soil Data:**

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	15.1	0.0	4.2	2.6	4.38	1
2	10.1	0.0	47.9	60.5	1.00	8
4	10.8	30.8	38.3	121.0	0.75	13
6	10.3	0.0	52.7	70.2	0.94	9
8	9.4	37.1	0.0	21.2	58.76	24
10	9.5	37.8	0.0	24.4	63.67	28
12	9.6	38.2	0.0	26.8	66.98	31
14	11.2	40.8	0.0	47.9	90.85	55
16	11.7	42.1	0.0	53.5	95.94	60
18	11.7	42.1	0.0	53.5	95.94	60

**Pile Data:**

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MP	Weight -kN/m
0.0	100	7854.0	314.2	4908738.5	20683	18.520
18.0	100	7854.0	314.2	4908738.5	199938	60.127

**Vertical capacity:**

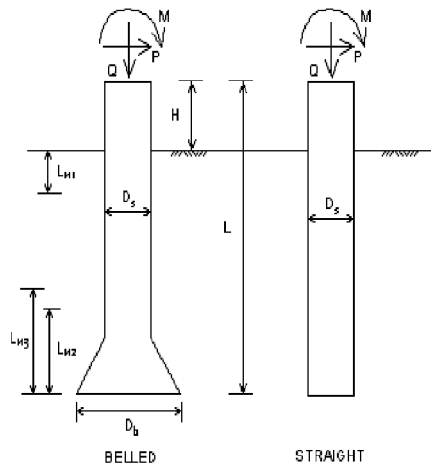
Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 194.77-kN \*Soil Weight is not included  
 Side Resistance (Down)= 3130.438-kN Side Resistance (Up)= 2163.642-kN  
 Tip Resistance (Down)= 4987.290-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN  
 Total Ultimate Capacity (Down)= 8117.728-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 2358.415-kN  
 Total Allowable Capacity (Down)= 4058.864-kN Total Allowable Capacity (Up)= 1276.594-kN  
 OK! Qallow > Q

**Settlement Calculation:**

At Q= 3000.00-kN Settlement= 0.46916-cm  
 At Xallow= 2.50-cm Qallow= 5647.79443-kN

Note: If program can't find result or the result exceeds the up limits. The result shows 9999.

Gambar L.2: Output Allpile vertikal analisis pada BH2.



Drilled Shaft (dia >24 in. or 61 cm)

**Loads:**  
 Load Factor for Vertical Loads= 1.0  
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0  
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %  
 Shear Condition: Static

Vertical Load, Q= 3000.0 -kN  
 Shear Load, P= 0.0 -kN  
 Moment, M= 0.0 -kN-m

**Profile:**  
 Pile Length, L= 18.0 -m  
 Top Height, H= -2.0 -m  
 Slope Angle, As= 0  
 Batter Angle, Ab= 0

Nocontributing Zone, Ln1=Ln2=Ln3=0.

**Soil Data:**

Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Nspt
0	17.4	0.0	18.0	11.3	1.81	3
2	9.4	28.1	18.0	37.1	1.19	6
4	10.7	30.6	35.9	110.5	0.78	12
6	10.5	29.8	29.9	85.0	0.87	10
8	10.9	31.9	47.9	164.2	0.66	16
10	11.0	32.7	56.9	206.5	0.59	19
12	9.7	38.6	0.0	30.1	71.39	36
14	11.3	41.0	0.0	48.9	91.81	56
16	11.7	42.1	0.0	53.5	95.94	60
18	11.7	42.1	0.0	53.5	95.94	60

**Pile Data:**

Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. -cm	I -cm4	E -MP	Weight -kN/m
0.0	100	7854.0	314.2	4908738.5	20683	18.520
18.0	100	7854.0	314.2	4908738.5	199938	60.127

**Vertical capacity:**

Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 194.77-kN \*Soil Weight is not included  
 Side Resistance (Down)= 3710.885-kN Side Resistance (Up)= 2629.451-kN  
 Tip Resistance (Down)= 4084.080-kN Tip Resistance (Up)= 0.000-kN  
 Total Ultimate Capacity (Down)= 7794.965-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 2824.224-kN  
 Total Allowable Capacity (Down)= 3897.483-kN Total Allowable Capacity (Up)= 1509.498-kN  
 OK! Qallow > Q

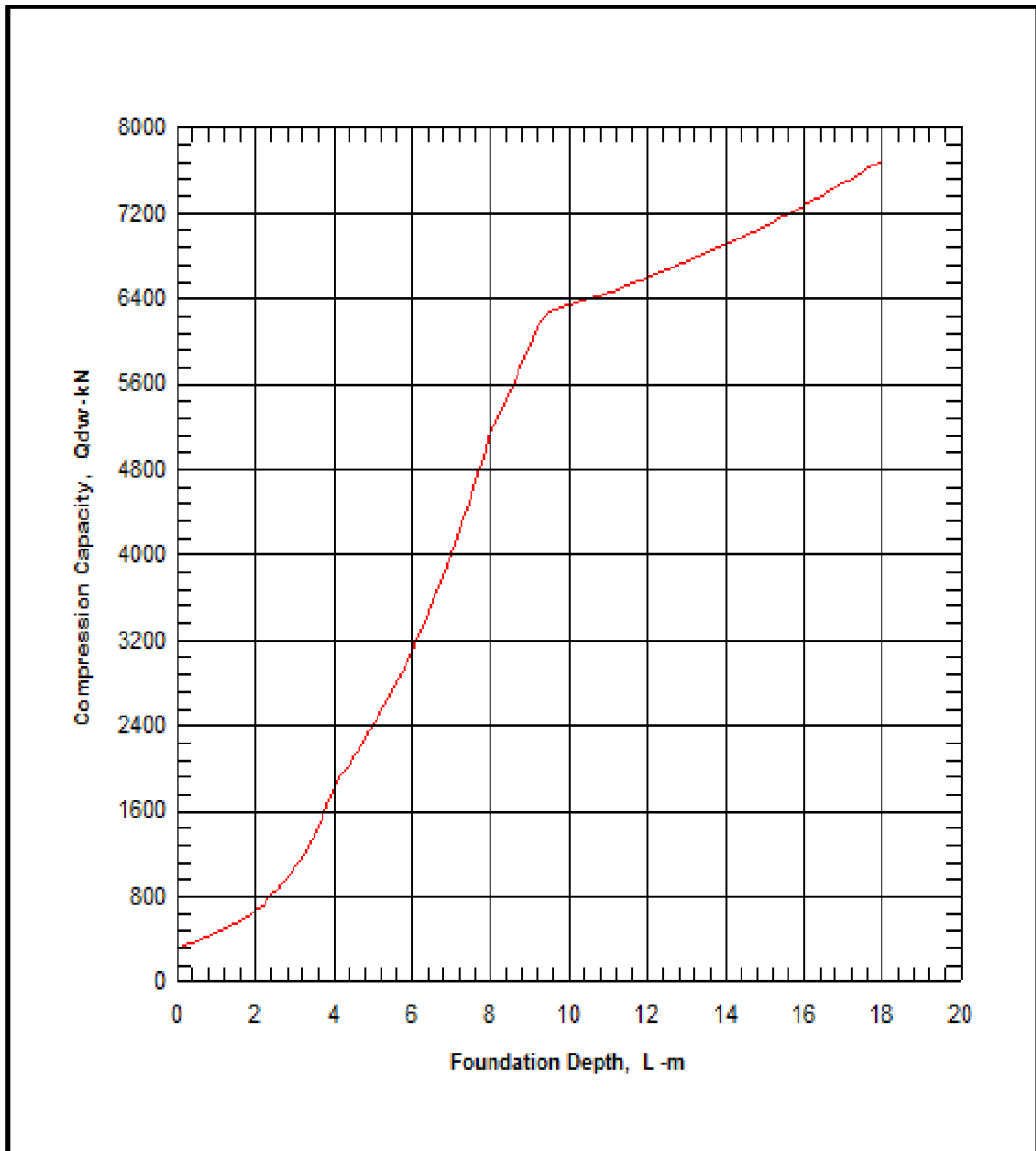
**Settlement Calculation:**

At Q= 3000.00-kN Settlement= 0.34685-cm  
 At Xallow= 2.50-cm Qallow= 5946.34717-kN

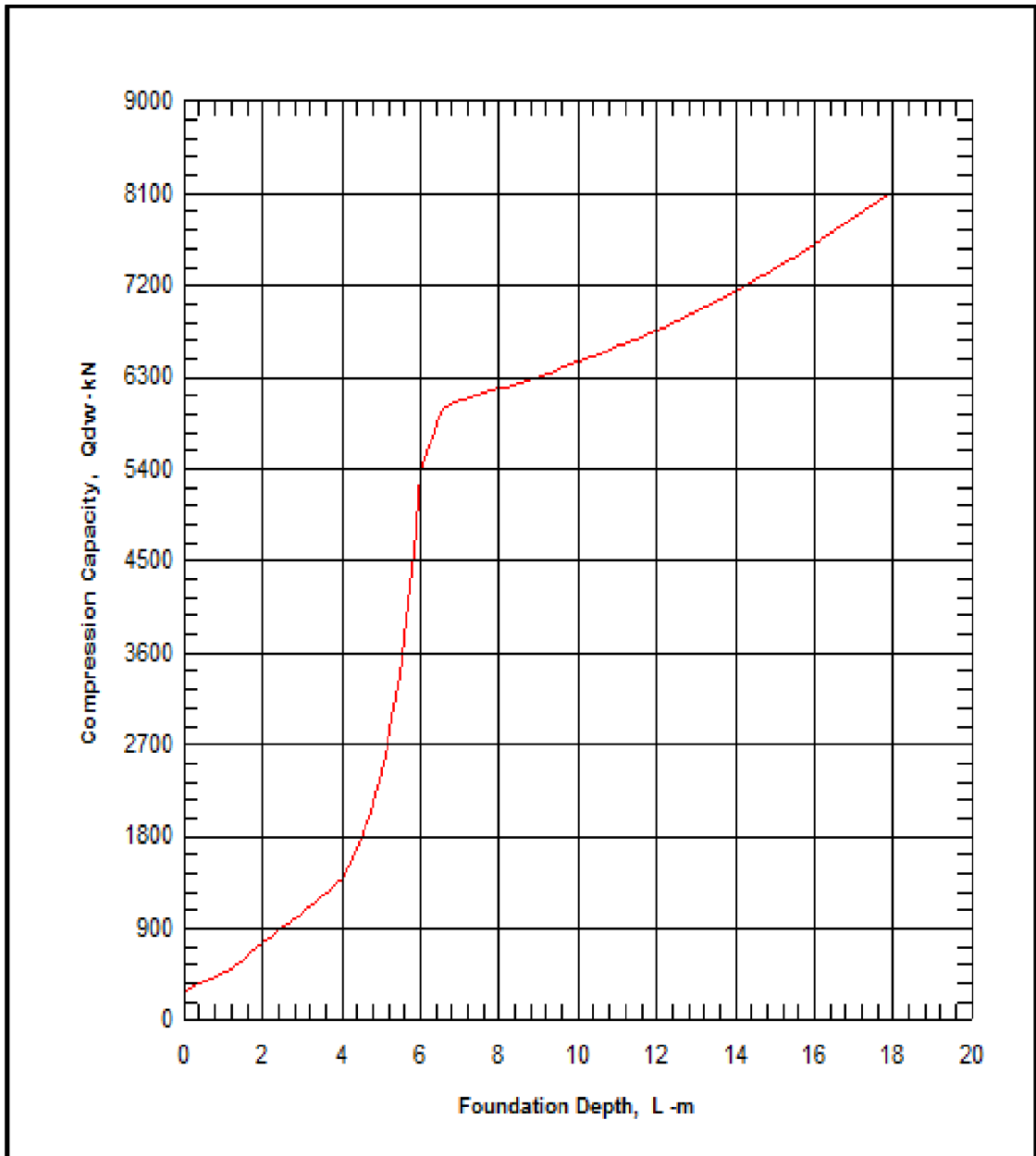
Note: If program can't find result or the result exceeds the up limits. The result shows 9999.

Gambar L.3: Output Allpile vertikal analisis pada BH3.

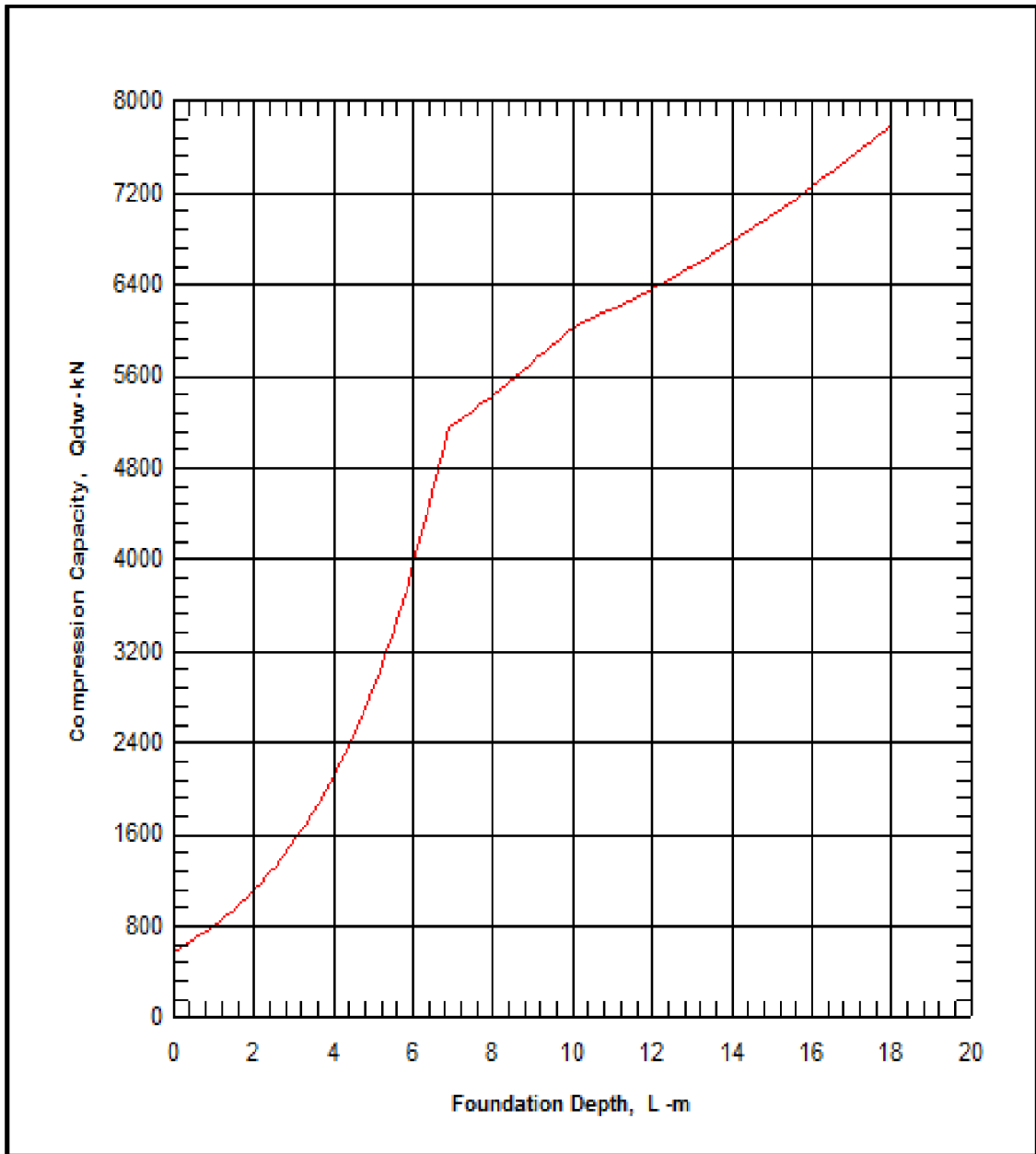




Gambar L.4: *Output* Allpile grafik daya dukung pada BH1.



Gambar L.5: *Output* Allpile grafik daya dukung pada BH2.



Gambar L.6: *Output* Allpile grafik daya dukung pada BH3.









Pembangunan Jalan Tol Medan - Kuala Namu - Rebing Tinggi

seksi 6 : Teluk. Mengkudu - Per Rampah.

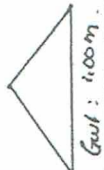
Dera : Pematang Gajah.

Lokasi : Persawahan R.

**BORING LOG**

HOLE NO.

PROJECT :		DRILLING METHOD :	BOR MACHINE :	BOR MASTER :																							
LOCATION :		INCLINATION :	STARTED :	LOGGED BY :																							
SITE :		DEPTH (M) :	FINISHED :	CHECKED BY :																							
COORDINATE X :	Y :	ELEVATION :	SCALE :	APPROVED BY :																							
DATE	SCALE	DEPTH	ELEVATION	GWL & DATE	GEOLOGICAL UNIT	SYMBOL	DESCRIPTION	COLOR	HARDNESS	SHAPE OF CORE	CORE RECOVERY				N-Value	SPT					SCALE	Undisturbed Sample	Disturbed Sample				
											%	CM	25	50		70	100	10	20	30				40	50	60	US
		0-40cm					Top soil pasir kelimpungan warna putih kekuningan.																				
		40cm - 390m					dempung agak keras warna kuning																				
		3170cm - 4175m					dempung lunak bercampur kayu warna hitam																				
		4175m - 10,00m																									
		10,00m - 12,00m					pasir berlempung warna hitam																				
		12,00m - 30,00m					pasir halus bercampur batu apung warna abu abu.																				



- RQD is Rock Quality Designation, RQD = (Total length of cylindrical cores than 10cm)/(Total Core length) x 100%
- Length core recovery are in percent (%) and CM (Centimeter)
- LUGEOON VALUE is l/min/m under injection water pressure of 10 kcal/cm
- DEPTH and ELEVATION are in meter
- DIAMETER is in millimeter

Prepared by, \_\_\_\_\_ Checked by, \_\_\_\_\_  
 (.....) (.....)

Gambar L.11: Data standart penetration test (SPT) pada BH-3.





Tabel L.1: Kapasitas daya dukung tiang bor menggunakan metode Reese and O'Neill pada BH-1.

No	z (m)	$\Delta$ (m)	Nspt		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_{\text{effective}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Clay, cu (kPa)	$\alpha$	$\beta$	Friction (kPa)	Qsi	$\Sigma Q_s$	Nc*	Clay $\Sigma Q_b$	Sand $\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_s + \Sigma Q_b$	Qall	Qall
																		kN	Ton
1	0										0							0	0.00
2	2	2	7	clay	19	38	44.893	0.55	-	24.691	155.059	155.059	8.00	281.928	-	281.928	436.987	218.494	21.849
3	4	2	11	clay	20	78	71.957	0.55	-	39.576	248.537	403.596	9.00	508.376	-	508.376	911.972	455.986	45.599
4	6	2	15	clay	20	118	99.021	0.55	-	54.462	342.021	745.617	9.00	699.583	-	699.583	1445.200	722.600	72.260
5	8	2	18	clay	20	158	119.319	0.55	-	65.625	412.125	1157.742	9.00	842.989	-	842.989	2000.731	1000.366	100.037
6	10	2	21	sand	12	182	-	-	0.728	132.496	832.075	1989.817	-	-	947.888	947.888	2937.705	1468.853	146.885
7	12	2	25	sand	12	206	-	-	0.655	134.930	847.360	2837.177	-	-	1128.438	1128.438	3965.615	1982.808	198.281
8	14	2	29	sand	12	230	-	-	0.587	135.010	847.863	3685.040	-	-	1308.988	1308.988	4994.028	2497.014	249.701
9	16	2	37	sand	13	256	-	-	0.524	134.144	842.424	4527.464	-	-	1670.088	1670.088	6197.552	3098.776	309.878
10	18	2	53	sand	13	282	-	-	0.465	131.130	823.496	5350.960	-	-	2392.288	2392.288	7743.248	3871.624	387.162
11	20	2	60	sand	13	308	-	-	0.409	125.972	791.104	6142.064	-	-	2708.250	2708.250	8850.314	4425.157	442.516
12	22	2	60	sand	13	334	-	-	0.356	118.904	746.717	6888.781	-	-	2708.250	2708.250	9597.031	4798.516	479.852
13	24	2	60	sand	13	360	-	-	0.305	109.800	689.544	7578.325	-	-	2708.250	2708.250	10286.575	5143.288	514.329
14	26	2	60	sand	13	386	-	-	0.256	98.816	620.564	8198.889	-	-	2708.250	2708.250	10907.139	5453.570	545.357
15	28	2	60	sand	13	412	-	-	0.250	103.000	646.840	8845.729	-	-	2708.250	2708.250	11553.979	5776.990	577.699
16	30	2	60	sand	13	438	-	-	0.250	109.500	687.660	9533.389	-	-	2708.250	2708.250	12241.639	6120.820	612.082

Tabel L.2: Kapasitas daya dukung tiang bor menggunakan metode Reese and O'Neill pada BH-2.

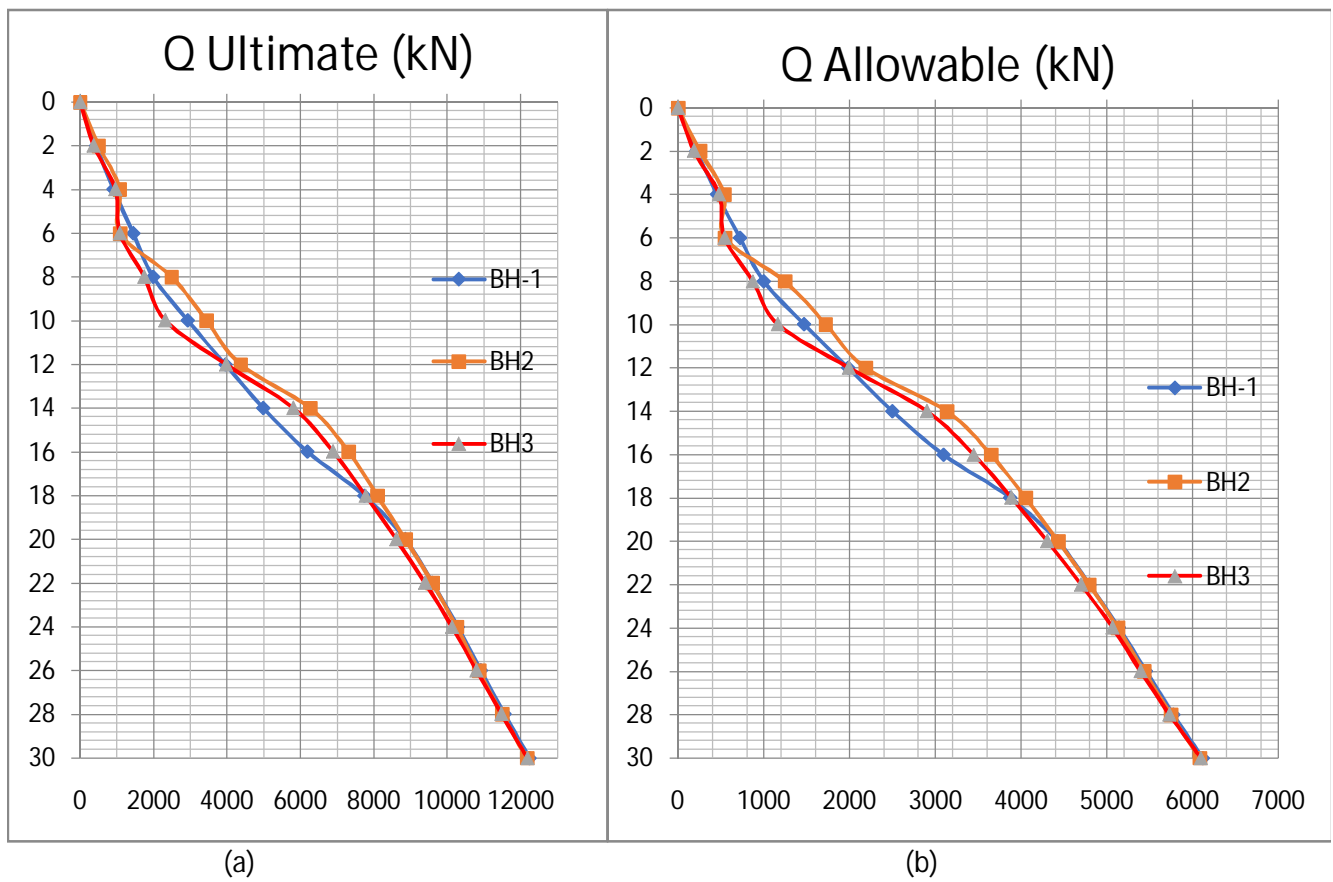
No	z (m)	$\Delta$ (m)	Nspt		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_{\text{effective}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Clay, cu (kPa)	$\alpha$	$\beta$	Friction (kPa)	Qsi	$\Sigma Q_s$	Nc*	Clay $\Sigma Q_b$	Sand $\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_s + \Sigma Q_b$	Qall	Qall
																		kN	Ton
1	0										0							0	0.00
2	2	2	8	Clay	20	40	51.659	0.55	-	28.412	178.427	178.427	8.00	324.419	-	324.419	502.846	251.423	25.142
3	4	2	13	Clay	20	80	85.489	0.55	-	47.019	295.279	473.706	9.00	603.980	-	603.980	1077.686	538.843	53.884
4	6	2	9	Clay	20	120	58.425	0.55	-	32.134	201.802	675.508	9.00	412.773	-	412.773	1088.281	544.141	54.414
5	8	2	24	sand	12	144	-	-	0.810	116.640	732.499	1408.007	-	-	1083.300	1083.300	2491.307	1245.654	124.565
6	10	2	28	sand	12	168	-	-	0.728	122.304	768.069	2176.076	-	-	1263.850	1263.850	3439.926	1719.963	171.996
7	12	2	31	sand	13	194	-	-	0.655	127.070	798.000	2974.076	-	-	1399.263	1399.263	4373.339	2186.670	218.667
8	14	2	55	sand	13	220	-	-	0.587	129.140	810.999	3785.075	-	-	2482.563	2482.563	6267.638	3133.819	313.382
9	16	2	60	sand	13	246	-	-	0.524	128.904	809.517	4594.592	-	-	2708.250	2708.250	7302.842	3651.421	365.142
10	18	2	60	sand	13	272	-	-	0.465	126.480	794.294	5388.886	-	-	2708.250	2708.250	8097.136	4048.568	404.857
11	20	2	60	sand	13	298	-	-	0.409	121.882	765.419	6154.305	-	-	2708.250	2708.250	8862.555	4431.278	443.128
12	22	2	60	sand	13	324	-	-	0.356	115.344	724.360	6878.665	-	-	2708.250	2708.250	9586.915	4793.458	479.346
13	24	2	60	sand	13	350	-	-	0.305	106.750	670.390	7549.055	-	-	2708.250	2708.250	10257.305	5128.653	512.865
14	26	2	60	sand	13	376	-	-	0.256	96.256	604.488	8153.543	-	-	2708.250	2708.250	10861.793	5430.897	543.090
15	28	2	60	sand	13	402	-	-	0.250	100.500	631.140	8784.683	-	-	2708.250	2708.250	11492.933	5746.467	574.647
16	30	2	60	sand	13	428	-	-	0.250	107.000	671.960	9456.643	-	-	2708.250	2708.250	12164.893	6082.447	608.245

Tabel L.3: Kapasitas daya dukung tiang bor menggunakan metode Reese and O'Neill pada BH-3.

No	z (m)	$\Delta$ (m)	Nspt	Clay or Sand?	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_{\text{effective}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Clay, cu (kPa)	$\alpha$	$\beta$	Friction (kPa)	Qsi	$\Sigma Q_s$	Nc*	Clay $\Sigma Q_b$	Sand $\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_b$	$\frac{\Sigma Q_s + \Sigma Q_b}{\Sigma Q_b}$	Qall	Qall
																		kN	Ton
1	0										0							0	0.00
2	2	2	6	clay	19	38	38.127	0.55	-	20.970	131.692	131.69	8.00	239.438	-	239.44	371.13	185.57	18.56
3	4	2	12	clay	20	78	78.723	0.55	-	43.298	271.911	403.60	9.00	556.178	-	556.18	959.78	479.89	47.99
4	6	2	10	clay	20	118	65.191	0.55	-	35.855	225.169	628.77	9.00	460.574	-	460.57	1089.35	544.67	54.47
5	8	2	16	clay	20	158	105.787	0.55	-	58.183	365.389	994.16	9.00	747.385	-	747.39	1741.55	870.77	87.08
6	10	2	19	clay	20	198	126.085	0.55	-	69.347	435.499	1429.66	9.00	890.791	-	890.79	2320.45	1160.23	116.02
7	12	2	36	sand	13	224	-	-	0.655	146.720	921.402	2351.06	-	-	1624.950	1624.95	3976.01	1988.01	198.80
8	14	2	56	sand	13	250	-	-	0.587	146.750	921.590	3272.65	-	-	2527.700	2527.70	5800.35	2900.18	290.02
9	16	2	60	sand	13	276	-	-	0.524	144.624	908.239	4180.89	-	-	2708.250	2708.25	6889.14	3444.57	344.46
10	18	2	60	sand	13	302	-	-	0.465	140.430	881.900	5062.79	-	-	2708.250	2708.25	7771.04	3885.52	388.55
11	20	2	60	sand	13	328	-	-	0.409	134.152	842.475	5905.27	-	-	2708.250	2708.25	8613.52	4306.76	430.68
12	22	2	60	sand	13	354	-	-	0.356	126.024	791.431	6696.70	-	-	2708.250	2708.25	9404.95	4702.47	470.25
13	24	2	60	sand	13	380	-	-	0.305	115.900	727.852	7424.55	-	-	2708.250	2708.25	10132.80	5066.40	506.64
14	26	2	60	sand	13	406	-	-	0.256	103.936	652.718	8077.27	-	-	2708.250	2708.25	10785.52	5392.76	539.28
15	28	2	60	sand	13	432	-	-	0.250	108.000	678.240	8755.51	-	-	2708.250	2708.25	11463.76	5731.88	573.19
16	30	2	60	sand	13	458	-	-	0.250	114.500	719.060	9474.57	-	-	2708.250	2708.25	12182.82	6091.41	609.14

Tabel L.4: Perbandingan daya dukung ketiga titik tinjau.

Kedalaman (m)	Q ULT BH1 (kN)	Q ULT BH2 (kN)	Q ULT BH3 (kN)	Q all BH1 (kN)	Q all BH 2 (kN)	Q all BH3 (kN)
0	0	0	0	0	0	0
2	436.99	502.85	371.130	218.494	251.423	185.565
4	911.97	1077.69	959.781	455.986	538.843	479.891
6	1445.20	1088.28	1089.346	722.600	544.141	544.673
8	2000.73	2491.31	1741.546	1000.366	1245.654	870.773
10	2937.71	3439.93	2320.451	1468.853	1719.963	1160.226
12	3965.62	4373.34	3976.012	1982.808	2186.670	1988.006
14	4994.03	6267.64	5800.352	2497.014	3133.819	2900.176
16	6197.55	7302.84	6889.141	3098.776	3651.421	3444.571
18	7743.25	8097.14	7771.041	3871.624	4048.568	3885.521
20	8850.31	8862.56	8613.516	4425.157	4431.278	4306.758
22	9597.03	9586.92	9404.947	4798.516	4793.458	4702.474
24	10286.58	10257.31	10132.799	5143.288	5128.653	5066.400
26	10907.14	10861.79	10785.517	5453.570	5430.897	5392.759
28	11553.98	11492.93	11463.757	5776.990	5746.467	5731.879
30	12241.64	12164.89	12182.817	6120.820	6082.447	6091.409



Gambar L.13: Grafik daya dukung: (a) daya dukung ultimit, (b) daya dukung ijin.

Tabel L.5: Kapasitas daya dukung tiang bor menggunakan metode Vesic dengan korelasi parameter tanah Briaud pada BH-1.

No	z (m)	Δ (m)	Nspt		Y (kN/m <sup>3</sup> )	σ <sub>effective</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	Clay <sub>cu</sub> (kPa)	α	β	Friction (kPa)	Q <sub>si</sub>	ΣQ <sub>s</sub>	I <sub>rr</sub>	N <sub>c</sub> *	Clay ΣQ <sub>b</sub>	Sand ΣQ <sub>b</sub>	ΣQ <sub>b</sub>	ΣQ <sub>s</sub> + ΣQ <sub>b</sub>	Q <sub>all</sub>	Q <sub>all</sub>
																			kN	Ton
1	0										0								0	0.00
2	2	2	7	clay	19	38	44.893	0.37	-	16.610	104.311	104.311	122.78	10.46	368.621	-	368.621	472.932	236.466	23.647
3	4	2	11	clay	20	78	71.957	0.41	-	29.502	185.273	289.584	216.69	10.93	617.395	-	617.395	906.979	453.490	45.349
4	6	2	15	clay	20	118	99.021	0.43	-	42.579	267.396	556.980	310.60	11.40	886.139	-	886.139	1443.119	721.560	72.156
5	8	2	18	clay	20	158	119.319	0.45	-	53.694	337.198	894.178	381.04	11.75	1100.569	-	1100.569	1994.747	997.374	99.737
6	10	2	21	sand	12	182	-	-	0.728	132.496	340.135	1234.313	-	-	-	4627.376	4627.376	5861.689	2930.845	293.084
7	12	2	25	sand	12	206	-	-	0.655	134.930	357.775	1592.088	-	-	-	4927.133	4927.133	6519.221	3259.611	325.961
8	14	2	29	sand	12	230	-	-	0.587	135.010	373.511	1965.599	-	-	-	5197.556	5197.556	7163.155	3581.578	358.158
9	16	2	37	sand	13	256	-	-	0.524	134.144	400.854	2366.453	-	-	-	5673.989	5673.989	8040.442	4020.221	402.022
10	18	2	53	sand	13	282	-	-	0.465	131.130	444.885	2811.338	-	-	-	6457.660	6457.660	9268.998	4634.499	463.450
11	20	2	60	sand	13	308	-	-	0.409	125.972	461.181	3272.519	-	-	-	6752.589	6752.589	10025.108	5012.554	501.255
12	22	2	60	sand	13	334	-	-	0.356	118.904	461.181	3733.700	-	-	-	6752.589	6752.589	10486.289	5243.145	524.314
13	24	2	60	sand	13	360	-	-	0.305	109.800	461.181	4194.881	-	-	-	6752.589	6752.589	10947.470	5473.735	547.374
14	26	2	60	sand	13	386	-	-	0.256	98.816	461.181	4656.062	-	-	-	6752.589	6752.589	11408.651	5704.326	570.433
15	28	2	60	sand	13	412	-	-	0.250	103.000	461.181	5117.243	-	-	-	6752.589	6752.589	11869.832	5934.916	593.492
16	30	2	60	sand	13	438	-	-	0.250	109.500	461.181	5578.424	-	-	-	6752.589	6752.589	12331.013	6165.507	616.551

Tabel L.6: Kapasitas daya dukung tiang bor menggunakan metode Vesic dengan korelasi parameter tanah Briaud pada BH-2.

No	z (m)	$\Delta$ (m)	Nspt	Clay or Sand?	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_{\text{effective}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Clay, cu (kPa)	$\alpha$	$\beta$	Friction (kPa)	Qsi	$\Sigma Q_s$	Irr	Nc*	Clay $\Sigma Q_b$	Sand $\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_s + \Sigma Q_b$	Qall	Qall
																			kN	Ton
1	0										0								0	0.00
2	2	2	8	Clay	20	40	51.659	0.36	-	18.597	116.789	116.789	146.26	10.58	429.043	-	429.043	545.832	272.916	27.292
3	4	2	13	Clay	20	80	85.489	0.39	-	33.341	209.381	326.170	263.65	11.16	748.935	-	748.935	1075.105	537.553	53.755
4	6	2	9	Clay	20	120	58.425	0.55	-	32.134	201.802	527.972	169.73	10.69	490.282	-	490.282	1018.254	509.127	50.913
5	8	2	24	sand	12	144	-	-	0.81	116.640	353.565	881.537	-	-	-	4855	4855.254	5736.791	2868.396	286.840
6	10	2	28	sand	12	168	-	-	0.728	122.304	369.729	1251.266	-	-	-	5132.309	5132.309	6383.575	3191.788	319.179
7	12	2	31	sand	13	194	-	-	0.655	127.070	380.805	1632.071	-	-	-	5323.853	5323.853	6955.924	3477.962	347.796
8	14	2	55	sand	13	220	-	-	0.587	129.140	449.690	2081.761	-	-	-	6544.349	6544.349	8626.110	4313.055	431.306
9	16	2	60	sand	13	246	-	-	0.524	128.904	461.181	2542.942	-	-	-	6752.589	6752.589	9295.531	4647.766	464.777
10	18	2	60	sand	13	272	-	-	0.465	126.480	461.181	3004.123	-	-	-	6752.589	6752.589	9756.712	4878.356	487.836
11	20	2	60	sand	13	298	-	-	0.409	121.882	461.181	3465.304	-	-	-	6752.589	6752.589	10217.893	5108.947	510.895
12	22	2	60	sand	13	324	-	-	0.356	115.344	461.181	3926.485	-	-	-	6752.589	6752.589	10679.074	5339.537	533.954
13	24	2	60	sand	13	350	-	-	0.305	106.750	461.181	4387.666	-	-	-	6752.589	6752.589	11140.255	5570.128	557.013
14	26	2	60	sand	13	376	-	-	0.256	96.256	461.181	4848.847	-	-	-	6752.589	6752.589	11601.436	5800.718	580.072
15	28	2	60	sand	13	402	-	-	0.250	100.500	461.181	5310.028	-	-	-	6752.589	6752.589	12062.617	6031.309	603.131
16	30	2	60	sand	13	428	-	-	0.250	107.000	461.181	5771.209	-	-	-	6752.589	6752.589	12523.798	6261.899	626.190

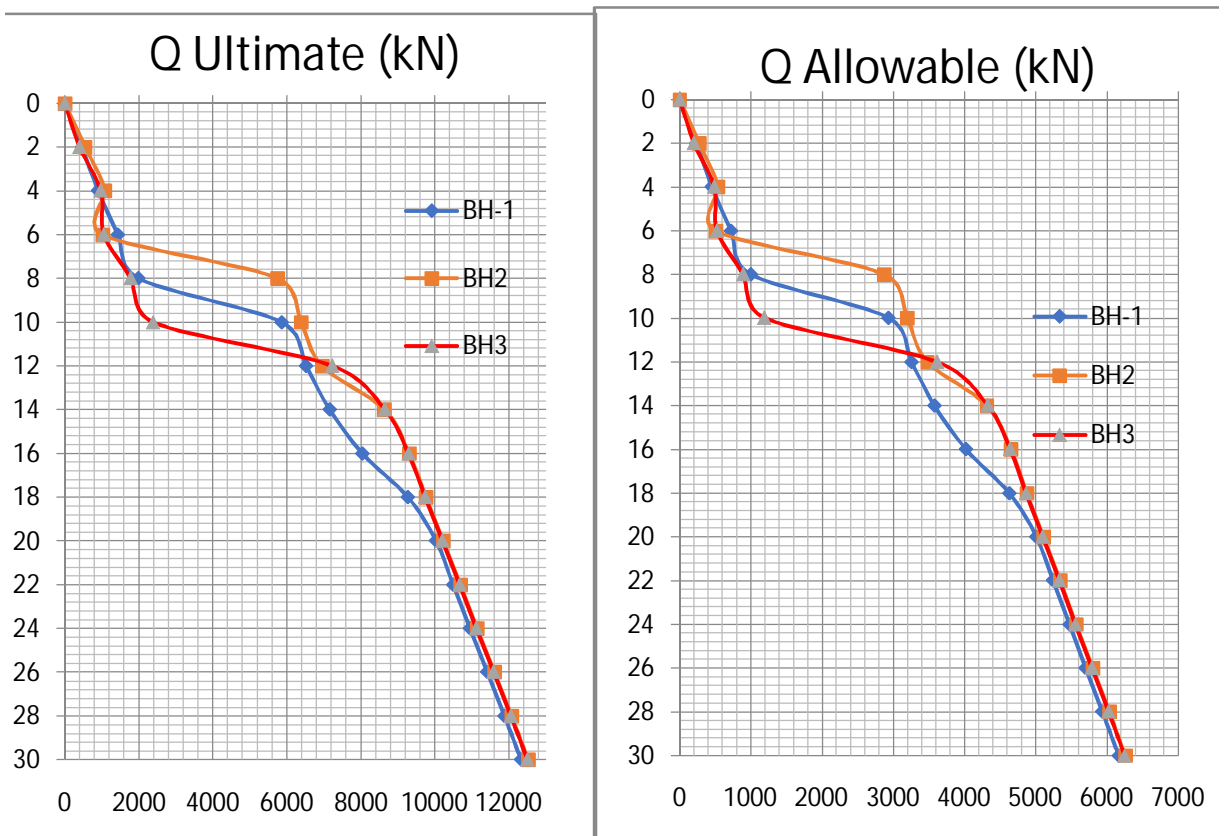
Tabel L.7: Kapasitas daya dukung tiang bor menggunakan metode Vesic dengan korelasi parameter tanah Briaud pada BH-3.

No	z (m)	$\Delta$ (m)	Nspt		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_{\text{effective}}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Clay,cu (kPa)	$\alpha$	$\beta$	Friction (kPa)	Qsi	$\Sigma Q_s$	Irr	Nc*	Clay $\Sigma Q_b$	Sand $\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_b$	$\Sigma Q_s + \Sigma Q_b$	Qall	Qall
																			kN	Ton
1	0										0								0	0.00
2	2	2	6	clay	19	38	38.127	0.4	-	15.251	95.776	95.776	99.30	10.34	309.473	-	309.473	405.249	202.625	20.262
3	4	2	12	clay	20	78	78.723	0.4	-	31.489	197.751	293.527	240.17	11.04	682.245	-	682.245	975.772	487.886	48.789
4	6	2	10	clay	20	118	65.191	0.52	-	33.899	212.886	506.413	193.21	10.81	553.201	-	553.201	1059.614	529.807	52.981
5	8	2	16	clay	20	158	105.787	0.48	-	50.778	318.886	825.299	334.08	11.51	955.823	-	955.823	1781.122	890.561	89.056
6	10	2	19	clay	20	198	126.085	0.49	-	61.782	387.991	1213.290	404.51	11.87	1174.854	-	1174.854	2388.144	1194.072	119.407
7	12	2	36	sand	13	224	-	-	0.655	146.720	397.681	1610.971	-	-	-	5618.298	5618.298	7229.269	3614.635	361.463
8	14	2	56	sand	13	250	-	-	0.587	146.750	452.046	2063.017	-	-	-	6586.938	6586.938	8649.955	4324.978	432.498
9	16	2	60	sand	13	276	-	-	0.524	144.624	461.181	2524.198	-	-	-	6752.589	6752.589	9276.787	4638.394	463.839
10	18	2	60	sand	13	302	-	-	0.465	140.430	461.181	2985.379	-	-	-	6752.589	6752.589	9737.968	4868.984	486.898
11	20	2	60	sand	13	328	-	-	0.409	134.152	461.181	3446.560	-	-	-	6752.589	6752.589	10199.149	5099.575	509.957
12	22	2	60	sand	13	354	-	-	0.356	126.024	461.181	3907.741	-	-	-	6752.589	6752.589	10660.330	5330.165	533.017
13	24	2	60	sand	13	380	-	-	0.305	115.900	461.181	4368.922	-	-	-	6752.589	6752.589	11121.511	5560.756	556.076
14	26	2	60	sand	13	406	-	-	0.256	103.936	461.181	4830.103	-	-	-	6752.589	6752.589	11582.692	5791.346	579.135
15	28	2	60	sand	13	432	-	-	0.250	108.000	461.181	5291.284	-	-	-	6752.589	6752.589	12043.873	6021.937	602.194
16	30	2	60	sand	13	458	-	-	0.250	114.500	461.181	5752.465	-	-	-	6752.589	6752.589	12505.054	6252.527	625.253



Tabel L.8: Perbandingan daya dukung ketiga titik tinjau.

Kedalaman (m)	Q ULT BH1 (kN)	Q ULT BH2 (kN)	Q ULT BH3 (kN)	Q all BH1 (kN)	Q all BH 2 (kN)	Q all BH3 (kN)
0	0	0	0	0	0	0
2	472.93	545.83	405.249	236.466	272.916	202.625
4	906.98	1075.11	975.772	453.490	537.553	487.886
6	1443.12	1018.25	1059.614	721.560	509.127	529.807
8	1994.75	5736.79	1781.122	997.374	2868.396	890.561
10	5861.69	6383.58	2388.144	2930.845	3191.788	1194.072
12	6519.22	6955.92	7229.269	3259.611	3477.962	3614.635
14	7163.16	8626.11	8649.955	3581.578	4313.055	4324.978
16	8040.44	9295.53	9276.787	4020.221	4647.766	4638.394
18	9269.00	9756.71	9737.968	4634.499	4878.356	4868.984
20	10025.11	10217.89	10199.149	5012.554	5108.947	5099.575
22	10486.29	10679.07	10660.330	5243.145	5339.537	5330.165
24	10947.47	11140.26	11121.511	5473.735	5570.128	5560.756
26	11408.65	11601.44	11582.692	5704.326	5800.718	5791.346
28	11869.83	12062.62	12043.873	5934.916	6031.309	6021.937
30	12331.01	12523.80	12505.054	6165.507	6261.899	6252.527



(a)

(b)

Gambar L.14: Grafik daya dukung: (a) daya dukung ultimit, (b) daya dukung ijin.



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Faisal Syaifullah  
Panggilan : Faisal  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 31 Juli 1995  
Alamat : Jalan Imam No.32 LK.III Gaperta Ujung-Medan  
Helvetia-20125  
Agama : Islam

Nama Orang Tua  
Ayah : Sukandar  
Ibu : Yayuk Sumiati  
No.HP : 0852 7082 1871  
E-mail : [faisalsyaifullah7@gmail.com](mailto:faisalsyaifullah7@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1307210146  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan-20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	Y.P Amaliyah	2007
2	SMP	MTsN 3 Medan	2010
3	SMA	SMKN 5 Medan	2013
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai selesai.		