

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PARAMETER PENURUNAN ELASTIS  
PONDASI BORED PILE AKIBAT PERBEDAAN  
LAPISAN TANAH DENGAN METODE ELEMEN  
HINGGA 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:**

**MUHAMMAD ARDIANSYAH PUTRA**  
**1307210066**



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

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ardiansyah Putra

NPM : 1307210066

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis parameter penurunan elastis pondasi bored pile akibat perbedaan lapisan tanah dengan metode elemen hingga 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, 6 Oktober 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. Adh Faisal, ST, MSc

Dosen Pembanding II/Penguji



Tondi Anniyah, S.T.M.T

Program Studi Teknik Sipil  
Ketua,



  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Ardiansyah Putra

Tempat /Tanggal Lahir : Medan/ 24 Mei 1994

NPM : 1307210066

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Analisis parameter penurunan elastis pondasi bored pile akibat perbedaan lapisan tanah dengan metode elemen hingga proyek jalan tol Medan – Kualanamu – Tebing Tinggi”,

bukan merupakan plagiarisme, 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/ keserjanaan 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, 6 Oktober 2018

Saya yang menyatakan,



c

Muhammad Ardiansyah Putra

## ABSTRAK

### **ANALISIS PARAMETER PENURUNAN ELASTIS PONDASI *BORED PILE* AKIBAT PERBEDAAN LAPISAN TANAH DENGAN METODE ELEMEN HINGGA PROYEK JALAN TOL MEDAN – KUALANAMU – TEBING TINGGI**

Muhammad Ardiansyah Putra  
1307210066  
M. Husin Gultom, ST, MT  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang di topang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada tanah dan batuan yang terletak dibawahnya. Pemilihan pondasi sangat dibutuhkan pengetahuan tentang jenis tanah, daya dukung ultimit pondasi yang harus lebih besar dari beban yang bekerja pada pondasi baik beban statik maupun beban dinamik, dan penurunan yang akan ditimbulkan akibat pembebanan tidak boleh melebihi penurunan yang diijinkan. Pengendalian mutu menjadi salah satu kunci penting keberhasilan pondasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya dukung dan penurunan yang terjadi pada pondasi. Pada penelitian ini digunakan metode analitis dan metode elemen hingga menggunakan bantuan program analisis yang kemudian dibandingkan dengan data hasil *loading test*. Data tanah yang diperoleh berupa data *Standard penetration test* (SPT) yang dikorelasikan kedalam parameter-parameter tanah yang dibutuhkan dalam perhitungan dengan metode elemen hingga. Berdasarkan data *Standard penetration test* (SPT), parameter kuat geser tanah dan data pengujian *loading test* yang diperoleh dan dihitung dengan beberapa metode diperoleh hasil perhitungan untuk data *Standard penetration test* (SPT) dengan menggunakan metode *Reese & O'Neil* pada titik BH-1  $Q_u = 336.05$  ton, BH-2  $Q_u = 329$  ton, BH-3  $Q_u = 328$  ton. Untuk parameter kuat geser tanah menggunakan metode elemen hingga pada pada titik BH-1  $Q_u = 353.4$  ton, BH-2  $Q_u = 363.9$  ton, BH-3  $Q_u = 380.5$  ton. Untuk penurunan tiang tunggal dihitung menggunakan metode Poulos dan Davis dengan beban 600 ton untuk titik BH-1  $S = 14$  mm, titik BH-2  $S = 14$  mm dan titik BH-3  $S = 14$  mm. Dengan metode elemen hingga titik BH-1  $S = 21.58$  mm, titik BH-2  $S = 21.76$  mm dan titik BH-3  $S = 22.08$  mm.

Kata kunci: Daya dukung, *Bored pile*, Penurunan.

## **ABSTRACT**

### **PARAMETER ANALYSIS OF ELASTIC REDUCTION OF BORED PILE FOUNDATION TO DIFFERENCES IN SOIL LAYER WITH FINITE ELEMENT METHOD IN HIGHWAY PROJECT MEDAN-KUALANAMU-TEBING TINGGI**

Muhammad Ardiansyah putra  
1307210066  
M. Husin Gultom, ST, MT  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

*The foundation is part of an engineered system that forwards the load supported by the foundation and its own weight to the ground and the rocks located beneath it. The selection of the foundation is needed knowledge of the soil type, the ultimate foundation support capacity must be greater than the load acting on the foundation of both static load and dynamic load, and the decrease due to loading shall not exceed the allowable decrease. The quality control becomes one of the important keys to successful foundation. This study aims to determine the bearing capacity and to know the settlement in the foundation. In this research used analytical method and finite element method using analysis program aid which then compared with result of loading test. The soil data obtained is the Standard penetration test (SPT) report which is correlated into the soil parameters required in the analysis program. Soil shear strength parameters and static loading statements obtained and calculated by several methods obtained calculation results for Standard penetration test (SPT) report using Reese & O'Neil at the point BH-1  $Q_u = 336.05$  ton, BH-2  $Q_u = 329$  ton, BH-3  $Q_u = 328$  ton. For the shear strength parameters use the analysis program at the point BH-1  $Q_u = 353.4$  ton, BH-2  $Q_u = 363.9$  ton, BH-3  $Q_u = 380.5$  ton.. For a single pile settlement is calculated using Poulos and Davis methods with a 600 ton load for the point BH-1  $S = 14$  mm, BH-2  $S = 14$  mm and BH-3  $S = 14$  mm. With the finite element method BH-1  $S = 21.58$  mm, BH-2  $S = 21.76$  mm and BH-3  $S = 22.08$  mm.*

*Keywords: Bearing capacity, bored pile, settlement.*

## 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 “Analisis parameter penurunan elastis pondasi bored pile akibat perbedaan lapisan tanah dengan metode elemen hingga proyek jalan 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.,M.Sc, 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 dan Penguji 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 Tondi Amirsyah P.S.T.M.T yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Hj. Irma Dewi, ST, MSi, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Ibu saya yang telah membesarkan, mendidik, dan memberikan kasih sayang yang sangat besar kepada saya serta senantiasa selalu mendoakan saya untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Ibnu Hajar, Agung Krisna, Ahmad Mustaqim Yusuf, Suguluh Wisnu, All Akbar, Zakaria Fadhil ST, kelas Geoteknik Malam dan seluruh angkatan 2013 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, 6 Oktober 2018

Muhammad Ardiansyah Putra

## 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	xii
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Pembahasan	3
1.5. Manfaat Penulisan	4
1.6. Metode Pengumpulan Data	4
1.7. Sistematika Penulisan	5
BAB 2 STUDI PUSTAKA	
2.1. Tanah	6
2.1.1 Properties Tanah	8
2.1.2 Komposisi Tanah	8
2.1.3 Batas Konsistensi Tanah	9
2.2. Penurunan	10
2.3. Uji Standart Penetration Test (SPT)	12
2.4. Pondasi	15
2.4.1 Pemilihan Jenis Pondasi	16
2.4.2 Pondasi Tiang Bor	17
2.4.3 Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor	18



2.5.	Pondasi Tiang	23
2.5.1	Penggolongan Pondasi Tiang	24
2.6.	Parameter Tanah	24
2.7.	Penurunan tiang Tunggal ( <i>Settlement</i> )	29
2.8.	Kapasitas Daya Dukung	33
2.8.1	Tiang Dukung Ujung Dan Tiang Gesek	33
2.8.2	Dari Data <i>Standart Penetration Test</i> (SPT)	34
2.8.3	Dari Data Paramater Tanah	34
2.9.	Faktor Keamanan	36
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1.	Diagram Alir Metode Penelitian	38
3.2.	Data Umum Proyek	39
3.3	Lokasi Titik Pengeboran	40
3.4.	Pengumpulan Data	41
3.5.	Analisis Data Tanah	41
3.6.	Analisis Parameter Tanah	43
3.7.	Menghitung Daya Dukung Dengan Metode Elemen Hingga	47
3.7.1.	Pemodelan Geometri	47
3.7.2.	Kondisi Batas	47
3.7.3.	Input Parameter Tanah	48
3.7.4.	Penyusunan Jaring Elemen ( <i>Meshing</i> )	49
3.7.5.	Kondisi Awal ( <i>Initial Condition</i> )	49
3.7.6.	Kalkulasi	50
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1.	Menghitung Kapasitas Daya Dukung Dengan Data SPT	51
4.1.1.	Perhitungan Pada Titik BH-1	51
4.1.2.	Perhitungan Pada Titik BH-2	54
4.1.3.	Perhitungan Pada Titik BH-3	57
4.2.	Penurunan Tiang Tunggal ( <i>Settlement</i> )	60
4.2.1.	Penurunan Pada Titik BH-1	60
4.2.2.	Penurunan Pada Titik BH-2	62
4.2.3.	Penurunan Pada Titik BH-3	63

4.3. Hasil Program Analisis	65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batasan-batasan ukuran golongan tanah	7
Tabel 2.2	Hubungan nilai Indeks Plastisitas dengan jenis tanah	10
Tabel 2.3	Korelasi N-SPT dengan Modulus Elastisitas pada tanah lempung	25
Tabel 2.4	Korelasi N-SPT dengan modulus elastisitas pada tanah pasir	26
Tabel 2.5	Hubungan Jenis Tanah dan poisson ratio	26
Tabel 2.6	Hubungan jenis tanah dengan berat isi tanah kering	27
Tabel 2.7	Nilai koefisien <i>Permeabilitas</i> tanah	28
Tabel 2.8	Hubungan dari O dan N dari pasir	34
Tabel 2.9	Faktor keamanan untuk pondasi tiang	37
Tabel 3.1	Data hasil pengeboran (BH 1)	41
Tabel 3.2	Data hasil pengeboran (BH 2)	42
Tabel 3.3	Data hasil pengeboran (BH 3)	42
Tabel 3.4	Parameter Tanah BH-1	44
Tabel 3.5	Parameter Tanah BH-2	45
Tabel 3.6	Parameter Tanah BH-3	46
Tabel 4.1	Hasil perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT BH-1	53
Tabel 4.2	Hasil perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT BH-2	56
Tabel 4.3	Hasil perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT BH-3	59
Tabel 4.4	Rekapitulasi perhitungan penurunan elastis tiang tunggal	64
Tabel 4.5	Perbandingan daya dukung ultimate	67
Tabel 4.6	Perbandingan penurunan tiang	67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Batasan-batasan ukuran golongan tanah menurut beberapa sistem	7
Gambar 2.2	Elemen-elemen tanah	8
Gambar 2.3	Pengujian penetrasi standar (SPT)	13
Gambar 2.4	Skema urutan pengujian penetrasi standar (SPT)	15
Gambar 2.5	<i>Overbreak</i> diameter lubang bor akibat longsoran tanah	20
Gambar 2.6	Faktor penurunan $R_k$	30
Gambar 2.7	Koreksi kedalaman $R_h$	31
Gambar 2.8	Koreksi kompresi $I_o$	31
Gambar 2.9	Koreksi angka Poisson, $R_\mu$	32
Gambar 2.10	Koreksi kekakuan lapisan pendukung $R_b$	32
Gambar 2.11	Tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya	33
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3.2	Denah Lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Medan Kualanamu Tebing Tinggi Seksi 6	39
Gambar 3.3	Lokasi titik pengeboran BH-1 dan BH-2	40
Gambar 3.4	Lokasi titik pengeboran BH-3	40
Gambar 3.5	Pemodelan geometri pada program analisis	47
Gambar 3.6	Penetapan kondisi batas pada geometri	48
Gambar 3.7	Input parameter tanah dan pemodelan Mohr-coulomb	48
Gambar 3.8	Penyusunan jaring mesh	49
Gambar 3.9	Hasil perhitungan <i>initial stresses</i>	49
Gambar 3.10	Tahapan perhitungan	50
Gambar 4.1	Grafik daya dukung pada titik BH-1	54
Gambar 4.2	Grafik daya dukung pada titik BH-2	56
Gambar 4.3	Grafik daya dukung pada titik BH-3	60
Gambar 4.4	Penurunan dengan beban rencana 300 ton	65
Gambar 4.5	Penurunan dengan beban rencana 600 ton	66
Gambar 4.6	Kurva Perbandingan penurunan anatar titik BH-1,BH-2 dan BH-3 menggunakan program analisis	66

## DAFTAR NOTASI

$A_p$	= Luas penampang tiang
$c$	= Kohesi
$C_u$	= Kohesi undrained
$D$	= Diameter tiang
$E_b$	= Modulus elastisitas tanah didasar tiang
$E_s$	= Modulus elastisitas tanah disekitar tiang
$E_p$	= Modulus elastisitas dari bahan tiang
$H$	= Kedalaman
$I_o$	= Faktor pengaruh penurunan tiang yang tidak mudah mampat (incompressible) dalam massa semi tak terhingga
$K$	= Faktor kekakuan tiang
$L$	= Panjang tiang
$L_i$	= Panjang Lapisan tanah yang ditinjau
$N$	= Harga SPT lapangan
$P$	= Luas selimut tiang
$Q_{all} = Q_{ijin}$	= Kapasitas tahanan ijin
$Q_b = Q_p$	= Kapasitas tahanan di ujung tiang
$q_c$	= Tahanan ujung sondir
$Q_s$	= Kapasitas tahanan kulit
$Q_{ult}$	= Kapasitas tahanan <i>ultimate</i>
$R_b$	= Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung
$R_h$	= Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras
$R_k$	= Faktor koreksi kemudahmampatan tiang untuk $\mu = 0.35$
$R_\mu$	= Faktor koreksi angka poisson
$S$	= Penurunan pondasi
$SF$	= Faktor keamanan
$\gamma_{dry}$	= Berat isi tanah kering
$\gamma_{sat}$	= Berat isi tanah jenuh
$\nu = \mu$	= Poisson Ratio

- $\alpha$  = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang
- $\theta$  = sudut geser dalam
- $\phi$  = Sudut dilatansi

## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

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

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan ekonomi saat ini mengiringi kemajuan pembangunan. Ketersediaan akan sarana infrastuktur yang ada di Indonesia sekarang ini semakin meningkat. Hal tersebut seiring dengan berjalannya waktu dan zaman yang semakin maju dan kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat serta berkembang pesat. Dengan adanya pengadaan infrastuktur tersebut dapat menunjang kehidupan Negara Indonesia lebih maju dibandingkan dengan sebelumnya. Jalan tol juga merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk mengatasi kemacetan yang semakin meningkat di Indonesia.

Demi mengembangkan perekonomian di wilayah Sumatera Utara, khususnya Medan dan sekitarnya. Pemerintah pusat terus berupaya menyediakan infrastruktur untuk mendukung pusat perekonomian Sumatera Utara antara lain, Bandara Internasional Kualanamu dan Jalan Tol Medan – Kualanamu – Tebing Tinggi. Pembangunan jalan tol Trans-Sumatera dengan ruas Medan – Kualanmu – Tebing Tinggi sepanjang 61,72 kilometer ini terbagi menjadi tujuh seksi. Seksi 1 sampai seksi 6 sepanjang 52,85 kilometer yang terbentang dari Tanjung Morawa hingga Sei Rampah. Sedangkan seksi 7 terbentang dari Sei Rampah hingga Tebing Tinggi.

Dalam perencanaan suatu jembatan terdapat 2 bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah. Pondasi merupakan salah satu struktur bangunan yang terletak pada bagian paling bawah bangunan. Keberadaan pondasi tidak dapat dipisahkan dari struktur bangunan karena pondasi berfungsi untuk meneruskan gaya-gaya atau beban yang bekerja pada struktur atas ke tanah dasar yang cukup keras. Perencanaan dan pemilihan pondasi yang salah akan mengakibatkan bangunan tersebut tidak awet bahkan mengalami keruntuhan (*failure*).

Pondasi tiang bor sebagai pilihan jenis pondasi yang digunakan dalam pembangunan Jalan Tol Medan – Kualanamu – Tebing Tinggi ini menjadi pilihan yang tepat karena direncanakan sesuai dengan fungsi pembangunan transportasi untuk kepentingan umum dalam masa layan yang cukup lama



sehingga penting diketahui dan dibahas hal-hal apa saja yang menyangkut daya dukung dan penurunannya, agar dapat dipertimbangkan nilai kegunaanya berdasarkan faktor keamanannya.

Adapun lapisan tanah mengalami pembebanan akibat beban di atasnya, maka tanah di bawah beban yang bekerja tersebut akan mengalami kenaikan tegangan, akses dari kenaikan tegangan ini adalah terjadinya penurunan elevasi tanah dasar (*settlement*). Pembebanan ini mengakibatkan adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel tanah, dan keluarnya air pori dari tanah yang disertai berkurangnya volume tanah. Hal inilah yang mengakibatkan terjadinya penurunan tanah. Pada umumnya tanah dalam bidang geotek, dibagi menjadi 2 jenis, yaitu tanah berbutir dan tanah kohesif. Pada tanah berbutir (*pasir/sand*), air pori dapat mengalir keluar struktur tanah dengan mudah, karena tanah berbutir memiliki permeabilitas yang tinggi. Sedangkan pada tanah kohesif (*clay*), air pori memerlukan waktu yang lama untuk mengalir keluar seluruhnya. Hal ini disebabkan karena tanah kohesif memiliki permeabilitas yang rendah. Ada 2 hal penting yang perlu diperhatikan dalam penurunan konsolidasi ini yaitu, besarnya penurunan yang terjadi dan kecepatan penurunan yang terjadi (Das, 1995).

Perkembangan perangkat lunak komputer mengalami perkembangan yang sangat berarti beberapa tahun ini. Dalam dunia teknik sipil sendiri, khususnya geoteknik, dikenal program perhitungan Soil yaitu Plaxis. Plaxis adalah program elemen hingga untuk aplikasi geoteknik dimana digunakan model-model tanah untuk melakukan simulasi terhadap perilaku dari tanah. Program ini sangat membantu proses perhitungan parameter tanah, pemadatan tanah, lendutan dan lainnya pada proses perhitungan tiang bor atau tiang pancang. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan studi kasus di pembangunan Jalan tol Medan – Kualanamu – Tebing Tinggi seksi 6 (Sei Rampah) Medan Sumatra Utara.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana nilai kapasitas tanah berdasarkan studi parameter tanah pada 3 titik yang berbeda?
2. Berapa besarkah penurunan yang terjadi pada pondasi *Bored Pile* pada 3 titik yang berbeda?
3. Bagaimana hasil perbandingan penurunan pondasi *Bored Pile* dengan metode *elemen hingga*?
4. Bagaimana hasil perhitungan penurunan elastis pondasi *bored pile* pada 3 titik (Sta 74 + 780, Sta 74 +805, Sta 73 +148)?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui parameter daya dukung tanah pada 3 titik (Sta 74 + 780, Sta 74 +805, Sta 73 +148).
2. Untuk menghitung perbandingan pada 3 titik yang berbeda dengan data parameter tanah (SPT).
3. Untuk menghitung penurunan yang terjadi pada pondasi *Bored Pile* pada 3 titik yang berbeda.
4. Untuk membandingkan hasil penurunan dengan metode *elemen hingga*.

## **1.4. Ruang Lingkup Pembahasan**

Pada pembangunan proyek Jalan Tol Medan - Kualanamu - Tebing Tinggi, terdapat banyak permasalahan yang dapat ditinjau dan dibahas, maka didalam laporan ini sangatlah perlu kiranya diadakan suatu pembatasan masalah, yang bertujuan menghindari kekaburan serta penyimpangan dari masalah yang dikemukakan sehingga semuanya yang dipaparkan tidak menyimpang dari tujuan semula. Walaupun demikian, hal ini tidaklah berarti akan memperkecil arti dari pokok-pokok masalah yang dibahas disini, melainkan hanya karena keterbatasan belaka.

Namun dalam penulisan laporan ini permasalahan yang ditinjau hanya dibatasi pada:

1. Hanya meninjau gaya vertikal, tidak meninjau akibat gaya horizontal (gaya lateral).
2. Hanya meninjau pada titik BH-1, BH-2 dan BH-3 pada lokasi jembatan simpang susun sei rampah.
3. Data tanah yang digunakan data parameter tanah (hanya data *Standard Penetration test*).
4. Untuk mengetahui kurva/grafik perbandingan penurunan digunakan pemodelan *Mohr-Coulomb* pada program komputer (Plaxis).

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Ada dua manfaat yang dapat diperoleh dalam penulisan tugas akhir ini yaitu manfaat teoritis dan manfaat praktis.

1. Manfaat teoritis dalam penulisan tugas akhir ini adalah menerapkan ilmu pengetahuan yang telah didapat selama bangku kuliah dan dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dalam teknik sipil.
2. Menambah pengetahuan praktis ketekniksipilan dari pembimbing, sehingga menambah pengetahuan bagi penulis yang nantinya dapat diaplikasikan selama di lapangan. Dan diharapkan bermanfaat sebagai khasanah perkembangan ilmu pengetahuan di bidang geoteknik, terutama pondasi *bored pile* bagi penulis dan pihak-pihak terkait.

### **1.6. Metode Pengumpulan Data**

1. Studi Literatur

Mengumpulkan tulisan-tulisan dalam bentuk buku maupun tulisan ilmiah yang berhubungan dengan tugas akhir ini.

2. Mengumpulkan Data

Mengumpulkan data yang di dapat dari lapangan pada pembangunan Jalan Tol Medan – Kualanamu – Tebing Tinggi.

## **1.7. Sistematika Penulisan**

Rencana sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab, yang diuraikan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

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

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi dasar teori, rumusan, dan segala sesuatu yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini, yang diperoleh dari buku literatur, tulisan ilmiah, *website*, dan hasil penulisan sebelumnya.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan rencana atau prosedur yang dilakukan penulis untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan kasus permasalahan.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang uraian perhitungan parameter kuat geser tanah dengan mengolah data-data yang diperoleh.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

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

## BAB 2

### STUDI PUSTAKA

#### 2.1 Tanah

Dalam pandangan Teknik Sipil tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya (Hardiyatmo, 2002).

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).

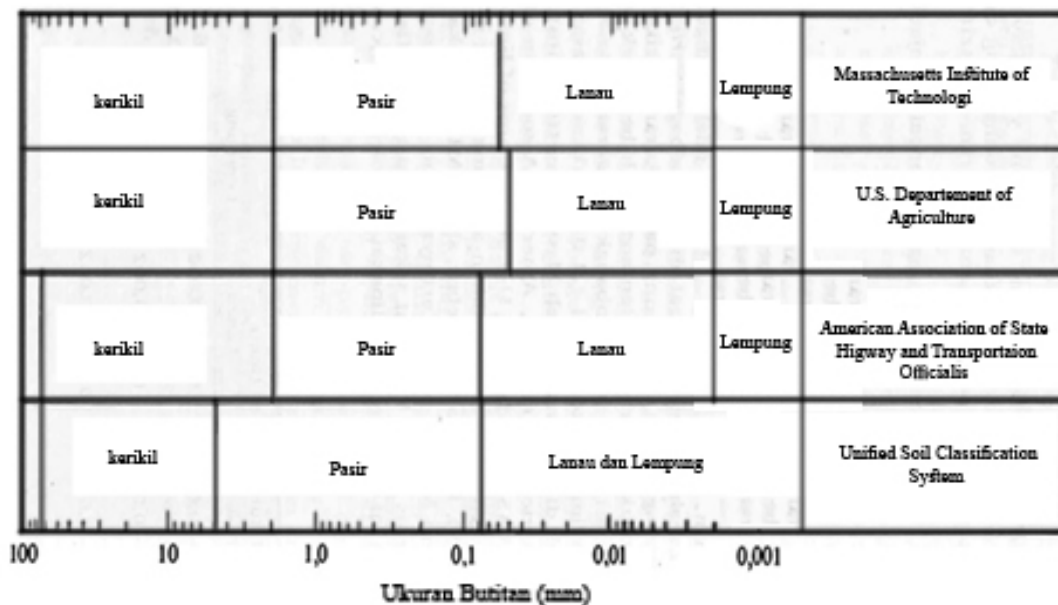
Dalam bukunya (Das, 1995) menjelaskan ukuran dari partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar, tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut. Untuk menerangkan tentang tanah berdasarkan ukuran-ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil-separate-size limits*).

Pada Tabel 2.1 ditunjukkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah dikembangkan oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), *U.S. Department of Agriculture* (USDA), *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) dan oleh *U. S. Army Corps of Engineers* dan *U. S. Bureau of Reclamation* yang kemudian menghasilkan apa yang disebut sebagai *Unified Soil Classification System* (USCS). Pada Tabel tersebut, sistem MIT diberikan hanya untuk keterangan tambahan saja. Sistem MIT ini penting artinya dalam sejarah perkembangan sistem batasan ukuran golongan jenis tanah

(Tabel 2.1). Pada saat sekarang, sistem *Unified* (USCS) telah diterima di seluruh dunia. Sistem ini sekarang telah dipakai pula oleh *American Society of Testing and Materials* (ASTM). Gambar 2.1 menunjukkan batasan-batasan ukuran dalam bentuk grafik.

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
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	



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

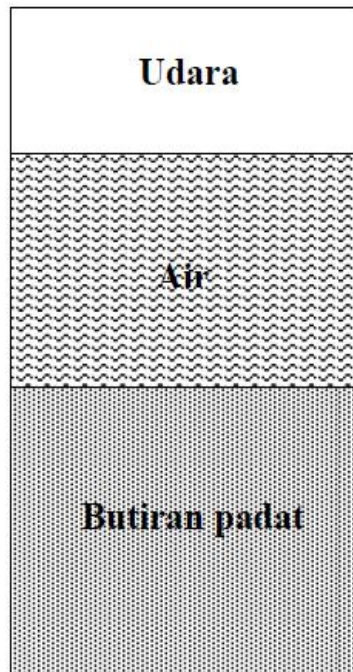
### 2.1.1. Properties Tanah

Tanah merupakan dasar sebuah konstruksi yang berperan sebagai pendukung pondasi pada sebuah konstruksi bangunan. Dalam hal ini diperlukannya tanah dalam kondisi kuat menahan beban di atasnya dan menyebarkannya merata. Dengan fungsi utama tersebut diperlukan suatu rekayasa perkuatan terhadap kondisi tanah yang ada, sehingga dihasilkan suatu nilai lebih baik secara kekuatan maupun struktural untuk meninjau stabilitasnya terhadap pembebanan.

Adapun pengukuran parameter tanah dapat dilakukan pengujian laboratorium melalui pengukuran-pengukuran mekanika tanah. Hasil dari nilai propertis tanah itulah yang menjadi masukan untuk pengukuran dan analisa selanjutnya.

### 2.1.2. Komposisi Tanah

Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu: butiran padat (*solid*), air dan udara. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Elemen-elemen Tanah (Das, 1995).

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

#### 1. Angka Pori

Angka pori menunjukkan seberapa besar ruang kosong yang disebut pori-pori tanah terhadap ruang padat. Pori-pori inilah yang nanti akan terisi air atau butiran tanah yang lebih kecil. Nilai ini merupakan perbandingan antara volume pori (VV) dan volume butiran padat (VS) yang disebut angka pori (e).

#### 2. Porositas

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan volume pori dan volume tanah total. Porositas (n) ini menunjukkan seberapa besar volume pori yang ada yang dapat diukur dalam prosentase.

#### 3. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (S) adalah perbandingan antara perbandingan volume air dengan volume pori.

#### 4. Kadar Air

Kadar air atau *water content* (w) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki. Pemeriksaan kadar air dapat dilakukan dengan pengujian *soil test* di laboratorium, begitu juga untuk mengukur angka pori, porositas, derajat kejenuhan dan berat jenis tanah.

### 2.1.3. Batas Konsistensi Tanah

*Atterberg* adalah seorang ilmuwan dari Swedia yang berhasil mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi, sehingga batas konsistensi tanah disebut *Atterberg Limits*. Kegunaan batas *atterberg* dalam perencanaan adalah memberikan gambaran secara garis besar akan sifat-sifat tanah yang bersangkutan. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek. Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk yaitu kekuatannya rendah, sedangkan *compressibility*nya tinggi sehingga sulit dalam hal pematangannya.



Batas antara fase-fase tanah seperti di atas disebut Batas-batas Konsistensi/ batas-batas Atterberg. Batas-batas kadar air tersebut adalah:

1. Batas cair (Liquid Limit) = LL adalah kadar air pada perbatasan dari fase tanah antara keadaan plastis – cair.
2. Batas Plastis (Plastic Limit) = PL merupakan kadar air minimum dimana tanah masih dalam keadaan plastis.
3. Batas Susut (Shrinkage Limit) = SL adalah batas kadar air dimana tanah tidak kenyang air lagi.
4. Indeks Plastisitas = Plastisitas Index = PI adalah interval kadar air dimana tanah dalam keadaan plastis.

Plastisitas Indeks (PI) menunjukkan tingkat keplastisan tanah. Apabila nilai Indeks Plastisitas tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Klasifikasi jenis tanah menurut *Atterberg* berdasarkan nilai Indeks Plastisitas dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Hubungan nilai Indeks Plastisitas dengan jenis tanah menurut Atterberg (Hardiyantmo, 1994)

<b>IP</b>	<b>Jenis Tanah</b>	<b>Plastisitas</b>	<b>Kohesi</b>
0	Pasir	Non plastis	Non kohesif
< 7	Lanau	Rendah	Agak kohesif
7-17	Lempung berlanau	Sedang	Kohesif
>7	Lempung murni	Tinggi	Kohesif

## 2.2. Penurunan

Bila suatu lapisan tanah mengalami pembebanan akibat beban di atasnya, maka tanah dibawah beban yang bekerja tersebut akan mengalami kenaikan tegangan ini adalah terjadinya penurunan elavasi tanah dasar (*settlement*). Pembebanan ini mengakibatkan adanya deformasi partikel tanah hal ini mengakibatkan terjadinya penurunan tanah.

Pada umumnya tanah dalam bidang geoteknik dibagi menjadi 2 jenis yaitu tanah berbutir dan tanah kohesif. Pada tanah berbutir (*Pasir/Sand*), air pori dapat

mengalir keluar struktur tanah dengan mudah, karena tanah berbutir memiliki permeabilitas yang tinggi. Sedangkan pada tanah kohesif (*Clay*) air pori memerlukan waktu yang lama untuk mengalir keluar seluruhnya. Hal ini disebabkan karena tanah kohesif memiliki permeabilitas yang rendah. Secara umum, penurunan dapat diklasifikasikan menjadi 3 tahap, yaitu:

#### 1. *Immediate Settlement* – Penurunan Seketika

Penurunan seketika/penurunan elastic terjadi dalam kondisi *undrained* (tidak ada perubahan volume). Penurunan ini terjadi dalam waktu yang sangat singkat saat dibebani secara cepat. Besarnya penurunan elastic ini tergantung dari besarnya modulus elastisitas kekakuan tanah dan beban timbunan diatas tanah.

#### 2. *Primary Consolidation* – Konsolidasi Primer

Pada tanah lempung jenuh air, penambahan total tegangan akan diteruskan ke air pori dan butiran tanah. Hal ini berlaku penambahan tegangan total akan terbagi ketegangan efektif dan tegangan air pori. Dari prinsip tegangan efektif dapat diambil korelasi

Apabila beban total yang dialami pada saat percobaan lebih besar dari *maximum effective overburden pressure*, maka perubahan angka pori yang akan terjadi akan lebih besar. Ada 3 definisi dasar yang didasarkan pada riwayat geologis dan sejarah tegangan pada tanah, yaitu :

- *Normally consolidated*, (Terkonsolidasi secara normal), dimana tegangan efektif overburden saat ini merupakan tegangan yang dialami oleh tanah selama dia ada.
- *Overconsolidated*, dimana tegangan efektif overburden saat ini lebih kecil dari pada tegangan yang pernah dialami oleh tenaga tersebut. Tegangan efektif overburden maksimum yang pernah dialami sebelumnya dinamakan tegangan prakonsolidasi. (*preconsolidation pressure/PC*).

*Underconsolidated*, dimana tegangan efektif overburden saat ini belum mencapai maksimum, sehingga peristiwa konsolidasi masih berlangsung pada saat sample tanah diambil.

Ada 2 hal penting yang diperhatikan dalam penurunan konsolidasi ini, yaitu :

- Besarnya penurunan yang terjadi.
- Kecepatan penurunan terjadi.

### 3. *Secondary Consolidation* – Konsolidation Sekunder

Pada akhir konsolidation primer (setelah tegangan air pori  $U = 0$ ), penurunan pada tanah masih tetap terjadi sebagai akibat dari penyesuaian plastis butiran tanah. Tahapan konsolidasi ini dinamakan konsolidasi sekunder.

Penurunan yang diakibatkan konsolidasi sekunder sangat penting untuk semua jenis tanah organik dan tanah anorganik yang sangat mampu mampat (*compressible*). Untuk lempung anorganik yang terlalu terkonsolidasi, indeks pemampatan sekunder sangat kecil sehingga diabaikan.

### 2.3. Uji *Standart Penetration Test* (SPT)

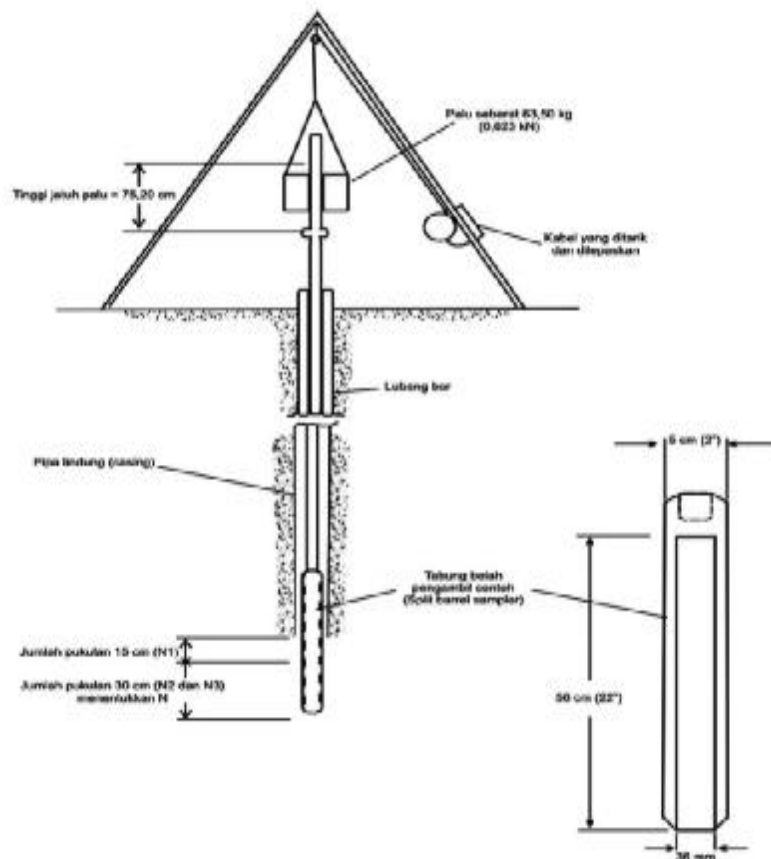
Tujuan Pengujian Penetrasi Standar yaitu untuk menentukan kepadatan relatif dan sudut geser lapisan tanah tersebut dari pengambilan contoh tanah dengan tabung, dapat diketahui jenis tanah dan ketebalan dari setiap lapisan tanah tersebut, untuk memperoleh data yang komulatif pada perlawanan penetrasi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

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. 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).

## 1. Persiapan Pengujian

Lakukan persiapan pengujian SPT di lapangan dengan tahapan sebagai berikut (Gambar 2.3):

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

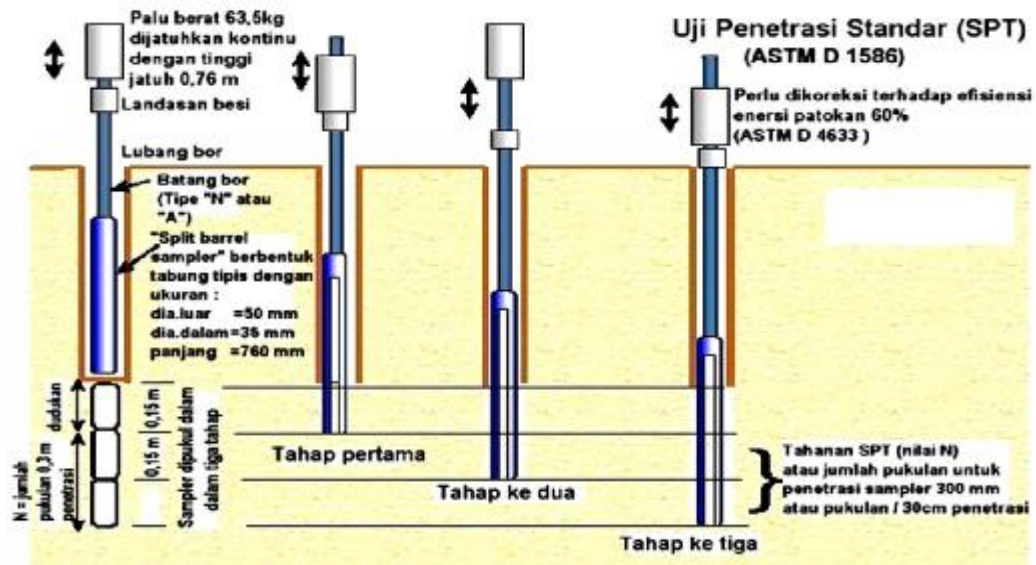


Gambar 2.3: Pengujian penetrasi standar (SPT) (SNI 4153,2008).

## 2. Prosedur Pengujian

Lakukan pengujian dengan tahapan sebagai berikut (Gambar 2.3):

- a. Lakukan pengujian pada setiap perubahan lapisan tanah atau pada interval sekitar 1,50 m s.d 2,00 m atau sesuai keperluan.
- b. Tarik tali pengikat palu (hammer) sampai pada tanda yang telah dibuat sebelumnya (kira-kira 75 cm).
- c. Lepaskan tali sehingga palu jatuh bebas menimpa penahan (Gambar 2.3); Ulangi b dan c berkali-kali sampai mencapai penetrasi 15 cm.
- d. Hitung jumlah pukulan atau tumbukan N pada penetrasi 15 cm yang pertama.
- e. Ulangi b, c, d dan e sampai pada penetrasi 15 cm yang ke-dua dan ke-tiga seperti gambar 2.6.
- f. 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.
- g. Bila nilai N lebih besar daripada 50 pukulan, hentikan pengujian dan tambah pengujian sampai minimum 6 meter.
- h. Catat jumlah pukulan pada setiap penetrasi 5 cm untuk jenis tanah batuan.



Gambar 2.4: Skema urutan pengujian penetrasi standar (SPT), (SNI 4153,2008).

## 2.4. Pondasi

Pengertian umum untuk pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lainnya diatasnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban – beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar seperti: tekanan angin, gempa bumi, dan lain lain.

Untuk mendesain struktur bagian bawah pada gedung berlantai banyak perlu analisa yang seakurat mungkin. Faktor utama yang menjadi bahan pertimbangan untuk analisa desain pondasi adalah faktor keamanan dan juga nilai ekonomisnya.

Adapun pondasi dikelompokkan ke dalam dua bagian, yaitu:

### 1. Pondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

Terletak pada kedalaman yang dangkal, umumnya kedalaman pondasi dangkal lebih kecil dari panjang atau lebar pondasi. Pondasi dangkal dengan jenis pondasi telapak, pondasi rakit, dll. (Bowles, 1997).

## 2. Pondasi Dalam (*Deep Foundation*)

Merupakan pondasi yang dipergunakan untuk meneruskan beban ke lapisan tanah yang mampu memikulnya dan letaknya cukup dalam. Pondasi dalam dengan jenis pondasi *bored pile*, tiang pancang, dll (Bowles, 1997).

Adapun sebuah pondasi harus mampu memenuhi beberapa persyaratan stabilitas dan deformasi (Bowles, 1997), seperti:

- a. Kedalaman harus memadai untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dari bawah pondasi khusus untuk pondasi tapak dan pondasi rakit.
- b. Kedalaman harus berada di bawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan, dan pertumbuhan tanaman.
- c. Sistem harus aman terhadap penggulingan, rotasi, penggelinciran atau pergeseran tanah.
- d. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat di dalam tanah.
- e. Sistem harus cukup mampu beradaptasi terhadap beberapa perubahan geometri konstruksi atau lapangan selama proses pelaksanaan dan mudah dimodifikasi seandainya perubahan perlu dilakukan.
- f. Metode pemasangan pondasi harus seekonomis mungkin.
- g. Pergerakan tanah keseluruhan (umumnya penurunan) dan pergerakan diferensial harus dapat ditolerir oleh elemen pondasi dan elemen bangunan atas.
- h. Pondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan

### 2.4.1. Pemilihan Jenis Pondasi

Dalam pemilihan bentuk dan jenis pondasi yang memadai perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan pekerjaan pondasi tersebut. Ini disebabkan tidak semua jenis pondasi dapat dilaksanakan di semua tempat. Misalnya pemilihan pondasi tiang pancang ditempat padat penduduk tentu tidak tepat walaupun secara teknis cocok dan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi adalah:

1. Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi.
2. Batasan-batasan akibat kontruksi diatasnya(*upper Structure*).
3. Faktor lingkungan.
4. Waktu pekerjaan.
5. Biaya.
6. Ketersediaan material pembuatan pondasi di daerah tersebut.

Pemilihan bentuk pondasi yang didasarkan pada daya dukung tanah, perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter dibawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak).
2. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih dibawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tinag minipile dan pondasi sumuran atau bore pile.
3. Bila tanah keras terletak pada kedalamn hingga 20 meter atau lebih dibawah permkaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang atau pondasi bore pile.

#### **2.4.2. Pondasi tiang bor**

Pondasi tiang bor (*bored Pile*) adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya. *Bored pile* dipasang kedalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, *bary* kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga kemungkinan untuk membentuk lubang yang stabil engan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanag yang keras atau batuan lunak, dasar tinag dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.



Jenis – jenis pondasi bored pile:

1. *Bored pile* lurus tanah keras.
2. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium.
3. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel.
4. *Bored pile* lurus untuk tanah batuan.

Fungsi pondasi tiang bor pada umumnya dipengaruhi oleh besar atau bobot dan fungsi bangunan yang hendak didukung dan jenis tanah sebagai pendukung konstruksi seperti :

1. Transfer beban dari konteuksi bangunan atas (*upper structure*) ke dalam tanah melalui sleimut tiang dan perlawanan ujung tiang.
2. Menahan daya desak ke atas (*up live*) maupun guling yang terjadi akibat kombinasi beban struktur yang terjadi.
3. Memampatkan tanah, terutama pada lapisan tanah yang lepas (*non cohesive*).
4. Mengontrol penurunan yang terjadi pada bangunan terutama pada bangunan yang berada pada tanah yang mempunyai penurunan yang besar.

#### **2.4.3. Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor**

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

Salah satu faktor utama yang menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan jenis pondasi adalah keandalannya. Arti dari keandalan disini adalah keyakinan bahwa pondasi telah dirancang dapat memikul beban yang diberikan dengan suatu faktor keamanan yang memadai. Konsekuensi dari keandalan yang ditawarkan oleh pondasi tiang bor, perhatian yang lebih besar harus dicurahkan pada detail pelaksanaan. Pada dasarnya, semua cara pelaksanaan pondasi tiang akan merubah keadaan tanah asli setempat.

Pelaksanaan pondasi tiang bor secara garis besar meliputi penggalian lubang bor, pembersihan dasar lubang bor, pemasangan tulangan, dan pengecoran beton kedalam lubang.

#### 1. Penggalian Lubang

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

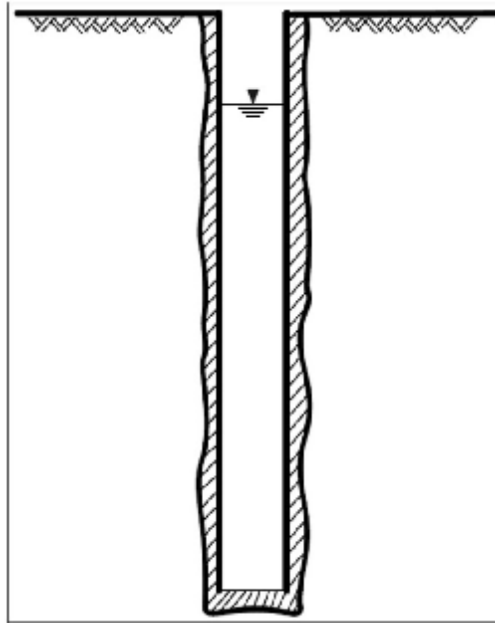
Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengeboran adalah:

- a. Dimensi alat bor dan pemasangan alat pengeboran serta ketelitian letak dan tegak lurusnya tiang.
- b. Persediaan alat-alat bantu yang kiranya diperlukan seperti casing, alat-alat untuk membersihkan lubang, alat-alat pengaman dan sebagainya.
- c. Batas dalamnya pengeboran lubang. Batas ini tergantung dari keadaan tanah. Meskipun umumnya telah ditentukan dalam spesifikasi, namun sebaiknya penentuan di lapangan ditentukan oleh *site soil engineer* yang cukup ahli dan berpengalaman. Jika memungkinkan, sebaiknya kondisi dasar lubang juga diperiksa. Di luar negeri, dimana lubang bor itu kering, biasanya *soil engineer* harus turun ke dalam lubang untuk memeriksa kelayakan dasar galian.

Pada tanah lempung cukup keras, umumnya lubang tiang dapat langsung dibuat tanpa harus menggunakan *casing*. Dalam hal ini, mungkin ada bagian-bagian dinding yang runtuh, namun secara umum akan terlihat potongan lubang seperti pada Gambar 2.5.

Akibat dari penggalian lubang, maka:

- a. Tanah sekeliling dan di bawah lubang terganggu, serta terjadi perubahan tegangan pada bagian yang diarsir pada Gambar 2.5 karena pengambilan tanah.
- b. Jika muka air tanah tinggi, maka akan terjadi aliran air pori tanah ke dalam lubang.



Gambar 2.5: *Overbreak* diameter lubang nor akibat longsoran tanah, (Harianto, 2007).

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

Masalah utama dalam instalasi tiang bor pada tanah pasir adalah masalah pelaksanaan. Pada keadaan tanah khusus, seperti tanah pasir lepas sering memerlukan dipakainya *casing* atau penggunaan *bentonite*. Pengaruh pengeboran tanah pasir pada dasar lubang umumnya sama dengan pada tanah lempung yaitu berkurangnya daya dukung tanah. Berdasar penelitian beberapa ahli, disimpulkan bahwa penggunaan *bentonite* secara praktis tidak mengurangi tahanan selimut tanah pada tiang bor, jika cara pelaksanaan tiang bor cukup baik.

## 2. Pembersihan Dasar Lubang

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

## 3. Pemasangan Tulangan

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

Besi tulangan yang dipakai harus memenuhi spesifikasi ASTM A 615 yakni mempunyai tegangan leleh minimum 3900 kg/cm<sup>2</sup>. Semua besi tulangan harus dipabrikasi secara akurat dan ukuran-ukurannya harus sesuai dengan gambar kerja (*shop drawing*). Tulangan tiang bor terdiri dari tulangan longitudinal (tulangan utama) dan tulangan transversal (sengkang). Prinsip utama penulangan longitudinal adalah untuk menahan tegangan akibat lentur dan tarik. Apabila tegangan lentur dan tegangan tarik diabaikan, maka tidak diperlukan tulangan utama kecuali diperlukan dalam spesifikasi. Umumnya, penulangan tiang bor akan maksimum pada daerah atas dan akan berkurang seiring dengan bertambahnya panjang. Tulangan longitudinal yang digunakan adalah tulangan ulir. Jarak antar tulangan longitudinal harus cukup sehingga tidak menimbulkan masalah aliran beton segar selama proses pengecoran berlangsung. Rekomendasi praktis jarak minimum antar tulangan adalah berkisar dari 3–5 kali ukuran terbesar agregat. Tulangan transversal berfungsi untuk menahan gaya geser yang bekerja pada tiang bor. Tulangan transversal bisa dipasang dengan dua macam konfigurasi yakni *hoop* dan *spiral*. Rangkaian tulangan harus cukup kuat untuk menahan gaya akibat beton segar yang mengalir selama proses pengecoran dan tidak boleh terjadi deformasi yang berlebihan pada tulangan. Pemasangan

tulangan transversal harus cukup kuat sehingga mampu mengekang tulangan longitudinal dengan baik.

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

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

#### 4. Pengecoran Beton

Seperti dikemukakan sebelumnya, untuk menghindari terganggunya stabilitas lubang bor sehingga terjadi keruntuhan dinding lubang dan sebagainya, maka pelaksanaan pengecoran beton pada tiang bor sebaiknya dilaksanakan segera setelah lubang dibor. Apabila lubang bor dalam keadaan kering dan tidak terlalu dalam, pengecoran beton biasanya tidak memerlukan teknik tertentu. Lain halnya jika lubang penuh dengan air dan cukup dalam, maka pengecoran beton biasanya dilakukan dengan *tremie*. Pelaksanaan pengecoran dengan *tremie* memerlukan teknik khusus.

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

## 2.5. Pondasi Tiang

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya vertikal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi suatu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi dengan tumpuan pondasi. Pondasi tiang digunakan untuk suatu bangunan yang tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul beban berat bangunan dan beban yang diterimanya atau apabila tanah pendukung yang mempunyai daya dukung yang cukup letaknya sangat dalam.

Teknik pemasangan pondasi tiang ini dapat dilakukan dengan pemancangan tiang baja/beton pracetak atau dengan membuat tiang beton bertulang yang langsung dicor di tempat (*cast in place*), yang sebelumnya telah dibuatkan lubang terlebih dahulu, pondasi ini disebut dengan pondasi *bore pile*. Pada umumnya pondasi tiang ditempatkan tegak lurus (vertikal) di dalam tanah, tetapi apabila diperlukan dapat dibuat miring agar dapat menahan gaya-gaya horizontal. Sudut kemiringan yang dicapai tergantung dari alat yang digunakan serta disesuaikan dengan perencanaan.

Adapun pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud, antara lain:

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak ke tanah pendukung yang kuat.
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan dinding tiang dengan tanah disekitarnya.
3. Untuk mengangkut bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatik atau momen penggulingan.
4. Untuk menahan gaya-gaya horizontal dan gaya yang arahnya miring.
5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah.
6. Mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air

### 2.5.1. Penggolongan Pondasi Tiang

Adapun Pondasi tiang dapat dibagi menjadi 3 kategori, sebagai berikut:

1. Tiang perpindahan besar (*Large Displacement Pile*)

Tiang perpindahan besar, yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relative besar. Termasuk dalam tiang perpindahan besar adalah tiang kayu, tiang beton pejal, tiang beton prategang (pejal atau berlubang), tiang baja bulat (tertutup pada ujungnya).

2. Tiang perpindahan kecil (*Small Displacement Pile*)

Tiang perpindahan kecil, adalah sama seperti tiang kategori pertama hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relative kecil, contohnya: tiang beton berlubang dengan ujung terbuka, tiang beton prategang berlubang dengan ujung terbuka, tiang baja H, tiang baja bulat ujung terbuka, dan tiang ulir.

3. Tiang tanpa perpindahan (*Non Displacement Pile*)

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

### 2.6. 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. Dengan mengenal dan mempelajari sifat – sifat tersebut, keputusan yang diambil dalam perancangan akan lebih ekonomis. Karena sifat – sifat tersebut maka penting dilakukan penyelidikan tanah (*soil investigation*).

Adapun tujuan penyelidikan tanah antara lain:

- a. Menentukan sifat tanah yang terkait dengan perancangan struktur yang akan dibangun.
- b. Menentukan kapasitas daya dukung tanah menurut tipe pondasi yang dipilih.
- c. Menentukan tipe dan kedalaman pondasi.

- d. Untuk mengetahui posisi muka air tanah.
- e. Untuk memprediksi besarnya penurunan.

Dari uji lapangan yang dilakukan kita bisa mendapatkan parameter-parameter tanah yang dapat digunakan untuk analisis maupun desain. Data yang didapat dari uji lapangan harus dievaluasi terlebih dahulu untuk memperoleh hasil interpretasi yang baik. Interpretasi data geoteknik mempunyai tingkat ketelitian yang berbeda-beda tergantung pada uji yang dilakukan, kompleksitas material alami yang terjadi, perubahan setempat dan asal-usul bahan.

#### 1. Modulus Young (E)

Karena sulitnya pengambilan contoh asli di lapangan untuk tanah granuler maka beberapa pengujian lapangan (*in-situ-test*) telah dikerjakan untuk mengestimasi nilai modulus elastisitas tanah. 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 , seperti pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3: Korelasi N-SPT dengan Modulus Elastisitas pada tanah lempung (Randolph, 1978).

Subsurface condition	Penetration resistance range N	$\mu_{50}$ (%)	Poisson's Ratio ( $\nu$ )	Shear strength $S_u$ (psf)	Young's Modulus Range $E_s$ (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



Tabel 2.4: Korelasi N-SPT dengan modulus elastisitas pada tanah pasir (Schmertman,1970).

Subsurface condition	Penetration Resistance (N)	Friction Angle $\phi$ (deg)	Cone penetration $q_c=4N$	Relative Density $D_r(\%)$	Young's Modulus Range $E_s$ (psi)	Shear Modulus Range $G$ (psi)
Very loose	0-4	28	0-16	0-15	0-440	0-160
Loose	4-10	28-30	16-40	15-35	440-1100	160-390
Medium	10-30	30-36	40-120	35-65	1100-3300	390-1200
Dense	30-50	36-41	120-100	65-85	3300-5500	1200-1990
Very dense	50-100	41-45	200-400	85-100	5500-10000	1990-3900

## 2. Poisson's Ratio ( $\nu'$ )

Rasio poisson sering dianggap sebesar 0,2 – 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. Ini disebabkan nilai dari rasio poisson sukar diperoleh untuk tanah. Sementara pada program plaxis khususnya model tanah undrained  $\nu' < 0,5$ . Dalam Tabel 2.5 ditunjukkan hubungan antara jenis tanah, konsistensi dengan poisson ratio.

Tabel 2.5: Hubungan Jenis Tanah dan poisson 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. 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. Deformasi dapat terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Nilai dari kohesi didapat dari *engineering properties*, yaitu dengan *triaxial test* dan *direct shear test*.

### 4. Berat Jenis Tanah Kering ( $\gamma_{dry}$ )

Berat jenis tanah kering adalah perbandingan antara berat tanah kering dengan satuan volume tanah. Berat isi tanah kering diperoleh dari pengujian dilaboratorium. Berat isi tanah kering dapat juga menggunakan korelasi dengan jenis tanah seperti Tabel 2.6,

Tabel 2.6: Hubungan jenis tanah dengan berat isi tanah kering (Soedarmo, 1993).

Jenis Tanah	Angka Pori $e$	Kadar air dalam keadaan jenuh (%)	Berat isi tanah kering $\gamma_{dry}$	
			lb/ft <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
Pasir lepas seragam	0.80	30	92	14.50
Pasir padat seragam	0.45	16	116	18
Pasir kelanauan lepas berbutir tajam/bersudut	0.65	25	102	16
Lempung kaku	0.60	21	108	17
Lempung lunak	0.90-1.40	30-50	73-93	11.50-14.50
Loess	0.90	25	86	13.50
Lempung organik lunak	2.50-3.20	90-120	38-51	6-8
Tanah glasial	0.30	10	134	21

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

Berat jenis tanah jenuh adalah perbandingan antara berat tanah jenuh air dengan satuan volume tanah seluruhnya. Di mana berat isi tanah kering juga diperoleh dari pengujian dilaboratorium, atau dengan Pers. 2.1.

$$\gamma_{sat} = \gamma_{dry} + 9.8 \quad (2.1)$$

#### 6. 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.

#### 7. Sudut Dilatasi ( $\psi$ )

Sudut dilatasi adalah sudut yang dibentuk bidang horizontal dengan arah pengembangan butiran pada saat butiran menerima tegangan deviatorik. Dilatasi merupakan fenomena yang terjadi pada pasir padat dan *over-consolidated clay* dimana pada saat dibebani (mengalami gaya geser) struktur tanah mengalami pengembangan volume (pertambahan volume) Tanah lempung normal konsolidasi tidak memiliki sudut dilatasi, tetapi pada tanah pasir, besar sudut ini tergantung pada kepadatan relatif ( $D_r$ ) dan sudut geser dalamnya yang dinyatakan dengan Pers. 2.2 .

$$= \phi - 30^\circ \quad (2.2)$$

#### 8. Permeabilitas ( $k$ )

*Permeabilitas* adalah kecepatan masuknya air pada tanah dalam keadaan jenuh. Penetapan *permeabilitas* dalam tanah baik vertial maupun horizontal sangat penting peranannya dalam pengelolaan tanah dan air. Nilai koefisien *permeabilitas* tanah dapat ditentukan berdasarkan jenis tersebut seperti pada Tabel 2.7:

Tabel 2.7 : Nilai koefisien *Permeabilitas* tanah, (Das, 1995).

Jenis tanah	K	
	cm/dtk	ft/mnt
Kerikil bersih	1.0-100	2.0-200
Pasir kasar	1.0-0.01	2.0-0.02
Pasir halus	0.01-0.001	0.02-0.002
Lanau	0.001-0.00001	0.002-0.00002
Lepung	< 0.000001	< 0.000002

## 2.7. Penurunan Tiang Tunggal (*Settlement*)

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap.

Selain dari kegagalan daya dukung (*bearing capacity failure*) tanah, setiap proses penggalian selalu dihubungkan dengan perubahan keadaan tegangan di dalam tanah. Perubahan tegangan pasti akan disertai dengan perubahan bentuk, umumnya ini yang menyebabkan penurunan pada pondasi.

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

Perkiraan penurunan tiang tunggal dapat dihitung berdasarkan Pers. 2.3 - 2.6.

a. Untuk tiang apung atau friksi

$$S = \frac{Q \cdot I}{E_s \cdot D} \quad (2.3)$$

Dimana (Gambar 2.11-2.15):

$$I = I_o \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_v \quad (2.4)$$

b. Untuk tiang dukung ujung

$$S = \frac{Q \cdot I}{E_s \cdot D} \quad (2.5)$$

Dimana (Gambar 2.6-2.11):

$$I = I_o \cdot R_k \cdot R_b \cdot R_v \quad (2.6)$$

Keterangan:

- S = Besar penurunan yang terjadi
- Q = Besar beban yang bekerja
- D = Diameter tiang
- E<sub>s</sub> = Modulus elastisitas tana disekitar tiang

- Io = Faktor pengaruh penurunan tiang yang tidak mudah mampat (*incompressible*) dalam massa semi tak terhingga
- R<sub>k</sub> = Faktor koreksi kemudahmampatan tiang untuk μ = 0.35
- R<sub>h</sub> = Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras
- R<sub>μ</sub> = Faktor koreksi angka poisson
- R<sub>b</sub> = Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung
- H = Kedalaman

K adalah suatu ukuran kompressibilitas relatif dari tiang dan tanah yang dinyatakan oleh Pers. 2.7.

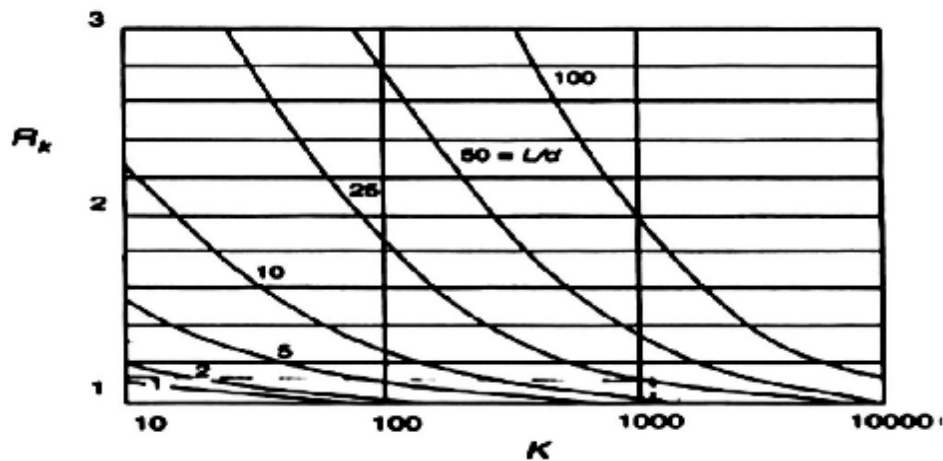
$$K = \frac{E_p \cdot R_A}{E_s} \tag{2.7}$$

Dimana R<sub>A</sub> yaitu rasio area tiang dihitung dengan Pers. 2.8.

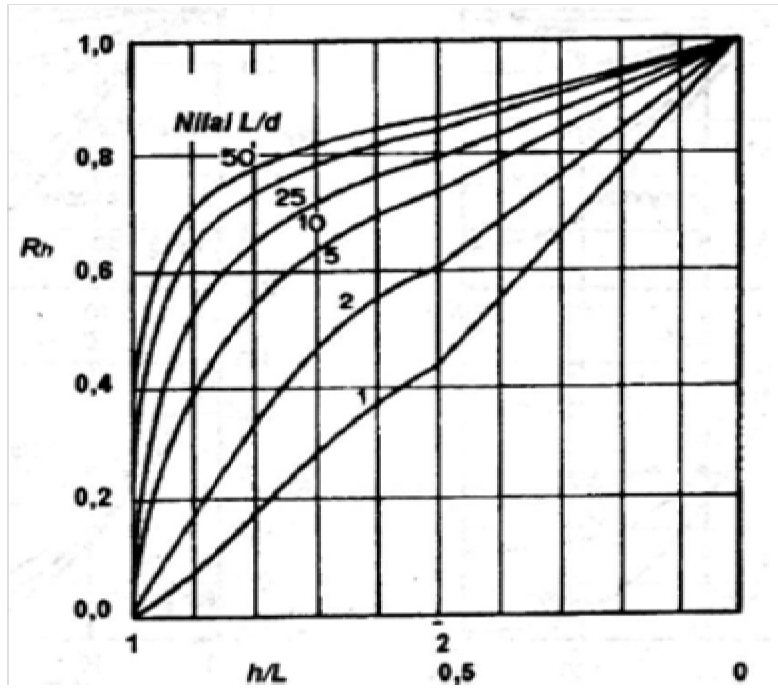
$$R_A = \frac{A_p}{\frac{1}{4} \cdot p \cdot d^2} \tag{2.8}$$

Keterangan:

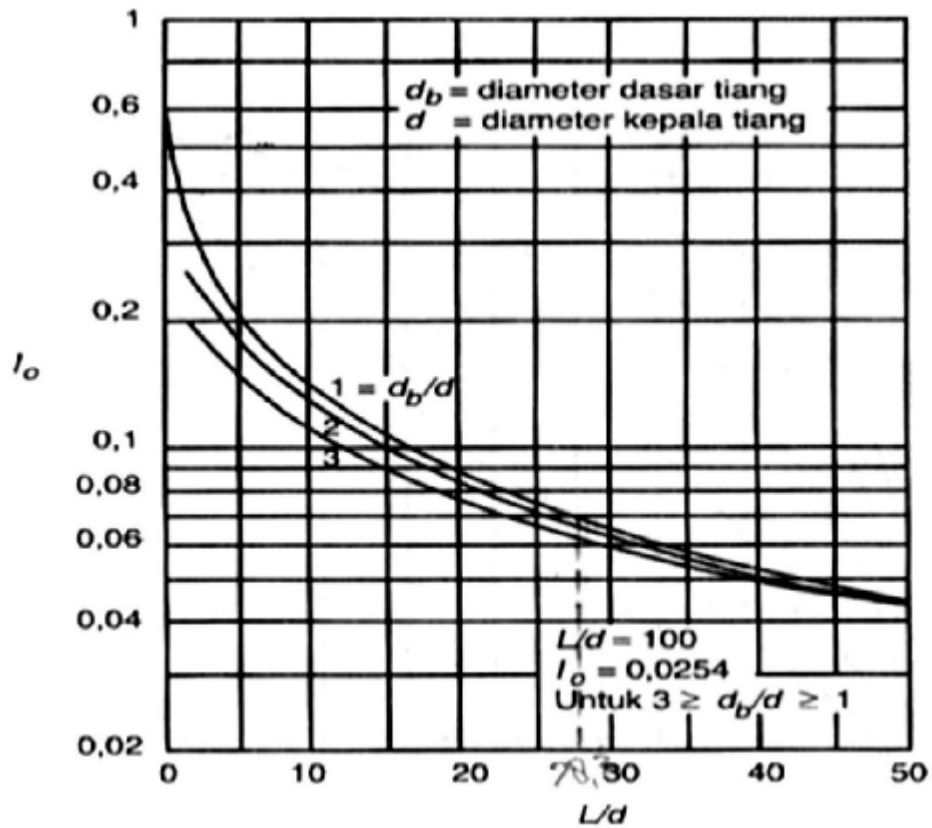
- K = faktor kekakuan tiang
- E<sub>p</sub> = modulus elastisitas dari bahan tiang
- E<sub>s</sub> = modulus elastisitas tanah di sekitar tiang



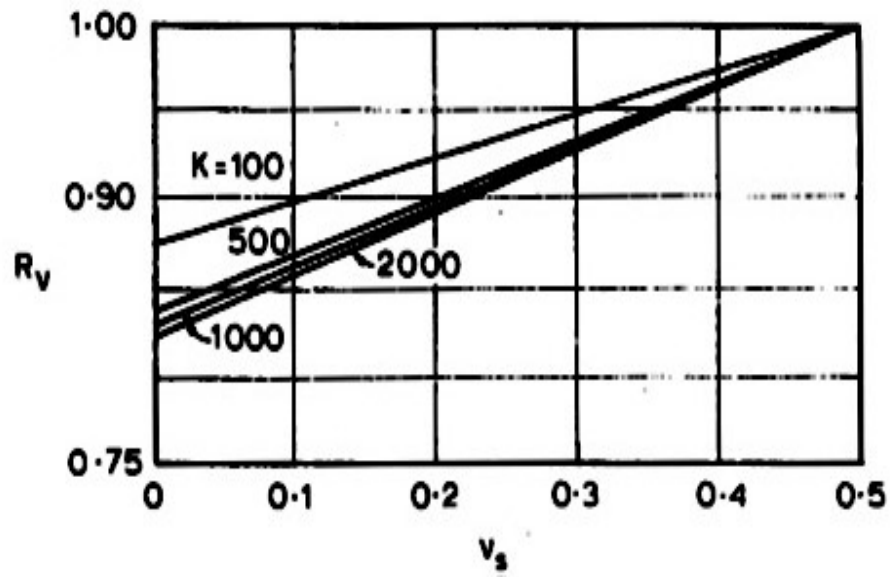
Gambar 2.6: Faktor penurunan R<sub>k</sub> (Poulos dan Davis, 1980).



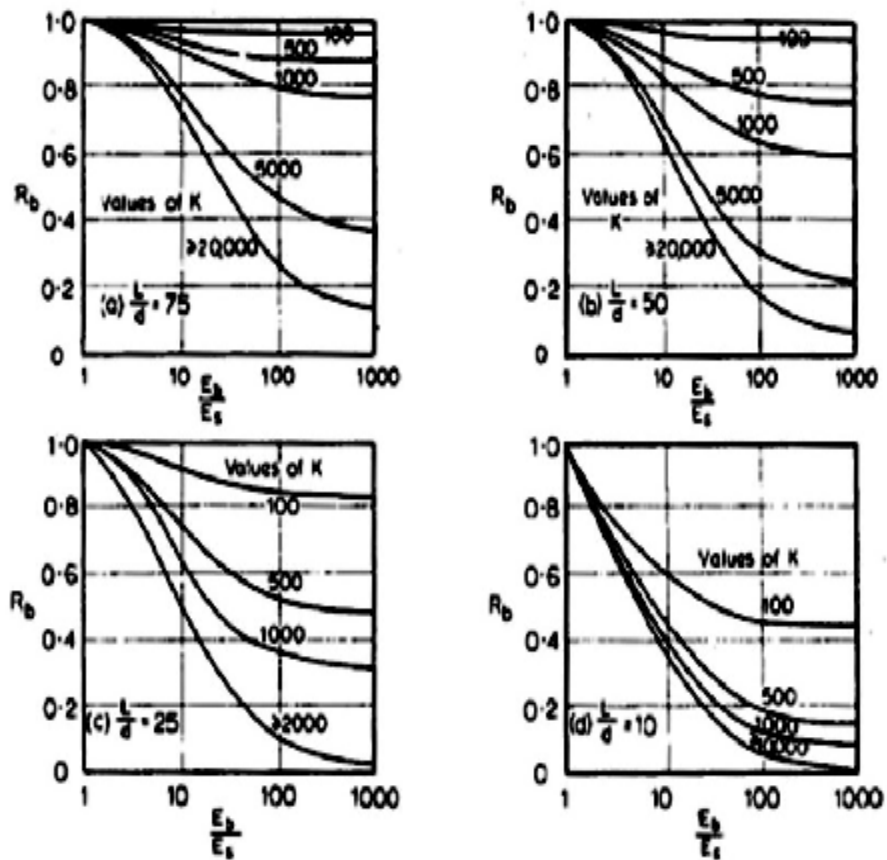
Gambar 2.7: Koreksi kedalaman  $R_h$  (Poulos dan Davis, 1980).



Gambar 2.8: Koreksi kompresi  $I_o$  (Poulos dan Davis, 1980).



Gambar 2.9: Koreksi angka Poisson,  $R_\mu$  (Poulos dan Davis, 1980).



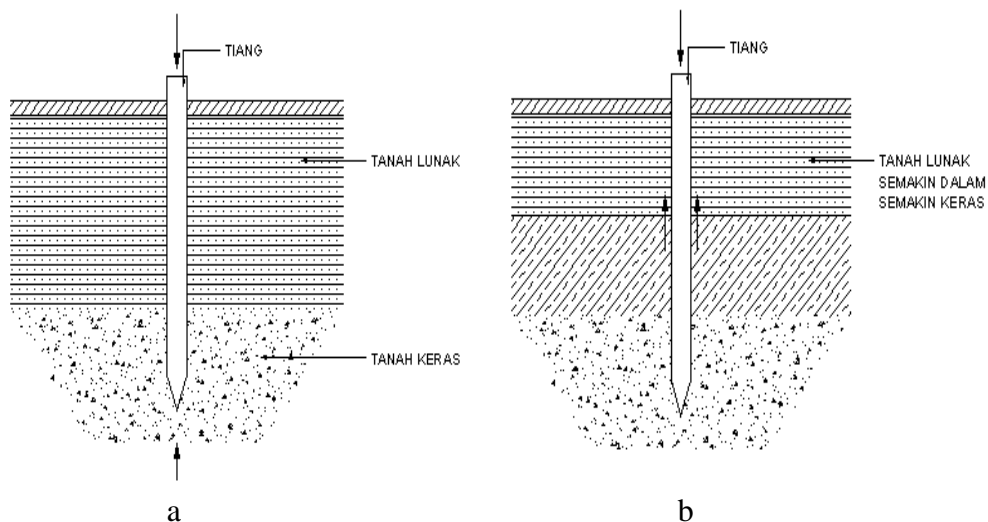
Gambar 2.10: Koreksi kekakuan lapisan pendukung  $R_b$  (Poulos dan Davis, 1980).

## 2.8. Kapasitas Daya Dukung

### 2.8.1. Tiang Dukung Ujung dan Tiang Gesek

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

1. Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zona tanah yang lunak yang berada diatas tanah keras. 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 2.11a).
2. Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya (Gambar 2.11b). Tahanan gesek dan pengaruh konsolidasi lapisan tanah.



Gambar 2.11: Tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya (Hardiyatmo, 2002).



### 2.8.2. Dari Data *Standard Penetration Test* (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

### 2.8.3. Dari Data Parameter Tanah

Adapun perkiraan kapasitas daya dukung pondasi tiang pada tanah kohesi dan non kohesi didasarkan pada data uji laboratorium, O'Neill and Reese (1999) mengusulkan persamaan untuk menghitung tahanan ujung tiang ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

1. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) dan kekuatan lekatan (*skin friction*) pada tanah kohesif (O'Neill and Reese, 1999) ditunjukkan dalam Pers. 2.9 dan 2.10.

Kekuatan ujung tiang:

$$q_b = A_p \cdot N \cdot C_u \quad (2.9)$$

Tahanan geser selimut tiang:

$$q_s = a \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L \quad (2.10)$$

Dimana:

$A_p$  = Luas penampang tiang (Pers. 2.13)

$p$  = Keliling (Pers. 2.12)

$C_u$  = Kohesif lapisan tanah yang tidak teratur

$\alpha$  = Faktor adhesi (Pers. 2.11)

$\Delta L$  = Kedalaman

Dengan nilai  $\alpha$ :

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

$$0,55 - 0,1 \cdot \left( \frac{C_u}{P_a} - 1,5 \right) \rightarrow \text{for } 1,5 < \frac{C_u}{P_a} \leq 2,5 \quad (2.11)$$

Luas selimut tiang:

$$p = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot t \quad (2.12)$$

Luas penampang tiang:

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (2.13)$$

1. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) dan kekuatan lekatan (*skin friction*) pada tanah non kohesif (O'Neill and Reese, 1999) ditunjukkan dalam Pers. 2.14 dan 2.15.

Kekuatan ujung tiang:

$$q_b = q_p \cdot a_p \quad (2.14)$$

Dengan nilai  $q_p$ :

$$q_p = 57,5 \cdot N_{spt} \quad (2.15)$$

Tahanan geser selimut tiang (Pers. 2.16)

$$q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L \quad (2.16)$$

Dengan nilai  $f$  (Pers. 2.17)

$$f = \beta \cdot \sigma \quad (2.17)$$

$\sum \mathbf{f}$  = friction

$\sigma$  = tegangan

## 2.9. 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. 2.18 dan 2.19:

$$Q_a = \frac{Q_u}{FK} \quad (2.18)$$

$$Q_a = \frac{Q_p}{FK_{ujung}} + \frac{Q_s}{FK_{selimut}} \quad (2.19)$$

Penentuan faktor keamanan tergantung pada beberapa faktor, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Jenis dan kepentingan struktur.
2. Variasi kondisi tanah.
3. Tingkat kehandalan penyelidikan geoteknik.
4. Ketersediaan data uji pembebanan didekat lokasi.
5. Tingkat pengawasan dan pengendalian mutu pekerjaan pondasi.
6. Probabilitas beban rencana yang akan terjadi sepanjang masa bangunan.

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

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

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 2.9).
2. Pengendalian normal: Situasi yang paling umum, hampir serupa dengan kondisi diatas, tetapi kondisi tanah bervariasi dan tidak tersedia data pengujian tanah (Tabel 2.9).
3. Pengendalian kurang: Tidak ada uji pembebanan, kondisi tanah sulit dan bervariasi, pengawasan pekerjaan kurang, tetapi pengujian geoteknik dilakukan dengan baik (Tabel 2.9).
4. Pengendalian buruk: Kondisi tanah amat buruk dan sukar ditentukan, penyelidikan geoteknik tidak memadai (Tabel 2.9).

Tabel 2.9: Faktor keamanan untuk pondasi tiang (Reese and O'Neil, 1989; Pugsley, 1966).

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

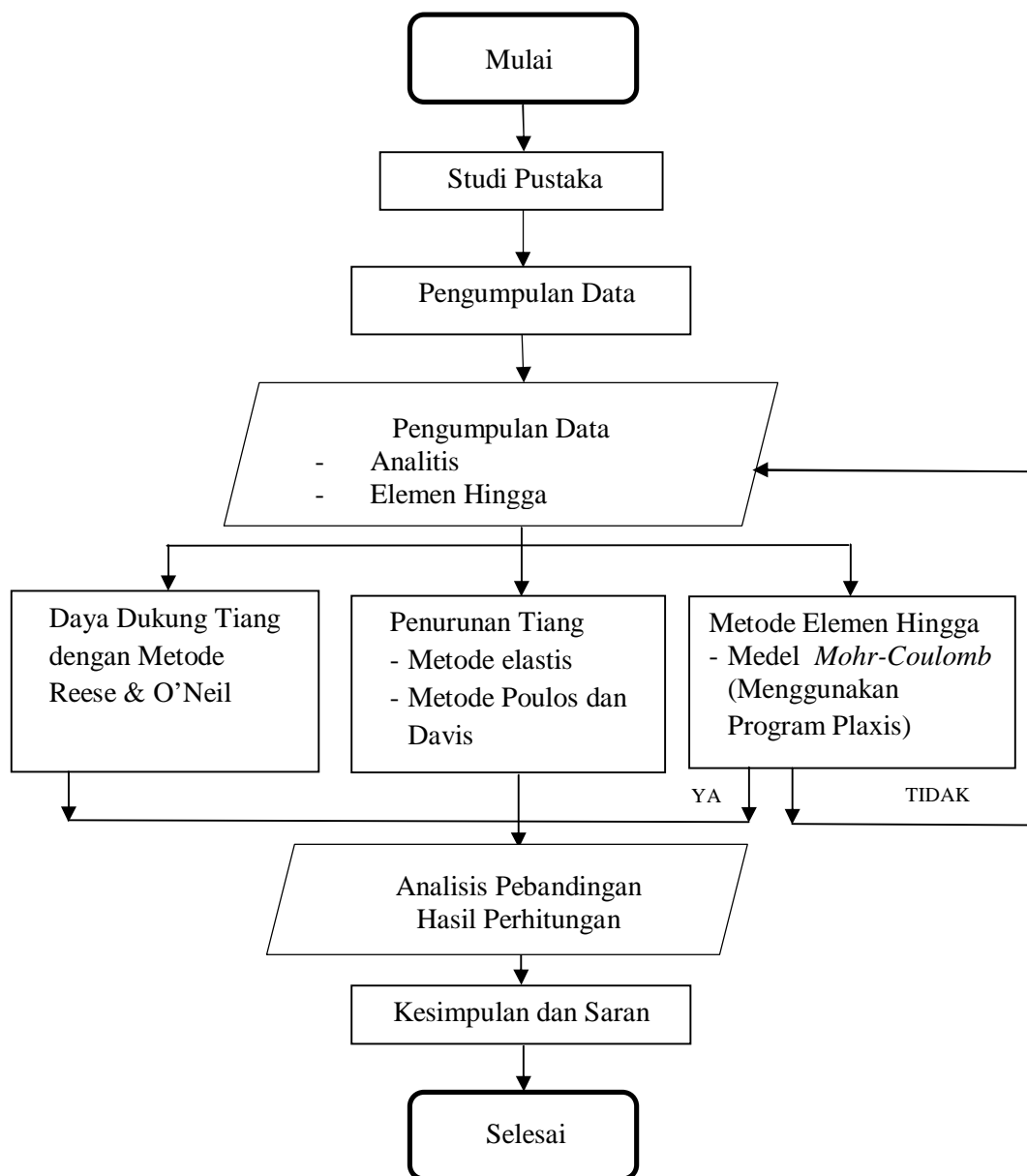
Untuk beban aksial tarik dianjurkan menggunakan faktor keamanan yang lebih tinggi daripada kondisi beban aksial tekan karena keruntuhan akibat beban tarik umumnya bersifat tiba-tiba. Karena itu dianjurkan untuk menggunakan faktor keamanan sebesar 1.5 kali dari nilai yang diberikan dalam Tabel 2.9.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian ini dilakukan secara sistematis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1:

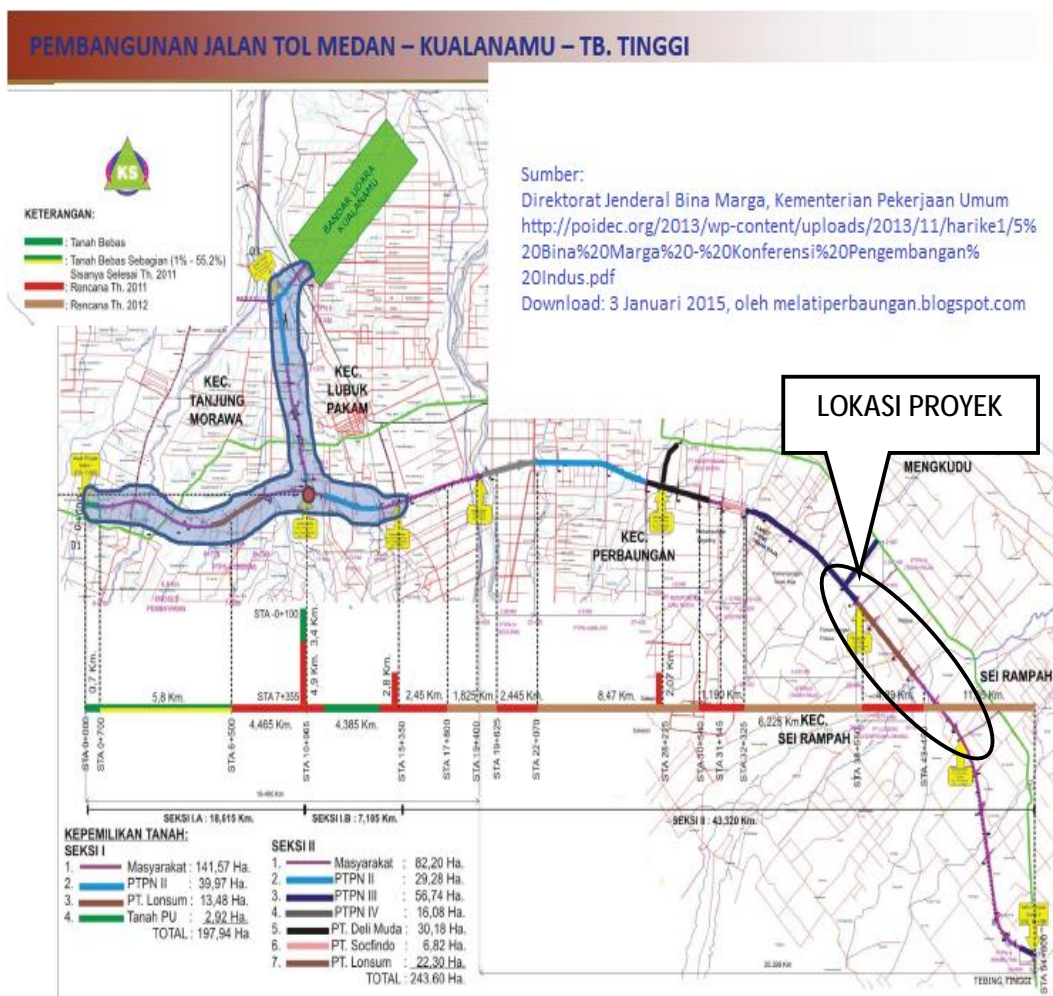


Gambar 3.1: Diagram alir penelitian

### 3.2. Data Umum Proyek

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

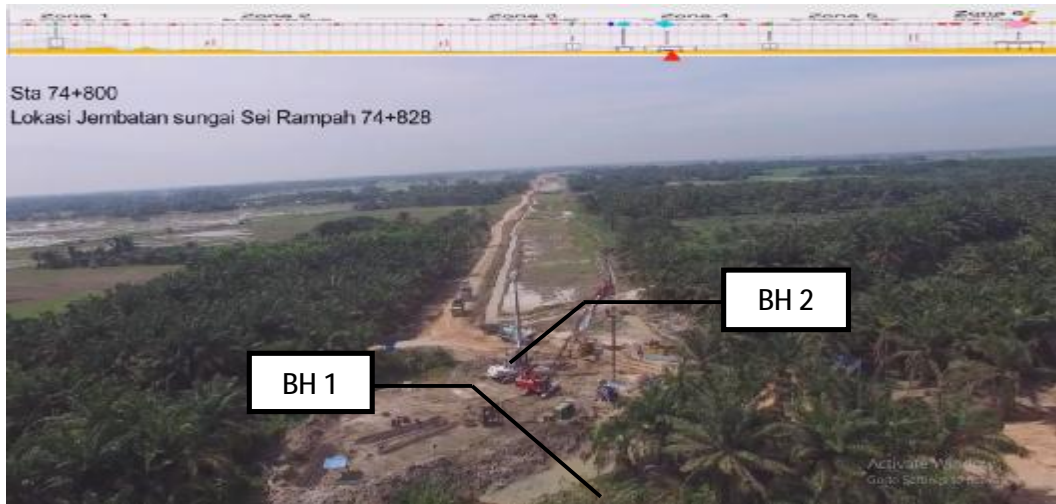
1. Nama Proyek : Pembangunan Jalan Tol MKTT Seksi 6
2. Lokasi Proyek : Teluk Mengkudu, Sei Rampah
3. Kontraktor Pelaksana : PT. Waskita Karya (persero)
4. Denah lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2: Denah Lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Medan Kualanamu Tebing Tinggi Seksi 6 (Kementerian Pekerjaan Umum).

### 3.3. Lokasi Titik Pengeboran

Data yang diperlukan dari pihak kontraktor, penulis memilih 3 titik pengeboran yaitu dilokasi Teluk Mengkudu Sei Rampah Desa Pemantang Ganjang dan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3: Lokasi titik pengeboran BH-1 dan BH-2 (Dokumentasi PT. Waskita Karya Seksi 6).



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

### 3.4. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada tugas akhir ini, keseluruhan merupakan data sekunder. Data sekunder dalam penelitian ini meliputi data tanah yang merupakan hasil dari pengujian Standard Penetration Test (SPT).

### 3.5. Analisa 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 - 3.3), data laboratorium dan data hasil pengujian statik tekan (*loading test*) yang terletak dalam kawasan pembangunan.

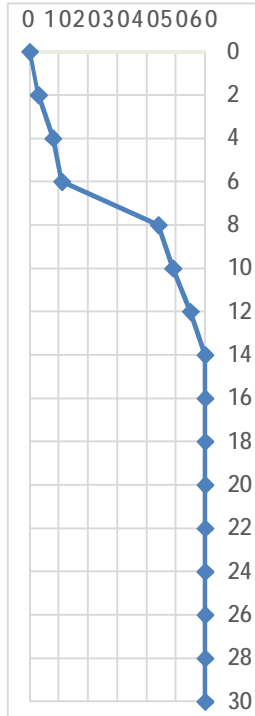
Tabel 3.1: Data Hasil Pengeboran (BH1).

Depth	Jenis Tanah	Standart Penetration Test (SPT)			N Value	N Value Graph
		No of Blows				
		0-15	15-30	30-45		
0					0	
2	Clay	1	2	1	3	
4	Sand	2	3	5	8	
6	Clay	3	5	6	11	
8	Sand	15	20	24	44	
10	Sand	17	22	27	49	
12	Sand	19	25	30	55	
14	Sand	-	-	-	60	
16	Sand	-	-	-	60	
18	Sand	-	-	-	60	
20	Sand	-	-	-	60	
22	Sand	-	-	-	60	
24	Sand	-	-	-	60	
26	Sand	-	-	-	60	
28	Sand	-	-	-	60	
30	Sand	-	-	-	60	



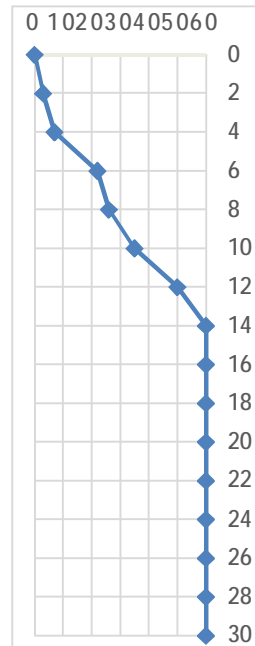
Tabel 3.2: Data Hasil Pengeboran (BH2).

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	Sand	1	2	1	3	
4	Clay	2	3	3	6	
6	Clay	4	5	7	12	
8	Sand	5	7	11	18	
10	Sand	16	20	24	44	
12	Sand	12	22	31	53	
14	Sand	-	-	-	60	
16	Sand	-	-	-	60	
18	Sand	-	-	-	60	
20	Sand	-	-	-	60	
22	Sand	-	-	-	60	
24	Sand	-	-	-	60	
26	Sand	-	-	-	60	
28	Sand	-	-	-	60	
30	Sand	-	-	-	60	
	Sand					



Tabel 3.3: Data Hasil Pengeboran (BH3).

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	1	2	1	3	
4	Sand	2	3	4	7	
6	Sand	6	10	12	22	
8	Sand	11	12	14	26	
10	Sand	13	15	20	35	
12	Sand	11	22	28	50	
14	Sand	20	25	35	60	
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. Analisis Parameter Tanah

Struktur lapisan tanah pada lokasi penelitian berdasarkan data SPT terdiri atas lapisan tanah lempung dan pasir. Setelah diketahui kondisi lapisan tanah, kemudian dilakukan input parameter tanah untuk masing-masing lapisan konsistensi tanah lempung ataupun berpasir. Model tanah yang digunakan pada pemodelan ini adalah model *Mohr Coloumb*.

Parameter tanah dari hasil uji SPT dan laboratorium ini di ambil dari penyelidikan tanah yang dilaksanakan oleh PT. Waskita Karya (persero). Karena keterbatasan data, maka sebagian parameter tanah pada lapisan tertentu ditentukan berdasarkan korelasikan nilai N-SPT dan juga jenis tanah pada lapisan.

- a. Untuk koefisien rembesan ( $k_x$ ,  $k_y$ ) diambil dari korelasi jenis tanah dan koefisien rembesan.
- b. Untuk modulus elastisitas (E) diambil dari nilai perkiraan modulus elastisitas tanah dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan 2.4, yaitu dengan cara mengkorelasikan nilai SPT dan konsistensi jenis tanah terhadap modulus elastisitas. Nilai modulus elastisitas di konversikan kedalam satuan kN/m<sup>2</sup>.
- c. Untuk angka poisson ( $\nu$ ), diambil dari hubungan jenis tanah, konsistensi dan poisson ratio ( $\nu$ ) yaitu pada Tabel 2.5.
- d. Untuk sudut geser dalam ( $\phi$ ), berat isi tanah jenuh dan kohesi (c), diambil dari bantuan nilai korelasi yang menurut Mayerhof dari data N-SPT dapat dilihat pada Tabel 2.8.
- e. Sementara untuk  $\gamma$  saturated diperoleh dengan cara menambahkan  $\gamma$  unsaturated sebesar 9,8 (berat isi air), pada Tabel 2.6.
- f. Untuk nilai *permeabilitas* ( $k$ ), diambil dari hubungan jenis tanah, yaitu pada tabel 2.7, nilai *permeabilitas* di konversikan kedalam satuan m/hari.

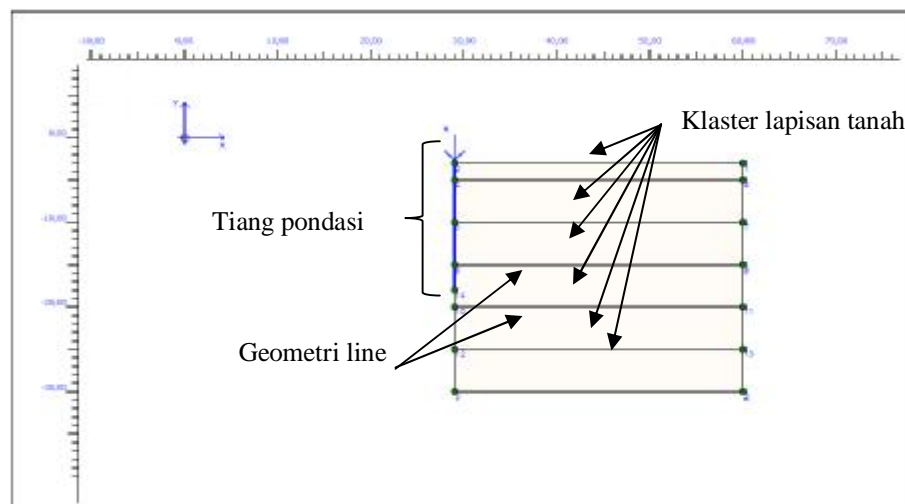
Untuk data koreasi dapat dilihat pada Tabel 3.4 – 3.6

### 3.7. Menghitung Daya Dukung Dengan Metode Elemen Hingga

Perhitungan daya dukung dan penurunan dengan metode elemen hingga menggunakan bantuan program analisis, yang menggunakan data parameter tanah.

#### 3.7.1. Pemodelan Geometri

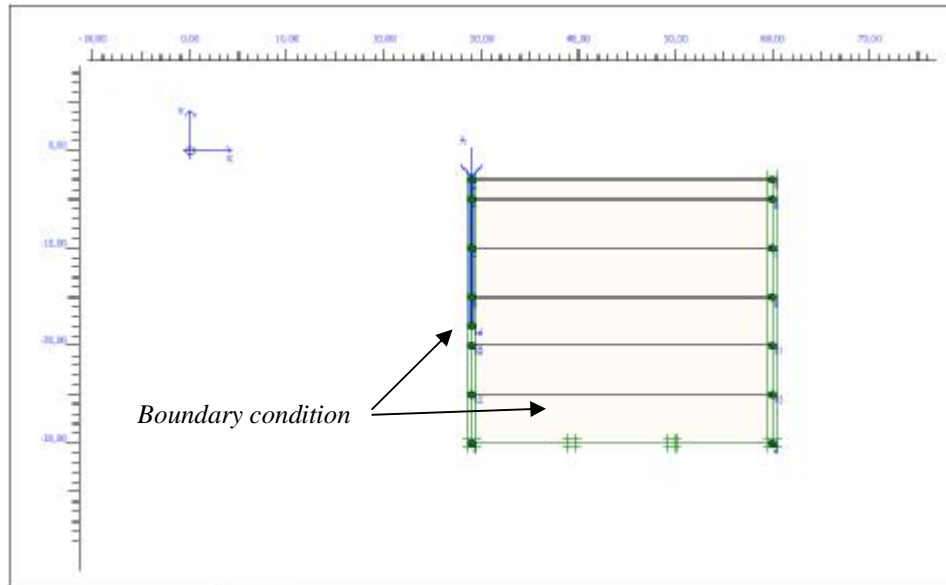
Pembuatan sebuah model elemen hingga dimulai dengan pembuatan geometrik dari model, yang merupakan gambaran dari masalah yang ingin dianalisis. Pada penelitian ini dimodelkan klaster dengan tinggi kontur geometrik adalah  $2L$  dimana  $L$  merupakan kedalaman tiang sebesar 15 m, sedangkan untuk lebar kontur geometrik menggunakan *aximetry* 30 m (Gambar 3.5). Setelah pemodelan klaser lapisan tanah, selanjutnya yaitu pemodelan struktur tiang pondasi.



Gambar 3.5: Pemodelan geometri pada program analisis.

#### 3.7.2. Kondisi Batas (*Boundary Conditon*)

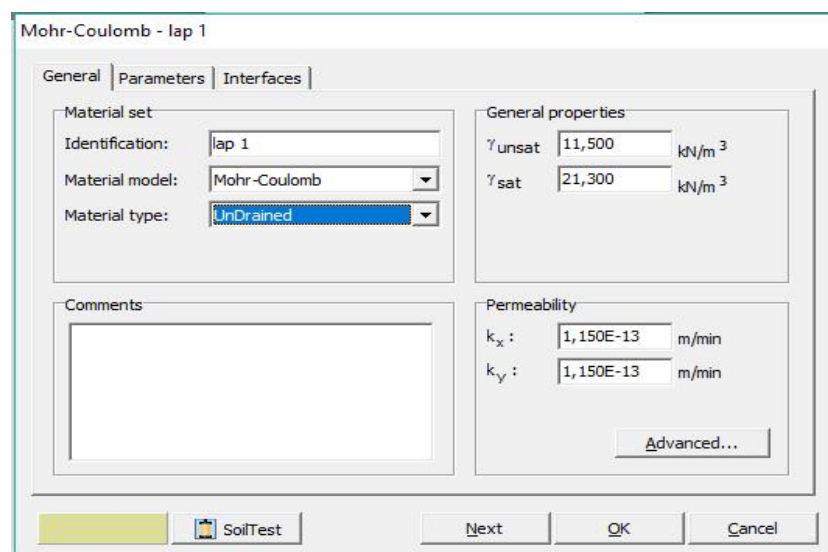
Dengan mengklik tombol standar fixities pada toolbar, plaxis kemudian akan membentuk jepit penuh pada dasar geometri dan kondisi rol pada sisi vertikal ( $u_x = 0$ ;  $u_y = \text{bebas}$ ). Jepit pada arah tertentu akan ditampilkan pada layar berupa dua garis paralel yang tegak lurus terhadap arah yang dijepit. Karena itu rol akan berupa dua garis vertikal sejajar dan jepit penuh akan berupa dua pasang garis vertikal sejajar yang bersilangan (Bakker dkk, 2007) (Gambar 3.6).



Gambar 3.6: Penetapan kondisi batas pada geometri.

### 3.7.3. Input Parameter Tanah

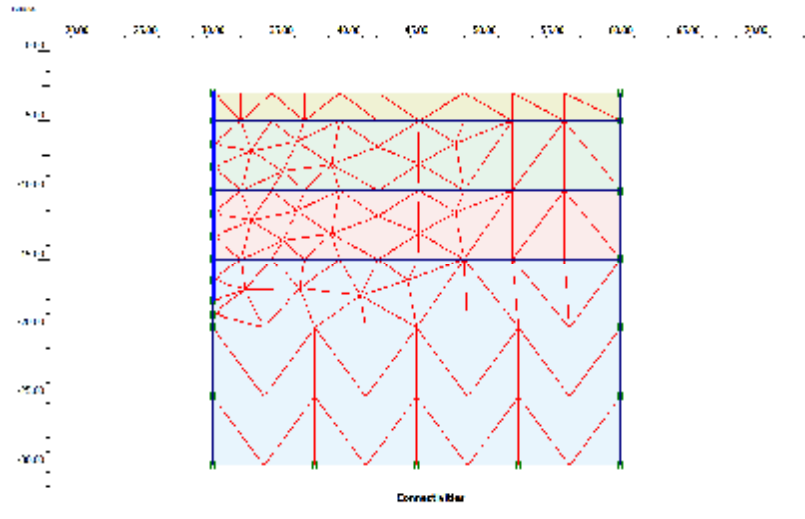
Parameter material *Mohr-Coulomb* yang merupakan pemodelan dengan kondisi elastis-plastis terdiri dari beberapa parameter (Gambar 3.7) yakni *Modulus Young* ( $E$ ) dan *Poisson Rasio* ( $\nu$ ), kohesif ( $c$ ), sudut gesek dalam ( $\phi$ ), sudut dilatansi ( $\psi$ ), berat jenis kering ( $\gamma_{dry}$ ), berat jenis jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), dan juga permeabilitas ( $K$ ).



Gambar 3.7: Input parameter tanah dan pemodelan Mohr-coulomb.

### 3.7.4. Penyusunan Jaring Elemen (*Meshing*)

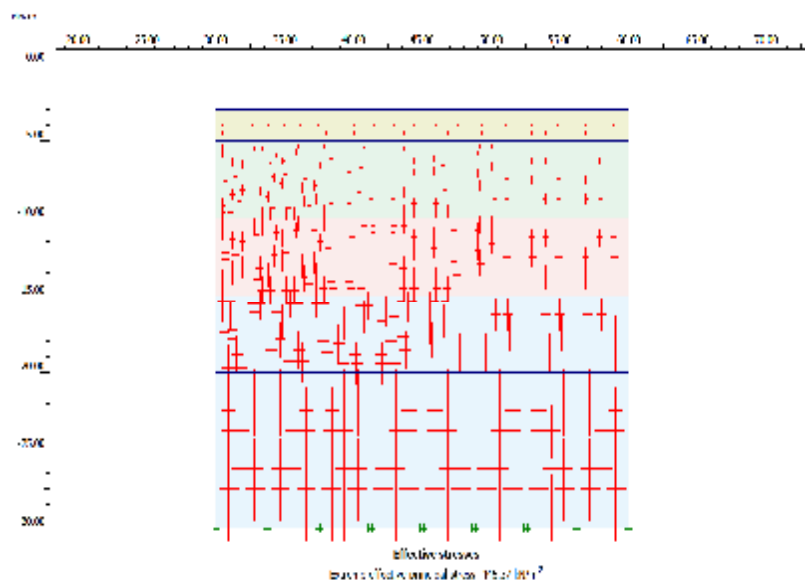
Geometri disusun menjadi jaring elemen yang lebih kecil untuk melakukan hitungan. Hasil dari proses *meshing* dapat dilihat pada Gambar 3.8 sebagai berikut:



Gambar 3.8: Penyusunan jaring Mesh.

### 3.7.5. Kondisi Awal (*Initial Condition*)

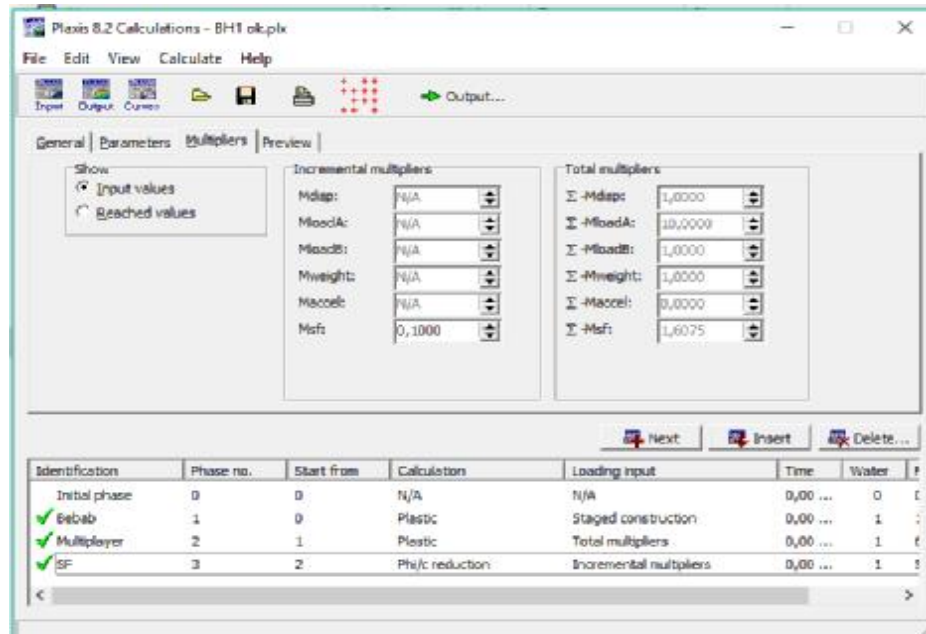
Kondisi awal didefinisikan untuk menghitung tekanan air pori awal (*initial condition*) dan tegangan awal (*initial soil stress*) seperti Gambar 3.9.



Gambar 3.9: Hasil perhitungan *initial soil stresses*.

### 3.7.6. Kalkulasi

Selanjutnya adalah proses kalkulasi dengan mengklik tombol *calculate* untuk masuk ke dalam program *calculation* seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10: Tahapan perhitungan.

Adapun gambaran umum mengenai tahapan perhitungan beban aksial pada model geometri adalah sebagai berikut:

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

Tabel 3.4: Parameter Tanah BH 1.

No.	Parameter	simbol	Lapisan						satuan
			Lap 1	Lap 2	Lap 3	Lap 4	Lap 5	Lap 6	
1	Konsistensi	-	Lunak ke sedang	Sedang ke padat	Sangat padat	Sangat padat	Sangat padat	Sangat padat	-
2	Model material	-	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	-
3	Jenis perilaku	-	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	-
4	Berat isi tanah di atas garis freatik	$\gamma_{dry}$	18	16	16	16	16	16	kN/m <sup>3</sup>
5	Berat isi tanah di bawah garis freatik	$\gamma_{sat}$	27.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	kN/m <sup>3</sup>
6	Permeabilitas arah horizontal	$K_x$	1.1574E-07	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	m/hari
7	Permeabilitas arah vertical	$K_y$	1.1574E-07	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	m/hari
8	Modulus Young	E	7205	37162,8	44126,5	44126.5	44126.5	44126.5	kN/m <sup>2</sup>
9	Angka Poisson	$\nu$	0.25	0.30	0.35	0.35	0.35	0.35	-
10	Kohesi	c	1	1	1	1	1	1	kN/m <sup>2</sup>
11	sudut geser dalam	$\phi$	29.83	40,75	41.80	41.80	41.80	41.80	°
12	sudut dilatansi	$\psi$	0	10.75	11.8	11.8	11.8	11.8	°

Tabel 3.5: Parameter Tanah BH 2.

No.	Parameter	simbol	Lapisan						satuan
			Lap 1	Lap 2	Lap 3	Lap 4	Lap 5	Lap 6	
1	Konsistensi	-	Lunak	Sedang ke padat	Sangat padat	Sangat padat	Sangat padat	Sangat padat	-
2	Model material	-	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	-
3	Jenis perilaku	-	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	-
4	Berat isi tanah di atas garis freatik	$\gamma_{dry}$	18	16	16	16	16	16	kN/m <sup>3</sup>
5	Berat isi tanah di bawah garis freatik	$\gamma_{sat}$	27.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	kN/m <sup>3</sup>
6	Permeabilitas arah horizontal	$K_x$	1.1574E-07	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	m/hari
7	Permeabilitas arah vertical	$K_y$	1.1574E-07	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	1.1574E-05	m/hari
8	Modulus Young	E	6825.8	33370.6	44126.5	44126.5	44126.5	44126.5	kN/m <sup>2</sup>
9	Angka Poisson	$\nu$	0.25	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	-
10	Kohesi	c	1	1	1	1	1	1	kN/m <sup>2</sup>
11	sudut geser dalam	$\phi$	29.67	39.50	41.80	41.80	41.80	41.80	°
12	sudut dilatasi	$\psi$	0	9.5	11.8	11.8	11.8	11.8	°



Tabel 3.6: Parameter Tanah BH 3.

No.	Parameter	simbol	Lapisan						satuan
			Lap 1	Lap 2	Lap 3	Lap 4	Lap 5	Lap 6	
1	Konsistensi	-	Lunak	Sedang kepdat	Padat	Sangat padat	Sangat padat	Sangat padat	-
2	Model material	-	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	-
3	Jenis perilaku	-	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	-
4	Berat isi tanah di atas garis freatik	$\gamma_{dry}$	16	18	18	18	18	18	kN/m <sup>3</sup>
5	Berat isi tanah di bawah garis freatik	$\gamma_{sat}$	25.8	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	kN/m <sup>3</sup>
6	Permeabilitas arah horizontal	$K_x$	1.1574E-5	1.1574E-07	1.1574E-07	1.1574E-07	1.1574E-07	1.1574E-07	m/hari
7	Permeabilitas arah vertical	$K_y$	1.1574E-5	1.1574E-07	1.1574E-07	1.1574E-07	1.1574E-07	1.1574E-07	m/hari
8	Modulus Young	E	10997.15	26544.8	44126,5	44126.5	44126.5	44126.5	kN/m <sup>2</sup>
9	Angka Poisson	$\nu$	0.25	0.30	0.35	0.35	0.35	0.35	-
10	Kohesi	c	1	1	1	1	1	1	kN/m <sup>2</sup>
11	sudut geser dalam	$\phi$	31.35	37.25	41.80	41.80	41.80	41.80	°
12	sudut dilatansi	$\psi$	1.35	7.25	11.8	11.8	11.8	11.8	°

## BAB 4

### HASIL 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 (Resse and O'neil, 1999), 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)

$$p = \pi \cdot D$$

$$p = 1,0 \times 3,14 \\ = 3,14 \text{ m}$$

Luas penampang tiang pondasi (Ap)

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

Faktor keamanan (SF) (Tabel 2.3)

Ujung = **2,5**

Geser = **2**

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

- Kedalaman **2 m**

1. Daya dukung ujung tiang

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

$$A_p = 0,785$$

$$N_c = 8$$

$$C_u = 17,83$$

$$Q_b = 0,785 \times 8 \times 17,83$$

$$= 112,0 \text{ kN}$$

2. Daya dukung geser selimut tiang

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

$$\alpha = 0,55$$

$$C_u = 17,83$$

$$Q_s = 0,55 \times 17,83 \times 3,14 \times 2$$

$$= 61,58 \text{ kN}$$

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

$$= 112,0 + 61,58$$

$$= 173,5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\ &= \frac{112,0}{2} + \frac{61,58}{2,5} \\ &= 80,63 \text{ kN} \\ &= 8,06 \text{ ton} \end{aligned}$$

Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah non kohesif

- Kedalaman **8 m**

1. Daya dukung ujung tiang

$$Q_b = q_p \cdot a_p$$

$$q_p = 57,5 \cdot N = 57,5 \times 44 = 2530$$

$$a_p = 0,785$$

$$Q_b = 2530 \times 0,785$$

$$= 1986,1 \text{ kN}$$

2. Daya dukung geser selimut tiang

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

$$f = \beta \cdot \sigma = 0,81 \times 126 = 102,1$$

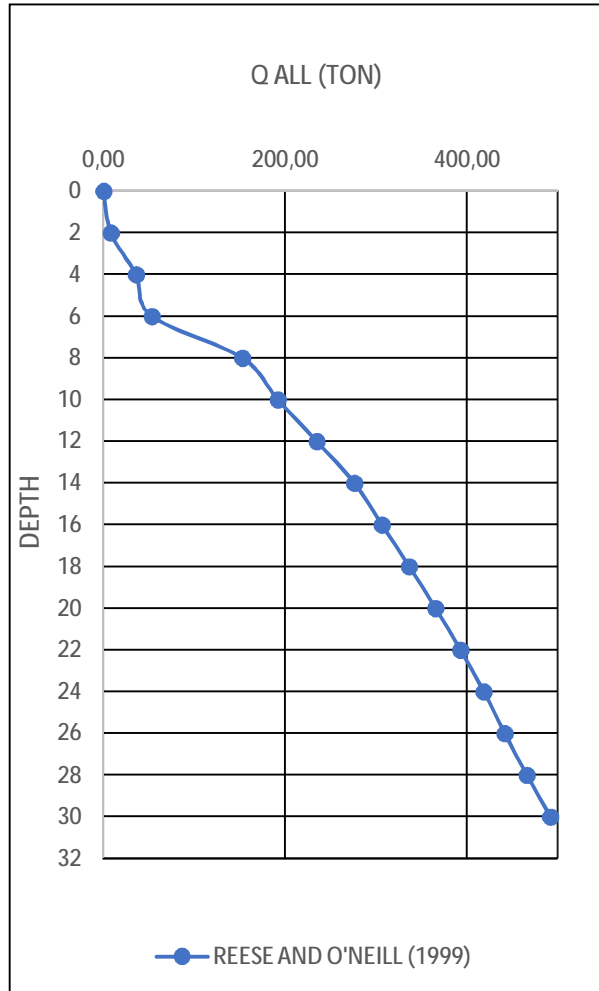
$$= 102,1 \times 3,14 \times 2$$

$$\begin{aligned}
&= 640,9 \\
Q_{ult} &= Q_b + Q_s \text{ (komulatif)} \\
&= 1332,38 + 1986,05 \\
&= 3318,4 \text{ kN} \\
Q_{all} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\
&= \frac{1332,38}{2,5} + \frac{1986,05}{2} \\
&= 1526,0 \text{ kN} \\
&= 152,60 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan lengkapnya dan grafik daya dukung dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.1: Perhitungan daya dukung metode Resse and O'neil, 1999 pada BH-1.

No	z (m)	N <sub>spt</sub>	Clay or Sand?	ΣQ <sub>s</sub>	ΣQ <sub>b</sub>	$\frac{\Sigma Q_s + \Sigma Q_b}{\Sigma Q_b}$	Q <sub>all</sub>	Q <sub>all</sub>
							kN	Ton
1	0						0	0,00
2	2	3	clay	61,58	112,0	173,5	80,6	8,06
3	4	8	sand	442,9	361,1	804,0	357,7	35,77
4	6	11	clay	691,4	508,4	1199,8	530,8	53,08
5	8	44	sand	1332,38	1986,1	3318,4	1526,0	152,60
6	10	49	sand	2027,3	2211,7	4239,0	1916,8	191,68
7	12	55	sand	2759,5	2482,6	5242,1	2345,1	234,51
8	14	60	sand	3511,5	2708,3	6219,8	2758,7	275,87
9	16	60	sand	4268,4	2708,3	6976,6	3061,5	306,15
10	18	60	sand	5016,0	2708,3	7724,2	3360,5	336,05
11	20	60	sand	5740,3	2708,3	8448,5	3650,2	365,02
12	22	60	sand	6428,9	2708,3	9137,1	3925,7	392,57
13	24	60	sand	7068,6	2708,3	9776,9	4181,6	418,16
14	26	60	sand	7646,4	2708,3	10355,6	4413,1	441,31
15	28	60	sand	8253,4	2708,3	10961,6	4655,5	465,55
16	30	60	sand	8900,2	2708,3	11608,5	4914,2	491,42



Gambar 4.1: Grafik daya dukung Reese and O’neil,1999 pada BH 1.

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

Diameter (D) =

Luas selimut tiang pondasi (p)

=

Luas penampang tiang pondasi (Ap)

$$\frac{1}{4}$$

$$= \frac{1}{4}$$

=

Faktor keamanan (SF)

Ujung = 2,5

Geser = 2

Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah non kohesif

- Kedalaman 2 m

1. Daya dukung ujung tiang

$$Q_b = q_p \cdot A_p$$

$$q_p = 57,5 \cdot N = 57,5 \times 3 = 172,5$$

$$A_p = 0,785$$

$$Q_b = 172,5 \times 0,785$$

$$= 135,4 \text{ kN}$$

2. Daya dukung geser selimut tiang

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

$$f = \beta \cdot \sigma = 1,16 \times 22 = 25,4$$

$$= 25,4 \times 3,14 \times 2$$

$$= 159,6$$

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

$$= 135,4 + 159,6$$

$$= 295,0 \text{ kN}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF}$$
$$= \frac{135,4}{2} + \frac{159,6}{2,5}$$

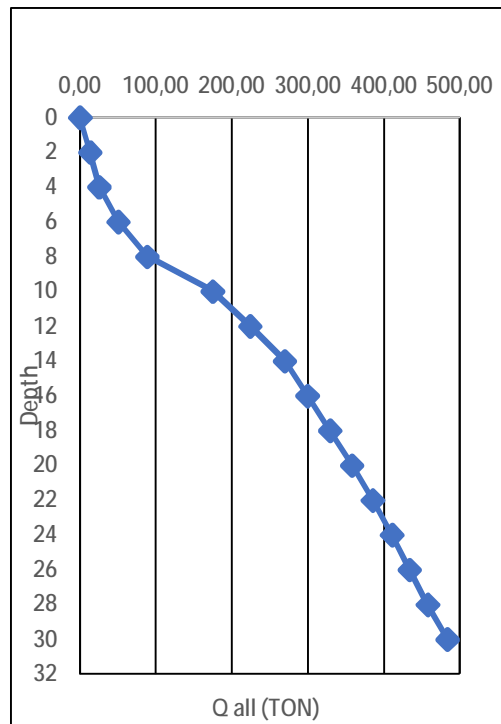
$$= 131,5 \text{ kN}$$

$$= 13,15 \text{ ton}$$

Untuk perhitungan lengkapnya dan grafik daya dukung dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2

Tabel 4.2: Perhitungan daya dukung metode Resse and O'neil,1999 pada BH-2.

No	z (m)	Nspt	Clay or Sand?	$\Sigma Q_s$	$\Sigma Q_b$	$\frac{\Sigma Q_s + \Sigma Q_b}{\Sigma Q_b}$	Qall	Qall
							kN	Ton
1	0						0	0,00
2	2	3	Sand	159,6	135,4	295,0	131,5	13,2
3	4	6	Clay	291,3	269,4	560,6	251,2	25,1
4	6	12	Clay	563,2	556,2	1119,3	503,4	50,3
5	8	18	Sand	1193,9	812,5	2006,4	883,8	88,4
6	10	44	Sand	1879,7	1986,1	3865,8	1744,9	174,5
7	12	53	Sand	2603,7	2392,3	4996,0	2237,6	223,8
8	14	60	Sand	3348,3	2708,3	6056,6	2693,4	269,3
9	16	60	Sand	4098,6	2708,3	6806,8	2993,6	299,4
10	18	60	Sand	4840,3	2708,3	7548,6	3290,3	329,0
11	20	60	Sand	5559,3	2708,3	8267,8	3577,9	357,8
12	22	60	Sand	6243,6	2708,3	8951,9	3851,6	385,2
13	24	60	Sand	6879,5	2708,3	9587,8	4105,9	410,6
14	26	60	Sand	7455,1	2708,3	10163,3	4336,2	433,6
15	28	60	Sand	8058,0	2708,3	10766,2	4577,3	457,7
16	30	60	Sand	8701,7	2708,3	11409,9	4834,8	483,5



Gambar 4.2: Grafik daya dukung Resse and O'neil,1999 pada BH-2

#### 4.1.3. Perhitungan Pada Titik BH-3

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

Luas selimut tiang pondasi (p)

$$p = \pi \cdot D$$

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

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

Luas penampang tiang pondasi ( $A_p$ )

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

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

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

Faktor keamanan (SF)

$$\text{Ujung} = 2,5$$

$$\text{Geser} = 2$$

Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah kohesif

- Kedalaman 2 m

1. Daya dukung ujung tiang

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

$$N_c = 8$$

$$C_u = 17,83$$

$$Q_b = 0,785 \times 8 \times 17,83$$

$$= 112,0 \text{ kN}$$

2. Daya dukung geser selimut tiang

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

$$\alpha = 0,55$$

$$C_u = 17,83$$

$$Q_s = 0,55 \times 17,83 \times 3,14 \times 2$$

$$= 61,6 \text{ kN}$$

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



$$\begin{aligned}
&= 112,0 + 61,6 \\
&= 173,6 \text{ kN} \\
Q_{\text{all}} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\
&= \frac{112,0}{2} + \frac{61,6}{2,5} \\
&= 80,6 \text{ kN} \\
&= 8,06 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Ø Daya dukung ujung tiang dan geser selimut tiang pada tanah non kohesif

- Kedalaman **8 m**

1. Daya dukung ujung tiang

$$\begin{aligned}
Q_b &= q_p \cdot AP \\
q_p &= 57,5 \times N = 57,5 \times 26 = 1495 \\
AP &= 0,785 \\
Q_b &= 1495 \times 0,785 \\
&= 1173,58 \text{ kN}
\end{aligned}$$

2. Daya dukung geser selimut tiang

$$\begin{aligned}
Q_s &= \sum f \cdot p \cdot \Delta L \\
f &= \beta \cdot \sigma = 0,81 \times 108 = 87,5 \\
&= 87,5 \times 3,14 \times 2 \\
&= 549,4
\end{aligned}$$

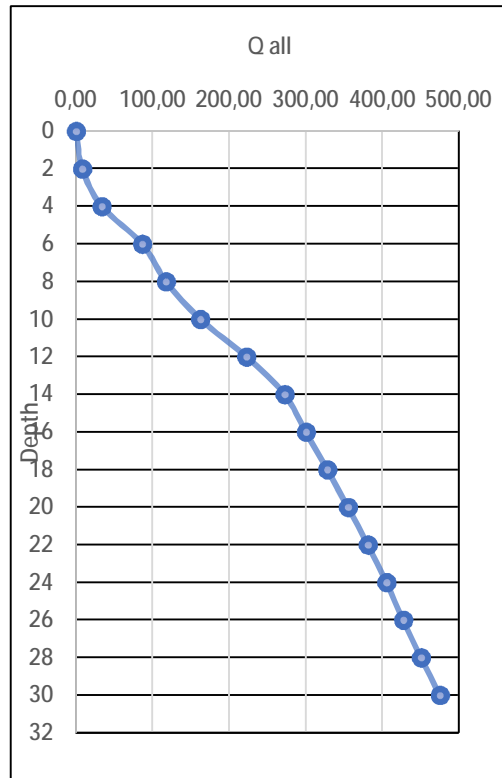
$$\begin{aligned}
Q_{\text{ult}} &= Q_b + Q_s \text{ (komulatif)} \\
&= 1173,58 + 549,4 \\
&= 1724,0 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q_{\text{all}} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\
&= \frac{1173,58}{2} + \frac{549,4}{2,5} \\
&= 2723,9 \text{ kN} \\
&= 272,39 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan lengkapnya dan grafik daya dukung dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.3

Tabel 4.3: Perhitungan daya dukung metode Resse and O'neil, 1999 pada BH-3.

No	z (m)	Nspt	Clay or Sand?	$\Sigma Q_s$	$\Sigma Q_b$	$\frac{\Sigma Q_s + \Sigma Q_b}{\Sigma Q_b}$	Qall	Qall
							kN	Ton
1	0						0	0,00
2	2	3	clay	61,6	112,0	173,5	80,6	8,06
3	4	7	sand	442,9	316,0	758,9	335,1	33,51
4	6	22	sand	918,7	993,0	1911,7	864,0	86,40
5	8	26	sand	1468,1	1173,6	2641,7	1174,0	117,40
6	10	35	sand	2080,7	1579,8	3660,5	1622,2	162,22
7	12	50	sand	2738,9	2256,9	4995,7	2224,0	222,40
8	14	60	sand	3424,5	2708,3	6132,8	2723,9	272,39
9	16	60	sand	4122,2	2708,3	6830,4	3003,0	300,30
10	18	60	sand	4817,2	2708,3	7525,4	3281,0	328,10
11	20	60	sand	5495,3	2708,3	8203,5	3552,2	355,22
12	22	60	sand	6143,6	2708,3	8851,9	3811,6	381,16
13	24	60	sand	6748,9	2708,3	9457,1	4053,7	405,37
14	26	60	sand	7298,7	2708,3	10007,0	4273,6	427,36
15	28	60	sand	7876,5	2708,3	10584,7	4504,7	450,47
16	30	60	sand	8495,0	2708,3	11203,3	4752,1	475,21



Gambar 4.3: Grafik daya dukung Resse and O'neil,1999 pada BH-3

## 4.2. Penurunan Tiang Tunggal (*Settlement*)

### 4.2.1. Penurunan pada titik BH-1

Pada kedalaman 18 m diperoleh nilai N untuk lapisan pasir = 60

$$\text{Maka, } q_c = 4N = 4 \times 60 = 240 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus elastisitas tanah di sekitar tiang ( $E_s$ )

$$E_s = 2.5 \times 240 = 600 \text{ kg/cm}^2$$

Menentukan modulus elastisitas dari bahan tiang

$$E_p = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742.96 \text{ mpa}$$

$$R_a = \frac{0.785}{0.785} = 1$$

Menentukan faktor kekakuan tiang

$$K = \frac{25742.96 \times 1}{60} = 429$$

Untuk  $\frac{db}{d} = \frac{100}{100} = 1$  (diameter ujung dan atas tiang)

Untuk  $\frac{1}{d} = \frac{1800}{100} = 18 \text{ cm}$

Dari masing – masing grafik di peroleh :

$$I_o = 0.095 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; \frac{db}{d} = 1 \right) \quad (\text{Gambar 2.8})$$

$$R_k = 1.25 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; K = 429 \right) \quad (\text{Gambar 2.6})$$

$$R_h = 0.75 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; \frac{h}{1} = 1.6 \right) \quad (\text{Gambar 2.7})$$

$$R_\mu = 0.91 \quad (\text{untuk } \mu s = 0.2; K = 429) \quad (\text{Gambar 2.9})$$

$$R_b = 0.55 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; \frac{Eb}{Es} = 10 \right) \quad (\text{Gambar 2.10})$$

Penurunan dengan beban rencana 300 ton dan 600 ton.

a. Untuk tiang apung atau tiang friksi

$$I = 0.095 \times 1.25 \times 0.75 \times 0.91 = 0.081$$

$$S = \frac{300000 \text{ kg} \times 0.081}{600 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 100} = 0.405 \text{ cm} = 4.1 \text{ mm} \quad (\text{dengan } Q = 300 \text{ ton})$$

$$S = \frac{600000 \text{ kg} \times 0.081}{600 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 100} = 0.81 \text{ cm} = 8.1 \text{ mm} \quad (\text{dengan } Q = 600 \text{ ton})$$

b. Untuk tiang dukung ujung

$$I = 0.095 \times 1.25 \times 0.55 \times 0.91 = 0.059$$

$$S = \frac{300000 \text{ kg} \times 0.059}{600 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 100} = 0.29 \text{ cm} = 2.9 \text{ mm} \quad (\text{dengan } Q = 300 \text{ ton})$$

$$S = \frac{600000 \text{ kg} \times 0.059}{600 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 100} = 0.59 \text{ cm} = 5.9 \text{ mm} \quad (\text{dengan } Q = 600 \text{ ton})$$

#### 4.2.2. Penurunan pada titik BH-2

Pada kedalaman 18 m diperoleh nilai N untuk lapisan pasir = 60

$$\text{Maka, } q_c = 4N = 4 \times 60 = 240 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus elastisitas di sekitar tiang ( $E_s$ )

$$E_s = 2.5 \times 240 = 600 \text{ kg/cm}^2$$

Menentukan modulus elastisitas dari bahan tiang

$$E_p = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742.96 \text{ mpa}$$

$$R_a = \frac{0.785m}{0.785m} = 1$$

Menentukan faktor kekakuan tiang

$$K = \frac{25742.96 \times 1}{60} = 429$$

$$\text{Untuk } \frac{db}{d} = \frac{100}{100} = 1 \text{ (diameter ujung dan atas tiang)}$$

$$\text{Untuk } \frac{1}{d} = \frac{1800}{100} = 18 \text{ cm}$$

Dari masing – masing grafik di peroleh :

$$I_o = 0.095 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; \frac{db}{d} = 1 \right) \quad (\text{Gambar 2.8})$$

$$R_k = 1.25 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; K = 429 \right) \quad (\text{Gambar 2.6})$$

$$R_h = 0.75 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; \frac{h}{1} = 1.6 \right) \quad (\text{Gambar 2.7})$$

$$R_\mu = 0.91 \left( \text{untuk } \mu_s = 0.2; K = 429 \right) \quad (\text{Gambar 2.9})$$

$$R_b = 0.55 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; \frac{Eb}{Es} = 10 \right) \quad (\text{Gambar 2.10})$$

Penurunan dengan beban rencana 300 ton dan 600 ton.

a. Untuk tiang apung atau tiang friksi

$$I = 0.095 \times 1.25 \times 0.75 \times 0.91 = 0.081$$

$$S = \frac{300000 \text{ kg} \times 0.081}{600 \text{ kg/cm}^2 \times 100} = 0.405 \text{ cm} = 4.1 \text{ mm (dngan } Q = 300 \text{ ton)}$$

$$S = \frac{300000 \text{ kg} \times 0.081}{600 \text{ kg/cm}^2 \times 100} = 0.81 \text{ cm} = 8.1 \text{ mm (dengan } Q = 600 \text{ ton)}$$

b. Untuk tiang dukung ujung

$$I = 0.095 \times 1.25 \times 0.55 \times 0.91 = 0.059$$

$$S = \frac{300000 \text{ kg} \times 0.059}{600 \text{ kg/cm}^2 \times 100} = 0.29 \text{ cm} = 2.9 \text{ mm (dngan } Q = 300 \text{ ton)}$$

$$S = \frac{600000 \text{ kg} \times 0.059}{600 \text{ kg/cm}^2 \times 100} = 0.59 \text{ cm} = 5.9 \text{ mm (dengan } Q = 600 \text{ ton)}$$

### 4.2.3. Penurunan pada titik BH-3

Pada kedalaman 18 m diperoleh nilai N untuk lapisan pasir = 60

$$\text{Maka, } q_c = 4N = 4 \times 60 = 240 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus elastisitas di sekitar tiang ( $E_s$ )

$$E_s = 2.5 \times 240 = 600 \text{ kg/cm}^2$$

Menentukan modulus elastisitas dari bahan tiang

$$E_p = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742.96 \text{ mpa}$$

$$R_a = \frac{0.785 \text{ m}}{0.785 \text{ m}} = 1$$

Menentukan faktor kekakuan tiang

$$K = \frac{25742.96 \times 1}{60} = 429$$

$$\text{Untuk } \frac{db}{d} = \frac{100}{100} = 1 \text{ (diameter ujung dan atas tiang)}$$

$$\text{Untuk } \frac{db}{d} = \frac{100}{100} = 18 \text{ cm}$$

Dari masing – masing grafik di peroleh :

$$\text{a. } I_o = 0.095 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; \frac{db}{d} = 1 \right) \text{ (Gambar 2.8)}$$

$$\text{b. } R_k = 1.25 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; K = 429 \right) \text{ (Gambar 2.6)}$$

$$\text{c. } R_h = 0.75 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; \frac{h}{1} = 1.6 \right) \text{ (Gambar 2.7)}$$

$$\text{d. } R_\mu = 0.91 \text{ ( untuk } \mu s = 0.2; K = 429) \text{ (Gambar 2.9)}$$

$$\text{e. } R_b = 0.55 \left( \text{untuk } \frac{1}{d} = 18; \frac{Eb}{Es} = 10 \right) \text{ (Gambar 2.10)}$$

f. Penurunan dengan beban rencana 300 ton dan 600 ton.

$$I = 0.095 \times 1.25 \times 0.75 \times 0.91 = 0.081$$

$$S = \frac{300000 \text{ kg} \times 0.081}{600 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 100} = 0.405 \text{ cm} = 4.1 \text{ mm} \text{ (dngan Q = 300 ton)}$$

$$S = \frac{600000 \text{ kg} \times 0.081}{600 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 100} = 0.81 \text{ cm} = 8.1 \text{ mm} \text{ (dengan Q = 600 ton)}$$

g. Untuk tiang dukung ujung

$$I = 0.095 \times 1.25 \times 0.55 \times 0.91 = 0.059$$

$$S = \frac{300000 \text{ kg} \times 0.048}{600 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 100} = 0.246 \text{ cm} = 2.5 \text{ mm} \text{ (dngan Q = 300 ton)}$$

$$S = \frac{600000 \text{ kg} \times 0.048}{600 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 100} = 0.59 \text{ cm} = 5.9 \text{ mm} \text{ (dengan Q = 600 ton)}$$

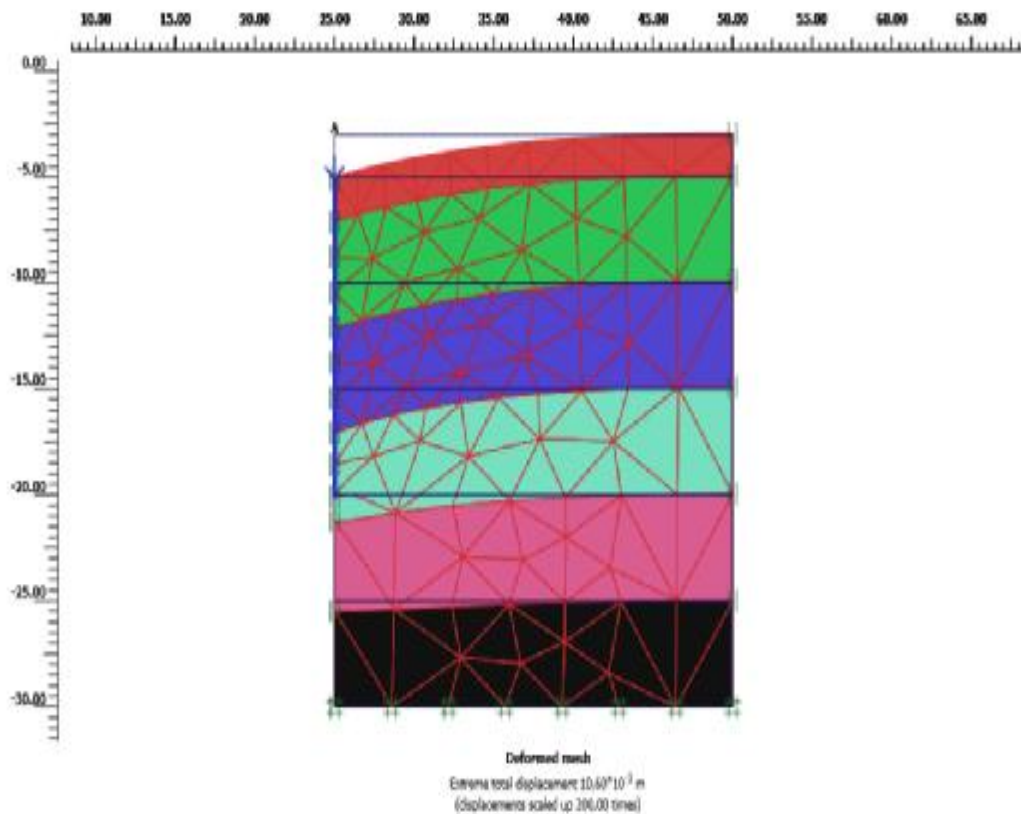
Untuk perbandingan penurunan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Rekapitulasi perhitungan penurunan elastis tiang tunggal.

Titik	Beban (ton)	Penurunan untuk tiang apung/friksi	Penurunan untuk tiang dukung ujung	Penurunan total
BH-1	300	4.1 mm	2.5 mm	6.6 mm
	600	8.1 mm	5.9 mm	14 mm
BH-2	300	4.1 mm	2.5 mm	6.6 mm
	600	8.1 mm	5.9 mm	14 mm
BH-3	300	4.1 mm	2.5 mm	6.6 mm
	600	8.1 mm	5.9 mm	14 mm

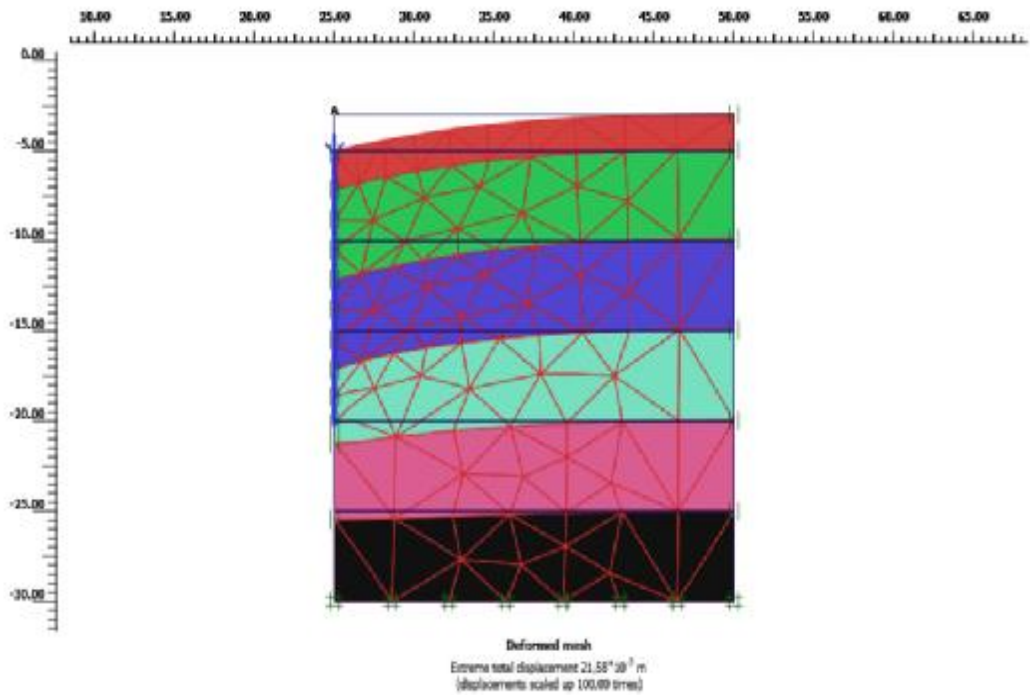
### 4.3. Hasil Program Analisis

Setelah membuat geometri dan melakukan input parameter tanah, kemudian melakukan tahapan kalkulasi yang terdiri dari beberapa tahap atau proses. Setelah tahapan kalkulasi selesai maka akan didapat hasil *output* berupa gambar *visualisasi* dan grafik penurunan seperti Gambar 4.4 - 4.6.



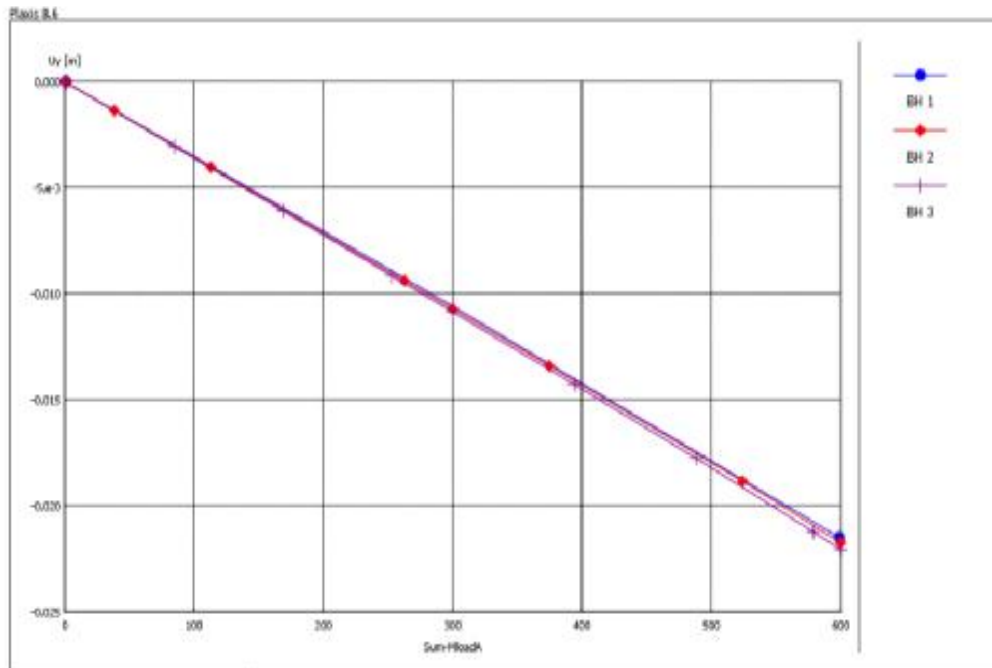
Gambar 4.4: Penurunan dengan beban rencana 300 ton.





Gambar 4.5: Penurunan dengan beban maksimal 600 ton.

Untuk gambar penurunan titik BH-2 dan titik BH-3 dapat dilihat dalam halaman lampiran.



Gambar 4.6: Kurva perbandingan penurunan antara titik BH-1, BH-2 dan BH-3 menggunakan program analisis

Dari hasil perhitungan titik BH-1 dengan menggunakan program analisis di dapat nilai tegangan efektif sebesar  $4502.719 \text{ kN/m}^2$  maka nilai  $Q_u$  adalah:

$$Q_u = \sigma \times A_p$$

$$Q_u = 4502.719 \times 0.785 = 3534.63 \text{ kN} = 353.4 \text{ ton}$$

Dengan penurunan sebesar:

- 10.60 mm untuk beban 300 ton dan 21.58 mm untuk beban 600 ton.

Dari hasil perhitungan titik BH-2 dengan menggunakan program analisis di dapat nilai tegangan efektif sebesar  $4635.779 \text{ kN/m}^2$  maka nilai  $Q_u$  adalah:

$$Q_u = \sigma \times A_p$$

$$Q_u = 4635.779 \times 0.785 = 3639.086 \text{ kN} = 363.9 \text{ ton}$$

Dengan penurunan sebesar:

- 10.74 mm untuk beban 300 ton dan 21.76 mm untuk beban 600 ton.

Dari hasil perhitungan titik BH-3 dengan menggunakan program analisis di dapat nilai tegangan efektif sebesar  $4884.364 \text{ kN/m}^2$  maka nilai  $Q_u$  adalah:

$$Q_u = \sigma \times A_p$$

$$Q_u = 4884.364 \times 0.785 = 3838.026 \text{ kN} = 383.8 \text{ ton}$$

Dengan penurunan sebesar:

- 10.87 mm untuk beban 300 ton dan 22.08 mm untuk beban 600 ton.

Perbandingan hasil perhitungan daya dukung dengan metode analitis dan dengan metode elemen hingga ditunjukkan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Perbandingan daya dukung ultimate.

Titik	Panjang tiang (m)	Metode Reese & O'Neil	Metode Elemen Hingga	Persentase
BH-1	18	336.05 ton	353.4 ton	5.15
BH-2	18	329 ton	363.9 ton	10.61
BH-3	18	328 ton	380.5 ton	16
Rata-rata				10.57

Berdasarkan perhitungan analitis dan dengan metode elemen hingga penurunan yang terjadi pada tiang ditunjukkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Perbandingan penurunan tiang.

Titik	Beban	Penurunan total tiang tunggal	Penurunan dari Program analitis	Selisih (%)
BH-1	300 ton	6.6 mm	10,60 mm	37.74
	600 ton	14 mm	21,58 mm	35.13
BH-2	300 ton	6.6 mm	10,74 mm	38.55
	600 ton	14 mm	21,76 mm	35.66
BH-3	300 ton	6.6 mm	10,87 mm	39.28
	600 ton	14 mm	22,08 mm	39.28

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis, dapat di ambil kesimpulan:

1. Hasil perhitungan daya dukung pondasi *bored piled* dengan metode Reese & O'Neil pada ketiga titik adalah:

- BH 1 = 336.05 ton
- BH 2 = 329 ton
- BH 3 = 328 ton

Daya dukung pondasi *bored pile* dengan program analisis (*Plaxis*) adalah:

- BH 1 = 353.4 ton
- BH 2 = 363.9 ton
- BH 3 = 380.5 ton

2. Setelah diakumulasikan ada selisih perbandingan antara metode analitis dan program analitis (*Plaxis*), BH-1= 5.15 %, BH-2= 10.61 %, dan BH-3= 16 %.
3. Penurunan yang terjadi dengan menggunakan metode Poulos & Davis pada ketiga titik adalah:

- | Beban 300 ton   | Beban 600 ton  |
|-----------------|----------------|
| - BH 1 = 6.6 mm | - BH 1 = 14 mm |
| - BH 2 = 6.6 mm | - BH 2 = 14 mm |
| - BH 3 = 6.6 mm | - BH3 = 14 mm  |

Penurunan pada perhitungan program analisis (*Plaxis*):

- | Beban 300 ton     | Beban 600 ton     |
|-------------------|-------------------|
| - BH 1 = 10.60 mm | - BH 1 = 21.58 mm |
| - BH 2 = 10.74 mm | - BH 2 = 21.76 mm |
| - BH 3 = 10.87 mm | - BH 3 = 22.08 mm |

4. Maka selisih perbandingan antara penurunan elastis dan penurunan pada program (*Plaxis*) dengan beban 300 ton, BH-1= 37.74 %, BH-2= 38.55 %, dan BH-3= 39.28 %. Sedangkan beban 600 ton BH-1= 35.13 %, BH-2= 35.66 %, dan BH-3= 39.28 %.

## 5.2. Saran

Berdasarkan dari pengkajian hasil penelitian penulis juga bermaksud memberikan beberapa saran yang berkaitan dengan perencanaan pondasi mudah mudahan dapat bermanfaat bagi peneliti selanjutnya.

1. Untuk mendapatkan hasil perhitungan kapasitas daya dukung yang baik di perlukan ketelitian dalam menginput data SPT dan mempunyai kemampuan dasar mekanika tanah yang kuat.
2. Dalam merencanakan pondasi dengan menggunakan *software* palxis harus teliti dalam menginput data tanah seperti jenis tanah dan parameter tanah dan gunakan lisensi *software* yang asli untuk hasil yang maksimal.
3. Dalam perancangan dan pelaksanaan suatu pondasi kemungkinan besar akan di temui berbagai permasalahan yang kompleks yang berbeda antar kondisi tanah, sehingga seorang perencana , diharapkan memiliki "*feeling engineering*" yang di dukung oleh pengetahuan yang luas dan pengalaman yang di dapatkan di lapangan, hingga tercipta seorang *engineer* yang tanggap, tangguh dan menghasilkan karya yang baik dan berguna.

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

## DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (2007) *Principles of Foundation Engineering, SI*, Seventh, Edition United States of America: ©2011, 2007 Cengage Learning.
- Das, B. M. (2007) *Principles of Foundation Engineering*, Sixth Edition, North America: © 2007 by Nelson.
- Das, B. M. (1995) *Mekanika Tanah (Prinsi-prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jilid 1, Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E. (1997) *Analisis Dan Desain Pondasi*, Edisi Keempat Jilid 1, Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2002) *Mekanika Tanah I*, Edisi Ketiga, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2002) *Mekanika Tanah II*, Edisi Ketiga, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (1996) *Teknik Pondasi I*, Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2008) *Teknik Pondasi II*, Edisi Keempat, Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.
- SNI 4153. (2008) *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT*.
- SNI 2827. (2008) *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir*.
- Sosrodarsono, S. dan Nakazawa, K. (2000) *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*, Jakarta: PT.Pradnya Paramita.
- Hariato, E. (2007) *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Menggunakan Software Shaft1 Dan Uji Beban Statis (Studi Kasus Tiang Uji TP-4 Dan TP-5 Pada Proyek Grand Indonesia Di Jakarta)*. Tugas Akhir S1 Unniversitas Katolik Soegijapranata.
- Poulos, H. G. Dan Davis, E. H. (1980) *Pile Foundation Analysis And Design*, Rainbow Bridge Book Co.

Soedarmo, G. D. dan Purnomo, J. E. (1993) *Mekanika Tanah 1*, Malang: Kanisius.

Bridge Menagemen System. (1992) *Desain Of Pile Foundation*, Indonesia dan Australia.

Bakker, K. J, dkk. (2007) *Plaxis Tutorial Manual*, 2D Version 8, Delft, Netherlands: Plaxis b.v.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Muhammad Ardiansyah Putra  
Panggilan : Ardian  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 24 Mei 1994  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat : Jl. Pancasila Gg. Keluarga No.2, Tegal Sari  
Mandala III, Medan Denai  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : Sukirman  
Ibu : Lailani Kusuma  
No. HP : 082367147781  
E-Mail : [Ardiansyah1445@gmail.com](mailto:Ardiansyah1445@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1307210066  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

NO	TINGKAT PENDIDIKAN	NAMA DAN TEMPAT	TAHUN KELULUSAN
1	SD	SD SWASTA GIMIN	2007
2	SMP	SMP AL-ITTIHADIAH	2010
3	SMA	SMK TELADAN MEDAN	2013
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tahun 2013 sampai selesai.		