

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG TANAH PADA PONDASI DANGKAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE TERZAGHI, MEYERHOF, HANSEN, DAN METODE ELEMEN HINGGA

*Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas
Syarat-syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Pada fakultas teknik program studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Sumatera utara*

Diajukan oleh :

**RAHMAD AKBAR
NPM : 1307210197**



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2019

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG TANAH
PADA PONDASI DANGKAL DENGAN MENGGUNAKAN
METODE TERZAGHI, MEYERHOF, HANSEN, DAN
METODE ELEMEN HINGGA**

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

Disusun Oleh:

RAHMAD AKBAR
1307210197



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2019

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rahmad Akbar

NPM : 1307210197

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis perbandingan daya dukung tanah pada pondasi dangkal dengan menggunakan metode terzaghi, meyerhof, hansen, dan metode elemen hingga

Bidang Ilmu : Transport.

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, 23 Maret 2019

Pembimbing I



M.Husin Gultom, S.T

Pembimbing II



Tondy A.P. S.T, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rahmad Akbar

NPM : 1307210197

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis perbandingan daya dukung tanah pada pondasi dangkal dengan menggunakan metode terzaghi, meyerhof, hansen, dan metode elemen hingga

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,

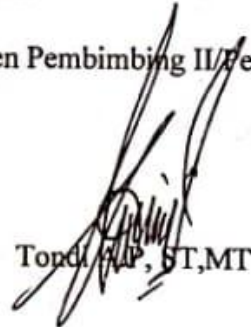
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



M. Husin Gultom, ST, MT

Dosen Pembimbing II / Penguji



Tondy, ST, MT

Dosen Pembimbing I / Penguji



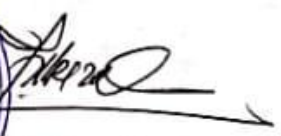
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dosen Pembimbing II / Penguji



Rizki Efrida, ST, MT

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rahmad Akbar

Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 28 Desember 1993

NPM : 1307210197

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Analisis perbandingan daya dukung tanah pada pondasi dangkal dengan menggunakan metode Terzaghi, Meyerhof, Hansen, dan metode elemen hingga”,

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/kesarjanaan saya.

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

Medan, 23 Maret 2019

Saya yang menyatakan,


Rahmad Akbar

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG TANAH PADA PONDASI DANGKAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE TERZAGHI, MEYERHOF, HANSEN, DAN METODE ELEMEN HINGGA

Rahmad Akbar
1307210197
M. Husin Gultom, ST, MT
Tondi A.P,S.T,M.T

Kapasitas/daya dukung tanah adalah kekuatan tanah untuk menahan suatu beban yang bekerja padanya yang biasanya disalurkan melalui pondasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya dukung dan penurunan yang terjadi pada tanah. Pada penelitian ini digunakan metode analitis dan metode elemen hingga menggunakan bantuan program analisis yang diperoleh dari data hasil sondir yang dikorelasikan untuk mendapatkan nilai parameter tanah. Daya dukung tanah dengan menggunakan metode terzaghi diperoleh pada titik S-1 = 40,78 T/m², S-2 = 30,85 T/m², S-3 = 38,58 T/m², S-4 = 26,56 T/m², S-5 = 35,06 T/m², S-6 = 24,46 T/m². Untuk metode Meyerhof pada titik S-1 = 52,49 T/m², S-2 = 38,62 T/m², S-3 = 49,84 T/m², S-4 = 34,09 T/m², S-5 = 45,04 T/m², S-6 = 31,37 T/m². Untuk metode Hansen pada titik S-1 = 53,27 T/m², S-2 = 39,21 T/m², S-3 = 50,59 T/m², S-4 = 34,70 T/m², S-5 = 45,71 T/m², S-6 = 31,92 T/m². Untuk metode elemen hingga pada titik S-1 = 51,34 T/m², S-2 = 40,74 T/m², S-3 = 47,94 T/m², S-4 = 34,12 T/m², S-5 = 46,37 T/m², S-6 = 32,45 T/m². Untuk penurunan tanah dengan metode analitis diperoleh pada titik S-1 = 84,27 mm, titik S-2 = 75,89 mm, titik S-3 = 75,93 mm, titik 4 = 65,34 mm, titik S-5 = 59,13 mm, titik S-6 = 60,17 mm. Dengan metode elemen hingga titik S-1 = 82,75 mm, titik S-2 = 96,90 mm, titik S-3 = 106,59 mm, titik S-4 = 85,59 mm, titik S-5 = 81,33 mm, dan titik S-6 = 81,80 mm .

Kata kunci: Daya dukung, penurunan, Terzaghi, Mayerhof, Hansen, elemen hingga, sondir .

ABSTRACT

ANALYSIS COMPARISON OF SOIL BEARING CAPACITY IN SHALLOW FOUNDATION BY USING TERZAGHI, MEYERHOF, HANSEN, AND FINITE ELEMENT METHODS

Rahmad Akbar
1307210197
M. Husin Gultom, ST, MT
Tondi A.P,S.T,M.T

Capacity / bearing capacity of the soil is the strength of the soil to withstand a load that works on it which is usually channeled through the foundation. This study aims to determine the strength of bearing capacity and the settlement that happens inside soil. In this study used analytical methods and finite element methods using analysis program assistance obtained from the results of sondir data which were correlated to obtain soil parameter values. Bearing capacity of soil using the terzaghi method was obtained at the level of S-1 = 40,78 T/m², S-2 = 30,85 T/m², S-3 = 38,58 T/m², S-4 = 26,56 T/m², S-5 = 35,06 T/m², S-6 = 24,46 T/m². For the Meyerhof method at S-1 = 52,49 T/m², S-2 = 38,62 T/m², S-3 = 49,84 T/m², S-4 = 34,09 T/m², S-5 = 45,04 T/m², S-6 = 31,37 T/m². For the Hansen method at point S-1 = 53,27 T/m², S-2 = 39,21 T/m², S-3 = 50,59 T/m², S-4 = 34,70 T/m², S-5 = 45,71 T/m², S-6 = 31,92 T/m². For finite element method at point S-1 = 51,34 T/m², S-2 = 40,74 T/m², S-3 = 47,94 T/m², S-4 = 34,12 T/m², S-5 = 46,37 T/m², S-6 = 32,45 T/m². For the soil settlement with analytical method, it was obtained at S-1 = 84,27 mm, S-2 point = 75,89, S-3 point = 75,93 mm, point 4 = 65,34 mm, S-5 point = 59,13 mm, S-6 point = 60,17 mm. With the finite element method S-1 point = 82,75 mm, S-2 point = 96,90 mm, S-3 point = 106,59 mm, S-4 point = 85,59 mm, S-5 point = 81,33 mm, and point S-6 = 81,80 mm.

Keywords: Bearing capacity, settlement, Terzaghi, Mayerhof, Hansen, finite element method, sondir.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 perbandingan daya dukung tanah pada pondasi dangkal dengan menggunakan metode terzaghi, meyerhof, hansen, dan metode elemen hingga” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Muhammad Husin Gultom, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc, selaku Dosen Pembimbing 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.
4. Ibu Rizki Efrida, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, Msc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik
6. Ibu Hj. Irma Dewi, ST, MSi, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipil kepada penulis.
9. Ibu dan bapak 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.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Bapak Nur Rahman, SPd, yang telah memberikan data proyek untuk skripsi saya, sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi saya.
12. Sahabat-sahabat penulis: Agung Trisna, Muhammad Yusuf Al-ihsan lubis, Sugaluh Wisnu murti, 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, 23 Maret 2019



Rahmad Akbar

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat Penulisan	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Pondasi Dangkal	6
2.2. Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal	7
2.2.1. Daya Dukung Terzaghi	9
2.2.2. Daya Dukung Meyerhof	14
2.2.3. Daya Dukung Hansen	17
2.3. Pengaruh Muka Air Tanah	20
2.4. Angka Keamanan	22
2.5. Penurunan Tanah	22
2.5.1. Penurunan Seketika	23
2.5.2. Penurunan Konsolidasi	25

2.6.	Parameter Tanah	27
2.7.	Metode Elemen Hingga	32
2.7.1.	PLAXIS	33
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Diagram Alir Metode Penelitian	36
3.2.	Data Umum Proyek	37
3.3.	Data Teknis Pondasi	38
3.4.	Pengumpulan Data	38
3.5.	Analisis Data Tanah	38
3.6.	Analisis Parameter Tanah	44
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
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Menghitung Kapasitas Daya Dukung Dengan Metode Analitis	51
4.1.1.	Perhitungan Pada Titik S-1	51
4.1.1.1.	Analisis Daya Dukung Terzaghi	51
4.1.1.2.	Analisis Daya Dukung Meyerhof	52
4.1.1.3.	Analisis Daya Dukung Hansen	53
4.1.2.	Perhitungan Pada Titik S-2	54
4.1.2.1.	Analisis Daya Dukung Terzaghi	55
4.1.2.2.	Analisis Daya Dukung Meyerhof	55
4.1.2.3.	Analisis Daya Dukung Hansen	57
4.1.3.	Perhitungan Pada Titik S-3	58
4.1.3.1.	Analisis Daya Dukung Terzaghi	58
4.1.3.2.	Analisis Daya Dukung Meyerhof	59
4.1.3.3.	Analisis Daya Dukung Hansen	60
4.1.4.	Perhitungan Pada Titik S-4	61
4.1.4.1.	Analisis Daya Dukung Terzaghi	62

4.1.4.2. Analisis Daya Dukung Meyerhof	63
4.1.4.3. Analisis Daya Dukung Hansen	64
4.1.5. Perhitungan Pada Titik S-5	65
4.1.5.1. Analisis Daya Dukung Terzaghi	65
4.1.5.2. Analisis Daya Dukung Meyerhof	66
4.1.5.3. Analisis Daya Dukung Hansen	67
4.1.6. Perhitungan Pada Titik S-6	68
4.1.6.1. Analisis Daya Dukung Terzaghi	69
4.1.6.2. Analisis Daya Dukung Meyerhof	70
4.1.6.3. Analisis Daya Dukung Hansen	71
4.2. Penurunan Seketika (<i>Immediately Settlement</i>)	72
4.2.1. Penurunan Titik S-1	72
4.2.2. Penurunan Titik S-2	73
4.2.3. Penurunan Titik S-3	73
4.2.4. Penurunan Titik S-4	73
4.2.5. Penurunan Titik S-5	74
4.2.6. Penurunan Titik S-6	74
4.3. Hasil Program Analisis	75
4.3.1. Penurunan Titik S-1	75
4.3.2. Penurunan Titik S-2	76
4.3.3. Penurunan Titik S-3	79
4.3.4. Penurunan Titik S-4	81
4.3.5. Penurunan Titik S-5	83
4.3.6. Penurunan Titik S-6	85
4.4. Perbandingan Hasil Perhitungan	88
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	91
5.2. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor daya dukung terzaghi untuk keruntuhan geser umum	12
Tabel 2.2	Faktor daya dukung terzaghi untuk keruntuhan geser setempat	12
Tabel 2.3	Faktor daya dukung meyerhof	14
Tabel 2.4	Faktor bentuk, kedalaman, dan kemiringan meyerhof	15
Tabel 2.5	Faktor daya dukung hansen	18
Tabel 2.6	Faktor bentuk, kedalaman, dan kemiringan hansen	19
Tabel 2.7	Faktor pengaruh I_w dan I_m	24
Tabel 2.8	Harga μ menurut jenis tanah	24
Tabel 2.9	Harga E_s menurut jenis tanah	25
Tabel 2.10	Klasifikasi tanah berdasarkan data sondir	28
Tabel 2.11	Hubungan antara sudut geser dengan jenis tanah	29
Tabel 2.12	Hubungan E_s dengan q_c	30
Tabel 2.13	Nilai perkiraan modulus elastisitas tanah	30
Tabel 2.14	Nilai <i>poisson ratio</i> berdasarkan jenis tanah	31
Tabel 2.15	Korelasi jenis tanah dengan nilai berat isi tanah basah dan kering	31
Tabel 2.16	Nilai permeabilitas tanah berdasarkan jenis tanah jenuh	32
Tabel 3.1	Data hasil sondir (S-1)	39
Tabel 3.2	Data hasil sondir (S-2)	39
Tabel 3.3	Data hasil sondir (S-3)	40
Tabel 3.4	Data hasil sondir (S-4)	41
Tabel 3.5	Data hasil sondir (S-5)	42
Tabel 3.6	Data hasil sondir (S-6)	43
Tabel 3.7	Parameter tanah	47
Tabel 4.1	Perbandingan daya dukung metode analitis dengan elemen hingga	85
Tabel 4.2	Perbandingan penurunan tanah	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis-jenis pondasi dangkal	7
Gambar 2.2	Daya dukung batas tanah untuk kondisi dangkal	8
Gambar 2.3	Bentuk keruntuhan daya dukung pondasi dangkal	8
Gambar 2.4	Analisa distribusi tegangan di bawah pondasi menurut terzaghi	10
Gambar 2.5	Grafik faktor daya dukung Terzaghi	13
Gambar 2.6	Kemiringan beban pada pondasi	17
Gambar 2.7	Pengaruh permukaan air tanah terhadap daya dukung pondasi dangkal	21
Gambar 2.8	Ilustrasi penurunan pada pondasi	23
Gambar 2.9	Penurunan konsolidasi	26
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	36
Gambar 3.2	Denah lokasi proyek pembangunan LP Labuhan Ruku	37
Gambar 3.3	Dimensi pondasi bangunan LP Labuhan Ruku	38
Gambar 3.4	Pemodelan geometri pada program analitis	47
Gambar 3.5	Penetapan kondisi batas pada geometri	48
Gambar 3.6	Input parameter tanah dan pemodelan mohr-coulomb	48
Gambar 3.7	penyusunan jaring <i>mesh</i>	49
Gambar 3.8	Hasil perhitungan <i>initiall soil stresses</i>	49
Gambar 3.9	Tahapan perhitungan	50
Gambar 4.1	Daya dukung <i>ultimate</i> titik S-1 menggunakan program plaxis	74
Gambar 4.2	Daya dukung izin titik S-1 menggunakan program plaxis	75
Gambar 4.3	Penurunan titik S-1 menggunakan program plaxis	75
Gambar 4.4	Daya dukung <i>ultimate</i> titik S-2 menggunakan program plaxis	76
Gambar 4.5	Daya dukung izin titik S-2 menggunakan program plaxis	76
Gambar 4.6	Penurunan titik S-2 menggunakan program plaxis	77
Gambar 4.7	Daya dukung <i>ultimate</i> titik S-3 menggunakan program plaxis	78
Gambar 4.8	Daya dukung izin titik S-3 menggunakan program plaxis	78
Gambar 4.9	Penurunan titik S-3 menggunakan program plaxis	79
Gambar 4.10	Daya dukung <i>ultimate</i> titik S-4 menggunakan program plaxis	79
Gambar 4.11	Daya dukung izin titik S-4 menggunakan program plaxis	80

Gambar 4.12	Penurunan titik S-4 menggunakan program plaxis	80
Gambar 4.13	Daya dukung <i>ultimate</i> titik S-5 menggunakan program plaxis	81
Gambar 4.14	Daya dukung izin titik S-5 menggunakan program plaxis	81
Gambar 4.15	Penurunan titik S-5 menggunakan program plaxis	82
Gambar 4.16	Daya dukung <i>ultimate</i> titik S-6 menggunakan program plaxis	83
Gambar 4.17	Daya dukung izin titik S-6 menggunakan program plaxis	83
Gambar 4.18	Penurunan titik S-6 menggunakan program plaxis	84
Gambar 4.19	Grafik perbandingan daya dukung <i>ultimate</i> dengan daya dukung Izin dengan metode elemen hingga menggunakan program plaxis	84
Gambar 4.20	Kurva perbandingan beban <i>versus</i> penurunan dengan metode elemen hingga menggunakan program plaxis	85
Gambar 4.21	Grafik perbandingan daya dukung <i>ultimate</i> antara metode analitis dan metode elemen hingga	86
Gambar 4.22	Grafik perbandingan daya dukung izin antara metode analitis dan metode elemen hingga	87
Gambar 4.23	Grafik perbandingan penurunan tanah antara metode analitis dan metode elemen hingga	87

DAFTAR NOTASI

τ	= tegangan geser
c	= kohesi tanah
σ	= tegangan normal
ϕ	= sudut geser dalam tanah
q_u	= daya dukung maksimum
c	= kohesi tanah
γ	= berat isi tanah
B	= lebar pondasi (= diameter untuk pondasi lingkaran)
L	= panjang pondasi
D_f	= kedalaman pondasi
N_c, N_q, N_γ	= faktor daya dukung
$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$	= faktor bentuk
$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$	= faktor kedalaman
$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$	= faktor kemiringan beban
g_c, g_q, g_γ	= faktor kemiringan permukaan tanah, tanda aksen khusus untuk tanah kohesif
b_c, b_q, b_γ	= faktor inclinasi dasar pondasi tanda aksen khusus untuk tanah kohesi
γ_{sat}	= berat isi tanah basah
γ_w	= berat isi air
q_u	= kapasitas dukung batas kotor (gross ultimate bearing capacity)
$q_u(net)$	= kapasitas dukung batas netto (net ultimate bearing capacity)
q	= tekanan overburden = $\gamma \cdot D_f$
SF	= faktor keamanan umumnya minimal bernilai = 3.
S_t	= Penurunan total
S_i	= Penurunan seketika
S_{cp}	= Penurunan Konsolidasi primer
S_{cs}	= Penurunan Konsolidasi sekunder
Q	= Besarnya tegangan kontak

I_w	= Faktor Pengaruh yang tergantung dari bentuk pondasi dan kekakuan pondasi
μ	= Angka poss
E_s	= Modulus elastisitas tanah
ΔP	= Tambahan tegangan
E_o	= <i>initial void ratio</i>
C_c	= <i>compression index</i>
P_o	= <i>effective overburden layer</i>
C_r	= <i>compression index</i> pada saat <i>over</i> konsolidasi
H	= Tinggi lapisan yang mengalami konsolidasi
P_e	= <i>preconsolidation pressure</i>
P_t	= tambahan tegangan pada lempung bagian atas
P_m	= tambahan tegangan pada lempung bagian tengah
P_b	= tambahan tegangan pada lempung bagian bawah
C_w	= pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus
T_w	= pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus dan geser
q_c	= perlawanan konus
f_s	= perlawanan geser lokal
A_{pi}	= luas penampang piston
A_c	= luas penampang konus
A_s	= luas selimut geser
E	= Modulus Young E (<i>stiffness modulus</i>)
Y	= <i>Poisson's ratio</i>
θ	= sudut geser dalam
Ψ	= sudut dilantansi
k_x, k_y	= angka permeabilitas

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

SNI	= Standar Nasional Indonesia
FK	= Faktor keamanan
GWL	= <i>Ground Water Level</i>
U _x	= Koordinat titik arah x
U _y	= Koordinat titik arah y
K _x	= Permeabilitas arah x
K _y	= Permeabilitas arah y
EI	= Elastisitas dengan Inersia
EA	= Elastisitas dengan Luas

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lembar Asistensi Dosen Pembimbing I
- Lampiran 2. Lembar Asistensi Dosen Pembimbing II
- Lampiran 3. Lembar Asistensi Dosen Pembimbing II
- Lampiran 4. Tabel Excel Perhitungan Daya Dukung Tanah
- Lampiran 5. Tabel Excel Perhitungan Penurunan Tanah
- Lampiran 6. Gambar Teknis Dimensi Pondasi Yang Dipakai Dalam Perhitungan
- Lampiran 7. Grafik Hasil Sondir Titik 1 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 8. Tabel Hasil Sondir Titik 1 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 9. Tabel Hasil Sondir Titik 1 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 10. Grafik Hasil Sondir Titik 2 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 11. Tabel Hasil Sondir Titik 2 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 12. Tabel Hasil Sondir Titik 2 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 13. Grafik Hasil Sondir Titik 3 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 14. Tabel Hasil Sondir Titik 3 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 15. Tabel Hasil Sondir Titik 3 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 16. Grafik Hasil Sondir Titik 4 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 17. Tabel Hasil Sondir Titik 4 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 18. Tabel Hasil Sondir Titik 4 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 19. Grafik Hasil Sondir Titik 5 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 20. Tabel Hasil Sondir Titik 5 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 21. Tabel Hasil Sondir Titik 5 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 22. Grafik Hasil Sondir Titik 6 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 23. Tabel Hasil Sondir Titik 6 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II
- Lampiran 24. Tabel Hasil Sondir Titik 6 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semua konstruksi bangunan sipil akan ditopang oleh tanah, termasuk gedung-gedung, jembatan, jalan dan berbagai bangunan air seperti bendungan dan saluran-saluran irigasi. Oleh karena itu kondisi tanah dasar sangat mempengaruhi kestabilan dan keamanan konstruksi bangunan di atasnya. Salah satu unsur bangunan yang langsung berhubungan dengan tanah dasar adalah pondasi. Pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban yang diakibatkan struktur pada bagian atas kepada lapisan tanah yang berada pada bagian bawah struktur tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan tanah pondasi yang berlebihan. Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri. Mengingat hampir semua bangunan itu dibuat diatas atau dibawah permukaan tanah, maka harus dibuat pondasi yang dapat memikul beban bangunan itu atau gaya yang berkerja pada bangunan itu.. Kondisi tanah dasar di suatu tempat berbeda-beda, maksudnya adalah kemungkinan jenis tanah pada kedalaman tertentu di suatu lokasi berbeda-beda atau juga kemungkinan kepadatan tanahnya berbeda-beda. Terlebih lagi apabila muka air tanah di lokasi tersebut dangkal, sehingga pada kedalaman tertentu tanah lempung tersebut selalu terendam air. Dengan adanya perbedaan kondisi tanah sebagaimana tersebut diatas maka akan sangat mempengaruhi daya dukung tanah dalam menerima beban sebagai akibat dari jenis tanah dan kepadatan yang berbeda serta adanya perubahan kadar air tanah. Apabila pada tanah lempung tersebut direncanakan suatu bangunan dengan pondasi dangkal, maka tipe pondasi seperti apakah yang memenuhi syarat untuk bangunan tersebut. (I Gusti Ngurah Putu Dharmayasa, 2014)

Secara teoritis, beberapa ahli mekanika tanah mengembangkan metode-metode untuk menganalisis daya dukung tanah khususnya untuk pondasi dangkal.

Metode-metode tersebut mempunyai anggapan/asumsi yang berbeda. Metode untuk menganalisis daya dukung tanah khususnya fondasi dangkal antara lain Terzaghi, Meyerhof, Hansen, vesic, dan lainnya. Metode-metode tersebut mempunyai rumusan yang berbeda dan anggapan yang berbeda pula serta beberapa metode mempunyai keterbatasan dalam penggunaannya. Daya dukung tanah yang diharapkan untuk mendukung pondasi adalah daya dukung yang mampu memikul beban struktur, sehingga pondasi mengalami penurunan yang masih berada dalam batas toleransi. Kemudian, pemilihan jenis dan desain bentuk pondasi tergantung pada jenis tanah lapisan tanah yang ada dibawahnya. Apabila lapisan tanah tersebut keras maka daya dukung tanah tersebut cukup kuat untuk menahan beban yang ada, tetapi bila tanah lunak diperlukan penanganan khusus agar mempunyai daya dukung yang baik. Hal ini memerlukan studi yang lebih terperinci terhadap sifat dan kondisi dasar tanah. Pada penelitian ini akan diketahui apakah daya dukung tanah pondasi dangkal dengan metode yang berbeda akan menghasilkan nilai daya dukung yang hampir sama atau sangat berbeda. Kemudian melakukan analisis daya dukung tanah pondasi dangkal pada kasus yang sama berdasarkan metode Terzaghi, Meyerhof, dan Hansen. (Martini, 2009)

Di zaman ini teknologi berkembang pesat seiring dengan berkembangnya perangkat lunak komputer. Perangkat lunak ini semakin lama menjadi suatu keharusan akan tuntutan kecepatan dan ketepatan suatu perhitungan. Perangkat lunak yang biasa digunakan dalam menganalisis daya dukung maupun penurunan dalam hal ini konsolidasi adalah Plaxis.

Plaxis adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara axisymetris. Program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran, dan kurva (Makalah Plaxis, 2017)

Beranjak dari hal tersebut di atas maka peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul “***Analisis Perbandingan Daya Dukung Tanah Pondasi***

Dangkal dengan Metode Terzaghi, Meyerhof, Hansen, dan Metode Elemen Hingga “.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka permasalahan dalam tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Berapa besar kapasitas daya dukung dan penurunan tanah pada pondasi dangkal yang berada pada tanah lempung pada proyek pembangunan Lembaga Pemasyarakatan Klas II Labuhan ruku menurut metode analitis ?
2. Berapa besar kapasitas daya dukung dan penurunan tanah pada pondasi dangkal yang berada pada tanah lempung pada proyek pembangunan Lembaga Pemasyarakatan Klas II Labuhan ruku melalui pemodelan dengan *software* Plaxis versi 8.2 ?
3. Bagaimana perbandingan kapasitas daya dukung dan penurunan menurut metode analitis dan metode elemen hingga menggunakan *software* Plaxis versi 8.2 ?

1.3. Ruang Lingkup

Pada pelaksanaan proyek pembangunan Lembaga Pemasyarakatan Klas II Labuhan Ruku, terdapat banyak permasalahan yang dapat ditinjau dan dibahas, maka didalam laporan ini sangatlah perlu kiranya diadakan suatu pembatasan masalah. Batasan yang ditinjau hanya terbatas pada perhitungan daya dukung dan penurunan tanah pada proyek Lembaga Pemasyarakatan klas II Labuhan Ruku. Permasalahan yang ditinjau hanya dibatasi pada :

1. Hanya ditinjau untuk pondasi dangkal tegak lurus.
2. Tidak meninjau akibat gaya horizontal.
3. Penurunan hanya ditinjau pada penurunan segera (*immediate settlement*)

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Menghitung kapasitas daya dukung dan penurunan tanah pada pondasi dangkal yang berada pada tanah lempung pada proyek pembangunan Lembaga Pemasyarakatan kelas II Labuhan Ruku menurut metode analitis .
2. Menghitung kapasitas daya dukung dan penurunan tanah pada pondasi dangkal yang berada pada tanah lempung pada proyek pembangunan Lembaga Pemasyarakatan Kelas II Labuhan ruku melalui pemodelan dengan *software* Plaxis versi 8.2.

1.5. Manfaat Penulisan

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

1.5.1. Manfaat Teoritis

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 yaitu perencanaan struktur pondasi dangkal yang mengacu pada peraturan-peraturan baru yang ada saat ini.

1.5.2. Manfaat Praktis

Menambah pengetahuan praktis tentang ketekniksipilan dari pembimbing, sehingga menambah pengetahuan bagi penulis yang nantinya dapat diaplikasikan selama di lapangan serta diharapkan bermanfaat sebagai khasanah perkembangan ilmu pengetahuan di bidang geoteknik, terutama pondasi dangkal bagi penulis dan pihak-pihak terkait.

1.6. Sistematika Pembahasan

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

BAB - I PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup pembahasan, tujuan, dan manfaat penulisan .

BAB - II TINJAUAN PUSATAKA

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

BAB - III METODOLOGI

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

BAB - IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Bab ini berisi tentang analisis dan perhitungan kapasitas daya dukung pondasi dangkal dan penurunan tanah berdasarkan dari data yang dikumpulkan.

BAB - V KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Pondasi Dangkal

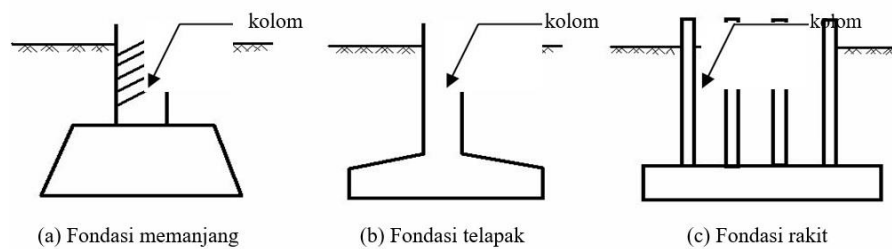
Secara umum, yang dinamakan pondasi dangkal adalah pondasi yang mempunyai perbandingan antara kedalaman dengan lebar sekitar kurang dari empat. Apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih besar dari empat, pondasi tersebut diklasifikasikan sebagai pondasi dalam. Dalam bab ini, kita akan membicarakan daya dukung tanah untuk pondasi dangkal. Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa suatu pondasi akan aman apabila:

1. Penurunan (*settlement*) tanah yang disebabkan oleh beban masih dalam batas yang diperbolehkan.
2. Keruntuhan geser dari tanah dimana pondasi berada tidak terjadi.

Dalam bab ini kita akan memperkenalkan masalah kemampuan pondasi dangkal untuk memikul beban yang didasarkan pada kriteria keruntuhan geser dalam tanah.

Pada umumnya pondasi dangkal berupa :

- a. Pondasi telapak, yaitu fondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.
- b. Pondasi memanjang, yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat, sehingga bila dipakai fondasi telapak sisi- sisinya akan berimpit satu sama lain.
- c. Pondasi rakit (*Raft Foundation* atau *mat foundation*), yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.



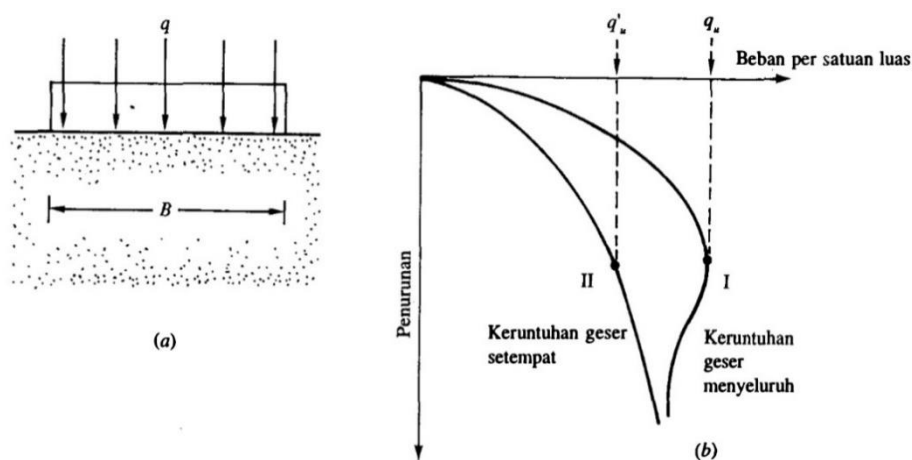
Gambar 2.1 Jenis-jenis pondasi dangkal

2.2 Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal

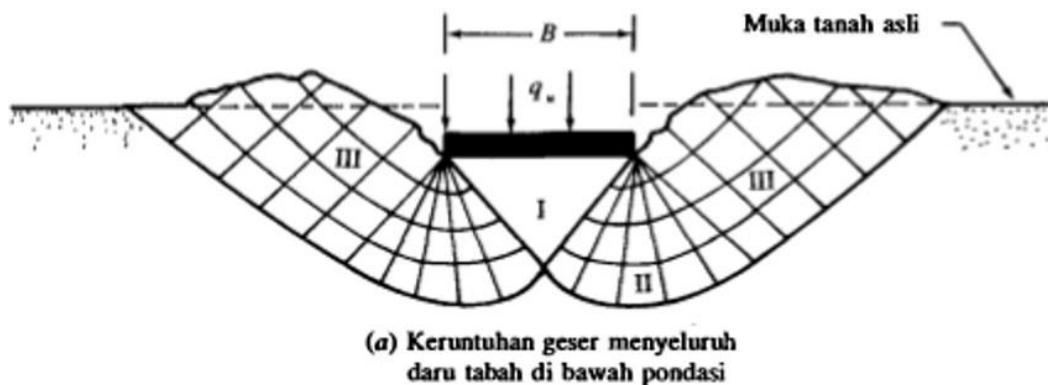
Untuk dapat memahami konsep daya dukung batas suatu tanah dan bentuk keruntuhan geser dalam tanah, marilah kita perhatikan model pondasi bentuk persegi yang memanjang dengan lebar B yang diletakkan pada permukaan lapisan tanah pasir padat (atau tanah yang kaku) seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.2a. Apabila beban terbagi rata (q) per satuan luas diletakkan di atas model pondasi, maka pondasi tadi akan turun. Apabila beban terbagi rata (q) tersebut ditambah, tentu saja penurunan pondasi yang bersangkutan akan bertambah pula. Tetapi, bila besar $q = q''$ (Gambar 2.2b) telah dicapai, maka keruntuhan daya dukung akan terjadi, yang berarti pondasi akan mengalami penurunan yang sangat besar tanpa penambahan beban q lebih lanjut. Tanah di sebelah kanan dan kiri pondasi akan menyembul dan bidang longsor akan mencapai permukaan tanah. Hubungan antara beban dan penurunan akan seperti Kurva I yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2b. Untuk keadaan ini, kita mendefinisikan q'' sebagai daya dukung batas dari tanah.

Keruntuhan daya dukung yang dijelaskan di atas dinamakan "keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*)", dan dapat dijelaskan dengan Gambar 2.3a. Apabila pondasi turun karena suatu beban yang diletakkan di atasnya, maka suatu zona keruntuhan blok segitiga dari tanah (zona I) akan tertekan ke bawah, dan selanjutnya, tanah dalam zona I menekan zona II dan zona III ke samping dan kemudian ke atas. Pada beban batas q'' , tanah berada dalam keadaan keseimbangan plastis dan keruntuhan terjadi dengan cara menggelincir. Apabila model pondasi yang kita jelaskan di atas kita letakkan dalam tanah pasir yang setengah padat, maka

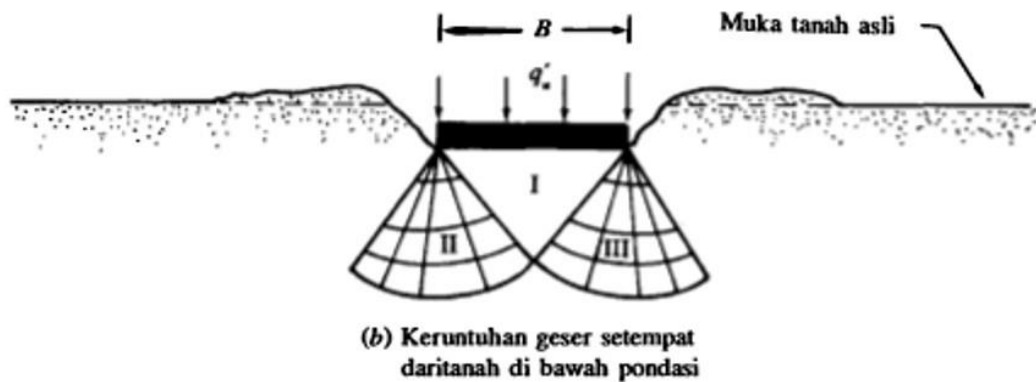
hubungan antara beban dan penurunan akan berbentuk seperti Kurva II. Sementara itu, apabila harga $q = q''$, maka hubungan antara beban dan penurunan menjadi curam dan lurus. Dalam keadaan ini, q''' kita definisikan sebagai daya dukung batas dari tanah. Tipe keruntuhan ini kita namakan sebagai "keruntuhan geser setempat (*local shear failure*)" sebagaimana dapat kita lihat dalam Gambar 2.3b Zona keruntuhan blok segitiga (zona I) di bawah pondasi akan bergerak ke bawah; tetapi, tidak seperti keruntuhan geser menyeluruh (*general shear failure*), bidang keruntuhan berakhir di suatu tempat di dalam tanah. Walaupun demikian, tanda-tanda tanah meyembul dapat kita lihat.



Gambar 2.2 Daya dukung batas tanah untuk kondisi dangkal; (a) Model pondasi; (b) Grafik hubungan antara beban dengan penurunan



Gambar 2.3 Bentuk keruntuhan daya dukung tanah di bawah pondasi dangkal



Gambar 2.3 : Lanjutan

2.2.1. Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Menurut Terzaghi

Analisis kapasitas dukung didasarkan kondisi *general shear failure*, yang dikemukakan Terzaghi (1943) dengan anggapan-anggapan sebagai berikut:

- Tahanan geser yang melewati bidang horisontal di bawah pondasi diabaikan
- Tahanan geser tersebut digantikan oleh beban sebesar $q = \gamma \cdot D_f$
- Membagi distribusi tegangan di bawah pondasi menjadi tiga bagian
- Tanah adalah material yang homogen, isotropis dengan kekuatan gesernya yang mengikuti hukum Coulumb.

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi \quad (2.1)$$

τ = tegangan geser

c = kohesi tanah

σ = tegangan normal

ϕ = sudut geser dalam tanah

Untuk pondasi menerus penyelesaian masalah seperti pada analisa dua dimensi

Analisa distribusi tegangan di bawah dasar pondasi menurut teori Terzaghi seperti ditunjukkan pada Gambar 1.7, dimana bidang keruntuhan dibagi menjadi 3 (tiga) zona keruntuhan yaitu:

$$q_u = c N_c (1 + 0,3 B/L) + \gamma D_f N_q + 1/2 \gamma B N_\gamma (1 - 0,2 \cdot B/L) \quad (2.5)$$

dimana:

q_u = daya dukung maksimum

c = kohesi tanah

γ = berat isi tanah

B = lebar pondasi (= diameter untuk pondasi lingkaran)

L = panjang pondasi

D_f = kedalaman pondasi

N_c, N_q, N_γ adalah faktor daya dukung yang besarnya dapat ditentukan dengan memakai Tabel 2.1 atau Gambar 2.5 atau dengan memakai rumus-rumus sebagai berikut:

$$N_c = \cot \phi \left[\frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2)\tan \phi}}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} - 1 \right] = \cot \phi (N_q - 1) \quad (2.6)$$

$$N_q = \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2)\tan \phi}}{2\cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (2.7)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi \quad (2.8)$$

K_{py} = koefisien tekanan tanah pasif

Untuk tanah dengan keruntuhan geser setempat (local shear failure) harga c diganti $c' = 2/3 c$ dan harga ϕ diganti $\phi' = \tan^{-1} (2/3 \tan \phi)$. Dari nilai c' dan ϕ' didapatkan faktor-faktor daya dukung untuk kondisi keruntuhan lokal: N'_c ; N'_q ; N'_γ (Table 2.2 atau Gambar 2.5).

1. Kapasitas daya dukung pondasi menerus dengan lebar B

$$q'_u = c' N'_c + \gamma D_f N'_q + 1/2 \gamma B \cdot N'_\gamma \quad (2.9)$$

2. Kapasitas daya dukung pondasi lingkaran dengan jari-jari R

$$q'_u = 1,3 c' N'_c + \gamma D_f N'_q + 0,6 \gamma R N'_\gamma \quad (2.10)$$

3. Kapasitas daya dukung pondasi bujur sangkar dengan sisi B

$$q'_u = 1,3 c' N'_c + \gamma D_f N'_q + 0,4 \gamma B N'_\gamma \quad (2.11)$$

4. Kapasitas daya dukung pondasi persegi empat ($B \times L$)

$$q'u = c' N'c (1 + 0,3 B/L) + \gamma Df N'q + 1/2 \gamma B N'y (1-0,2.B/L) \quad (2.12)$$

Tabel 2.1. Faktor daya dukung terzaghi untuk kondisi keruntuhan geser umum
(Kumbhojkar :1993)

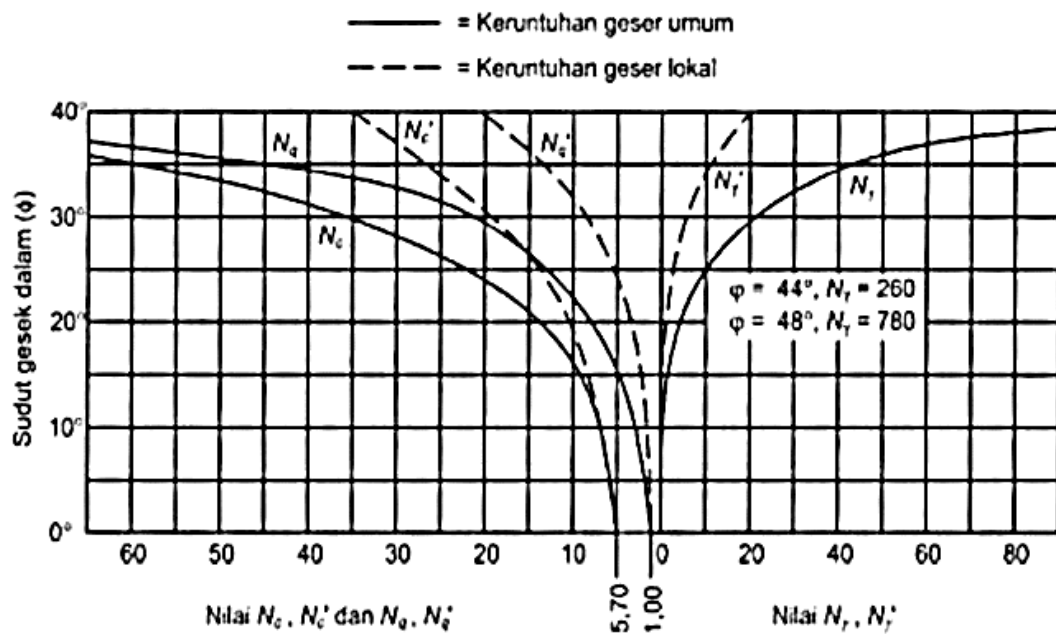
ϕ	Nc	Nq	N γ	ϕ	Nc	Nq	N γ
0	5,70	1,00	0,00	26	27,09	14,21	9,84
1	6,00	1,10	0,01	27	29,24	15,90	11,60
2	6,30	1,22	0,04	28	31,61	17,81	13,70
3	6,62	1,35	0,06	29	34,24	19,98	16,18
4	6,97	1,49	0,10	30	37,16	22,46	19,13
5	7,34	1,64	0,14	31	40,41	25,28	22,65
6	7,73	1,81	0,20	32	44,04	28,52	26,87
7	8,15	2,00	0,27	33	48,09	32,23	31,94
8	8,60	2,21	0,35	34	52,64	36,50	38,04
9	9,09	2,44	0,44	35	57,75	41,44	45,41
10	9,61	2,69	0,56	36	63,53	47,16	54,36
11	10,16	2,98	0,69	37	70,01	53,80	65,27
12	10,76	3,29	0,85	38	77,50	61,55	78,61
13	11,41	3,63	1,04	39	85,97	70,61	95,03
14	12,11	4,02	1,26	40	95,66	81,27	115,31
15	12,86	4,45	1,52	41	106,81	93,85	140,51
16	13,68	4,92	1,82	42	119,67	108,75	171,99
17	14,60	5,45	2,18	43	134,58	126,50	211,56
18	15,12	6,04	2,59	44	151,95	147,74	261,60
19	16,56	6,70	3,07	45	172,28	173,28	325,34
20	17,69	7,44	3,64	46	196,22	204,19	407,11
21	18,92	8,26	4,31	47	224,55	241,80	512,84
22	20,27	9,19	5,09	48	258,28	287,85	650,67
23	21,75	10,23	6,00	49	298,71	344,63	831,99

Tabel 2.2. Faktor Daya Dukung Terzaghi untuk Kondisi Keruntuhan Geser
Setempat (Kumbhojkar :1993)

ϕ	Nc	Nq	N γ	ϕ	Nc	Nq	N γ
0	5,70	1,00	0,00	26	15,53	6,05	2,59
1	5,90	1,07	0,005	27	16,30	6,54	2,88
2	6,10	1,14	0,02	28	17,13	7,07	3,29
3	6,30	1,2	0,04	29	18,03	7,66	3,76
4	6,51	1,30	0,055	30	18,99	8,31	4,39
5	6,74	1,39	0,074	31	20,03	9,03	4,83
6	6,97	1,49	0,10	32	21,16	9,82	5,51

Tabel 2.2 : *Lanjutan*

ϕ	Nc	Nq	N γ	ϕ	Nc	Nq	N γ
7	7,22	1,59	0,128	33	22,39	10,69	6,32
8	7,47	1,70	0,16	34	23,72	11,67	7,22
9	7,74	1,82	0,20	35	25,18	12,75	8,35
10	8,02	1,94	0,24	36	26,77	13,97	9,41
11	8,32	2,08	0,30	37	28,51	15,32	10,90
12	8,63	2,22	0,35	38	30,43	16,85	12,75
13	8,96	2,38	0,42	39	32,53	18,56	14,71
14	9,31	2,55	0,48	40	34,87	20,50	17,22
15	9,67	2,73	0,57	41	37,45	22,70	19,75
16	10,06	2,92	0,67	42	40,33	25,21	22,50
17	10,47	3,13	0,76	43	43,54	28,06	26,25
18	10,90	3,36	0,88	44	47,13	31,34	30,40
19	11,36	3,61	1,03	45	51,17	35,11	36,00
20	11,85	3,88	1,12	46	55,73	39,48	41,70
21	12,37	4,17	1,35	47	60,91	44,54	49,30
22	12,92	4,48	1,55	48	66,80	50,46	59,25
23	13,51	4,82	1,74	49	73,55	57,41	71,45



Gambar 2.5. Grafik Faktor Daya Dukung Terzaghi

2.2.2 Kapasitas Daya Dukung Meyerhof

Meyerhof (1963) telah mengembangkan rumus-rumus perhitungan kapasitas daya dukung dengan mempertimbangkan faktor : kedalaman, bentuk dan kemiringan beban. Rumus daya dukung secara umum dari Meyerhof adalah :

$$q_u = c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + \gamma.D_f.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + \frac{1}{2}.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i} \quad (2.13)$$

Dimana :

q_u = daya dukung maksimum

c = kohesi tanah

B = lebar pondasi (= diameter untuk pondasi lingkaran)

γ = berat isi tanah

D_f = kedalaman pondasi

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = faktor bentuk

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = faktor kedalaman

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = faktor kemiringan beban

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung, sesuai Tabel 2.3 atau dengan rumus faktor daya dukung diberikan oleh Meyerhof sebagai berikut :

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \tan \phi} \quad (2.14)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi \quad (2.15)$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi \quad (2.16)$$

Tabel 2.3 Faktor daya dukung Meyerhof (Hary.C.H.:2002)

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,14	1,00	0,00	26	22,25	11,85	12,54
1	5,38	1,09	0,07	27	23,94	13,20	14,47
2	5,63	1,20	0,15	28	25,80	14,72	16,72
3	5,90	1,31	0,24	29	27,86	16,44	19,34
4	6,19	1,43	0,34	30	30,14	18,40	22,40
5	6,49	1,57	0,45	31	32,67	20,63	25,99
6	6,81	1,72	0,57	32	35,49	23,18	30,22

Tabel 2.3 : *Lanjutan*

ϕ	Nc	Nq	$N\gamma$	ϕ	Nc	Nq	$N\gamma$
7	7,16	1,88	0,71	33	38,64	26,09	35,19
8	7,53	2,06	0,86	34	42,16	29,44	41,06
9	7,92	2,25	1,03	35	46,12	33,30	48,03
10	8,35	2,47	1,22	36	50,59	37,75	56,31
11	8,80	2,71	1,44	37	55,63	42,92	66,19
12	9,28	2,97	1,69	38	61,35	48,93	78,03
13	9,81	3,26	1,97	39	67,87	55,96	92,25
14	10,37	3,59	2,29	40	75,31	64,20	109,41
15	10,98	3,94	2,65	41	83,86	73,90	130,22
16	11,63	4,34	3,06	42	93,71	85,38	155,55
17	12,34	4,77	3,53	43	105,11	99,02	186,54
18	13,10	5,26	4,07	44	118,37	115,31	224,64
19	13,93	5,80	4,68	45	133,88	134,88	271,76
20	14,63	6,40	5,39	46	152,10	158,51	330,35
21	15,82	7,07	6,20	47	173,64	187,21	403,67
22	16,88	7,82	7,13	48	199,26	222,31	496,01
23	18,05	8,66	8,20	49	229,93	265,51	613,16
24	19,32	9,60	9,44	50	266,89	319,07	762,89
25	20.72	10.66	6.77				

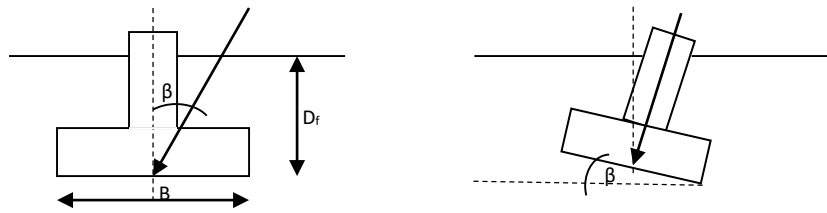
Rumus umum yang digunakan untuk menentukan faktor pengaruh bentuk, kedalaman dan kemiringan beban dapat digunakan seperti dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor bentuk, kedalaman dan kemiringan yang rekomendasikan (Hanna dan Meyerhof :1981)

Faktor	Rumus	Sumber
Bentuk	$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$ $F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$	De Beer (1970)

Tabel 2.4 : *Lanjutan*

Faktor	Rumus	Sumber
Bentuk	$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$	De Beer (1970)
Kedalaman	a. Bila $D_f/B \leq 1$ Untuk $\phi = 0$ $F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{D_f}{B}$	Hansen (1970)
Kedalaman	$F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ Untuk $\phi > 0$ $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c - \tan \phi}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$ $F_{\gamma d} = 1$ b. Bila $D_f/B > 1$, Untuk $\phi = 0$ $F_{cd} = 1 + 0,4 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ Untuk $\phi > 0$ $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c - \tan \phi}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $F_{\gamma d} = 1$	Hansen (1970)
Kemiringan	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$ $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{\phi^\circ} \right)^2$	Hansen (1970)



Gambar 2.6 Kemiringan Beban pada pondasi

2.2.3 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Hansen

Analisa daya dukung Hansen dibanding dengan Terzaghi dan Meyerhof adalah yang terlengkap. Faktor-faktor yang tidak diperhitungkan oleh Terzaghi dan Meyerhof adalah permukaan tanah g (*ground factors*). Dan pengaruh inklinasi dasar pondasi b (*base factor*). Didalam pengambilan factor-factor yang berpengaruh pada analisis kapasitas daya dukung, Hansen mengkombinasikan hasil yang diperolehnya sendiri dengan para peneliti lain seperti, De Beer (1970) dan Vesic (1973)

Zone tegangan yang terjadi dibawah pondasi dangkal akibat pembebanan dimobilisasi serupa seperti yang diueaikan oleh Terzaghi. Dengan memasukkan semua factor-factor yang mempengaruhi kapasitas daya dukung, oleh Hansen diajukan suatu persamaan umum untuk menghitung kapasitas daya dukung tanah sebagai berikut :

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + D_f \gamma N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0,5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (2.17)$$

Bila, $\phi = 0$

$$q_u = 5.14 S_u (1 + S'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q \quad (2.18)$$

Dimana,

N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas daya dukung

S_c, S_q, S_γ = faktor bentuk pondasi, tanda akses khusus untuk tanah kohesif

d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman pondasi, tanda akses khusus untuk tanah kohesif

i_c, i_q, i_γ = faktor inclinasi pembebanan, tanda khusus untuk tanah kohesif

g_c, g_q, g_γ = faktor kemiringan permukaan tanah, tanda aksen khusus untuk tanah kohesif

b_c, b_q, b_γ = faktor inclinasi dasar pondasi, tanda aksen khusus untuk tanah kohesif
 c = kohesi
 su = kekuatan geser tanah kohesif didapat dari hasil percobaan U.U Triaxial atau hasil *unconfined compressive strength test*
 S_u = $C_u = q_u/2$
 γ = berat isi tanah
 B = dimensi pondasi
 $\bar{q}$ = $\gamma D_f = \sum \gamma_i h_i$ efektif mengatasi tekanan beban

Pada persamaan (2.17) dan (2.18) dari Hansen N_c , N_q dan N_γ , berbeda dengan Terzaghi biarpun mobilisasi tegangan dibawah serupa dengan Terzaghi. Harga N_c dan N_q serupa dengan N_c dan N_q Meyerhof. Sedang N_γ menggunakan persamaan berikut :

$$N_\gamma = 1.5 (N_{q-1}) \tan \phi \quad (2.19)$$

Tabel 2.4 Faktor daya dukung Hansen (Hary.C.H.:2002)

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.1	1	0	26	22.25	11.85	7.94
1	5.38	1.09	0	27	23.94	13.2	9.32
2	5.63	1.2	0.01	28	25.8	14.72	10.94
3	5.9	1.31	0.02	29	27.86	16.44	12.84
4	6.19	1.43	0.05	30	30.14	18.4	15.07
5	6.49	1.57	0.07	31	32.67	20.63	17.69
6	6.81	1.72	0.11	32	35.49	23.18	20.79
7	7.16	1.88	0.16	33	38.64	26.09	24.44
8	7.53	2.06	0.22	34	42.16	29.44	28.77
9	7.92	2.25	0.3	35	46.12	33.3	33.92
10	8.34	2.47	0.39	36	50.59	37.75	40.05
11	8.8	2.71	0.5	37	55.63	42.92	47.38
12	9.28	2.97	0.63	38	61.35	48.93	56.17
13	9.81	3.26	0.78	39	67.87	55.96	66.76

Tabel 2.4 : *Lanjutan*

ϕ	Nc	Nq	N γ	ϕ	Nc	Nq	N γ
14	10.37	3.59	0.97	40	75.31	64.2	79.54
15	10.98	3.94	1.18	41	83.86	73.9	95.05
16	11.63	4.34	1.43	42	93.71	85.37	113.96
17	12.34	4.77	1.73	43	105.11	99.1	137.1
18	13.1	5.26	2.08	44	118.37	115.31	165.58
19	13.93	5.8	2.48	45	133.87	134.87	200.81
20	14.83	6.4	2.95	46	152.1	158.5	244.65
21	15.81	7.07	3.5	47	173.64	187.21	299.52
22	16.88	7.82	4.13	48	199.26	222.3	368.67
23	18.05	8.66	4.88	49	229.92	265.5	456.4
24	19.32	9.6	5.75	50	266.88	319.06	568.57
25	20.72	10.66	6.76				

Faktor-faktor bentuk pondasi, kedalaman pondasi, inklinasi pembebanan, kemiringan permukaan dan inklinasi dasar pondasi dapat dilihat pada table 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5. Faktor bentuk (*s=shape*), kedalaman (*d=depth*), sudut beban (*i=inclination*), kemiringan muka tanah (*g=ground*) dan kemiringan dasar (*b=base*) dari Hansen (Abdul Hakam:2010)

Faktor	Rumus	Keterangan
Bentuk	$S'c = 0,2 (B'/L')$	
Kedalaman	$D'c = k(B/L)$	$K = D/B$, untuk $D \leq B$ $K = \tan^{-1} (D/B)$ radian, untuk $D > B$
Sudut beban	$I'c = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}$ $\left(\sqrt{1 - \frac{H}{A'ca}} \right)$	$H = Q \sin \theta$ $A' =$ Luas dasar pondasi yang tertekan $A' = B'L'$ C_a diambil berkisar $2/3 c_u$ hingga c_u
Muka tanah	$g'c = (\beta^\circ / 147^\circ)$	$B =$ Kemiringan muka tanah

Tabel 2.5 : *Lanjutan*

Faktor	Rumus	Keterangan
Kemiringan dasar	$B'c = (\eta^\circ/147^\circ)$	η = kemiringan dasar pondasi
bentuk	$Sc = 1 + (Nq/nc)(B'/L')$	Untuk pondasi menerus $s_c = 1$
	$Sq = 1 + (B'/L') \tan\phi$	
	$Sy = 1 - 0,4 (B'/L')$	
Kedalaman	$dc = 1 - 0,4 k$	K seperti keterangan di atas
	$dq = 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi) k$	
	$dy = 1$	Untuk semua nilai ϕ
Sudut beban	$ic = iq - \frac{1-i}{Nq-1}$	
	$Iq = \left(1 - \frac{0,5 H}{V + A'ca \cot\phi}\right)^5$	$V = Q \cos\theta$ Iq harus > 0
	$Iy = \left(1 - \frac{(0,7 - \frac{\eta^\circ}{450^\circ}) H}{V + A'ca \cot\phi}\right)^5$	η = sudut kemiringan dasar pondasi dihitung nilai positif terhadap horizontal Iy harus > 0
Muka tanah	$gc = 1 - (\beta^\circ/147^\circ)$	Haru dipenuhi : $\beta + \eta \leq 90^\circ$ Untuk tanah berbutir $\beta \geq 0$
	$gq = gy = (1 - 0,5 \tan\beta)^5$	
Kemiringan dasar	$bc = 1 - (\eta^\circ/147^\circ)$	
	$bq = e^{(-2\eta \tan\phi)}$	
	$by = e^{(2,7 \eta \tan\phi)}$	

2.3 Pengaruh Permukaan Air Tanah

Terdapat tiga keadaan pengaruh muka air tanah (*ground water table*) terhadap kapasitas dukung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Sekarang, kita akan membahas tiap-tiap keadaan tersebut secara singkat.

- Keadaan I (Gambar 2.7a)

Apabila permukaan air tanah terletak pada jarak D di atas dasar pondasi, harga q dalam suku kedua dari persamaan daya dukung harus dihitung sebagai berikut:

$$q = \gamma (D_f - D) \gamma' D \quad (2.20)$$

Dengan :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = \text{berat volume efektif dari tanah.} \quad (2.21)$$

Demikian juga, berat volume tanah γ yang ada dalam suku ketiga persamaan daya dukung harus diganti dengan γ' .

- Keadaan II (Gambar 2.7b)

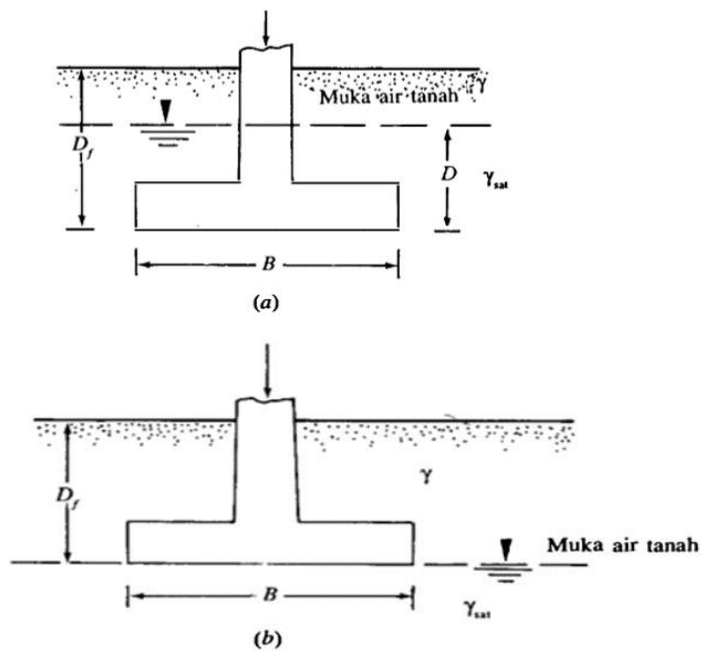
Apabila permukaan air tanah berada tepat di dasar pondasi, maka harga q akan sama dengan γD_f . Akan tetapi, berat volume γ , dalam suku ketiga dari persamaan daya dukung harus diganti dengan γ' .

- Keadaan III (Gambar 2.7c)

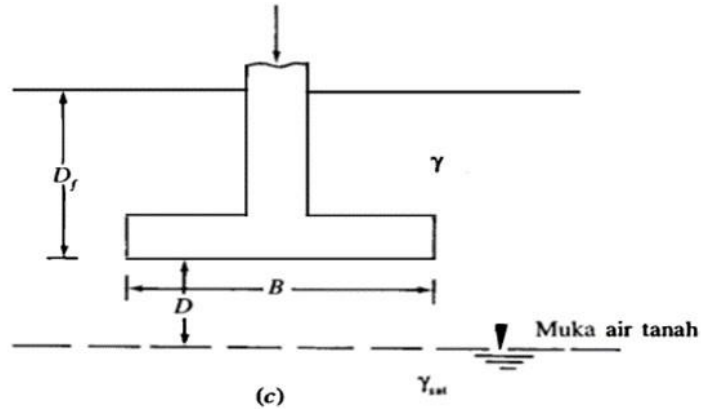
Apabila permukaan air tanah berada pada kedalaman D di bawah dasar pondasi, maka $q = \gamma D_f$. Besaran γ dalam suku ketiga dari persamaan daya dukung harus diganti dengan $\gamma_{\text{rata-rata}}$.

$$\gamma_{\text{rata-rata}} = \frac{1}{B} [\gamma D + \gamma' (B - D)] \quad (\text{untuk } D \leq B) \quad (2.22)$$

$$\gamma_{\text{rata-rata}} = \gamma \quad (\text{untuk } D > B) \quad (2.23)$$



Gambar 2.7. Pengaruh lokasi permukaan air tanah terhadap daya dukung pondasi dangkal. (a) Keadaan I, (b) Keadaan II, (c) Keadaan III.



Lanjutan gambar 2.7.

2.4 Angka Keamanan

Besarnya kapasitas dukung ijin kotor ($q_{ijin} = q_{all} = \text{gross allowable load-bearing capacity}$) adalah :

$$q_{ijin} = \frac{q_u}{SF} \quad (2.24)$$

Sedangkan penambahan tegangan di bawah tanah netto ($q_{ijin(net)}$) = beban dari bangunan atas (*superstructure*) per satuan luas pada pondasi dinyatakan dalam :

$$q_{ijin(net)} = \frac{q_{u(net)}}{SF} = \frac{q_u - q}{SF} \quad (2.25)$$

keterangan :

q_u = kapasitas dukung batas kotor (*gross ultimate bearing capacity*)

$q_{u(net)}$ = kapasitas dukung batas netto (*net ultimate bearing capacity*)

q = tekanan overburden = $\gamma \cdot D_f$

SF = faktor keamanan (*factor of safety*) umumnya minimal bernilai = 3.

2.5 Penurunan Tanah

Penurunan pondasi akibat beban yang bekerja pada pondasi dapat di klasifikasikan kedalam 2 (dua) jenis yaitu penurunan seketika (*immediately settlement*) dan penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*).

Penurunan seketika adalah penurunan yang terjadi begitu pembebanan bekerja atau dilaksanakan, biasanya terjadi berkisar dari 0 (nol) sampai kurang dari 7 (tujuh)

hari dan terjadi pada tanah lanau, pasir dan tanah liat yang mempunyai derajat kejenuhan ($S_r\%$) $< 90\%$.

Penurunan konsolidasi adalah penurunan yang diakibatkan keluarnya air dari dalam pori tanah akibat beban yang bekerja pada pondasi yang besarnya ditentukan oleh waktu pembebanan dan terjadi pada tanah jenuh ($S_r=100\%$) atau yang mendekati jenuh ($S_r\% = 90 - 100 \%$) atau pada tanah yang berbutir halus, yang mempunyai harga $k \leq 10^{-6}$ m/s. Penurunan konsolidasi yang terjadi dibagi menjadi dua periode yaitu penurunan konsolidasi primer dan sekunder.

Didalam perhitungan penurunan yang penting adalah mengetahui besarnya tegangan tanah (*soil pressure*) yang bekerja pada lapisan/massa tanah yang bersangkutan.

Persamaan besarnya penurunan total (S_t) yang terjadi adalah :

$$S_t = S_i + S_{cp} + S_{cs} \quad (2.26)$$

Dimana :

S_t = Penurunan total

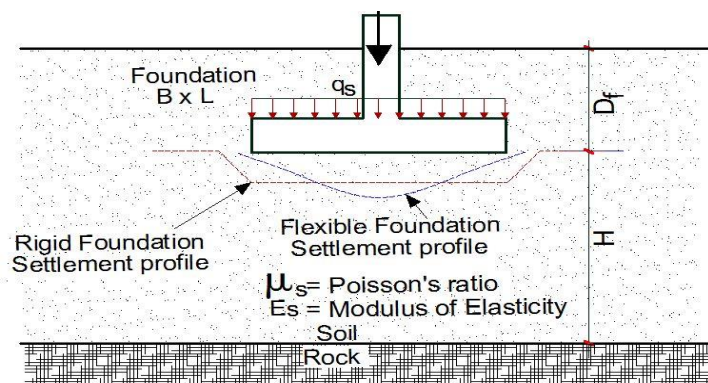
S_i = Penurunan seketika

S_{cp} = Penurunan Konsolidasi primer

S_{cs} = Penurunan Konsolidasi sekunder

2.5.1 Penurunan Seketika

Ilustrasi penurunan seketika pada pondasi akibat beban yang bekerja dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Iustrasi penurunan pada pondasi

Rumus penurunan seketika (*immediately settlement*) dikembangkan berdasarkan teori elastis dari Timonshenko dan Goodier (1951), adalah sebagai berikut :

$$S_i = q \cdot B \frac{1 - \mu^2}{E_s} I_w \quad (2.27)$$

Dimana :

q = Besarnya tegangan kontak

B = Lebar fungsi pondasi

I_w = Faktor Pengaruh yang tergantung dari bentuk pondasi dan kekakuan pondasi (lihat Tabel 2.6)

μ = Angka *poss* (lihat Tabel 2.7)

E_s = Sifat elastis tanah (lihat Tabel 2.8)

Tabel 2.6 Faktor pengaruh I_w dan I_m (Rekayasa fundasi II:1997)

	Flexible			Rigid	
	Shape	Center	Average	I_w	I_m
Circle	1	0.64	0.85	0.88	6
Square	1.12	0.56	0.95	0.82	3.7
Rectangle :					
L/B = 0.2	-	-	-	-	2.29
0.5	-	-	-	-	3.33
1.5	1.36	0.68	1.15	1.06	4.12
2	1.53	0.77	1.3	1.2	4.38
5	2.1	1.05	1.83	1.7	4.82
10	2.54	1.27	2.25	2.1	4.93
100	4.01	2	3.69	3.4	5

Tabel 2.7 Harga μ menurut jenis tanah (Rekayasa fundasi II:1997)

Type of Soil	M
Clay, Saturated	0.4 - 0.5
Clay, Unsaturated	0.1 - 0.3
Sandy clay	0.2 - 0.3
Silt	0.3 - 0.35
Sand (dense)	0.2 - 0.4
Coarse (void) ratio = 0.4 - 0.7	0.15
Fined-grained (void ratio = 0.4 - 0.7)	0.25
Rock	0.1- 0.4 (depends somewhat on type of rock)

Tabel 2.7 : *Lanjutan*

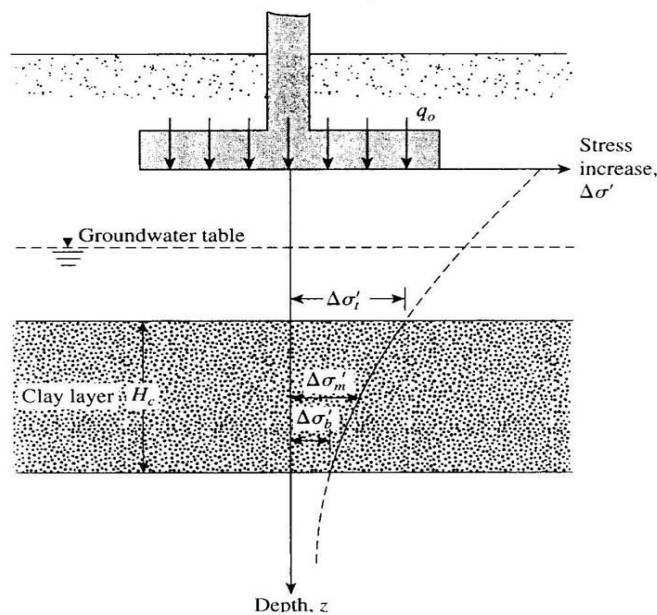
Type of Soil	M
Loess	0.1 - 0.3
Ice	0.36
Conerate	0.15

Tabel 2.8 Harga Es menurut Jenis Tanah (Rekayasa fundasi II:1997)

Soil	Es	
	Ksf	Mpa
Clay		
Very Soft	50 - 250	2 - 15
Soft	100 - 500	5 - 25
Medium	300 - 1000	15 - 50
Hard	1000 - 2000	50 - 100
Sandy	500 - 5000	25 - 250
Glacial till		
Loose	200 - 3200	10 - 153
Dense	3000 - 15000	144 - 720
Very dense	10000 - 30000	478 - 1440
Loess	300 - 1200	14 - 57
Sand		
Silty	150 - 450	7 - 21
Loose	200 - 500	10 - 24
Dense	1000 - 1700	48 - 81
Sand & gravel		
Loose	1000 - 3000	48 - 144
Dense	2000 - 4000	96 - 192
Shale	3000 - 3000000	144 - 14400
Silt	40 - 400	2 - 20

2.5.2 Penurunan Konsolidasi (*immediately settlement*)

Pada dasarnya penurunan konsolidasi diakibatkan keluarnya air pori dalam tanah akibat tambahan tegangan pada tanah tersebut seperti terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 penurunan konsolidasi

a. Penurunan konsolidasi primer

- Tanah normal konsolidasi

$$S_{cp} = \frac{Cc \cdot H}{1+e_o} \left(\log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right) \quad (2.28)$$

- Tanah over konsolidasi

Untuk $P_o + \Delta p \leq P_c$

$$S_{cp} = C_r \cdot \frac{H}{1+e_o} \left(\log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \right) \quad (2.29)$$

Untuk $P_o + \Delta p \geq P_c$

$$S_{cp} = C_r \cdot \frac{H}{1+e_o} \left(\log \frac{P_c}{P_o} \right) + C_c \cdot \frac{H}{1+e_o} \left(\log \frac{P_o + \Delta P}{P_c} \right) \quad (2.30)$$

Dimana :

ΔP = Tambahan tegangan

E_o = initial void ratio

C_c = compression index

P_o = effective overburden layer

C_r = compression index pada saat over konsolidasi

H = Tinggi lapisan yang mengalami konsolidasi

P_e = preconsolidation pressure

Besarnya tambahan tegangan (ΔP) pada lapisan tanah lempung tidak konstan tergantung pada kedalaman yang ditinjau. Besarnya P akan mengecil dengan

bertambahnya kedalaman yang ditinjau terhadap dasar pondasi. Rata-rata pertambahan tegangan dapat ditentukan dengan rumus sederhana, yaitu :

$$\overline{\Delta P} = 1/6 \cdot (\Delta P_t + 4 \cdot \Delta P_m + \Delta P_b) \quad (2.31)$$

Dimana :

P_t = tambahan tegangan pada lempung bagian atas

P_m = tambahan tegangan pada lempung bagian tengah

P_b = tambahan tegangan pada lempung bagian bawah

Metode penentuan besarnya tegangan yang biasa dipakai adalah metode pendekatan yaitu metode 2:1 seperti terlihat pada gambar. Berdasarkan metode tersebut tambahan tegangan pada kedalaman z dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{q_0 \cdot B \cdot L}{(B+z) \cdot (L+z)} \quad (2.32)$$

Tetapi besarnya tegangan tanah yang bekerja pada setiap lapis tanah dapat didasarkan atas cara elastis. Dua cara yang dikenal adalah cara Bousinesq dan Westergard serta cara Newmark yang disajikan dalam bentuk grafik.

b. Penurunan Konsolidasi Sekunder

Penurunan akibat konsolidasi sekunder dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_{cs} = C'_a H \log \frac{t_2}{t_1} \quad (2.33)$$

Dimana :

$$C_a = \frac{\Delta e}{\log t_2/t_1} \quad (2.34)$$

$$C_a = \frac{C_a}{1+e_p} \quad (2.35)$$

2.6 Parameter Tanah

Model tanah yang digunakan pada pemodelan ini adalah model *Mohr Coloumb* dengan analisis *axisymmetric*, yaitu kondisi awal digambarkan seperempat namun sudah mewakili sisi yang lain karena dianggap simetris. Pada model ini diasumsikan perilaku tanah bersifat plastis sempurna. Adapun parameter yang dibutuhkan dalam pemodelan ini yaitu : Modulus Young E (*stiffness modulus*),

Poisson's ratio (ν), sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), sudut dilatasi (Ψ) berat isi tanah (γ).

Parameter tanah yang akan dijadikan asumsi tinjauan adalah pada kedalaman yang diambil dari penjumlahan antara lebar pondasi (B) dengan kedalaman pondasi (D_f).

1. Klasifikasi Tanah

Data tekanan konus (q_c) dan hambatan pelek (f_s) yang didapatkan dari hasil pengujian sondir dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah seperti yang ditunjukkan dalam tabel :

Tabel 2.9 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir (Braja M.das:Mekanika teknik I)

Hasil Sondir		Klasifikasi
Q_c	f_s	
6,0	0,15-0,40	Humus, lempung sangat lunak
6,0-10	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20-0,60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10 – 30	0,10	Kerikil lepas
	0,10-0,40	pasir lepas
	0,40-0,80	lempung atau lempung kelanauan
	0,80-2,00	lempung agak kenyal
30-60	1,50	pasir kelanauan ,pasir agak padat
	1,0-3,0	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60-150	1,0	Kerikil kepasiran lepas
	1,0-3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,0	Lempung kekerikilan Kenya
150-300	1,0-2,0	Pasir padat, pasir kekerikilan, pasir kasar pasir, pasir kelanauan sangat padat

2. Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor

aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian *Direct Shear Test*. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir (q_c) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kohesi (} c \text{)} = q_c/20 \quad (2.36)$$

3. Sudut Geser Dalam

Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapatkan dari pengukuran engineering properties tanah dengan *Direct Shear Test*. Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 2.10 :

Tabel 2.10 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah
Tanah (Braja M.das:Mekanika teknik I)

Jenis tanah	Sudut geser dalam
kerikil kepasiran	35° - 40°
kerikil kerakal	35° - 40°
pasir padat	35° - 40°
pasir lepas	30°
lempung kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

4. Modulus Young

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari *Traxial Test*. Nilai Modulus Elastisitas (E_s) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada Tabel 2.11 dan Tabel 2.12 .

Dengan menggunakan data sondir, boring dan grafik triaksial dapat digunakan untuk mencari besarnya nilai elastisitas tanah. Nilai yang dibutuhkan adalah nilai q_c atau *cone resistance*. Yaitu dengan menggunakan rumus :

$$E = 2.q_c \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 3.q_c \text{ (untuk pasir)}$$

$$E = 2. \text{ sampai } 8. q_c \text{ (untuk lempung)}$$

Tabel 2.11 Hubungan Es dengan qc (Braja M.das:Mekanika teknik I)

Jenis Tanah	CPT (kg/cm ²)
Pasir terkonsolidasi normal	$E_s = (2 - 4) q_c$
Pasir over konsolidasi	$E_s = (6 - 30) q_c$
Pasir berlempung	$E_s = (3 - 6) q_c$
Pasir lunak	$E_s = (1 - 2) q_c$
Lempug lunak	$E_s = (3 - 8) q_c$

Tabel 2.12 Nilai perkiraan modulus elastisitas tanah (Bowles:1997)

Macam Tanah	E (kg/cm ²)
Lempung	
Sangat Lunak	3 – 30
Lunak	20 – 40
Sedang	45 – 90
Berpasir	300 – 425
Pasir	
Berlanau	50 – 200
tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
Pasir dan Kerikil	
Padat	800 – 2000
Macam Tanah	E (kg/cm ²)
Macam Tanah	E (kg/cm ²)
tidak padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200

Tabel 2.12 : *Lanjutan*

Loses	150 – 600
Cadas	1400 – 14000

5. Poisson Ratio

Nilai *poisson ratio* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan permukaan lateral. Nilai *poisson ratio* dapat ditentukan berdasar jenis tanah seperti yang terlihat pada Tabel 2.13 di bawah ini.

Tabel 2.13 Nilai *poisson rattio* berdasarkan jenis tanah (Braja M.das:1988)

Jenis Tanah	Poisson Ratio(μ)
Lempung tak jenuh	0,4 – 0,5
Lempung jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1,0
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3 – 0,4

6. Berat Isi Tanah

Korelasi jenis tanah dengan nilai berat isi tanah basah (γ_{sat}) dan berat isi tanah kering bisa kita lihat pada tabel 2.14 di bawah ini :

Tabel 2.14. Korelasi jenis tanah dengan nilai berat isi tanah basah dan kering (John Wiley & Sons: 2000)

Jenis Tanah	γ_{sat} (KN/m ³)	γ_{dry} (KN/m ³)
Kerikil	20-22	15-17
pasir	18-20	13-16
Lanau	18-20	14-18
Lempung	16-22	14-21

7. Permeabilitas (k)

Parameter permeabilitas dinyatakan dalam sebuah koefisien rembesan (k). Koefisien rembesan tanah tergantung pada beberapa faktor, yaitu : kekentalan

cairan, distribusi ukuran butiran, angka pori, kekerasan permukaan butiran tanah, dan derajat kejenuhan tanah. Pada tanah berlempung, struktur tanah memiliki peranan penting dalam menentukan koefisien rembesan. Besar koefisien permeabilitas (k) untuk tanah yang berbeda-beda dapat dilihat pada tabel 2.15 berikut :

Tabel 2.15 Nilai permeabilitas tanah berdasarkan jenis tanah jenuh (*saturated oil*)
Braja M. Das, 1996

Jenis Tanah	Koefisien permeabilitas (cm/det)
Kerikil bersih (<i>medium to coarse soil</i>)	$<10^{-1}$
Pasir kasar (<i>coarse to fine sand</i>)	$10^{-1} - 10^{-3}$
Pasir halus (<i>fine sand, silty sand</i>)	$10^{-3} - 10^{-5}$
Lanau (<i>silt, clayey silt, silt clay</i>)	$10^{-5} - 10^{-7}$
Lempung (<i>clay</i>)	$<10^{-7}$

8. Sudut Dilatasi (ψ)

Pada tanah lempung nilai $\psi = 0$, sudut dilatasi untuk tanah pasir tergantung pada kerapatan dan sudut gesernya, pada umumnya 30. Pada sebagian besar kasus nilai $\psi = 0$, untuk nilai sudut geser kurang dari 30.

2.7.1 Metode Elemen Hingga

Banyak program komputer yang menggunakan metode ini, sehingga dalam menggunakannya perlu memahami konsep dasar, struktur, sistem operasi program itu. Program Plaxis menggunakan konsep metode elemen hingga.

Metode elemen hingga didasari prinsip membagi atau diskretisasi dari suatu kontinum, di mana kontinum tersebut dapat berupa sistem struktur, massa ataupun benda padat lainnya yang akan dianalisis. Pembagian dalam metode ini untuk membagi suatu benda menjadi elemen yang lebih kecil, sehingga mudah untuk dianalisis. Dengan adanya pembagian tersebut maka suatu sistem yang memiliki derajat kebebasan tak terhingga dapat didekati menjadi suatu sistem yang memiliki derajat kebebasan berhingga.

2.7.1. PLAXIS

Plaxis adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara axisymetris

Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis. Program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran, dan kurva.

Kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam program Plaxis ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, dengan harapan pelaksanaan di lapangan dapat didekati sedekat mungkin pada program, sehingga respon yang dihasilkan dari program dapat diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan. Walaupun pengujian dan validasi telah banyak dilakukan, tetap tidak dapat dijamin bahwa program Plaxis bebas dari kesalahan. Simulasi permasalahan geoteknik dengan menggunakan metode elemen hingga sendiri telah secara implisit melibatkan kesalahan pemodelan dan kesalahan numeric yang tidak dapat dihindarkan. Akurasi dari keadaan sebenarnya yang diperkirakan sangat bergantung pada keahlian dari pengguna terhadap pemodelan permasalahan, pemahaman terhadap model-model tanah serta keterbatasannya, penentuan parameter-parameter model, dan kemampuan untuk melakukan interpretasi dari hasil komputer.

Konsep dasar program ini membagi elemen-elemen kecil tak terhingga berbentuk segitiga tidak beraturan (*meshing*). Pada titik sudut segitiga merupakan nilai deformasi yang belum diketahui. Penelitian menggunakan program PLAXIS untuk mengetahui daya dukung pondasi dan penurunan yang terjadi akibat beban bangunan di atasnya. Adapun tahapan-tahapan dalam pemodelan menggunakan PLAXIS antara lain:

1. PLAXIS input

PLAXIS *input* merupakan tahap awal untuk membuat dan memodifikasi model geometri, mendefinisikan parameter model, menentukan kondisi batas (*boundary Condition*), meshing model serta menentukan kondisi awal (*initial condition*) dari model yang dibuat. Adapun langkah yang dilakukan pada tahap PLAXIS *input* dengan material model *mohr coulomb* adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi awal geometri tanah dan material dengan awal proses yaitu project setting dan dimension setting.
- b. Menentukan model struktur yang akan dilakukan analisis, model struktur dibagi menjadi dua jenis yaitu plane strain dan axisymetry
- c. Menentukan elemen-elemen jaringan segitiga tak berhingga dan tak beraturan dalam beberapa titik nodal (node). PLAXIS memberikan dua pilihan yaitu 6 node dan 15 node.
- d. Pembuatan model geometri konstruksi yang akan dilakukan analisis secara numeris. Geometry line toolbar menggambarkan konstruksi dan bidang batas pada draw area koordinat x dan y.
- e. Menetapkan Boundary Condition sebagai batas yang diaplikasikan dalam penelitian. Boundary Condition ini memegang peran penting dalam analisis, karena sangat menentukan pola area deformasi dan tegangan regangan tanah yang akan terjadi setelah beban bekerja.
- f. Menetapkan boundary condition menjadi geometri terkekang (standard fixities), pada kondisi ini sebagai batas perpindahan deformasi yang terpengaruh beban secara horizontal (U_x) dan vertikal (U_y).
- g. General material setting
Pada bagian ini perlu tipe material, berat volume tanah (γ_{sat} dan γ_b) nilai permeabilitas tanah (K_x dan K_y). parameter setting nilai kekakuan bahan (E) dari hasil uji di laboratorium maupun menggunakan persamaan korelasi. Properties tanah seperti kohesi (c), sudut gesek dalam (ϕ) dan sudut dilatasi (ψ). *Interface setting* struktur merupakan interaksi struktur dengan tanah, pilih *rigid interface* jika keberadaan material mempengaruhi kekuatan tanah.
- h. Tahap tipe konstruksi

Konstruksi yang digunakan dalam simulasi numerik adalah model pelat (*plate*). Parameter input untuk pelat adalah nilai tipe material normal stiffness (EA) yaitu nilai modulus elastisitas pelat dengan luas pelat, *flexural rigidly* (EI) yaitu modulus elastisitas pelat dengan inersia pelat, (w) adalah berat pelat dan (v) merupakan angka *poisson rasio*.

i. Menentukan beban luar (*external load*)

Besarnya beban luar diaplikasikan pada konstruksi dapat berupa beban terbagi rata (*distributed load*) maupun beban titik (*point loads*).

j. *Mesh Generation*

Pada tahap ini konstruksi yang akan didiskritisasi atau dibagi menjadi elemen-elemen segitiga yang lebih kecil, dan hasil geometri berupa *meshing* yang tidak teratur. Tingkat ketelitian dalam mendiskritisasi (*meshing*) dapat dibagi menjadi beberapa pilihan antara lain *very coarse*, *coarse*, *medium fined*, *fine* dan *very fined*.

k. Kondisi awal (*initial condition*) merupakan tahap penentuan awal sebelum dilakukan analisis. Kondisi ini dibagi menjadi dua yaitu kondisi awal tekanan air pori (*initial water pressure*) dan kondisi awal tegangan air pori (*initial stresses*).

1. *PLAXIS Calculation*

PLAXIS calculation adalah tahap apakah model yang telah didefinisikan pada PLAXIS input siap untuk dianalisis.

2. *PLAXIS Output*

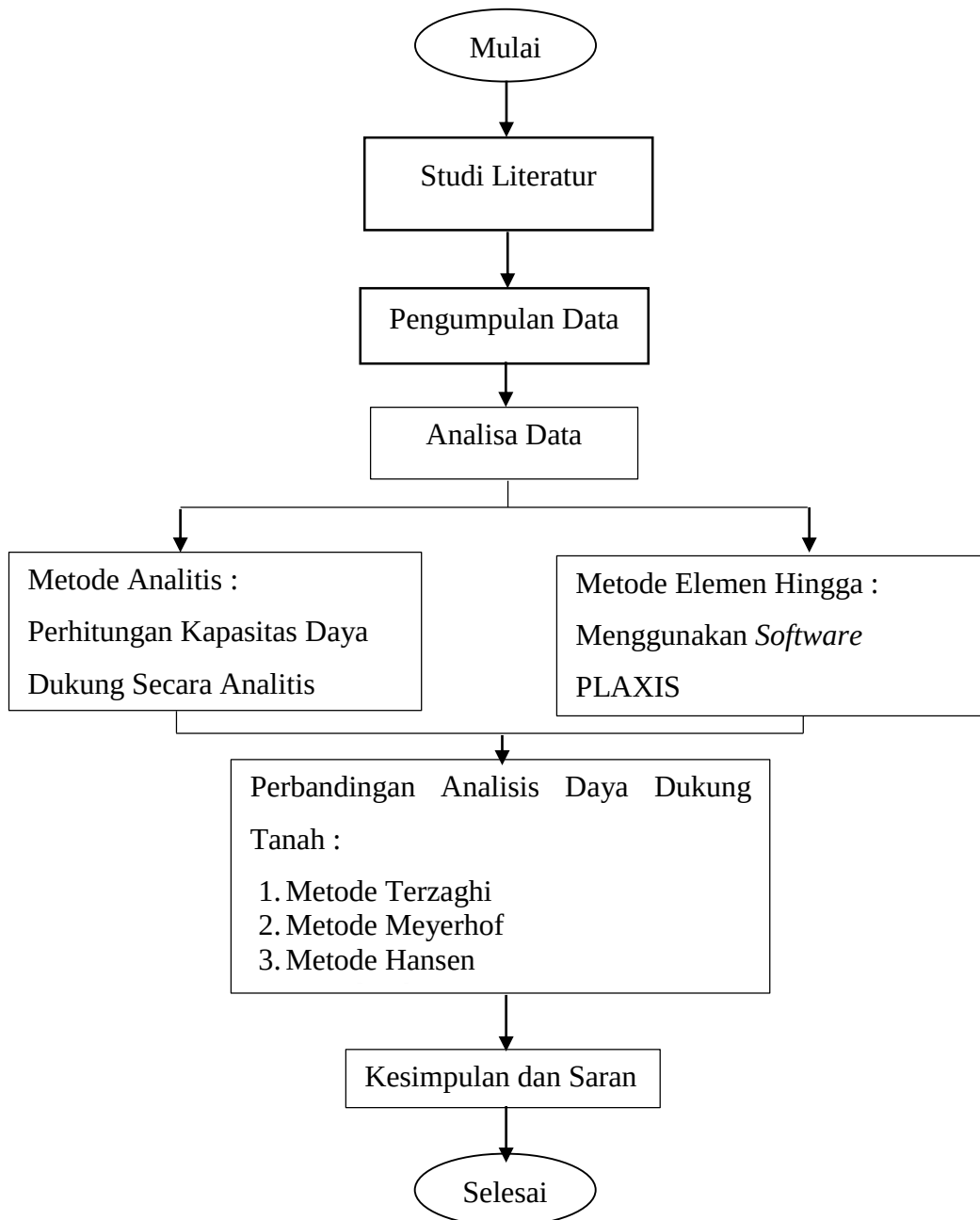
PLAXIS Output merupakan pemaparan hasil analisis proses hitungan dari PLAXIS calculation yang terdiri dari *geometry*, *deformation* dan *stresses*. Output PLAXIS dapat ditampilkan dalam bentuk gambar, angka dan kurva.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan perencanaan dapat disajikan secara sistematis dalam Gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian

3.2. Data Umum Proyek

Data umum dari proyek Pembangunan Lembaga Pemasyarakatan Labuhan Ruku adalah sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Pembangunan LP Labuhan Ruku
2. Lokasi Proyek : Jl Protokol, Desa Pahang, Kab Batubara
3. Kontraktor Pelaksana : CV.Citra Mandiri
4. Denah lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 3.2 .

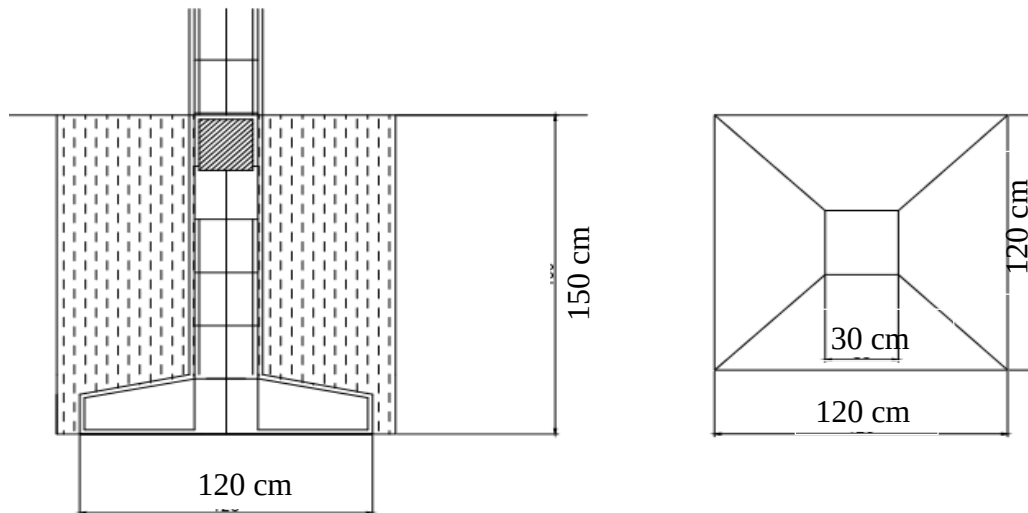


Gambar 3.2: Denah Lokasi Proyek Pembangunan LP Labuhan Ruku

3.3. Data Teknis Pondasi

Data ini diperoleh dari pihak kontraktor dengan data sebagai berikut :

1. Pondasi Tapak P1 ukuran 1.2 x 1.2 m, dengan kedalaman 1.5 m



Gambar 3.3 Dimensi Pondasi Bangunan LP Labuhan Ruku

3.4. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada tugas akhir ini, keseluruhannya merupakan data sekunder. Data sekunder dalam penelitian ini meliputi gambar rencana, data perencanaan, data tanah yang merupakan hasil dari pengujian *sondir*

3.5. Analisis Data Tanah

Data propertis material dalam penelitian ini adalah data Sekunder yang diperoleh dari pihak kontraktor yang menangani pekerjaan pembangunan Lembaga Pemasarakatan Klas II Labuhan Ruku berupa data *sondir* .

$$Q_c = c_w \times A_{pi} / A_c$$

$$F_s = (t_w - c_w) \times A_{pi} / A_s$$

1. Nilai c_w diambil dari data *sondir* proyek LP Labuhan Ruku
2. Nilai t_w diambil dari data *sondir* proyek LP Labuhan Ruku
3. Nilai A_{pi} diambil dari SNI 2827:2008
4. Nilai A_c , dan diambil dari SNI 2827:2008
5. Nilai A_s diambil dari SNI 2827:2008

Tabel 3.1 Data hasil *sondir* (S-1)

Kedalaman (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
0	0	0	0	0
0.2	2	3	4	0.133
0.4	4	6	8	0.267
0.6	2	3	4	0.133
0.8	2	3	4	0.133
1	2	3	4	0.133
1.2	3	5	6	0.267
1.4	2	4	4	0.267
1.6	3	4	6	0.133
1.8	3	4	6	0.133
2	5	7	10	0.267
2.2	2	4	4	0.267
2.4	3	4	6	0.133
2.6	4	5	8	0.133
2.8	4	5	8	0.133
3	5	7	10	0.267
3.2	5	7	10	0.267
3.4	4	6	8	0.267
3.6	2	3	4	0.133
3.8	2	3	4	0.133
4	2	3	4	0.133
4.2	2	3	4	0.133
4.4	3	4	6	0.133
4.6	3	4	6	0.133
4.8	4	6	8	0.267
5	4	5	8	0.133
5.2	5	7	10	0.267
5.4	5	7	10	0.267
5.6	4	5	8	0.133
5.8	6	8	12	0.267
6	7	10	14	0.400

Tabel 3.2 Data hasil *sondir* (S-2)

Kedalaman (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
0	0	0	0	0
0.2	2	3	4	0.133

Tabel 3.2 : *Lanjutan*

Kedalaman (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
0.4	8	12	16	0.533
0.6	2	3	4	0.133
0.8	4	6	8	0.267
1	4	5	8	0.133
1.2	2	3	4	0.133
1.4	2	3	4	0.133
1.6	2	3	4	0.133
1.8	4	5	8	0.133
2	4	6	8	0.267
2.2	3	5	6	0.267
2.4	2	3	4	0.133
2.6	2	3	4	0.133
2.8	4	5	8	0.133
3	3	4	6	0.133
3.2	3	4	6	0.133
3.4	5	6	10	0.133
3.6	7	10	14	0.400
3.8	6	8	12	0.267
4	8	12	16	0.533
4.2	2	3	4	0.133
4.4	4	5	8	0.133
4.6	8	12	16	0.533
4.8	10	14	20	0.533
5	12	16	24	0.533
5.2	16	19	32	0.400
5.4	12	17	24	0.667
5.6	4	6	8	0.267
5.8	6	8	12	0.267
6	7	10	14	0.400

Tabel 3.3 Data hasil *sondir* (S-3)

Kedalaman (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
0	0	0	0	0
0.2	4	6	8	0.267
0.4	4	5	8	0.133
0.6	4	6	8	0.267

Tabel 3.3 : *Lanjutan*

Kedalaman (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
0.8	2	3	4	0.133
1	2	4	4	0.267
1.2	10	14	20	0.533
1.4	12	17	24	0.667
1.6	4	6	8	0.267
1.8	6	8	12	0.267
2	7	10	14	0.400
2.2	18	23	36	0.667
2.4	16	22	32	0.800
2.6	3	4	6	0.133
2.8	4	6	8	0.267
3	4	5	8	0.133
3.2	2	2	4	0.000
3.4	6	8	12	0.267
3.6	4	6	8	0.267
3.8	4	5	8	0.133
4	2	3	4	0.133
4.2	2	3	4	0.133
4.4	4	6	8	0.267
4.6	4	6	8	0.267
4.8	4	5	8	0.133
5	4	5	8	0.133
5.2	6	8	12	0.267
5.4	6	8	12	0.267
5.6	4	5	8	0.133
5.8	4	6	8	0.267
6	6	8	12	0.267

Tabel 3.4 Data hasil *sondir* (S-4)

Kedalaman (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
0	0	0	0	0
0.2	6	8	12	0.267
0.4	6	8	12	0.267
0.6	4	6	8	0.267
0.8	4	6	8	0.267

Tabel 3.4 : *Lanjutan*

Kedalaman (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
1	3	4	6	0.133
1.2	4	5	8	0.133
1.4	4	6	8	0.267
1.6	6	8	12	0.267
1.8	7	10	14	0.400
2	6	8	12	0.267
2.2	4	5	8	0.133
2.4	4	6	8	0.267
2.6	2	4	4	0.267
2.8	2	3	4	0.133
3	2	3	4	0.133
3.2	2	3	4	0.133
3.4	4	6	8	0.267
3.6	4	5	8	0.133
3.8	4	5	8	0.133
4	4	6	8	0.267
4.2	6	8	12	0.267
4.4	6	8	12	0.267
4.6	5	7	10	0.267
4.8	6	8	12	0.267
5	5	7	10	0.267
5.2	5	6	10	0.133
5.4	4	6	8	0.267
5.6	4	5	8	0.133
5.8	6	8	12	0.267
6	6	8	12	0.267

Tabel 3.5 Data hasil *sondir* (S-5)

Kedalaman (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
0	0	0	0	0
0.2	2	3	4	0.133
0.4	2	3	4	0.133
0.6	4	6	8	0.267
0.8	4	6	8	0.267
1	2	3	4	0.133
1.2	6	8	12	0.267

Tabel 3.5 : *Lanjutan*

1.4	7	10	14	0.400
1.6	4	6	8	0.267
1.8	4	5	8	0.133
2	6	8	12	0.267
2.2	6	8	12	0.267
2.4	6	8	12	0.267
2.6	6	8	12	0.267
2.8	4	6	8	0.267
3	4	5	8	0.133
3.2	5	7	10	0.267
3.4	4	6	8	0.267
3.6	5	7	10	0.267
3.8	4	6	8	0.267
4	5	7	10	0.267
4.2	5	7	10	0.267
4.4	7	10	14	0.400
4.6	10	14	20	0.533
4.8	14	18	28	0.533
5	7	10	14	0.400
5.2	8	12	16	0.533
5.4	6	8	12	0.267
5.6	6	8	12	0.267
5.8	7	10	14	0.400
6	7	10	14	0.400

Tabel 3.6 Data hasil *sondir* (S-6)

Kedalaman (m)	Cw (kg/cm ²)	Tw (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	Fs (kg/cm ²)
0	0	0	0	0
0.2	4	5	8	0.133
0.4	5	7	10	0.267
0.6	4	5	8	0.133
0.8	4	6	8	0.267
1	2	3	4	0.133
1.2	8	12	16	0.533
1.4	6	8	12	0.267
1.6	4	5	8	0.133
1.8	2	3	4	0.133
2	2	3	4	0.133

Tabel 3.6 : *Lanjutan*

2.2	4	6	8	0.267
2.4	4	6	8	0.267
2.6	2	3	4	0.133
2.8	2	3	4	0.133
3	2	3	4	0.133
3.2	4	6	8	0.267
3.4	6	8	12	0.267
3.6	7	10	14	0.400
3.8	8	12	16	0.533
4	7	10	14	0.400
4.2	7	10	14	0.400
4.4	8	12	16	0.533
4.6	8	12	16	0.533
4.8	6	8	12	0.267
5	7	10	14	0.400
5.2	8	12	16	0.533
5.4	8	12	16	0.533
5.6	8	12	16	0.533
5.8	6	8	12	0.267
6	6	8	12	0.267

3.6. Analisis Parameter Tanah

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

1. Untuk tinjauan parameter tanah diambil dari penjumlahan lebar pondasi (b) dan kedalaman pondasi (D)
2. Untuk jenis tanah diambil dari Tabel 2.9 berdasarkan korelasi dengan nilai perlawanan konus (Q_c) dengan perlawanan geser lokal (F_s)
3. Untuk koefisien rembesan (k_x, k_y) diambil dari nilai koefisien *permeabilitas* tanah pada berbagai jenis tanah tercantum pada Tabel 2.15.

4. Untuk modulus elastisitas (E) diambil dari nilai perkiraan modulus elastisitas tanah dapat dilihat pada Tabel 2.11 dan Tabel 2.12, yaitu dengan cara mengkorelasikan nilai tahanan konus dan konsistensi tanah terhadap modulus elastisitas. Nilai modulus elastisitas di konversikan kedalam satuan kg/m^2 .
5. Untuk angka poisson (ν), diambil dari hubungan jenis tanah, konsistensi dan poisson ratio (ν) yaitu pada Tabel 2.13.
6. Untuk sudut geser dalam (ϕ) nilai diambil dari Tabel 2.10 dengan cara mengkorelasikan jenis tanah.
7. Berat isi tanah kering (γ_{dry}) diambil dari Tabel 2.11 yaitu korelasi antara jenis tanah dengan berat isi tanah kering.
8. Untuk nilai kohesi (c) diperoleh dari persamaan 2.36
9. Sudut Dilatasi untuk sudut geser $> 30^\circ = 0$.

Parameter tanah dari hasil uji *sondir* ini di ambil dari penyelidikan tanah yang dilaksanakan oleh CV.Nusantara Consultan. Parameter tanah diambil dari nilai hasil uji sondir yang dilaksanakan oleh CV.Nusantara Consultant yang kemudian dikorelasikan dengan parameter-parameter tanah untuk didapatkan nilai parameter tanah yang dibutuhkan untuk menghitung daya dukung dan penurunan tanah pada pondasi dangkal yang kemudian ditunjukkan pada tabel 3.7 .

Tabel 3.7 Parameter Tanah

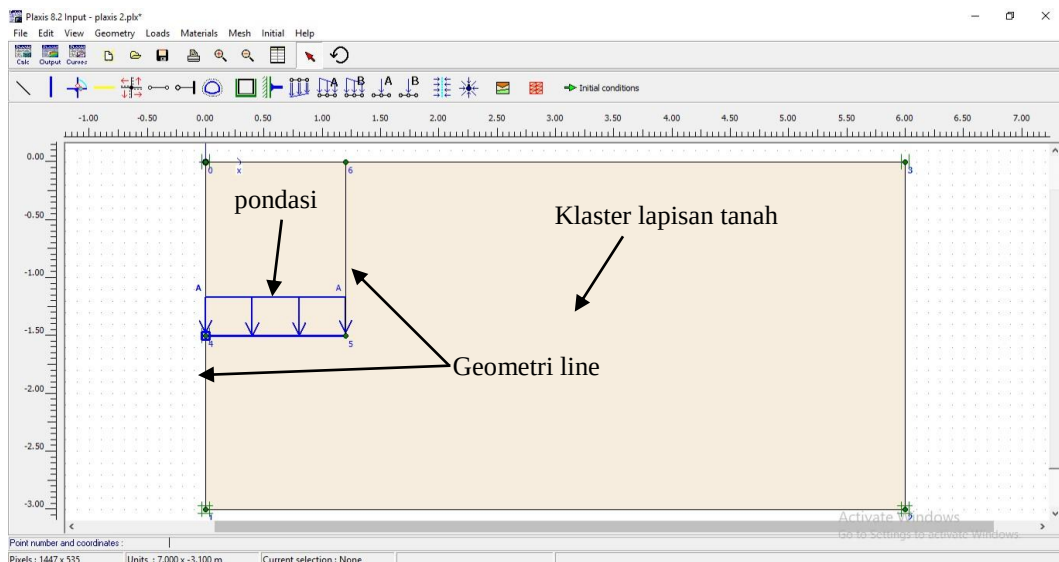
No .	Parameter Tanah	Simbol	Satuan	Titik Sondir					
				S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6
1	Kedalaman	-	m	3	3	3	3	3	3
2	jenis tanah	-	-	Lempung lembek	Lempung sangat lunak	Lempung lembek	Lempung sangat lunak	Lempung sangat lunak	Lempung sangat lunak
3	Berat isi tanah basah	γ_{sat}	kg/m ³	1850	1700	1800	1600	1750	1600
4	Berat isi tanah kering	γ_{dry}	kg/m ³	1750	1600	1700	1500	1650	1500
5	Berat isi air	γ_w	kg/m ³	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6	Permeabilitas arah horizontal	K _x	m/hari	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-5}
7	Permeabilitas arah vertikal	K _y	m/hari	6.912×10^{-5}	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-5}	8.64×10^{-5}
8	Modulus Young	E _s	kg/cm ²	40	24	35	24	30	24
9	Angka <i>poisson</i>	ν	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
10	sudut geser dalam	ϕ	°	24°	22°	24°	23°	23°	22°
11	sudut dilatansi	ψ	°	0	0	0	0	0	0
12	Kohesi	c	-	3	2.6	2.75	2	2.8	2

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

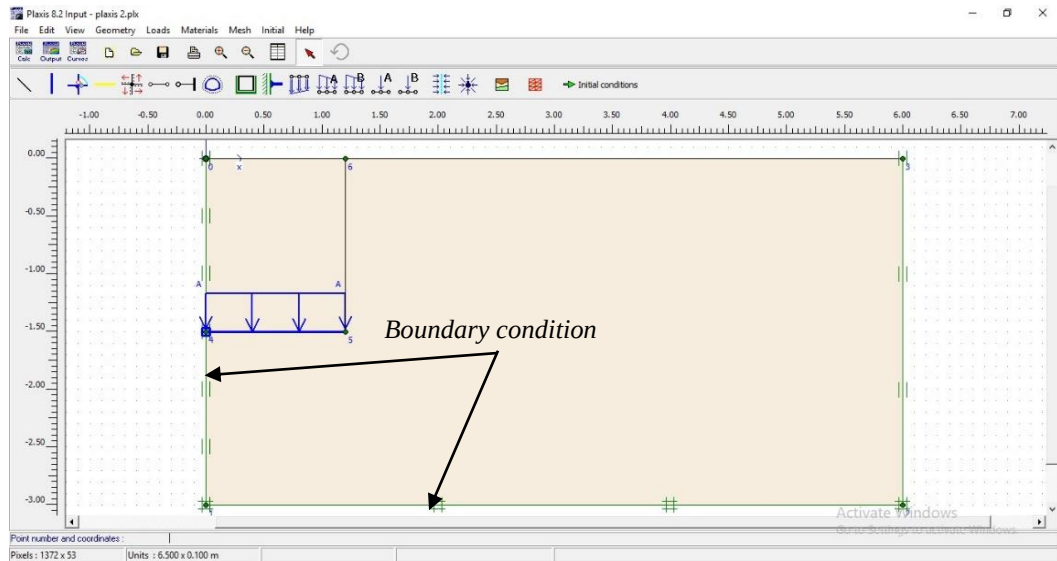
Pembuatan sebuah model elemen hingga dimulai dengan pembuatan geometrik dari model, yang merupakan gambaran dari masalah yang ingin dianalisis. Pada penelitian ini dimodelkan klaster dengan tinggi kontur geometrik adalah $2L$ dimana L merupakan kedalaman pondasi yaitu 1,5 m, sedangkan untuk lebar kontur geometrik menggunakan *aximetry* 6 m yang ditunjukkan pada (Gambar 3.4). Setelah pemodelan klaser lapisan tanah, selanjutnya yaitu pemodelan struktur pondasi.



Gambar 3.4: Pemodelan geometri pada program analisis.

3.7.2. Kondisi Batas (*Boundary Conditon*)

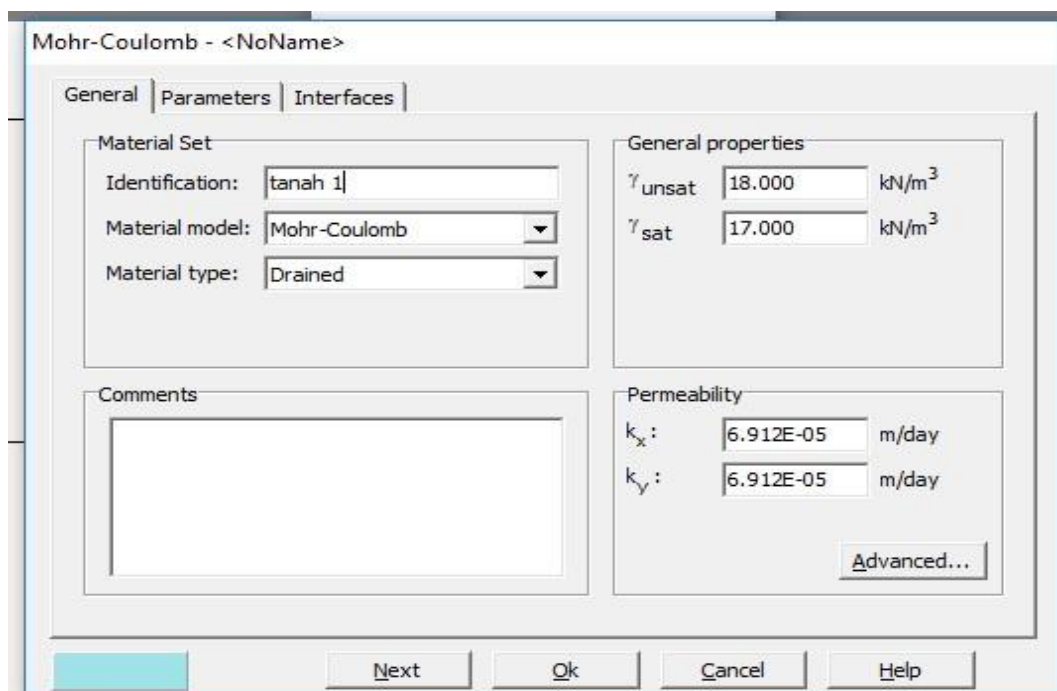
Dengan mengklik tombol standar fixities pada toolbar, plaxis kemudian akan membentuk jepit penuh pada dasar geometri dan kondisi rol pada sisi vertikal ($u_x = 0$; $u_y = \text{bebas}$). Jepit pada arah tertentu akan ditampilkan pada layar berupa dua garis paralel yang tegak lurus terhadap arah yang 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) yang ditunjukkan pada (Gambar 3.5).



Gambar 3.5: Penetapan kondisi batas pada geometri.

3.7.3. Input Parameter Tanah

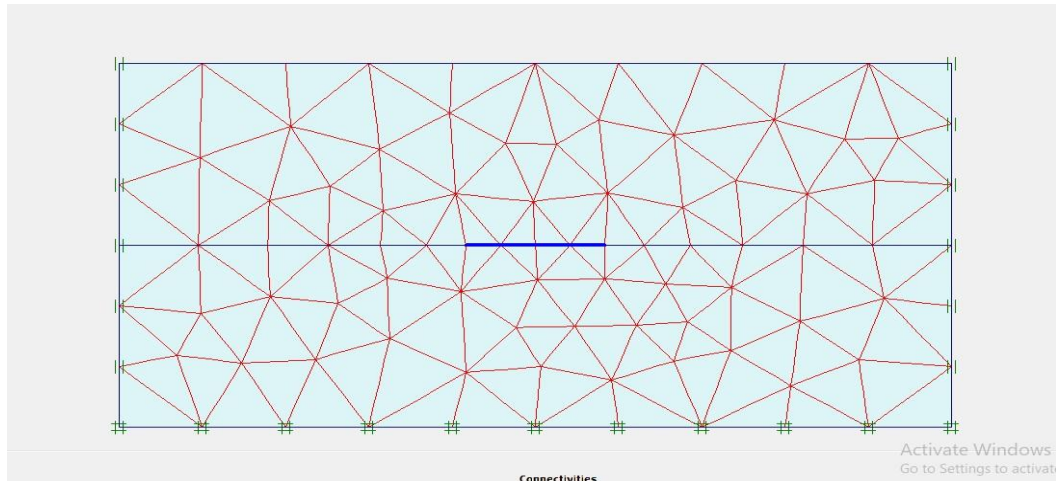
Parameter material *Mohr-Coulomb* yang merupakan pemodelan dengan kondisi elastis-plastis terdiri dari beberapa parameter (Gambar 3.7) yakni *Modulus Young* (E) dan *Poisson Ratio* (ν), kohesif (c), sudut gesek dalam (ϕ), sudut dilatansi (ψ), berat jenis kering (γ_{dry}), berat jenis jenuh (γ_{sat}), dan juga permeabilitas (K) yang ditunjukkan pada (Gambar3.6).



Gambar 3.6: Input parameter tanah dan pemodelan Mohr-coulomb.

3.7.4. Penyusunan Jaring Elemen (*Meshing*)

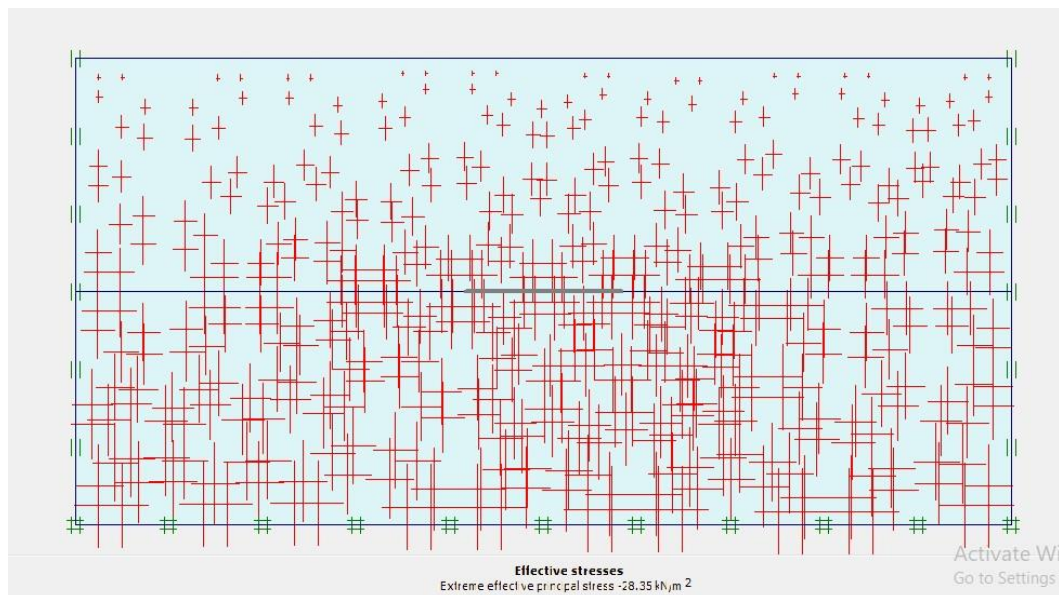
Geometri disusun menjadi jaring elemen yang lebih kecil untuk melakukan hitungan. Hasil dari proses *meshing* dapat dilihat pada Gambar 3.7 sebagai berikut:



Gambar 3.7: Penyusunan jaring Mesh.

3.7.5. Kondisi Awal (*Initial Condition*)

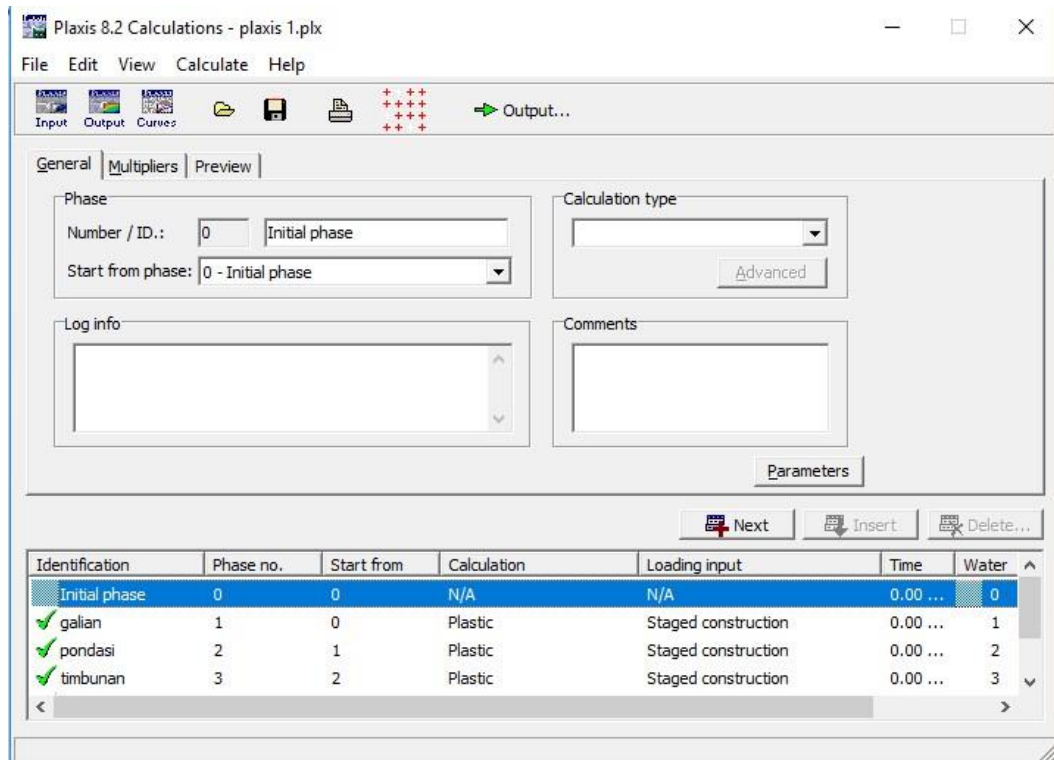
Kondisi awal didefinisikan untuk menghitung tekanan air pori awal (*initial condition*) dan tegangan awal (*initial soil stress*) seperti Gambar 3.8.



Gambar 3.8: 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 3.9.



Gambar 3.9: Tahapan perhitungan.

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

- Tahapan awal yaitu membuat galian pada tanah untuk memasukkan pondasi.
- Setelah itu aktifkan *plate* (pondasi)
- Tahap selanjutnya yaitu tahap penimbunan yaitu dimana tanah pada tahap pertama tadi kembali diaktifkan
- Tahap keempat ialah mengaktifkan beban pada pondasi
- 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.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Menghitung kapasitas daya dukung dengan metode analitis

Menghitung kapasitas daya dukung dengan menggunakan metode analitis yaitu metode Terzaghi, Meyerhoff, dan Hansen dilakukan dengan cara menentukan titik tinjauan pada kedalaman yang telah ditentukan berdasarkan parameter tanah yang ada.

4.1.1. Perhitungan pada titik S-1

Dimensi Pondasi

$$D_f = 1.5 \text{ m}$$

$$B = 1.2 \text{ m}$$

Menurut tabel 3.7 untuk titik S-1 ,diketahui :

$$\text{Sudut geser } (\phi) = 24^\circ$$

$$\text{Kohesi } (c) = 3$$

$$\text{Berat isi tanah } (\gamma) = 1750 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi tanah jenuh } (\gamma_{sat}) = 1850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi air } (\gamma_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Angka keamanan } (F_s) = 3$$

4.1.1.1. Analisis Daya Dukung Terzaghi

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai

sudut geser (ϕ) = 22, bisa dilihat pada tabel 2.1.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 23.36$$

$$N_q = 11.4$$

$$N_\gamma = 8.9$$

Pondasi berbentuk bujur sangkar, maka rumus yang digunakan adalah:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

Tinggi muka air tanah di atas pondasi $D = 0.6$

maka :

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1850 - 1000 = 850 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1750(1.5 - 0.6) + 850(0.6) = 2085 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat nilai dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma \\ &= 1.3(3)(23.36) + 2085(11.4) + 0.4(1750)(1.2)(8.9) \\ &= 122349 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{\text{ijin}} = q_u / F_s = 122349 / 3 = 40783 \text{ kg/m}^2 = 40.783 \text{ T/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$100 \text{ T/m}^2 < 122.349 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.1.2. Analisis Daya Dukung Meyerhof

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 22, bisa dilihat pada tabel 2.3.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 19.32$$

$$N_q = 9.60$$

$$N_\gamma = 5.72$$

$$q_u = c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + \frac{1}{2}.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1.2}{1.2} \times \frac{9.6}{19.32} = 1.497$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \phi = 1 + \frac{1.2}{1.2} \times \tan 24^\circ = 1.445$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0.4 \left(\frac{1.2}{1.2} \right) = 0.6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f / B) \\ &= 1 + 2 \tan 24^\circ (1 - \sin 24^\circ)^2 \tan^{-1} (1.5 / 1.2) \end{aligned}$$

$$= 1.281$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan \phi} \right) = 1,283 - \left(\frac{1 - 1,281}{9,6 \times \tan 24^\circ} \right) = 1,347$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak

Dari grafik data *sondir* S-1 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi yaitu $D = 0,6$ m.

maka:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1850 - 1000 = 850 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1750(1,5 - 0,6) + 850(0,6) = 2085 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + 0,5.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i} \\ &= 3(19,32)(1,497)(1,347)(1) + 2085(9,6)(1,445)(1,347)(1) + \\ &\quad 0,5.1750(1,2)(5,72)(0,6)(1)(1) \\ &= 157480 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 157480 / 3 = 52493 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$100 \text{ T/m}^2 < 157,48 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.1.3. Analisis Daya Dukung Hansen

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 22, bisa dilihat pada tabel 2.4.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 19,32$$

$$N_q = 9,60$$

$$N_\gamma = 9,44$$

$$\begin{aligned} q_u &= c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci}.F_{cg}.F_{cb} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi}.F_{qg}.F_{qb} + \\ &\quad \frac{1}{2}.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i}.F_{\gamma g}.F_{\gamma b} \end{aligned}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{Nq}{Nc} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{9,6}{19,32} = 1,497$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan\phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 24^\circ = 1,445$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 \tan^{-1} (Df/B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 24^\circ (1 - \sin 24^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5/1,2) \\ &= 1,281 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{Nq \times \tan\phi} \right) = 1,283 - \left(\frac{1 - 1,281}{9,6 \times \tan 24^\circ} \right) = 1,347$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak, kemudian untuk nilai F_{cg} , F_{qg} , $F_{\gamma g}$, F_{cb} , F_{qb} , $F_{\gamma b}$ diabaikan karena tanah sejajar atau horizontal dengan pondasi. Dari grafik *sondir* S-1 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi $D = 0,6$ m. maka:

$$q = \gamma(Df - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1850 - 1000 = 850 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(Df - D) + \gamma' D = 1750(1,5 - 0,6) + 850(0,6) = 2085 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \\ &= 3(19,32)(1,497)(1,347)(1) + 2085(9,6)(1,445)(1,347)(1) + \\ &\quad 0,5 \cdot 17500(1,2)(9,44)(0,6)(1)(1) = 159824 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 159824 / 3 = 53274 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$100 \text{ T/m}^2 < 159.824 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.2. Perhitungan pada titik S-2

Dimensi Pondasi

$$Df = 1.5 \text{ m}$$

$$B = 1.2 \text{ m}$$

Menurut tabel 3.7 untuk titik S-2 ,diketahui :

$$\begin{aligned}\text{Sudut geser } (\phi) &= 22^\circ \\ \text{Koheesi } (c) &= 2.6 \\ \text{Berat isi tanah basah } (\gamma_{\text{sat}}) &= 1700 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat isi tanah } (\gamma) &= 1600 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat isi air } (\gamma_w) &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Angka keamanan } (F_s) &= 3\end{aligned}$$

4.1.2.1 Analisis Daya Dukung Terzaghi

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser $(\phi) = 22$, bisa dilihat pada tabel 2.1.

Maka didapat nilai :

$$\begin{aligned}N_c &= 20,27 \\ N_q &= 9,19 \\ N_\gamma &= 6,89\end{aligned}$$

Pondasi berbentuk bujur sangkar, maka rumus yang digunakan adalah:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$

Tinggi muka air tanah di atas pondasi $D = 0,4$.

maka :

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1700 - 1000 = 700 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1600(1,5 - 0,4) + 700(0,4) = 2040 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat nilai dukung ultimit :

$$\begin{aligned}q_u &= 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma \\ &= 1,3(2,6)(20,27) + 2040(9,19) + 0,4(1600)(1,2)(6,89) \\ &= 92551 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{\text{ijin}} = q_u / F_s = 92551 / 3 = 30850 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$60 \text{ T/m}^2 < 92,551 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.2.2. Analisis Daya Dukung Meyerhof

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 22, bisa dilihat pada tabel 2.3.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 16,88$$

$$N_q = 7,82$$

$$N_\gamma = 4,07$$

$$q_u = c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + \frac{1}{2}.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{7,82}{16,88} = 1,463$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan\phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 22^\circ = 1,404$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 22^\circ (1 - \sin 22^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5/1,2) \\ &= 1,283 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan\phi} \right) = 1,283 - \left(\frac{1 - 1,283}{7,82 \times \tan 22^\circ} \right) = 1,373$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak .

Dari grafik data *sondir* S-2 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi yaitu $D = 0,4$ m, maka:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1700 - 1000 = 700 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1600(1,5 - 0,4) + 700(0,4) = 2040 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + 0,5.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i} \\ &= 2,6(16,88)(1,463)(1,373)(1) + 2040(7,82)(1,404)(1,283)(1) + \\ &\quad 0,5(1600)(1,2)(4,07)(0,6)(1)(1) \\ &= 115857 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 115857 / 3 = 38619 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$60 \text{ T/m}^2 < 115,857 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.2.3. Analisis Daya Dukung Hansen

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 22, bisa dilihat pada tabel 2.4.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 16,88$$

$$N_q = 7,82$$

$$N_\gamma = 7,13$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{7,82}{16,88} = 1,463$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 22^\circ = 1,404$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 22^\circ (1 - \sin 22^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5/1,2) \\ &= 1,283 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan \phi} \right) = 1,283 - \left(\frac{1 - 1,283}{7,82 \times \tan 22^\circ} \right) = 1,373$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak, kemudian untuk nilai F_{cg} , F_{qg} , $F_{\gamma g}$, F_{cb} , F_{qb} , $F_{\gamma b}$ diabaikan karena tanah sejajar atau horizontal dengan pondasi. Dari grafik *sondir* S-2 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi $D = 0,4 \text{ m}$, maka:

$$q = \gamma (D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1700 - 1000 = 700 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma (D_f - D) + \gamma' D = 1600(1,5 - 0,4) + 700(0,4) = 2040 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned}q_u &= c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + 0,5.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i} \\&= 2,6(16,88)(1,463)(1,373)(1) + 2040(7,82)(1,404)(1,283)(1) + \\&\quad 0,5(1600)(1,2)(7,13)(0,6)(1)(1) \\&= 117620 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 117620 / 3 = 39206 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$60 \text{ T/m}^2 < 117,620 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.3. Perhitungan pada titik S-3

Dimensi Pondasi

$$D_f = 1.5 \text{ m}$$

$$B = 1.2 \text{ m}$$

Menurut tabel 3.7 untuk titik S-1 ,diketahui :

$$\text{Sudut geser } (\phi) = 24^\circ$$

$$\text{Koheesi } (c) = 2,75$$

$$\text{Berat isi tanah } (\gamma) = 1700 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi tanah jenuh } (\gamma_{sat}) = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi air } (\gamma_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Angka keamanan } (F_s) = 3$$

4.1.3.1. Analisis Daya Dukung Terzaghi

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser $(\phi) = 24$, bisa dilihat pada tabel 2.1.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 23,36$$

$$N_q = 11,4$$

$$N_\gamma = 8,9$$

Pondasi berbentuk bujur sangkar, maka rumus yang digunakan adalah:

$$q_u = 1,3cN_c + qN_q + 0,4\gamma BN_\gamma$$

Tinggi muka air tanah di atas pondasi $D = 0,4$

maka :

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1800 - 1000 = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1700(1,5 - 0,4) + 800(0,4) = 2190 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat nilai dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,3cN_c + qN_q + 0,4\gamma B N_\gamma \\ &= 1,3(2,75)(23,36) + 2190(11,4) + 0,4(1700)(1,2)(8,9) \\ &= 115740 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{\text{ijin}} = q_u / F_s = 115740 / 3 = 38850 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$80 \text{ T/m}^2 < 115,740 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.3.2. Analisis Daya Dukung Meyerhof

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 24, bisa dilihat pada tabel 2.3.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 19,32$$

$$N_q = 9,60$$

$$N_\gamma = 5,72$$

$$q_u = c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + \frac{1}{2}.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{9,6}{19,32} = 1,497$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 24^\circ = 1,445$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 24^\circ (1 - \sin 24^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5/1,2) \\ &= 1,281 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan \phi} \right) = 1,283 - \left(\frac{1 - 1,281}{9,6 \times \tan 24^\circ} \right) = 1,347$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak

Dari grafik data *sondir* S-1 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi

Yaitu $D = 0,4$ m, maka:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1800 - 1000 = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1700(1,5 - 0,4) + 800(0,4) = 2190 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \\ &= 2,75(19,32)(1,497)(1,347)(1) + 2190(9,6)(1,445)(1,347)(1) + \\ &\quad 0,5 \cdot 1700(1,2)(5,72)(0,6)(1)(1) \\ &= 149508 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 149508 / 3 = 49836 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$80 \text{ T/m}^2 < 149,508 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.3.3. Analisis Daya Dukung Hansen

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 24, bisa dilihat pada tabel 2.4.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 19,32$$

$$N_q = 9,60$$

$$N_\gamma = 9,44$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} \cdot F_{cg} \cdot F_{cb} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} \cdot F_{qg} \cdot F_{qb} + \\ &\quad \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \cdot F_{\gamma g} \cdot F_{\gamma b} \end{aligned}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{9,6}{19,32} = 1,497$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan\phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 24^\circ = 1,445$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 24^\circ (1 - \sin 24^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5/1,2) \\ &= 1,281 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan\phi} \right) = 1,283 - \left(\frac{1 - 1,281}{9,6 \times \tan 24^\circ} \right) = 1,347$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak, kemudian untuk nilai F_{cg} , F_{qg} , $F_{\gamma g}$, F_{cb} , F_{qb} , $F_{\gamma b}$ diabaikan karena tanah sejajar atau horizontal dengan pondasi. Dari grafik *sondir* S-3 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi $D = 0,4$ m, maka:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1800 - 1000 = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1700(1,5 - 0,4) + 800(0,4) = 2190 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \\ &= 2,75(19,32)(1,497)(1,347)(1) + 2190(9,6)(1,445)(1,347)(1) + \\ &\quad 0,5 \cdot 1700(1,2)(9,44)(0,6)(1)(1) \\ &= 151784 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 151784 / 3 = 50595 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$80 \text{ T/m}^2 < 151,784 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.4. Perhitungan pada titik S-4

Dimensi Pondasi

$$D_f = 1,5 \text{ m}$$

$$B = 1,2 \text{ m}$$

Menurut tabel 3.8 untuk titik S-1 ,diketahui :

$$\begin{aligned}
\text{Sudut geser } (\phi) &= 23^\circ \\
\text{Koheesi } (c) &= 2 \\
\text{Berat isi tanah } (\gamma) &= 1500 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Berat isi tanah jenuh } (\gamma_{\text{sat}}) &= 1600 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Berat isi air } (\gamma_w) &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\
\text{Angka keamanan } (F_s) &= 3
\end{aligned}$$

4.1.4.1. Analisis Daya Dukung Terzaghi

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser $(\phi) = 23$, bisa dilihat pada tabel 2.1.

Maka didapat nilai :

$$\begin{aligned}
N_c &= 21,75 \\
N_q &= 10,23 \\
N_\gamma &= 7,83
\end{aligned}$$

Pondasi berbentuk bujur sangkar, maka rumus yang digunakan adalah:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$

Tinggi muka air tanah di atas pondasi $D = 0,6$

maka :

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1600 - 1000 = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1500(1,5 - 0,6) + 600(0,6) = 1710 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat nilai dukung ultimit :

$$\begin{aligned}
q_u &= 1,3cN_c + qN_q + 0,4\gamma B N_\gamma \\
&= 1,3(2)(21,75) + 1710(10,23) + 0,4(1500)(1,2)(7,83) \\
&= 79681 \text{ kg/m}^2
\end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$,

maka :

$$q_{\text{ijin}} = q_u / F_s = 79681 / 3 = 26560 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$40 \text{ T/m}^2 < 79681 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.4.2 Analisis Daya Dukung Meyerhof

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 23, bisa dilihat pada tabel 2.3.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 18,05$$

$$N_q = 8,66$$

$$N_\gamma = 4,82$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{8,66}{18,05} = 1,48$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 23^\circ = 1,424$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 23^\circ (1 - \sin 23^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5/1,2) \\ &= 1,282 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan \phi} \right) = 1,282 - \left(\frac{1 - 1,282}{8,66 \times \tan 23^\circ} \right) = 1,359$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak

Dari grafik data *sondir* S-4 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi

Yaitu $D = 0,6$ m, maka:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1600 - 1000 = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1500(1,5 - 0,6) + 600(0,6) = 1710 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \\ &= 2(18,05)(1,48)(1,359)(1) + 1710(8,66)(1,424)(1,282)(1) + \\ &\quad 0,5 \cdot 1700(1,2)(4,82)(0,6)(1)(1) \\ &= 102260 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 102260 / 3 = 34087 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$40 \text{ T/m}^2 < 102,260 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.4.3 Analisis Daya Dukung Hansen

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 24, bisa dilihat pada tabel 2.4.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 18,05$$

$$N_q = 8,66$$

$$N_\gamma = 4,82$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} \cdot F_{cg} \cdot F_{cb} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} \cdot F_{qg} \cdot F_{qb} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \cdot F_{\gamma g} \cdot F_{\gamma b}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{8,66}{18,05} = 1,48$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 23^\circ = 1,424$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f / B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 23^\circ (1 - \sin 23^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5 / 1,2) \\ &= 1,282 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan \phi} \right) = 1,282 - \left(\frac{1 - 1,282}{8,66 \times \tan 23^\circ} \right) = 1,359$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak, kemudian untuk nilai F_{cg} , F_{qg} , $F_{\gamma g}$, F_{cb} , F_{qb} , $F_{\gamma b}$ diabaikan karena tanah sejajar atau horizontal dengan pondasi. Dari grafik *sondir* S-1 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi $D = 0,6 \text{ m}$, maka:

$$q = \gamma (D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1600 - 1000 = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1500(1,5 - 0,6) + 600(0,6) = 1710 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + 0,5.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i} \\ &= 2(18,05)(1,48)(1,359)(1) + 1710(8,66)(1,424)(1,282)(1) + \\ &\quad 0,5.1500(1,2)(8,2)(0,6)(1)(1) \\ &= 104090 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 104090 / 3 = 34696 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$40 \text{ T/m}^2 < 104090 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.5 Perhitungan pada titik S-5

Dimensi Pondasi

$$D_f = 1.5 \text{ m}$$

$$B = 1.2 \text{ m}$$

Menurut tabel 3.8 untuk titik S-1 ,diketahui :

$$\text{Sudut geser } (\phi) = 23^\circ$$

$$\text{Koheesi } (c) = 2$$

$$\text{Berat isi tanah } (\gamma) = 1650 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi tanah jenuh } (\gamma_{\text{sat}}) = 1750 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi air } (\gamma_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Angka keamanan } (F_s) = 3$$

4.1.5.1 Analisis Daya Dukung Terzaghi

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser $(\phi) = 23$, bisa dilihat pada tabel 2.1.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 21,75$$

$$N_q = 10,23$$

$$N_\gamma = 7,83$$

Pondasi berbentuk bujur sangkar, maka rumus yang digunakan adalah:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$

Tinggi muka air tanah di atas pondasi $D = 0,6$

maka :

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1750 - 1000 = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1650(1,5 - 0,6) + 750(0,6) = 1935 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat nilai dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,3cN_c + qN_q + 0,4\gamma B N_\gamma \\ &= 1,3(2,8)(21,75) + 1935(10,23) + 0,4(1650)(1,2)(7,83) \\ &= 105170 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 105170 / 3 = 35055 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$80 \text{ T/m}^2 < 105170 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.5.2 Analisis Daya Dukung Meyerhof

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 23, bisa dilihat pada tabel 2.3.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 18,05$$

$$N_q = 8,66$$

$$N_\gamma = 4,82$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{8,66}{18,05} = 1,48$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 23^\circ = 1,424$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f / B)$$

$$= 1 + 2 \cdot \tan 23^\circ (1 - \sin 23^\circ)^2 \cdot \tan^{-1}(1,5/1,2)$$

$$= 1,282$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan \phi} \right) = 1,282 - \left(\frac{1 - 1,282}{8,66 \times \tan 23^\circ} \right) = 1,359$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak

Dari grafik data *sondir* S-4 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi

Yaitu $D = 0,6$ m, maka:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1750 - 1000 = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1650(1,5 - 0,6) + 750(0,6) = 1935 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \\ &= 2,8(18,05)(1,48)(1,359)(1) + 1935(8,66)(1,424)(1,282)(1) + \\ &\quad 0,5 \cdot 1650(1,2)(4,82)(0,6)(1)(1) \\ &= 135130 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 135130 / 3 = 45042 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$80 \text{ T/m}^2 < 135130 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.5.3 Analisis Daya Dukung Hansen

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 24, bisa dilihat pada tabel 2.4.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 18,05$$

$$N_q = 8,66$$

$$N_\gamma = 4,82$$

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} \cdot F_{cg} \cdot F_{cb} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} \cdot F_{qg} \cdot F_{qb} + \\ &\quad \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \cdot F_{\gamma g} \cdot F_{\gamma b} \end{aligned}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{Nq}{Nc} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{8,66}{18,05} = 1,48$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan\phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 23^\circ = 1,424$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 \tan^{-1} (Df/B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 23^\circ (1 - \sin 23^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5/1,2) \\ &= 1,282 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{Nq \times \tan\phi} \right) = 1,282 - \left(\frac{1 - 1,282}{8,66 \times \tan 23^\circ} \right) = 1,359$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak, kemudian untuk nilai F_{cg} , F_{qg} , $F_{\gamma g}$, F_{cb} , F_{qb} , $F_{\gamma b}$ diabaikan karena tanah sejajar atau horizontal dengan pondasi. Dari grafik *sondir* S-5 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi $D = 0,6$ m, maka:

$$q = \gamma(Df - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1750 - 1000 = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(Df - D) + \gamma' D = 1650(1,5 - 0,6) + 750(0,6) = 1935 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \\ &= 2,8(18,05)(1,48)(1,359)(1) + 1935(8,66)(1,424)(1,282)(1) + \\ &\quad 0,5 \cdot 1650(1,2)(8,2)(0,6)(1)(1) \\ &= 137133 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 104090 / 3 = 45711 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$80/\text{m}^2 < 137133 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.6. Perhitungan pada titik S-6

Dimensi Pondasi

$$Df = 1.5 \text{ m}$$

$$B = 1.2 \text{ m}$$

Menurut tabel 3.7 untuk titik S-2 ,diketahui :

$$\text{Sudut geser } (\phi) = 22^\circ$$

$$\text{Kohesi } (c) = 2$$

$$\text{Berat isi tanah basah } (\gamma_{\text{sat}}) = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi tanah } (\gamma) = 1500 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi air } (\gamma_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Angka keamanan } (F_s) = 3$$

4.1.6.1 Analisis Daya Dukung Terzaghi

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser $(\phi) = 22$, bisa dilihat pada tabel 2.1.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 20,27$$

$$N_q = 9,19$$

$$N_\gamma = 6,89$$

Pondasi berbentuk bujur sangkar, maka rumus yang digunakan adalah:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$

Tinggi muka air tanah di atas pondasi $D = 0.6$

maka :

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1600 - 1000 = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1500(1,5 - 0,6) + 700(0,6) = 1710 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat nilai dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma \\ &= 1,3(2)(20,27) + 1710(9,19) + 0,4(1500)(1,2)(6,89) \\ &= 73377 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{\text{ijin}} = q_u / F_s = 73377 / 3 = 24459 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$40 \text{ T/m}^2 < 73,377 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.6.2. Analisis Daya Dukung Meyerhof

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 22, bisa dilihat pada tabel 2.3.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 16,88$$

$$N_q = 7,82$$

$$N_\gamma = 4,07$$

$$q_u = c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + \frac{1}{2}.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{7,82}{16,88} = 1,463$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan\phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 22^\circ = 1,404$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan\phi (1 - \sin\phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 22^\circ (1 - \sin 22^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5/1,2) \\ &= 1,283 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan\phi} \right) = 1,283 - \left(\frac{1 - 1,283}{7,82 \times \tan 22^\circ} \right) = 1,373$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak

Dari grafik data *sondir* S-6 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi

Yaitu $D = 0,6$ m, maka:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1600 - 1000 = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1500(1,5 - 0,6) + 600(0,6) = 1710 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + 0,5.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i} \\ &= 2(16,88)(1,463)(1,373)(1) + 1710(7,82)(1,404)(1,283)(1) + \\ &\quad 0,5(1500)(1,2)(4,07)(0,6)(1)(1) \\ &= 94107 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 94107 / 3 = 31369 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$40 \text{ T/m}^2 < 94,107 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.1.6.3. Analisis Daya Dukung Hansen

Kapasitas daya dukung ultimit pada keruntuhan geser umum untuk nilai sudut geser (ϕ) = 22, bisa dilihat pada tabel 2.4.

Maka didapat nilai :

$$N_c = 16,88$$

$$N_q = 7,82$$

$$N_\gamma = 7,13$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c} = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \frac{7,82}{16,88} = 1,463$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \phi = 1 + \frac{1,2}{1,2} \times \tan 22^\circ = 1,404$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,2}{1,2} \right) = 0,6$$

$$\begin{aligned} F_{qd} &= 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) \\ &= 1 + 2 \cdot \tan 22^\circ (1 - \sin 22^\circ)^2 \cdot \tan^{-1} (1,5/1,2) \\ &= 1,283 \end{aligned}$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_q \times \tan \phi} \right) = 1,283 - \left(\frac{1 - 1,283}{7,82 \times \tan 22^\circ} \right) = 1,373$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i} = 1$ karena bebannya tegak, kemudian untuk nilai F_{cg} , F_{qg} , $F_{\gamma g}$, F_{cb} , F_{qb} , $F_{\gamma b}$ diabaikan karena tanah sejajar atau horizontal dengan pondasi. Dari grafik *sondir* S-6 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi $D = 0,4 \text{ m}$, maka:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai γ' di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1600 - 1000 = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1500(1,5 - 0,6) + 700(0,6) = 1710 \text{ kg/m}^3$$

maka didapat daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} q_u &= c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + 0,5.\gamma.B.N_\gamma.F_{\gamma s}.F_{\gamma d}.F_{\gamma i} \\ &= 2(16,88)(1,463)(1,373)(1) + 1710(7,82)(1,404)(1,283)(1) + \\ &\quad 0,5(1500)(1,2)(7,13)(0,6)(1)(1) \\ &= 95759 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai $F_s = 3$, maka :

$$q_{ijin} = q_u / F_s = 95759 / 3 = 31919 \text{ kg/m}^2$$

Check $Q_c < Q_u$

$$40 \text{ T/m}^2 < 95,759 \text{ T/m}^2 \dots \text{Ok !}$$

4.2. Menghitung Penurunan Tanah (*immediate settlement*)

Penurunan seketika / penurunan elastic (*immediate settlement*) 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 .

4.2.1. Penurunan Titik Sondir 1

$$S_i = q.B \frac{1-\mu^2}{E_s} I_w$$

$$q = 40783 \text{ kg/m}^2 \text{ (diambil dari nilai terkecil } Q_{ijin} \text{ Titik S-1)}$$

$$B = 1,2 \text{ (lebar pondasi)}$$

$$I_w = 0,82 \text{ (diambil dari tabel 2.6)}$$

$$\mu = 0,4 \text{ (diambil dari tabel 2.7)}$$

$$E_s = 40000 \text{ Kg/m}^2 \text{ (diambil dari tabel 2.8)}$$

$$\begin{aligned} S_i &= 40783 (1,2) (1 - 0,4^2)(0,82) / 400000 \\ &= 0,084274 \text{ m} \\ &= 12,391 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.2.2. Penurunan Titik Sondir 2

$$S_i = q \cdot B \frac{1-\mu^2}{E_s} I_w$$

$$q = 30850 \text{ kg/m}^2 \text{ (diambil dari nilai terkecil } Q_{ijin} \text{ Titik S-2)}$$

$$B = 1,2 \text{ (lebar pondasi)}$$

$$I_w = 0,82 \text{ (diambil dari tabel 2.6)}$$

$$\mu = 0,4 \text{ (diambil dari tabel 2.7)}$$

$$E_s = 260000 \text{ Kg/m}^2 \text{ (diambil dari tabel 2.8)}$$

$$\begin{aligned} S_i &= 30850 (1,2) (1 - 0,4^2)(0,82) / 260000 \\ &= 0,070053 \text{ m} \\ &= 70,053 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.2.3. Penurunan Titik Sondir 3

$$S_i = q \cdot B \frac{1-\mu^2}{E_s} I_w$$

$$q = 38580 \text{ kg/m}^2 \text{ (diambil dari nilai terkecil } Q_{ijin} \text{ Titik S-3)}$$

$$B = 1,2 \text{ (lebar pondasi)}$$

$$I_w = 0,82 \text{ (diambil dari tabel 2.6)}$$

$$\mu = 0,3 \text{ (diambil dari tabel 2.7)}$$

$$E_s = 30000 \text{ Kg/m}^2 \text{ (diambil dari tabel 2.8)}$$

$$\begin{aligned} S_i &= 38580 (1,2) (1 - 0,3^2)(0,82) / 300000 \\ &= 0,075925 \text{ m} \\ &= 75,925 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.2.4. Penurunan Titik Sondir 4

$$S_i = q \cdot B \frac{1-\mu^2}{E_s} I_w$$

$$q = 26560 \text{ kg/m}^2 \text{ (diambil dari nilai terkecil } Q_{ijin} \text{ Titik S-4)}$$

$$B = 1,2 \text{ (lebar pondasi)}$$

$$I_w = 0,82 \text{ (diambil dari tabel 2.6)}$$

$$\begin{aligned}\mu &= 0,4 \text{ (diambil dari tabel 2.7)} \\ E_s &= 240000 \text{ Kg/m}^2 \text{ (diambil dari tabel 2.8)} \\ S_i &= 26560 (1,2) (1 - 0,4^2)(0,82) / 240000 \\ &= 0,065338 \text{ m} \\ &= 65,338 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.2.5. Penurunan Titik Sondir 5

$$\begin{aligned}S_i &= q \cdot B \frac{1-\mu^2}{E_s} I_w \\ q &= 35055 \text{ kg/m}^2 \text{ (diambil dari nilai terkecil } Q_{ijin} \text{ Titik S-5)} \\ B &= 1,2 \text{ (lebar pondasi)} \\ I_w &= 0,82 \text{ (diambil dari tabel 2.6)} \\ \mu &= 0,4 \text{ (diambil dari tabel 2.7)} \\ E_s &= 350000 \text{ Kg/m}^2 \text{ (diambil dari tabel 2.8)} \\ S_i &= 35055 (1,2) (1 - 0,4^2)(0,82) / 350000 \\ &= 0,059133 \text{ m} \\ &= 59,133 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.2.1. Penurunan Titik Sondir 6

$$\begin{aligned}S_i &= q \cdot B \frac{1-\mu^2}{E_s} I_w \\ q &= 24459 \text{ kg/m}^2 \text{ (diambil dari nilai terkecil } Q_{ijin} \text{ Titik S-6)} \\ B &= 1,2 \text{ (lebar pondasi)} \\ I_w &= 0,82 \text{ (diambil dari tabel 2.6)} \\ \mu &= 0,4 \text{ (diambil dari tabel 2.7)} \\ E_s &= 24000 \text{ Kg/m}^2 \text{ (diambil dari tabel 2.8)} \\ S_i &= 24459 (1,2) (1 - 0,4^2)(0,82) / 240000 \\ &= 0,060169 \text{ m} \\ &= 60,169 \text{ mm}\end{aligned}$$

4.3. Menghitung Daya Dukung dan Penurunan Dengan Metode Elemen Hingga

Hingga

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

4.3.1. Analisis Titik Sondir 1

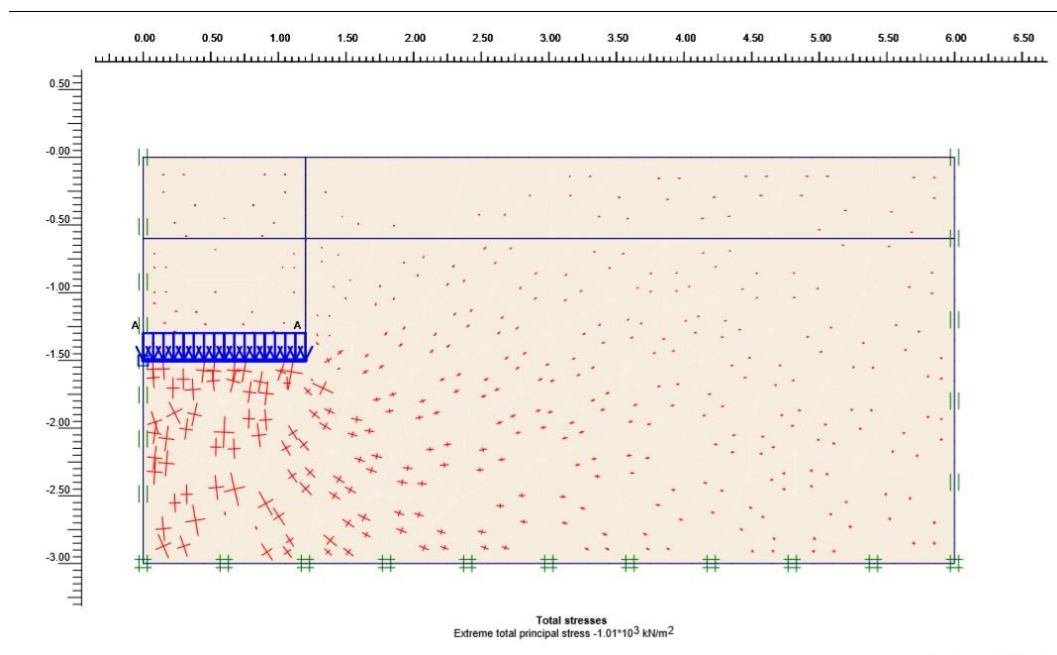
Setelah melakukan kalkulasi pada tahapan analisis kemudian dapat dilihat hasil outputnya sebagai berikut :

Dari hasil perhitungan titik S-1 dengan menggunakan program analisis di dapat nilai sebagai berikut :

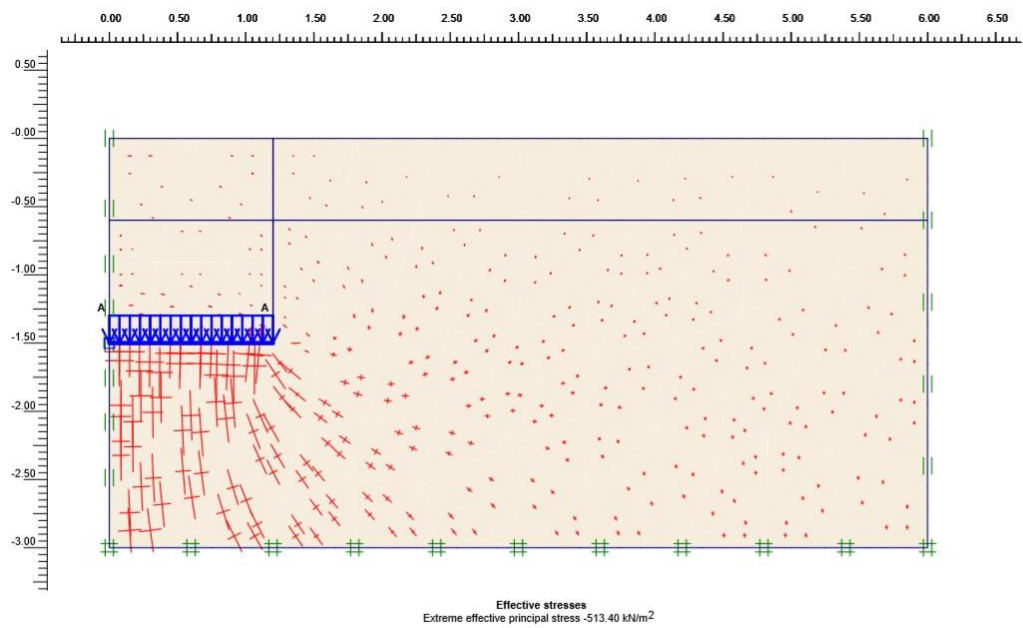
- Daya dukung *ultimate* (Q_{ul}) = $1010 \text{ kN/m}^2 = 101 \text{ T/m}^2$ (Gambar 4.1)
- Daya dukung izin (Q_{ijin}) = $513,4 \text{ kN/m}^2 = 51,34 \text{ T/m}^2$ (Gambar 4.2)
- Penurunan tanah sebesar 82,75 mm (Gambar 4.3)

Check $Q_c < Q_{ul}$

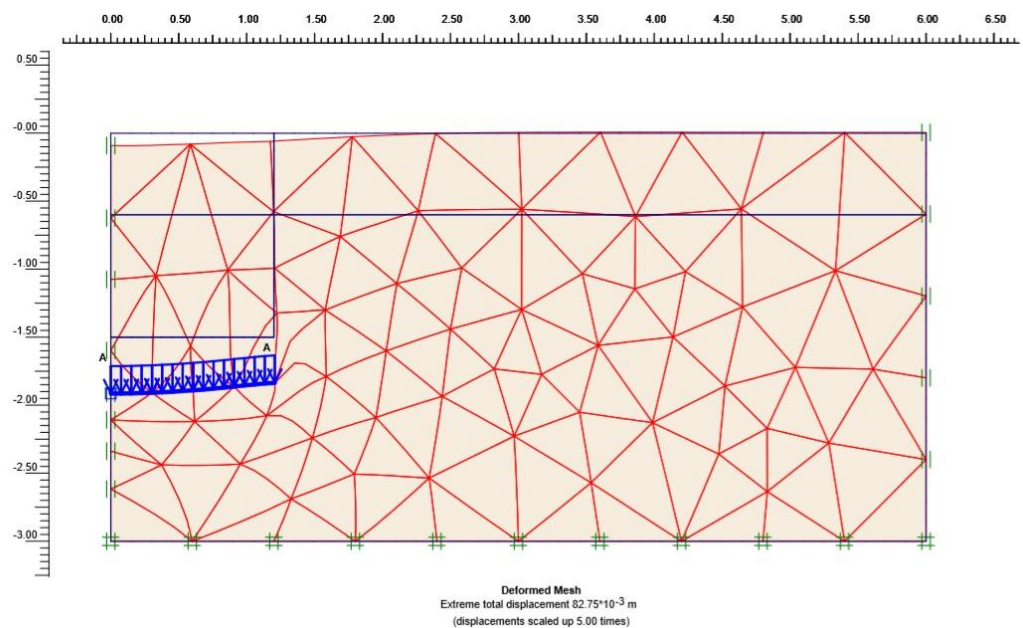
$100 \text{ T/m}^2 < 101 \text{ T/m}^2$ OK !



Gambar 4.1. Daya dukung *ultimate* titik sondir 1 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.2. Daya dukung izin titik sondir 1 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.3. Penurunan titik sondir 1 menggunakan program *plaxis*

4.3.2. Analisis Titik Sondir 2

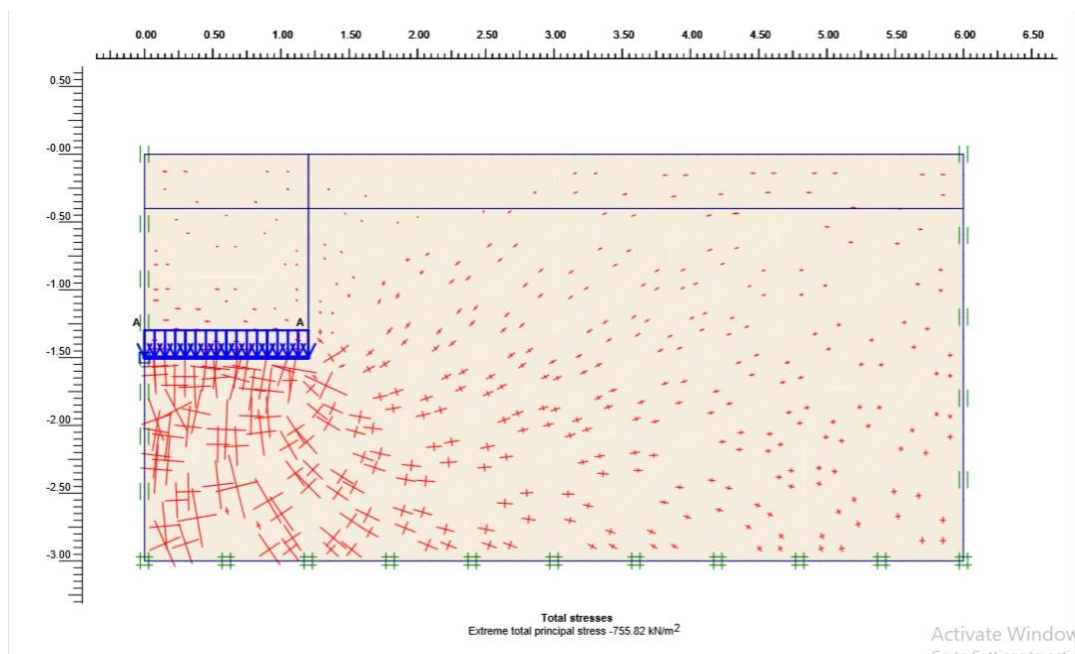
Setelah melakukan kalkulasi pada tahapan analisis kemudian dapat dilihat hasil outputnya sebagai berikut :

Dari hasil perhitungan titik S-2 dengan menggunakan program analisis di dapat nilai sebagai berikut :

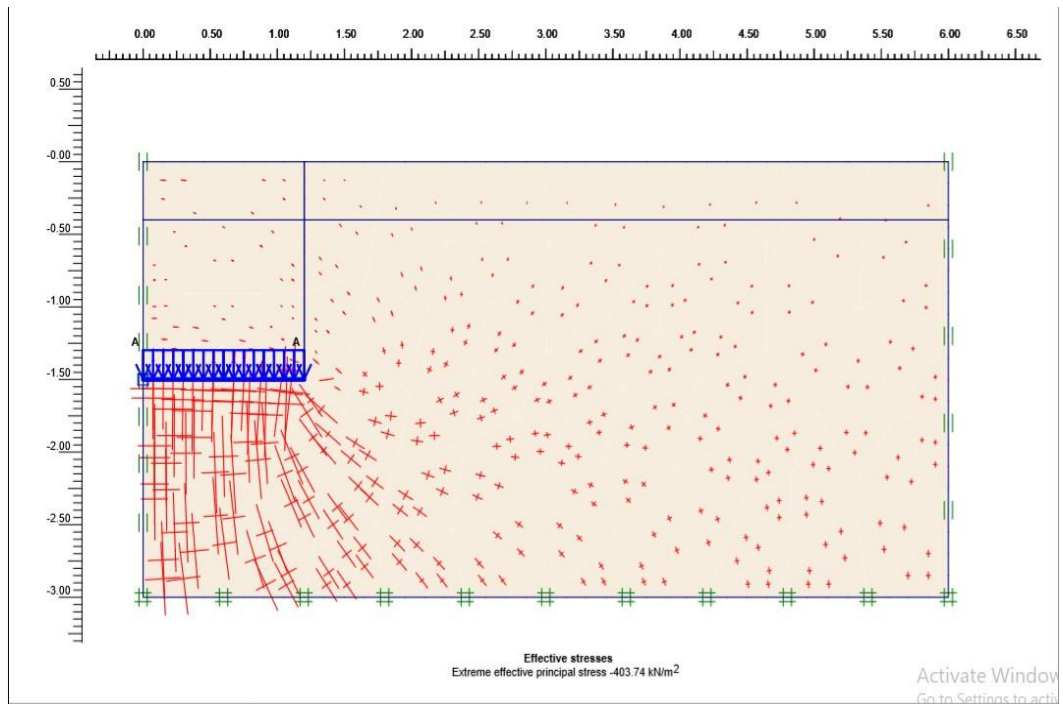
- Daya dukung *ultimate* (Q_{ul}) = 755,82 kN/m² = 75,582 T/m² (Gambar 4.4)
- Daya dukung izin (Q_{ijin}) = 403,74 kN/m² = 40,374 T/m² (Gambar 4.5)
- Penurunan tanah sebesar 96.9 mm (Gambar 4.6)

Check $Q_c < Q_{ul}$

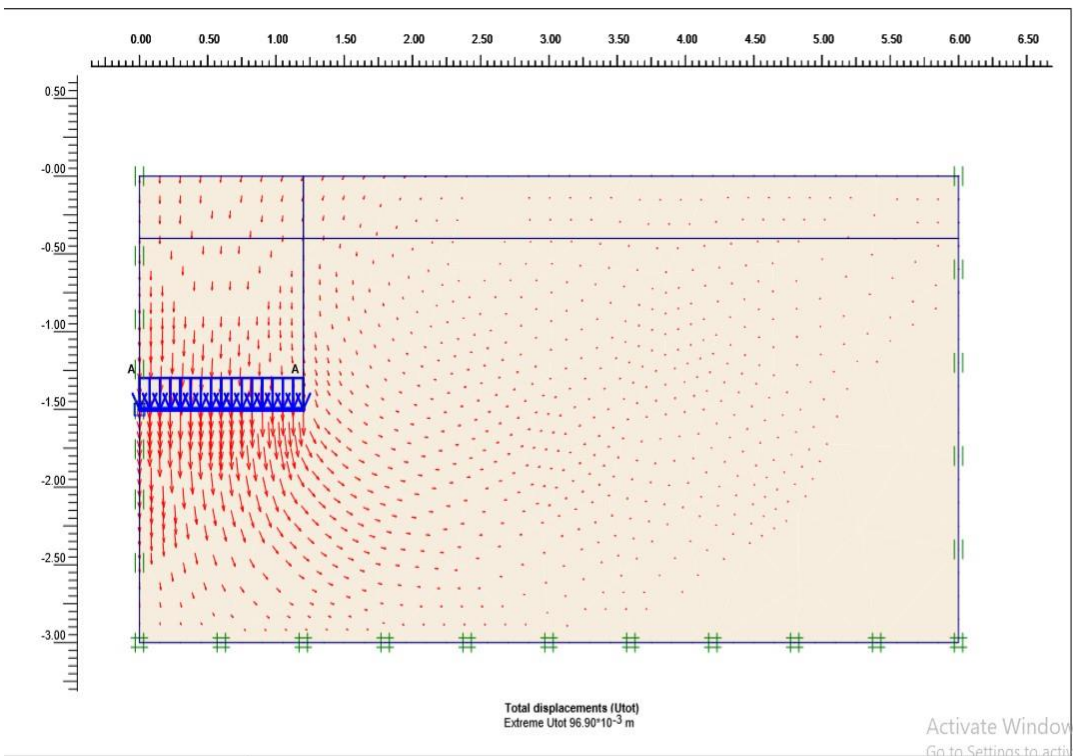
60 T/m² < 75,582 T/m² OK !



Gambar 4.4. Daya dukung *ultimate* titik sondir 2 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.5. Daya dukung izin titik sondir 2 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.6. Penurunan titik sondir 2 menggunakan program *plaxis*

4.3.3. Analisis Titik Sondir 3

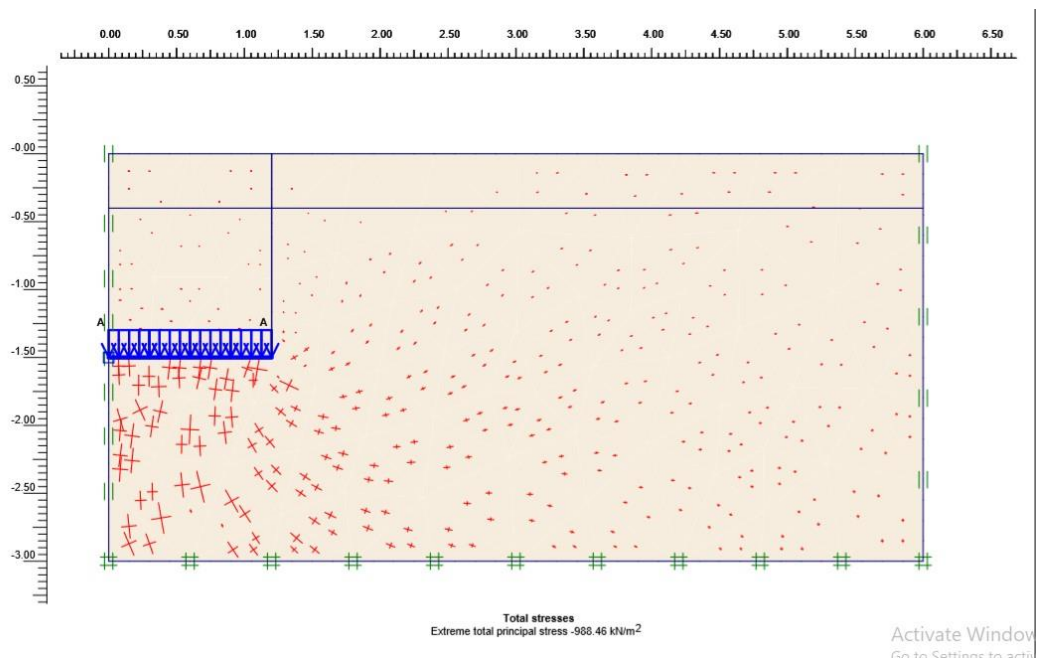
Setelah melakukan kalkulasi pada tahapan analisis kemudian dapat dilihat hasil outputnya sebagai berikut :

Dari hasil perhitungan titik S-3 dengan menggunakan program analisis di dapat nilai sebagai berikut :

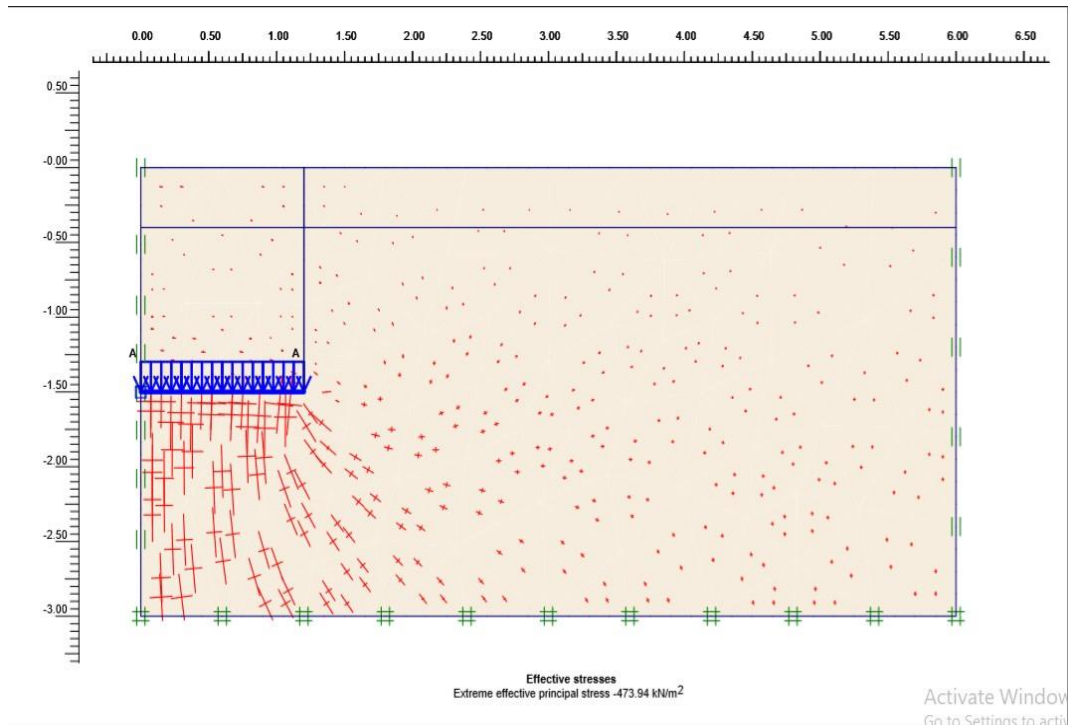
- Daya dukung *ultimate* (Q_{ul}) = 988,46 kN/m² = 98,846 T/m² (Gambar 4.7)
- Daya dukung izin (Q_{ijin}) = 473,94 kN/m² = 47,394 T/m² (Gambar 4.8)
- Penurunan tanah sebesar 106,59 mm (Gambar 4.9)

Check $Q_c < Q_{ul}$

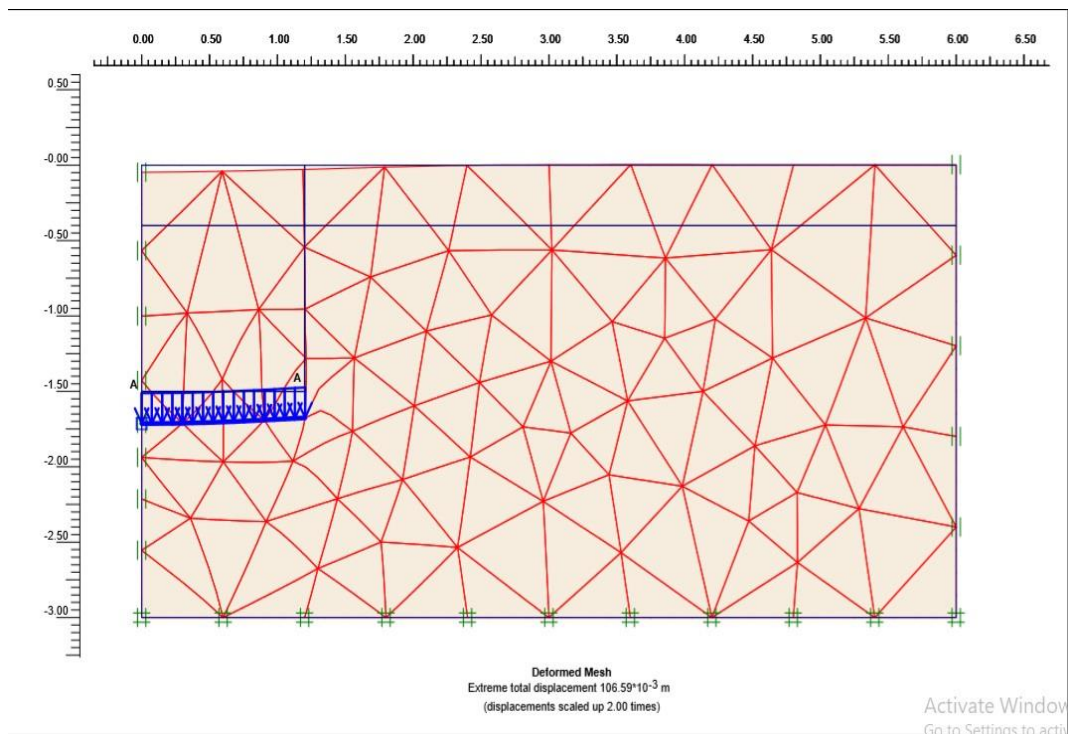
80 T/m² < 98,846 T/m² OK !



Gambar 4.7. Daya dukung *ultimate* titik sondir 3 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.8. Daya dukung izin titik sondir 3 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.9. Penurunan titik sondir 3 menggunakan program *plaxis*

4.3.4. Analisis Titik Sondir 4

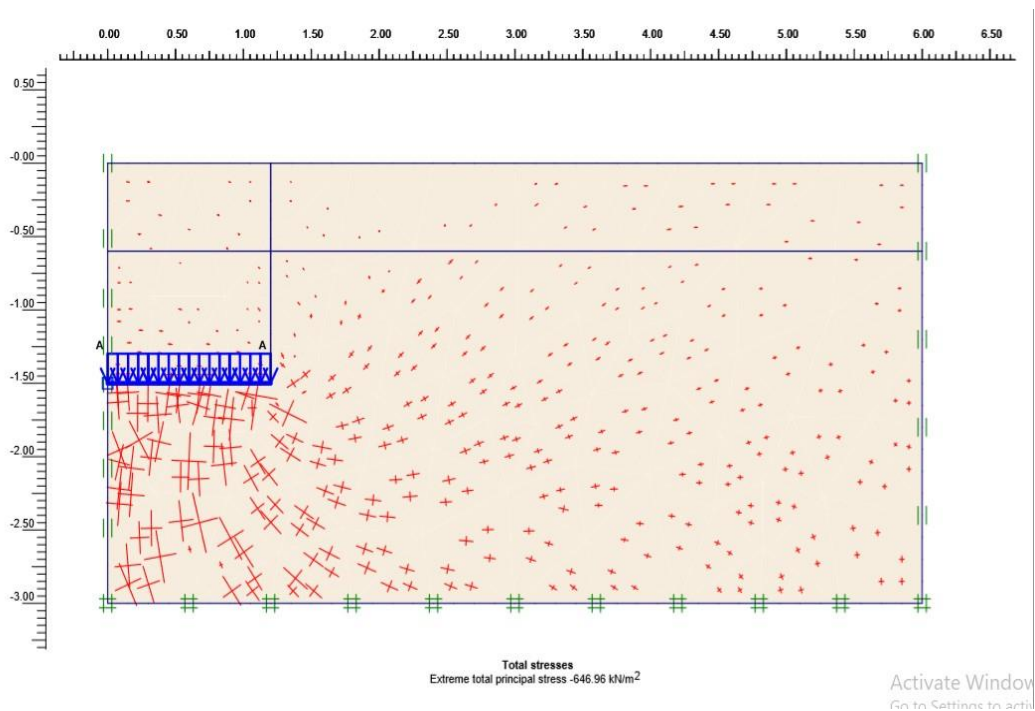
Setelah melakukan kalkulasi pada tahapan analisis kemudian dapat dilihat hasil outputnya sebagai berikut :

Dari hasil perhitungan titik S-4 dengan menggunakan program analisis di dapat nilai sebagai berikut :

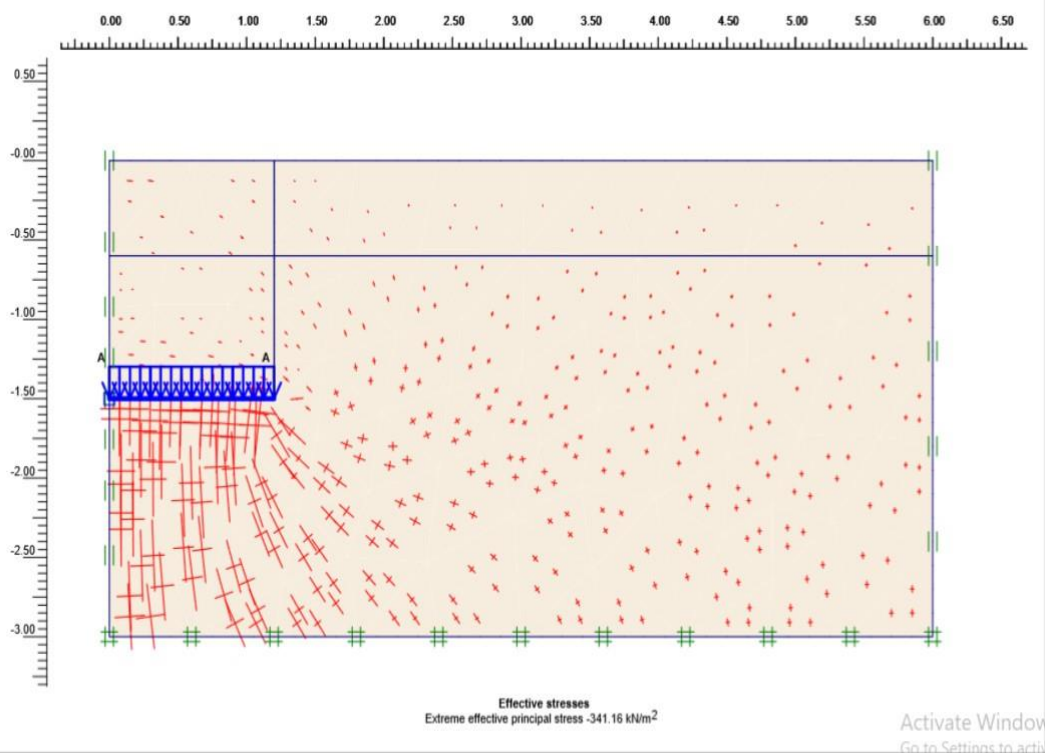
- Daya dukung *ultimate* (Q_{ul}) = 646,96 kN/m² = 64,496 T/m² (Gambar 4.10)
- Daya dukung izin (Q_{ijin}) = 341,16 kN/m² = 34,116 T/m² (Gambar 4.11)
- Penurunan tanah sebesar 85,68 mm (Gambar 4.12)

Check $Q_c < Q_{ul}$

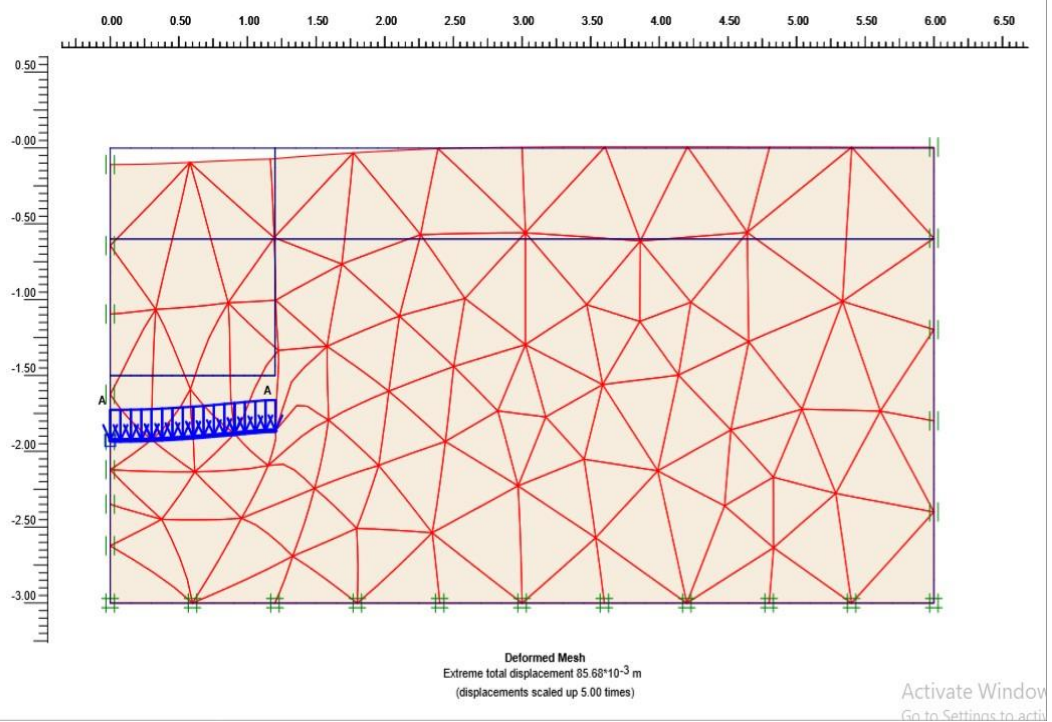
40 T/m² < 64,496 T/m² OK !



Gambar 4.10. Daya dukung *ultimate* titik sondir 4 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.11. Daya dukung izin titik sondir 4 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.12. Penurunan titik sondir 4 menggunakan program *plaxis*

4.3.5. Analisis Titik Sondir 5

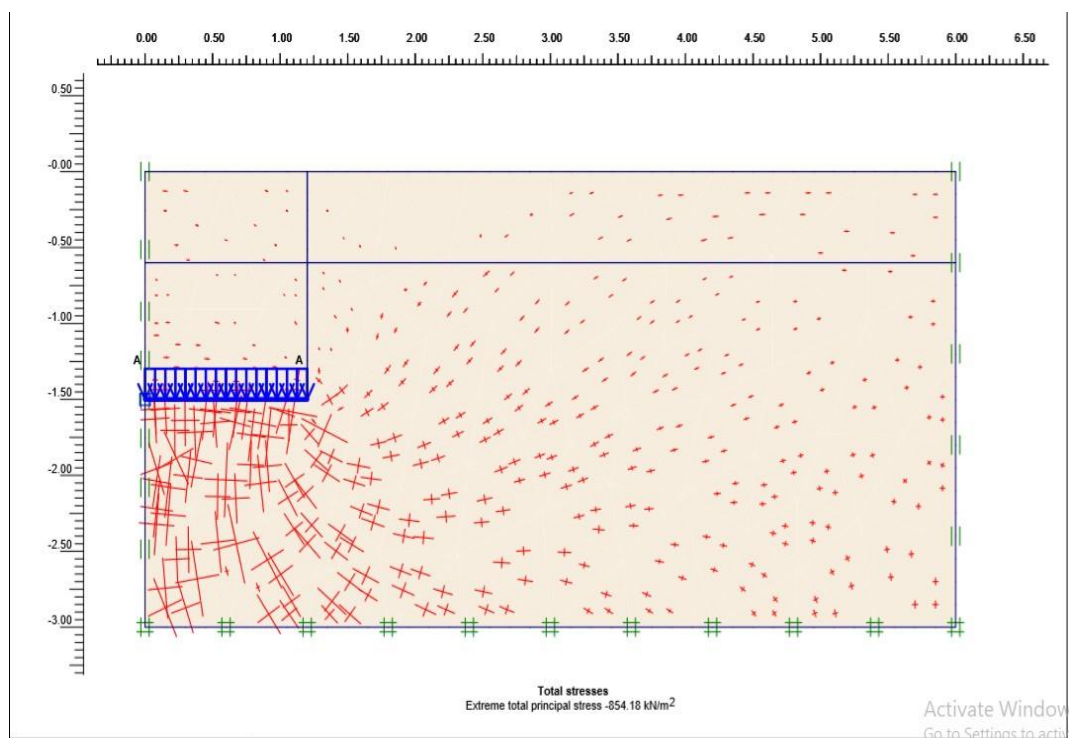
Setelah melakukan kalkulasi pada tahapan analisis kemudian dapat dilihat hasil outputnya sebagai berikut :

Dari hasil perhitungan titik S-5 dengan menggunakan program analisis di dapat nilai sebagai berikut :

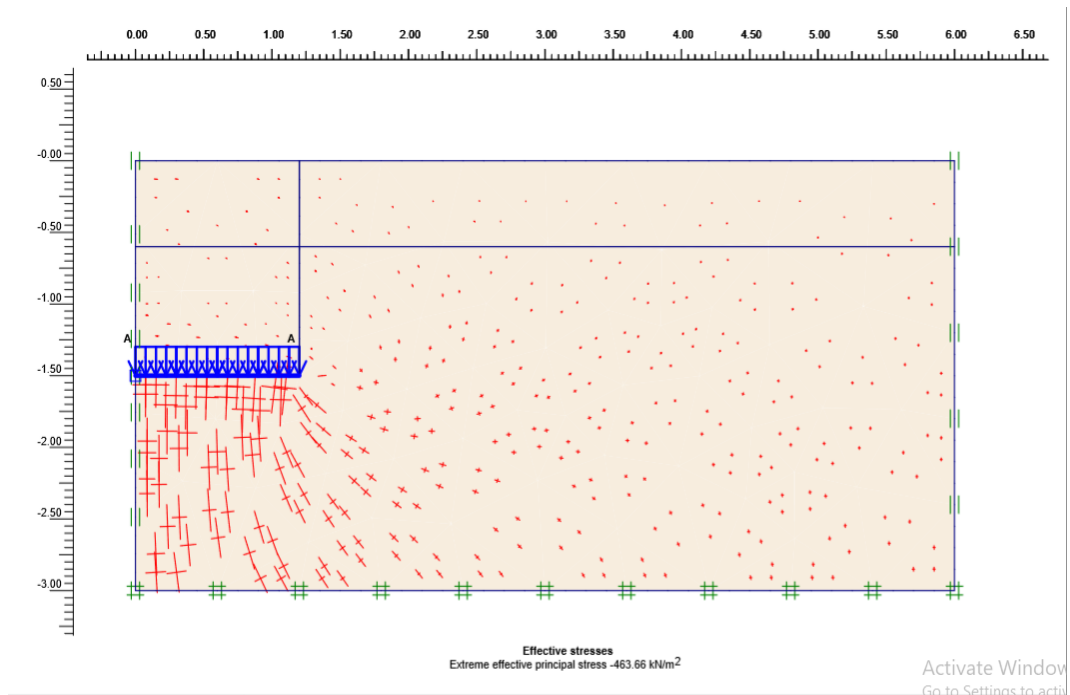
- Daya dukung *ultimate* (Q_{ul}) = 854,18 kN/m² = 85,418 T/m² (Gambar 4.13)
- Daya dukung izin (Q_{ijin}) = 463,66 kN/m² = 46,366 T/m² (Gambar 4.14)
- Penurunan tanah sebesar 81,33 mm (Gambar 4.15)

Check $Q_c < Q_{ul}$

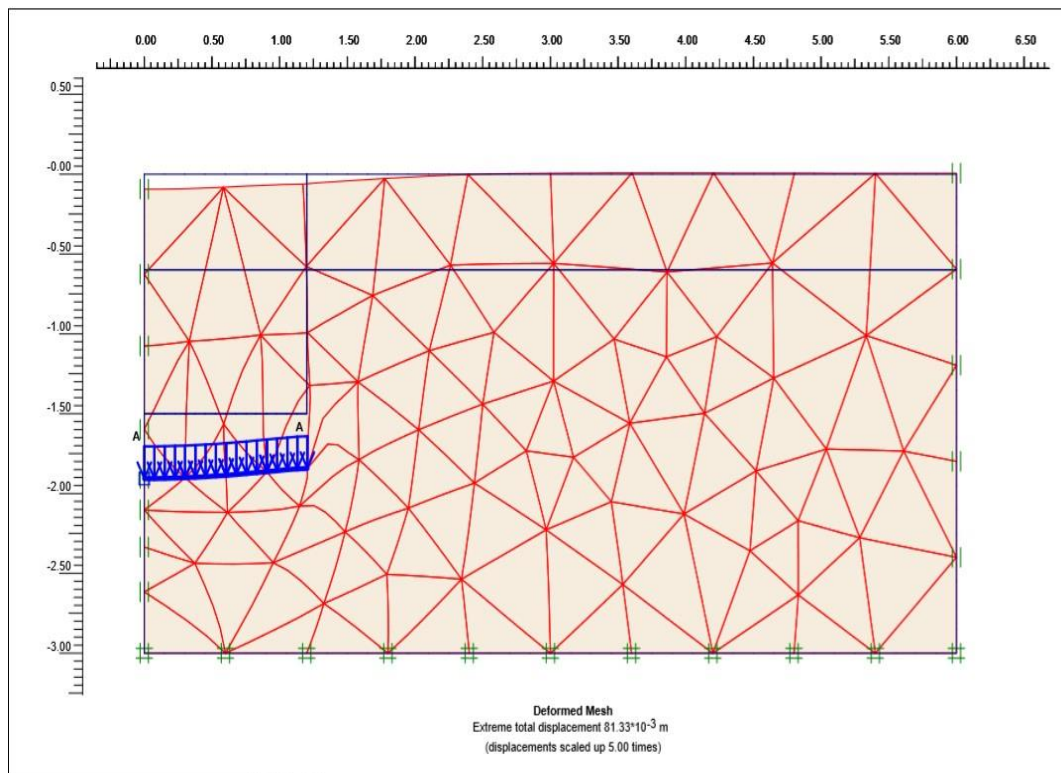
80 T/m² < 85,418 T/m² OK !



Gambar 4.13. Daya dukung *ultimate* titik sondir 5 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.14. Daya dukung izin titik sondir 5 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.15. Penurunan titik sondir 5 menggunakan program *plaxis*

4.3.6. Analisis Titik Sondir 6

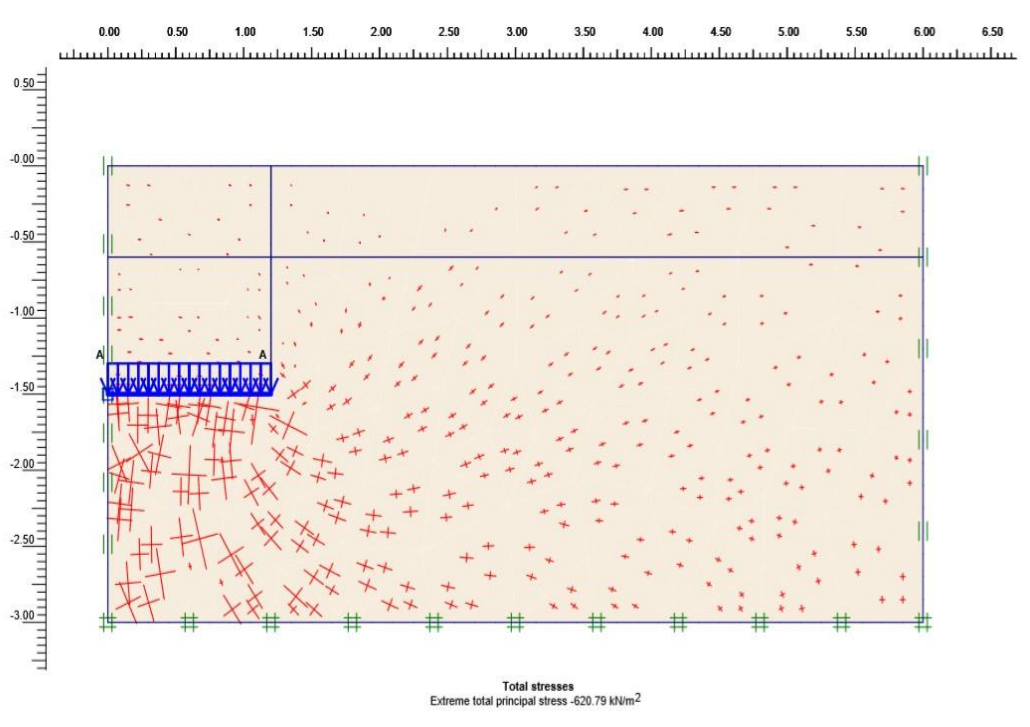
Setelah melakukan kalkulasi pada tahapan analisis kemudian dapat dilihat hasil outputnya sebagai berikut :

Dari hasil perhitungan titik S-6 dengan menggunakan program analisis di dapat nilai sebagai berikut :

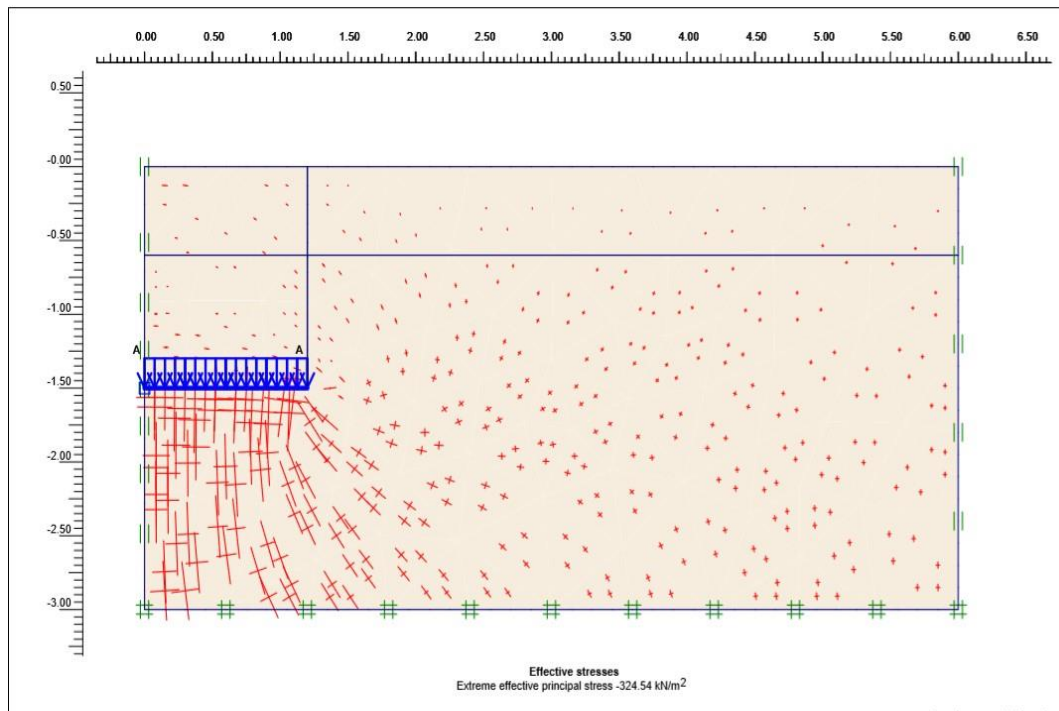
- Daya dukung *ultimate* (Q_{ul}) = 620,79 kN/m² = 62,079 T/m² (Gambar 4.16)
- Daya dukung izin (Q_{ijin}) = 324,54 kN/m² = 32,454 T/m² (Gambar 4.17)
- Penurunan tanah sebesar 81,8 mm (Gambar 4.18)

Check $Q_c < Q_{ul}$

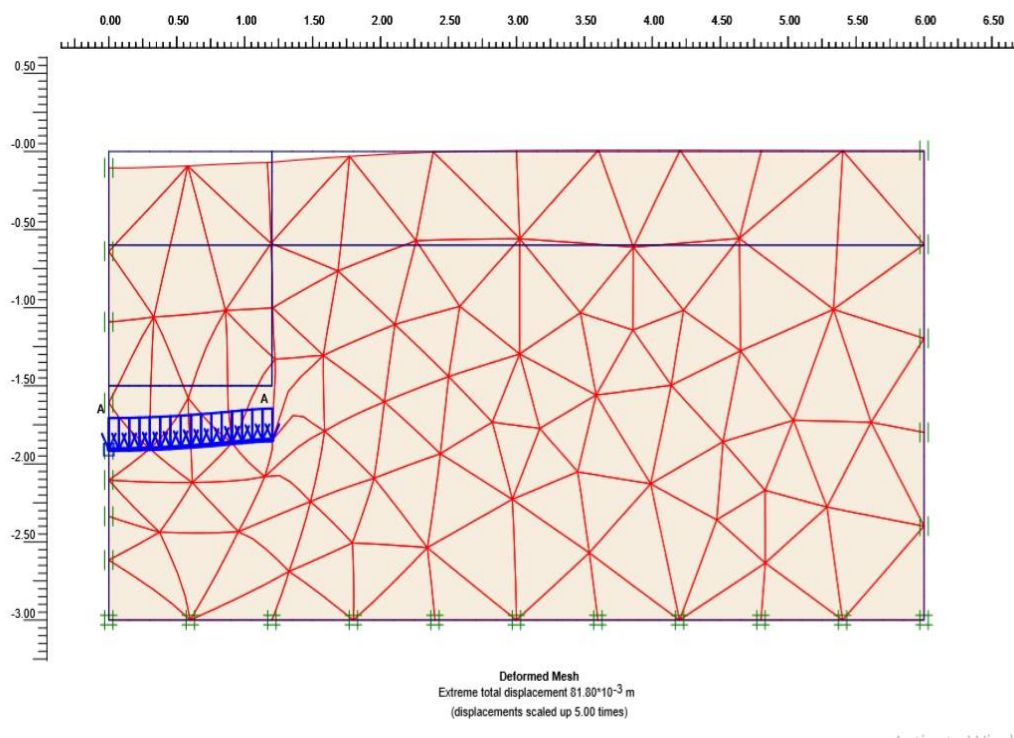
40 T/m² < 62,079 T/m² OK !



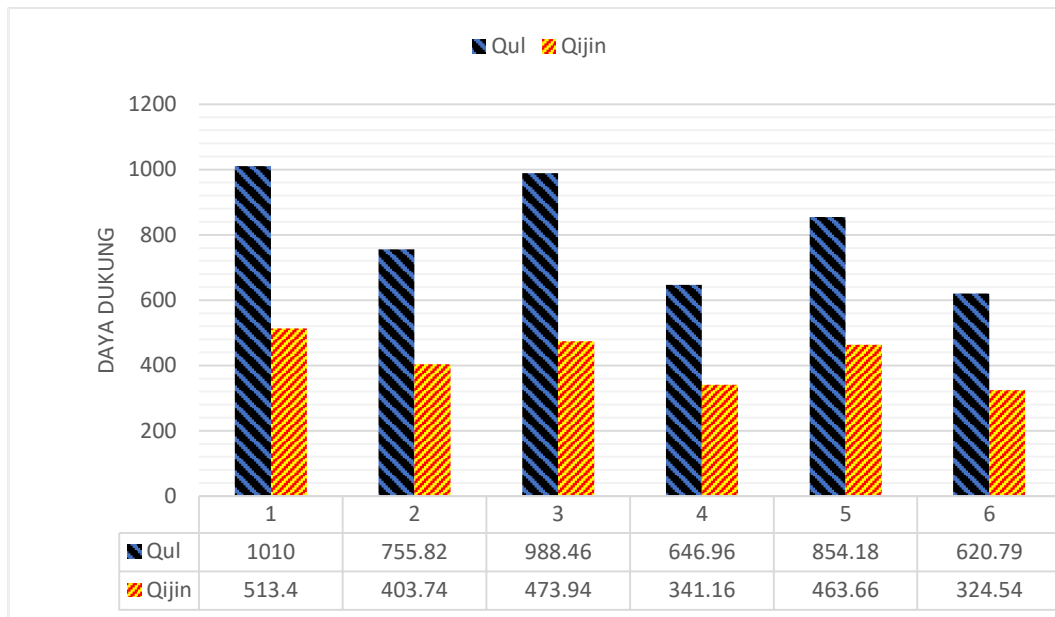
Gambar 4.16. Daya dukung *ultimate* titik sondir 6 menggunakan program *plaxis*



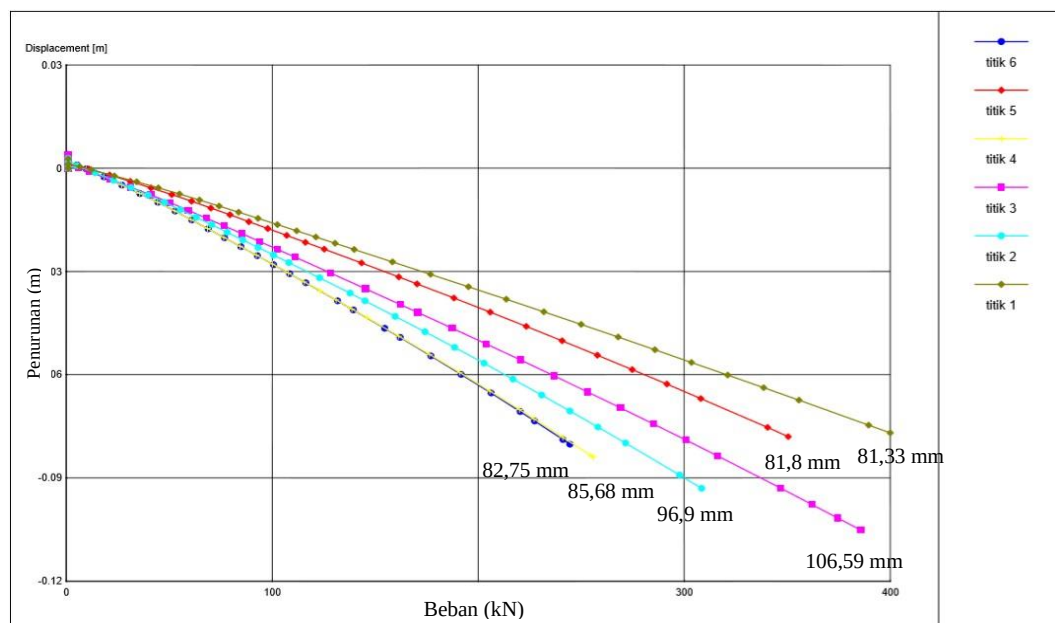
Gambar 4.17. Daya dukung izin titik sondir 6 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.18. Penurunan titik sondir 6 menggunakan program *plaxis*



Gambar 4.18. Grafik perbandingan daya dukung ultimate dengan daya dukung izin dengan metode elemen hingga menggunakan program plaxis.



Gambar 4.19. Kurva perbandingan beban *versus* penurunan dengan metode elemen hingga menggunakan program PLAXIS.

Gambar 4.18 menunjukkan hasil *output* dari perhitungan daya dukung PLAXIS yaitu daya dukung *ultimate* dan daya dukung izin di masing-masing titik yang memiliki nilai kapasitas yang berbeda-beda, sedangkan Gambar 4.19 menunjukkan hasil perhitungan dari penurunan tanah pada setiap titik di PLAXIS.

4.4. Perbandingan Metode Analitis Dengan Metode Elemen Hingga

Hasil dari perhitungan antara metode analitis dengan metode elemen hingga dikumpulkan dalam tabel dan diagram di bawah ini :

Tabel 4.1. Perbandingan daya dukung antara metode analitis dan metode elemen hingga

Titik Sondir	Metode							
	Terzaghi		Meyerhoff		Hansen		Plaxis	
	Qult (t/m ²)	Qijin (t/m ²)	Qult (t/m ²)	Qijin (t/m ²)	Qult (t/m ²)	Qijin (t/m ²)	Qult (t/m ²)	Qijin (t/m ²)
1	122.35	40.78	157.48	52.49	159.82	53.27	101.00	51.34
2	92.55	30.85	115.86	38.62	117.62	39.21	75.58	40.37
3	115.74	38.58	149.51	49.84	151.78	50.59	98.85	47.39
4	79.68	26.56	102.26	34.09	104.09	34.70	64.70	34.12
5	105.17	35.06	135.13	45.04	137.13	45.71	85.42	46.37
6	73.38	24.46	94.11	31.37	95.76	31.92	62.08	32.45

Tabel 4.2. Perbandingan penurunan antara metode analitis dan metode elemen hingga

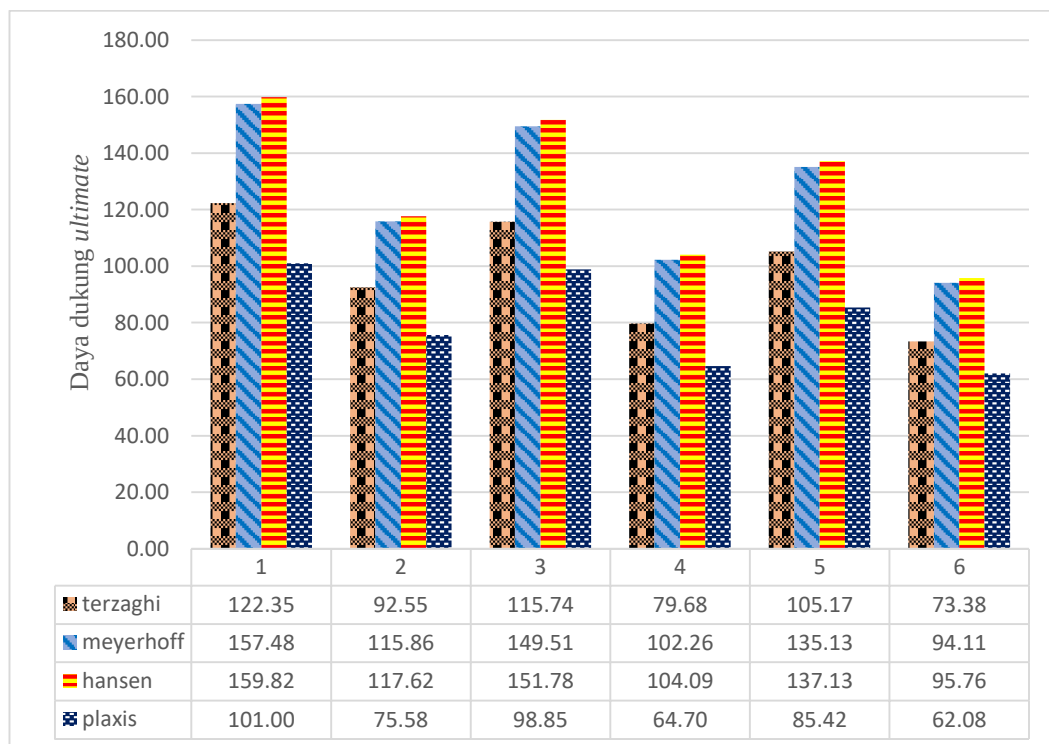
Titik Sondir	Metode	
	Analitis	Plaxis
1	84.27399	82.75
2	75.891	96.9
3	75.92544	106.59
4	65.3376	85.68
5	59.13278	81.33
6	60.16914	81.8

Pada grafik daya dukung ultimate (Gambar 4.19) metode hansen selalu memiliki nilai kapasitas terbesar pada setiap titik di ikuti oleh meyerhof yang

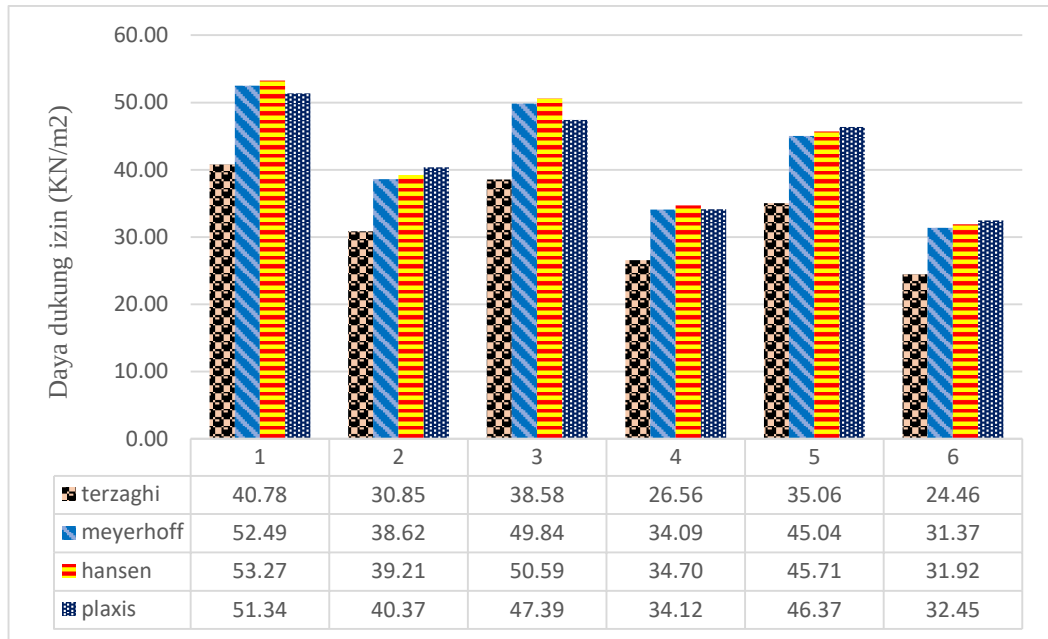
berselisih hanya sedikit dengan hansen pada nilai kapasitas daya dukung ultimatenya kemudian metode terzaghi yang merupakan metode dengan nilai terkecil pada metode analitis sedangkan untuk metode elemen hingganya memiliki nilai yang paling kecil dari semua metode analitis

Pada grafik daya dukung izin (Gambar 4.20) pada titik 1, 3, dan 4 metode hansen memiliki nilai kapasitas terbesar sementara pada titik 2, 5, dan 6 metode elemen hingga lah yang memiliki nilai kapasitas terbesar diikuti oleh metode meyerhof dan terzaghi (kecuali pada titik 1 dan 3 metode meyerhof memiliki kapasitas yang lebih besar dari metode elemen hingga)

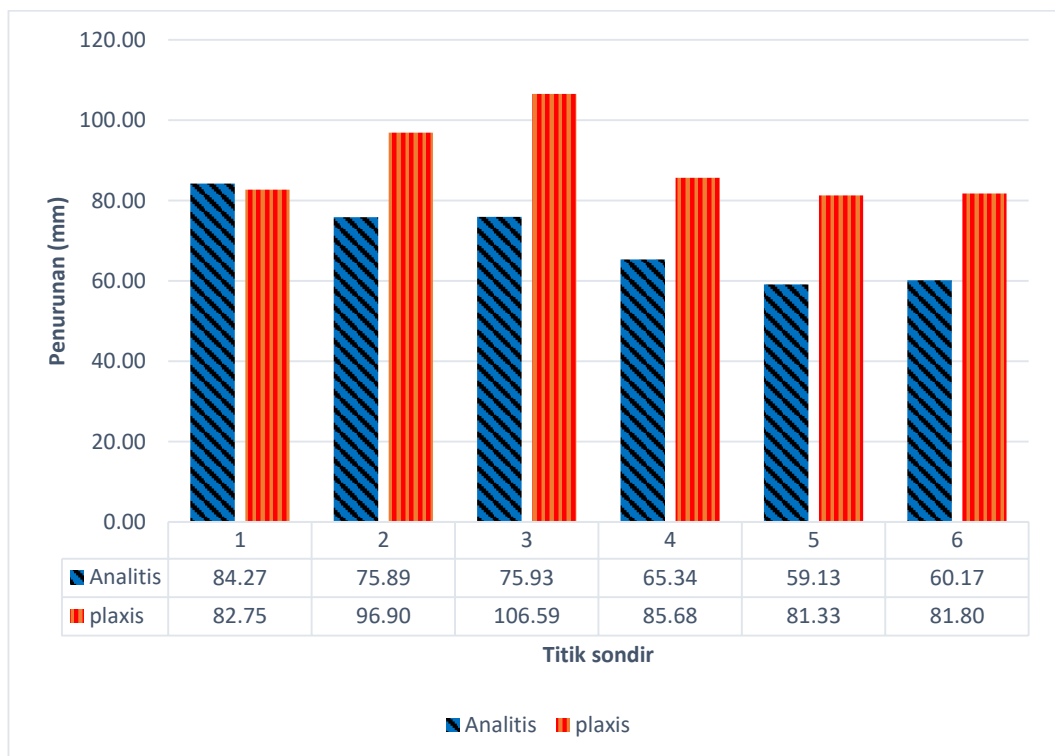
Pada grafik penurunan (Gambar 4.21) metode elemen hingga memiliki nilai penurunan yang lebih besar dibandingkan dengan metode analitis pada setiap titiknya hal ini dikarenakan pada perhitungan penurunan metode elemen hingga menggunakan parameter tanah yang lebih banyak daripada metode analitis



Gambar 4.20. Diagram perbandingan daya dukung *ultimate* antara metode analitis dan metode elemen hingga



Gambar 4.21. Grafik perbandingan daya dukung izin antara metode analitis dan metode elemen hingga



Gambar 4.21. Grafik perbandingan penurunan tanah antara metode analitis dan metode elemen hingga

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis perhitungan mengenai daya dukung dan penurunan tanah pada pondasi dangkal dengan cara analitis dan menggunakan metode elemen hingga, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar kapasitas daya dukung dan penurunan tanah pada pondasi dangkal yang berada pada tanah lempung pada proyek pembangunan Lembaga Pemasyarakatan Kelas II Labuhan Ruku menurut metode analitis yaitu pada titik S-1 = 40,78 T/m², S-2 = 30,85 T/m², S-3 = 38,58 T/m², S-4 = 26,56 T/m², S-5 = 35,06 T/m², S-6 = 24,46 T/m². Untuk metode Meyerhof pada titik S-1 = 52,49 T/m², S-2 = 38,62 T/m², S-3 = 49,84 T/m², S-4 = 34,09 T/m², S-5 = 45,04 T/m², S-6 = 31,37 T/m². Untuk metode Hansen pada titik S-1 = 53,27 T/m², S-2 = 39,21 T/m², S-3 = 50,59 T/m², S-4 = 34,70 T/m², S-5 = 45,71 T/m², S-6 = 31,92 T/m². Sedangkan untuk penurunannya pada titik S-1 = 84,27 mm, titik S-2 = 75,89 mm, titik S-3 = 75,93 mm, titik S-4 = 65,34 mm, titik S-5 = 59,13 mm, titik S-6 = 60,17 mm.
2. Besar daya dukung dan penurunan tanah pada pondasi dangkal yang berada pada tanah lempung pada proyek pembangunan Lembaga Pemasyarakatan Kelas II Labuhan Ruku melalui pemodelan dengan *software* Plaxis versi 8.2 yaitu pada titik S-1 = 51,34 T/m², S-2 = 40,74 T/m², S-3 = 47,94 T/m², S-4 = 34,12 T/m², S-5 = 46,37 T/m², S-6 = 32,45 T/m². Sedangkan untuk penurunannya pada titik S-1 = 82,75 mm, titik S-2 = 96,90 mm, titik S-3 = 106,59 mm, titik S-4 = 85,59 mm, titik S-5 = 81,33 mm, dan titik S-6 = 81,80 mm.

5.2. Saran

1. Tugas akhir ini masih dianalisa dengan menggunakan korelasi dari data sondir untuk mendapatkan nilai parameter tanah. Disarankan untuk penganalisaan selanjutnya menggunakan data-data parameter tanah dari laboratorium tanah agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.

2. Dalam tugas akhir ini, komponen seperti beban gedung dan gaya lateral gedung diabaikan. Disarankan untuk penganalisaan selanjutnya komponen-komponen tersebut direncanakan dan diperhitungkan agar data yang dihasilkan lebih akurat sesuai data kondisi yang ada di lapangan.
3. Tugas akhir ini hanya mengetahui tentang daya dukung dan penurunan yang dialami tanah . Disarankan untuk melakukan pengkajian lebih lanjut untuk mengetahui keamanan dan kondisi tanah terhadap beban gedung .
4. Dalam perhitungan analisis dengan program PLAXIS versi 8.2 disarankan untuk mempunyai fasilitas laptop dengan spesifikasi tinggi demi mempermudah dan memperlancar perhitungan yang dikerjakan .

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J, E. (1992) *Analisis dan Desain Fondasi*, Jilid 1, Edisi keempat. Erlangga: Jakarta
- Budi, G.S. (2011) *Pondasi Dangkal*. CV. Andi Offset: Yogyakarta
- Craig, R, F. (1991) *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat. Erlangga: Jakarta
- Das, B, M. (2006) *Shallow Foundations Bearing Capacity And Settlement*, Second Edition. PWS Publishing Company: Boston
- Das, B, M. (1995) *Principles Of Geotechnical Engineering*, Third Edition. PWS Publishing Company: Boston
- Das, B, M. (1997) *Principles Of Foundation Engineering*, Third Edition. PWS Publishing Company: Boston
- Hardiyatmo, H, C. (2002a) *Teknik Fondasi I*, Edisi Kedua. PT. Gramedia: Jakarta
- Hardiyatmo, H, C. (2002b) *Mekanika Tanah II*, Edisi Kedua. PT. Gramedia: Jakarta
- Hakam, Abdul. (2008) *Rekayasa pondasi*. CV. Bintang Grafika: Padang
- Martini. (2009) *Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Dengan Beberapa Metode*, Majalah Ilmiah Mektek Tahun XI No. 2, Mei 2009
- Tim Pengajar Universitas. (1997) *Rekayasa fundasi II : Fundasi Dangkal dan Fundasi Dalam*, Gunadarma: Jakarta



TUGAS AKHIR

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Muchtar Basri NO. 3 MEDAN 20238 Telp.(061) 6622400
MEDAN SUMATRA UTARA

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : RAHMAD AKBAR
NPM : 1307210197
JUDUL : "ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG TANAH
PONDASI DANGKAL DENGAN METODE TERZAGHI,
MEYERHOF, HANSEN, DAN METODE ELEMEN HINGGA"

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
		Perbaiki bab I	cf
		Hitung parameter tanah yang digunakan berdasarkan data tanah	cf.
		Perbaiki hitungan bab IV	cf.
		Acc Semester	cf.

DOSEN PEMBIMBING I

(MUHAMMAD HUSIN GULTOM, S.T, M.T)



TUGAS AKHIR

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. Kapten Muchtar Basri NO. 3 MEDAN 20238 Telp.(061) 6622400
MEDAN SUMATERA UTARA

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : RAHMAD AKBAR
NPM : 1307210197
JUDUL : "ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG TANAH
PONDASI DANGKAL DENGAN METODE TERZAGHI,
MEYERHOF, HANSEN, DAN METODE ELEMEN HINGGA"

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
①	23/9-2017	- Lanjut ke bab II - Untuk bab pengantar monies guling diperlihatkan	
②	3/9-2018	- Lanjutkan Analisis ke bab III - Pembahasan penulisan pada bab IV	
③	15/2-2019	+ Pembahasan bab II + Lanjut bab IV + Kesimpulan	

DOSEN PEMBIMBING II

(TONDI A.P, S.T, M.T)



TUGAS AKHIR

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. Kapten Muchtar Basri NO. 3 MEDAN 20238 Telp.(061) 6622400
MEDAN SUMATRA UTARA

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : RAHMAD AKBAR

NPM : 1307210197

JUDUL : "ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG TANAH
PONDASI DANGKAL DENGAN METODE TERZAGHI,
MEYERHOF, HANSEN, DAN METODE ELEMEN HINGGA"

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
(Y)	20/2-2019	- Perbaiki kesimpulannya - (Luar Rangkap di - Alasannya	
(T)	22/2-2019	- Perbaiki kesimpulannya	
(C)	26/2-2019	Asi Semirar	

DOSEN PEMBIMBING II

(TONDI A.P, S.T, M.T)

Lampiran 4. Tabel Excel Perhitungan Daya Dukung Tanah

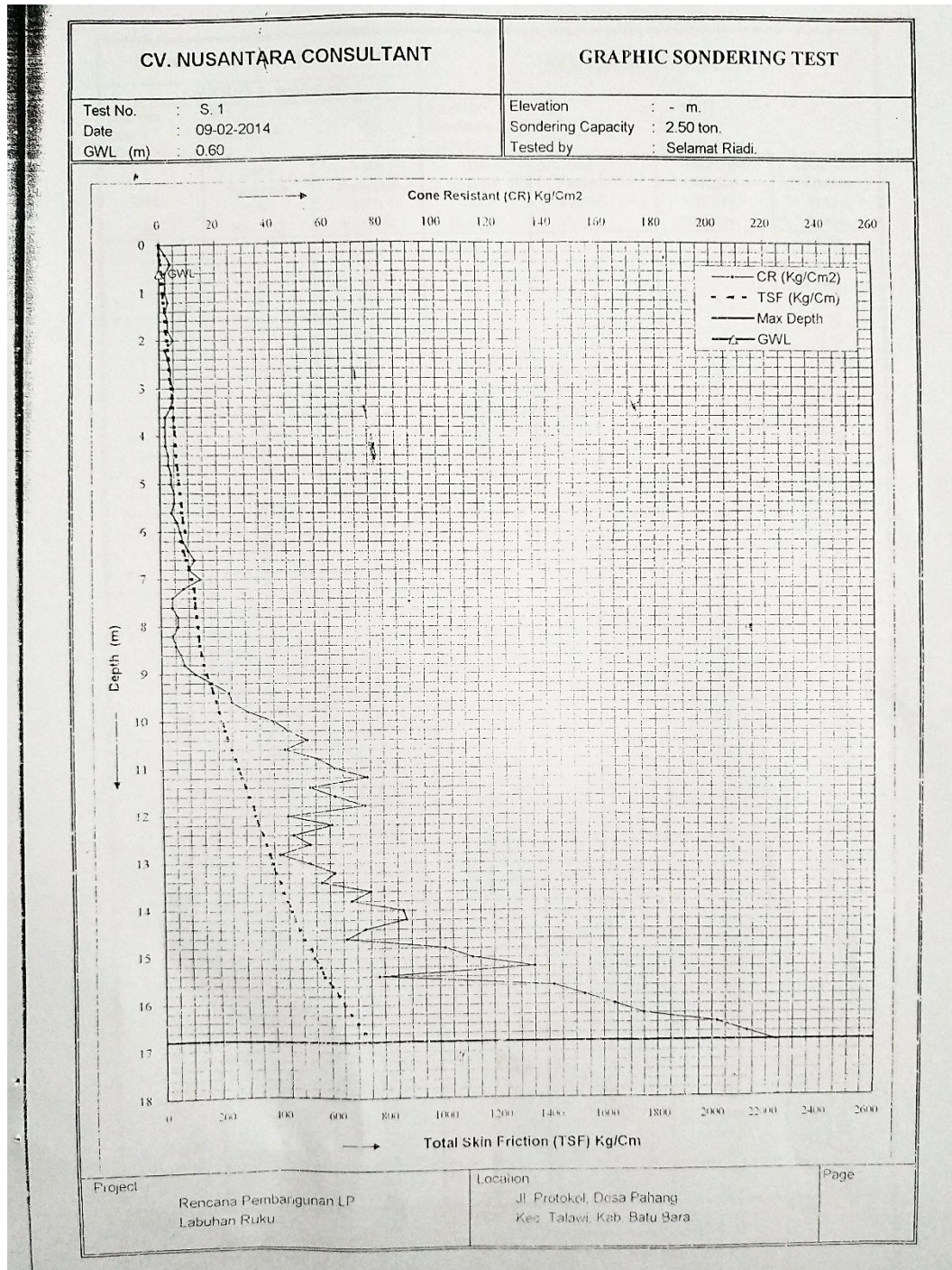
Tabel daya dukung Terzaghi																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														</
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Lampiran 5. Tabel Excel Perhitungan Penurunan Tanah

penurunan segera Titik S-1				penurunan segera Titik S-2				penurunan segera Titik S-3						
$S_i = q \cdot B \frac{1 - \mu_2}{E_s} I_w$				$S_i = q \cdot B \frac{1 - \mu_2}{E_s} I_w$				$S_i = q \cdot B \frac{1 - \mu_2}{E_s} I_w$						
q	=	40783	kg/m2	q	=	30850	Kn/m2	q	=	38580	Kn/m2			
B	=	1,2	m	B	=	1,2	m	B	=	1,2	m			
u2	=	0,4		u2	=	0,4		u2	=	0,4				
Es	=	400000	kg/m2	Es	=	240000	kn/m3	Es	=	300000	kn/m3			
Iw	=	0,82		Iw	=	0,82		Iw	=	0,82				
Si	=	0,084274	m	=	84,27399	mm		Si	=	0,075925	m	=	75,92544	mm
penurunan segera Titik S-4				penurunan segera Titik S-5				penurunan segera Titik S-6						
$S_i = q \cdot B \frac{1 - \mu_2}{E_s} I_w$				$S_i = q \cdot B \frac{1 - \mu_2}{E_s} I_w$				$S_i = q \cdot B \frac{1 - \mu_2}{E_s} I_w$						
q	=	26560	Kn/m2	q	=	35055	Kn/m2	q	=	24459	Kn/m2			
B	=	1,2	m	B	=	1,2	m	B	=	1,2	m			
u2	=	0,4		u2	=	0,4		u2	=	0,4				
Es	=	240000	kn/m3	Es	=	350000	kn/m3	Es	=	240000	kn/m3			
Iw	=	0,82		Iw	=	0,82		Iw	=	0,82				
Si	=	0,065338	m	=	65,3376	mm		Si	=	0,060169	m	=	60,16914	mm

[illegible]

Lampiran 7. Grafik Hasil Sondir Titik 1 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II



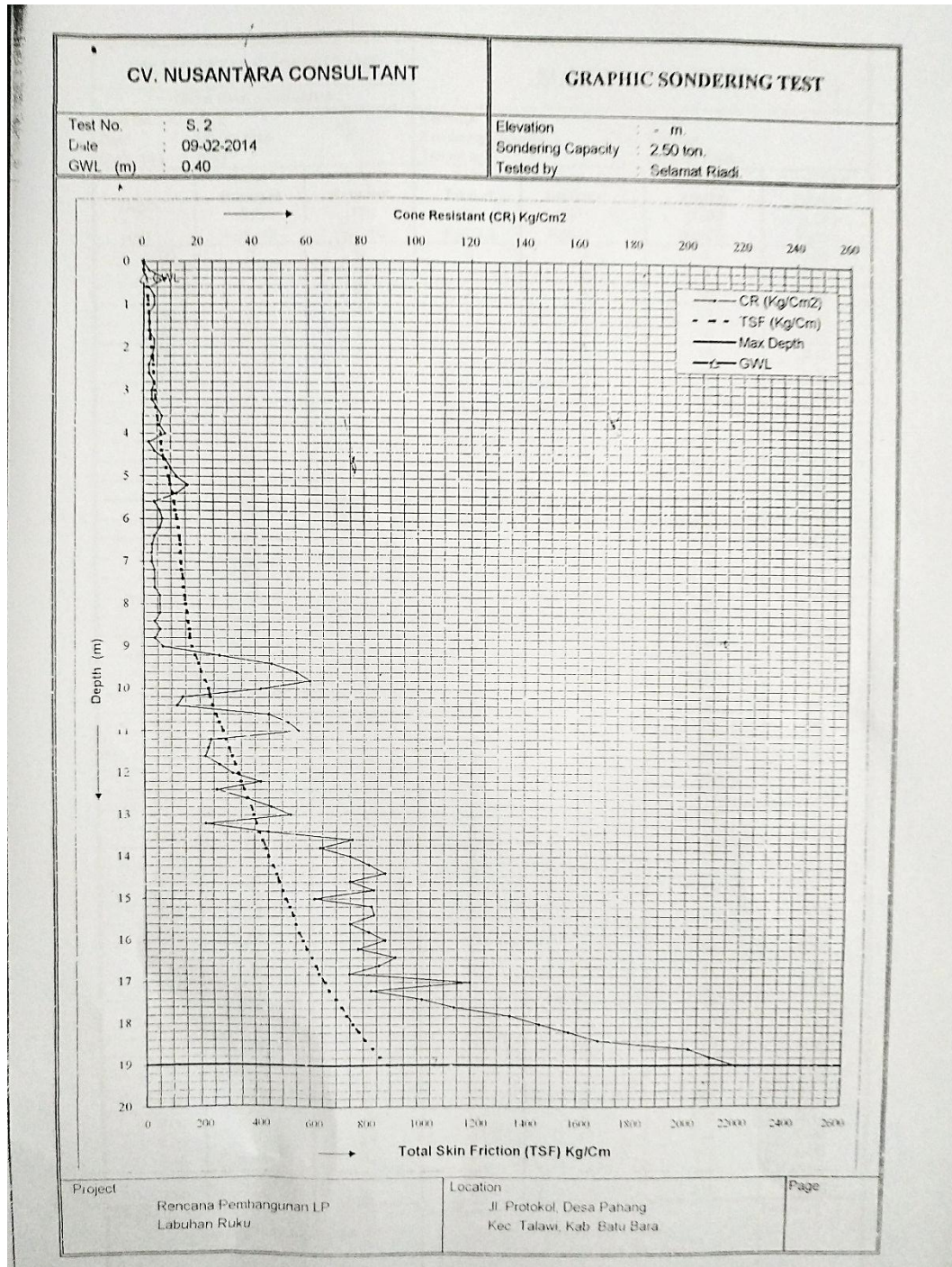
Lampiran 8. Tabel Hasil Sondir Titik 1 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 1		Elevation	: - m.		
Date	: 09-02-2014		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.60		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
0.00	0	0	0	0	0	0.00
0.20	2	3	1	2	2	0.10
0.40	4	6	2	4	6	0.20
0.60	2	3	1	2	8	0.10
0.80	2	3	1	2	10	0.10
1.00	2	3	1	2	12	0.10
1.20	3	5	2	4	16	0.20
1.40	2	4	2	4	20	0.20
1.60	3	4	1	2	22	0.10
1.80	3	4	1	2	24	0.10
2.00	5	7	2	4	28	0.20
2.20	2	4	2	4	32	0.20
2.40	3	4	1	2	34	0.10
2.60	4	5	1	2	36	0.10
2.80	4	5	1	2	38	0.10
3.00	5	7	2	4	42	0.20
3.20	5	7	2	4	46	0.20
3.40	4	6	2	4	50	0.20
3.60	2	3	1	2	52	0.10
3.80	2	3	1	2	54	0.10
4.00	2	3	1	2	56	0.10
4.20	2	3	1	2	58	0.10
4.40	3	4	1	2	60	0.10
4.60	3	4	1	2	62	0.10
4.80	4	6	2	4	66	0.20
5.00	4	5	1	2	68	0.10
5.20	5	7	2	4	72	0.20
5.40	5	7	2	4	76	0.20
5.60	4	5	1	2	78	0.10
5.80	6	8	2	4	82	0.20
6.00	7	10	3	6	88	0.30
6.20	8	1	-7	-14	74	(0.70)
6.40	10	14	4	8	82	0.40
6.60	12	17	5	10	92	0.50
6.80	10	15	5	10	102	0.50
7.00	14	18	4	8	110	0.40
7.20	8	12	4	8	118	0.40
7.40	4	5	1	2	120	0.10
7.60	4	5	1	2	122	0.10
7.80	6	8	2	4	26	0.20
8.00	6	8	2	4	130	0.20
8.20	4	5	1	2	132	0.10
8.40	5	7	2	4	136	0.20
8.60	7	10	3	6	142	0.30
8.80	8	12	4	8	150	0.40
9.00	12	17	5	10	160	0.50
9.20	18	24	6	12	172	0.60
9.40	24	30	6	12	184	0.60
9.60	25	30	5	10	194	0.50
9.80	31	36	5	10	204	0.50
Project Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku			Location Jl. Protokol, Desa Panang Kec. Talawi, Kab. Batu Bara			Page

Lampiran 9. Tabel Hasil Sondir Titik 1 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No. : S. 1			Elevation : - m.			
Date : 09-02-2014			Sondering Capacity : 2.50 ton.			
GWL (m) : 0.60			Tested by : Selamat Riadi.			
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
10.00	40	45	5	10	214	0.50
10.20	45	50	5	10	224	0.50
10.40	52	58	6	12	236	0.60
10.60	44	50	6	12	248	0.60
10.80	56	62	6	12	260	0.60
11.00	52	68	6	12	272	0.60
11.20	74	80	6	12	284	0.60
11.40	53	60	7	14	298	0.70
11.60	62	68	6	12	310	0.60
11.80	73	90	7	14	324	0.70
12.00	45	50	5	10	334	0.50
12.20	51	67	6	12	346	0.60
12.40	47	55	8	16	362	0.80
12.60	53	58	5	10	372	0.50
12.80	42	48	6	12	384	0.60
13.00	53	58	5	10	394	0.50
13.20	62	68	6	12	406	0.60
13.40	57	65	8	16	422	0.80
13.60	75	80	5	10	432	0.50
13.80	68	75	7	14	446	0.70
14.00	87	95	8	16	462	0.80
14.20	88	95	7	14	476	0.70
14.40	73	80	7	14	490	0.70
14.60	66	73	7	14	504	0.70
14.80	102	115	13	26	530	1.30
15.00	112	118	6	12	542	0.60
15.20	135	146	11	22	564	1.10
15.40	78	85	7	14	578	0.70
15.60	142	157	15	30	608	1.50
15.80	153	165	12	24	632	1.20
16.00	164	175	11	22	654	1.10
16.20	175	186	11	22	676	1.10
16.40	202	214	12	24	700	1.20
16.60	213	225	12	24	724	1.20
16.80	224	235	11	22	746	1.10
17.00						
17.20						
17.40						
17.60						
17.80						
18.00						
18.20						
18.40						
18.60						
18.80						
19.00						
19.20						
19.40						
19.60						
19.80						
20.00						
Project Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku			Location Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talawa Kab. Batu Bara			Page

Lampiran 10. Grafik Hasil Sondir Titik 2 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II



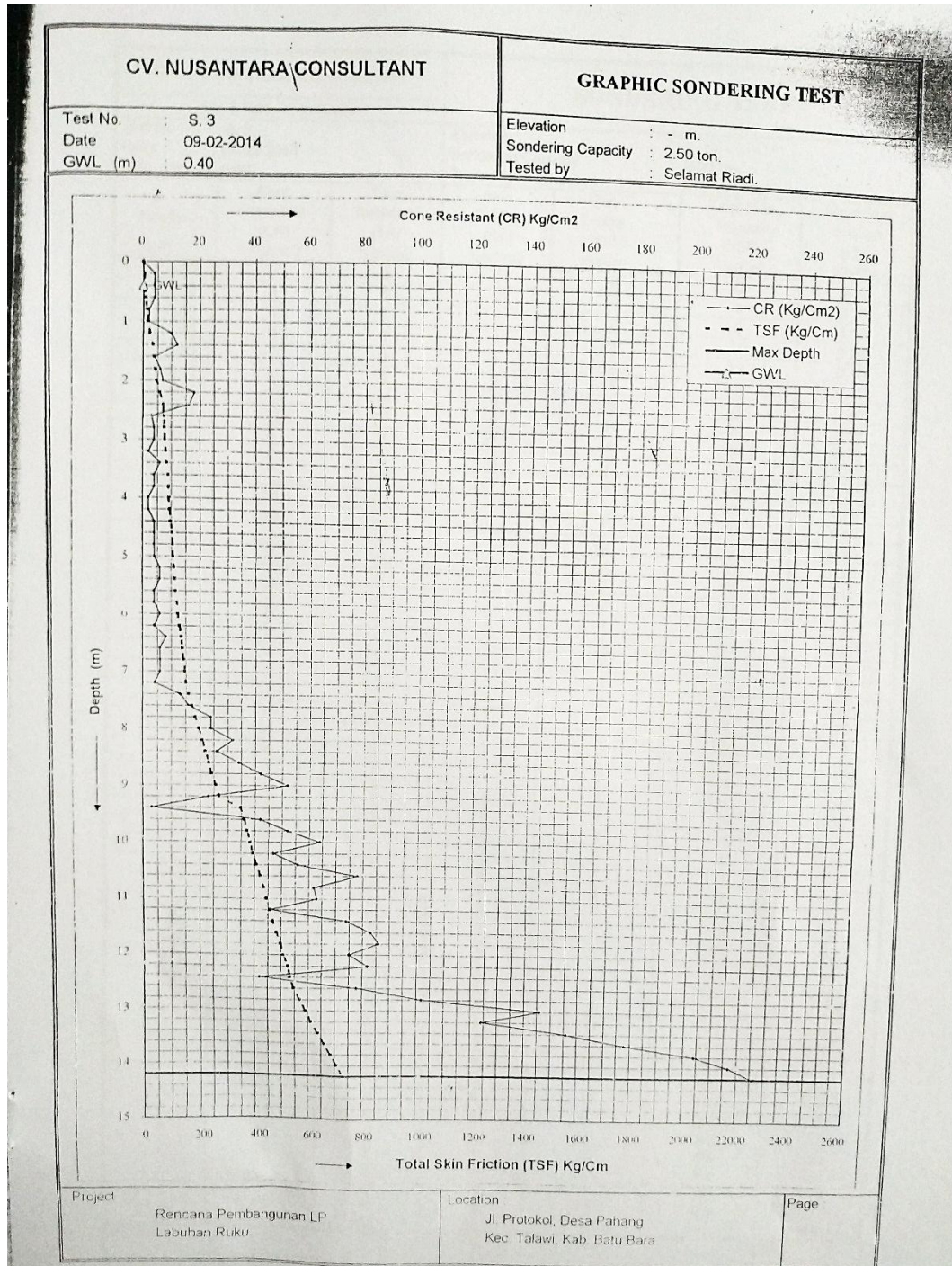
Lampiran 11. Tabel Hasil Sondir Titik 2 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 2		Elevation	: - m.		
Date	: 09-02-2014		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.40		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (m)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
0.00	0	0	0	0	0	0.00
0.20	2	3	1	2	2	0.10
0.40	8	12	4	8	10	0.40
0.60	2	3	1	2	12	0.10
0.80	4	6	2	4	16	0.20
1.00	4	5	1	2	18	0.10
1.20	2	3	1	2	20	0.10
1.40	2	3	1	2	22	0.10
1.60	2	3	1	2	24	0.10
1.80	4	5	1	2	26	0.10
2.00	4	6	2	4	30	0.20
2.20	3	5	2	4	34	0.20
2.40	2	3	1	2	36	0.10
2.60	2	3	1	2	38	0.10
2.80	4	5	1	2	40	0.10
3.00	3	4	1	2	42	0.10
3.20	3	4	1	2	44	0.10
3.40	5	6	1	2	46	0.10
3.60	7	10	3	6	52	0.30
3.80	6	8	2	4	56	0.20
4.00	8	12	4	8	64	0.40
4.20	2	3	1	2	66	0.10
4.40	4	5	1	2	68	0.10
4.60	8	12	4	8	76	0.40
4.80	10	14	1	8	84	0.40
5.00	12	16	4	8	92	0.40
5.20	16	19	3	8	98	0.30
5.40	12	17	5	10	108	0.50
5.60	4	6	2	4	112	0.20
5.80	6	8	2	4	116	0.20
6.00	7	10	3	6	122	0.30
6.20	6	8	2	4	126	0.20
6.40	4	6	2	4	130	0.20
6.60	3	4	1	2	132	0.10
6.80	3	4	1	2	134	0.10
7.00	3	4	1	2	136	0.10
7.20	4	5	1	2	138	0.10
7.40	4	6	2	4	142	0.20
7.60	4	5	1	2	144	0.10
7.80	6	8	2	4	148	0.20
8.00	6	8	2	4	152	0.20
8.20	6	8	2	4	156	0.20
8.40	4	6	2	4	160	0.20
8.60	6	8	2	4	164	0.20
8.80	4	5	1	2	166	0.10
9.00	7	10	3	6	172	0.30
9.20	27	33	6	12	184	0.60
9.40	46	52	6	12	196	0.60
9.60	55	60	5	10	206	0.50
9.80	60	66	6	12	218	0.60
Project	Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku		Location	Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talaan, Kab. Batu Bara		Page

Lampiran 12. Tabel Hasil Sondir Titik 2 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No. : S. 2			Elevation : - m.			
Date : 09-02-2014			Sondering Capacity : 2.50 ton.			
GWL (m) : 0.40			Tested by : Selamat Riadi.			
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
10.00	42	48	6	12	230	0.60
10.20	14	18	4	8	238	0.40
10.40	12	17	5	10	248	0.50
10.60	45	50	5	10	258	0.50
10.80	52	58	6	12	270	0.60
11.00	56	63	7	14	284	0.70
11.20	24	30	6	12	296	0.60
11.40	23	28	5	10	306	0.50
11.60	22	28	6	12	318	0.60
11.80	27	32	5	10	328	0.50
12.00	32	38	6	12	340	0.60
12.20	42	47	5	10	350	0.50
12.40	26	32	6	12	362	0.60
12.60	37	43	6	12	374	0.60
12.80	46	52	6	12	386	0.60
13.00	53	58	5	10	396	0.50
13.20	22	27	5	10	406	0.50
13.40	45	50	5	10	416	0.50
13.60	76	83	7	14	430	0.70
13.80	64	70	6	12	442	0.60
14.00	75	80	5	10	452	0.50
14.20	82	90	8	16	468	0.80
14.40	88	95	7	14	482	0.70
14.60	75	80	5	10	492	0.50
14.80	84	90	6	12	504	0.60
15.00	62	68	6	12	516	0.60
15.20	83	90	7	14	530	0.70
15.40	84	90	6	12	542	0.60
15.60	75	80	5	10	552	0.50
15.80	82	88	6	12	564	0.60
16.00	88	95	7	14	578	0.70
16.20	78	85	7	14	592	0.70
16.40	92	102	10	20	612	1.00
16.60	86	94	8	16	628	0.80
16.80	75	80	5	10	638	0.50
17.00	120	132	12	24	662	1.20
17.20	83	90	7	14	676	0.70
17.40	102	114	12	24	700	1.20
17.60	114	125	11	22	722	1.10
17.80	135	145	10	20	742	1.00
18.00	146	157	11	22	764	1.10
18.20	157	168	11	22	786	1.10
18.40	168	180	12	24	810	1.20
18.60	202	215	13	26	836	1.30
18.80	210	223	13	26	862	1.30
19.00	220	234	14	28	890	1.40
19.20						
19.40						
19.60						
19.80						
20.00						
Project			Location			Page
Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku			Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talawi, Kab. Batu Bara			

Lampiran 13. Grafik Hasil Sondir Titik 3 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II



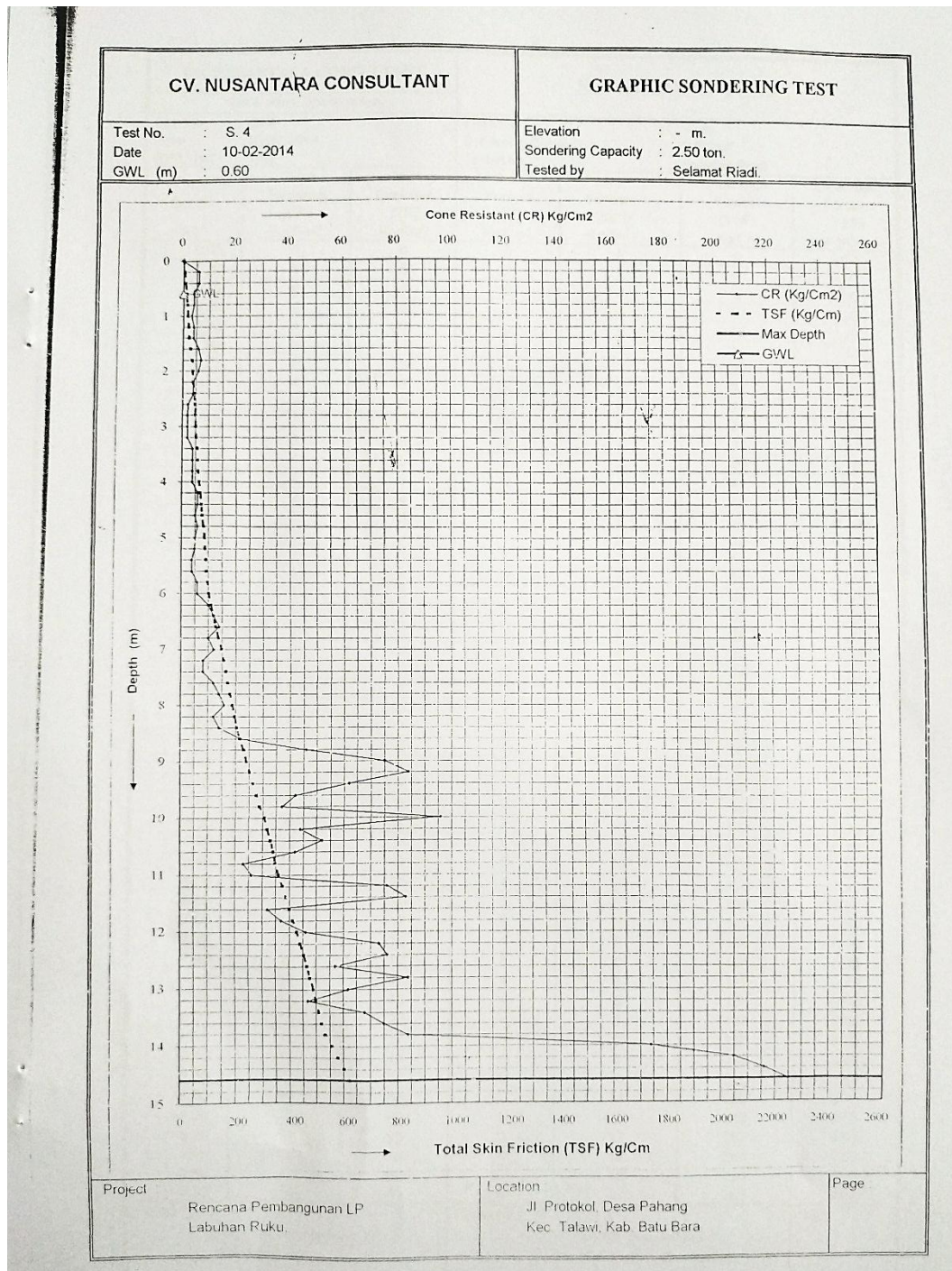
Lampiran 14. Tabel Hasil Sondir Titik 3 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 3		Elevation	: - m.		
Date	: 09-02-2014		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.40		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
0.00	0	0	0	0	0	0.00
0.20	4	6	2	4	4	0.20
0.40	4	5	1	2	6	0.10
0.60	4	6	2	4	10	0.20
0.80	2	3	1	2	12	0.10
1.00	2	4	2	4	16	0.20
1.20	10	14	4	8	24	0.40
1.40	12	17	5	10	34	0.50
1.60	4	6	2	4	38	0.20
1.80	6	8	2	4	42	0.20
2.00	7	10	3	6	48	0.30
2.20	18	23	5	10	58	0.50
2.40	16	22	6	12	70	0.60
2.60	3	4	1	2	72	0.10
2.80	4	6	2	4	76	0.20
3.00	4	5	1	2	78	0.10
3.20	2	3	1	2	80	0.10
3.40	6	8	2	4	84	0.20
3.60	4	6	2	4	88	0.20
3.80	4	5	1	2	90	0.10
4.00	2	3	1	2	92	0.10
4.20	2	3	1	2	94	0.10
4.40	4	6	2	4	98	0.20
4.60	4	6	2	4	102	0.20
4.80	4	5	1	2	104	0.10
5.00	4	5	1	2	106	0.10
5.20	6	8	2	4	110	0.20
5.40	6	8	2	4	114	0.20
5.60	4	5	1	2	116	0.10
5.80	4	6	2	4	120	0.20
6.00	6	8	2	4	124	0.20
6.20	4	6	2	4	128	0.20
6.40	8	11	3	6	134	0.30
6.60	6	8	2	4	138	0.20
6.80	6	8	2	4	142	0.20
7.00	6	8	2	4	146	0.20
7.20	4	6	2	4	150	0.20
7.40	13	18	5	10	160	0.50
7.60	16	22	6	12	172	0.60
7.80	24	30	6	12	184	0.60
8.00	24	30	6	12	196	0.60
8.20	32	38	6	12	208	0.60
8.40	26	32	6	12	220	0.60
8.60	34	40	6	12	232	0.60
8.80	42	47	5	10	242	0.50
9.00	52	60	8	16	258	0.80
9.20	23	28	5	10	268	0.50
9.40	3	42	39	78	346	3.90
9.60	42	48	6	12	358	0.60
9.80	52	58	6	12	370	0.60
Project : Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku.			Location : Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talawi, Kab. Batu Bara			Page :

Lampiran 15. Tabel Hasil Sondir Titik 3 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 3		Elevation	: - m.		
Date	: 09-02-2014		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.40		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
10.00	64	70	6	12	382	0.60
10.20	47	53	6	12	394	0.60
10.40	56	63	7	14	408	0.70
10.60	78	85	7	14	422	0.70
10.80	62	68	6	12	434	0.60
11.00	63	68	5	10	444	0.50
11.20	46	52	6	12	456	0.60
11.40	74	80	6	12	468	0.60
11.60	83	90	7	14	482	0.70
11.80	86	94	8	16	498	0.80
12.00	75	90	5	10	508	0.50
12.20	82	90	8	16	524	0.80
12.40	42	47	5	10	534	0.50
12.60	78	85	7	14	548	0.70
12.80	102	113	11	22	570	1.10
13.00	146	157	11	22	592	1.10
13.20	124	135	11	22	614	1.10
13.40	156	168	12	24	638	1.20
13.60	178	190	12	24	662	1.20
13.80	204	216	12	24	686	1.20
14.00	217	228	11	22	708	1.10
14.20	226	233	12	24	732	1.20
14.40						
14.60						
14.80						
15.00						
15.20						
15.40						
15.60						
15.80						
16.00						
16.20						
16.40						
16.60						
16.80						
17.00						
17.20						
17.40						
17.60						
17.80						
18.00						
18.20						
18.40						
18.60						
18.80						
19.00						
19.20						
19.40						
19.60						
19.80						
20.00						
Project	Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku		Location	Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talawa, Kab. Batu Bara		Page

Lampiran 16. Grafik Hasil Sondir Titik 4 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II



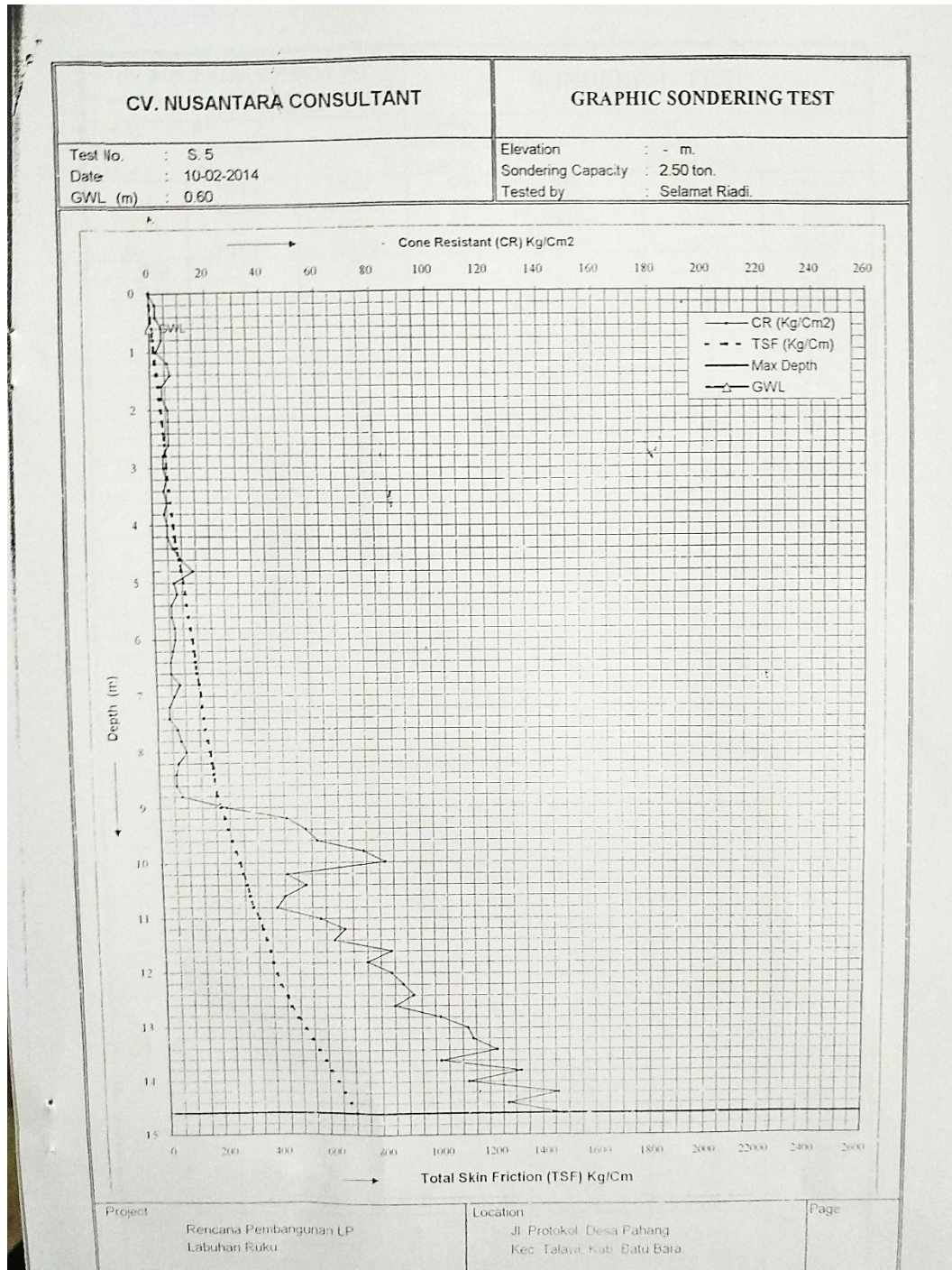
Lampiran 17. Tabel Hasil Sondir Titik 4 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 4		Elevation	: - m.		
Date	: 10-02-2014		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.60		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
0.00	0	0	0	0	0	0.00
0.20	6	8	2	4	4	0.20
0.40	6	8	2	4	8	0.20
0.60	4	6	2	4	12	0.20
0.80	4	6	2	4	16	0.20
1.00	3	4	1	2	18	0.10
1.20	4	5	1	2	20	0.10
1.40	4	6	2	4	24	0.20
1.60	6	8	2	4	28	0.20
1.80	7	10	3	6	34	0.30
2.00	6	8	2	4	38	0.20
2.20	4	5	1	2	40	0.10
2.40	4	6	2	4	44	0.20
2.60	2	4	2	4	48	0.20
2.80	2	3	1	2	50	0.10
3.00	2	3	1	2	52	0.10
3.20	2	3	1	2	54	0.10
3.40	4	6	2	4	58	0.20
3.60	4	5	1	2	60	0.10
3.80	4	5	1	2	62	0.10
4.00	4	6	2	4	66	0.20
4.20	6	8	2	4	70	0.20
4.40	6	8	2	4	74	0.20
4.60	5	7	2	4	78	0.20
4.80	6	8	2	4	82	0.20
5.00	5	7	2	4	86	0.20
5.20	5	6	1	2	88	0.10
5.40	4	6	2	4	92	0.20
5.60	4	5	1	2	94	0.10
5.80	6	8	2	4	98	0.20
6.00	6	8	2	4	102	0.20
6.20	10	14	4	8	110	0.40
6.40	12	17	5	10	120	0.50
6.60	14	18	4	8	128	0.40
6.80	10	15	5	10	138	0.50
7.00	12	17	5	10	148	0.50
7.20	8	12	4	8	156	0.40
7.40	8	12	4	8	164	0.40
7.60	12	16	4	8	172	0.40
7.80	14	18	4	8	180	0.40
8.00	16	20	4	8	188	0.40
8.20	12	17	5	10	198	0.50
8.40	14	18	4	8	206	0.40
8.60	22	27	5	10	216	0.50
8.80	46	53	7	14	230	0.70
9.00	75	80	5	10	240	0.50
9.20	84	90	6	12	252	0.60
9.40	62	68	6	12	264	0.60
9.60	42	48	6	12	276	0.60
9.80	37	43	6	12	288	0.60
Project Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku			Location Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talawi, Kab. Batu Bara			Page

Lampiran 18. Tabel Hasil Sondir Titik 4 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 4		Elevation	: - m.		
Date	: 10-02-2014		Sondring Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.60		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
10.00	96	105	9	18	306	0.90
10.20	44	50	6	12	318	0.60
10.40	52	58	6	12	330	0.60
10.60	42	47	5	10	340	0.50
10.80	23	27	4	8	348	0.40
11.00	26	32	6	12	360	0.60
11.20	76	83	7	14	374	0.70
11.40	83	90	7	14	388	0.70
11.60	32	38	6	12	400	0.60
11.80	37	43	6	12	412	0.60
12.00	46	53	7	14	426	0.70
12.20	73	80	7	14	440	0.70
12.40	76	83	7	14	454	0.70
12.60	57	63	6	12	466	0.60
12.80	84	90	6	12	478	0.60
13.00	62	68	6	12	490	0.60
13.20	47	52	5	10	500	0.50
13.40	68	73	5	10	510	0.50
13.60	75	80	5	10	520	0.50
13.80	84	90	6	12	532	0.60
14.00	174	186	12	24	556	1.20
14.20	205	217	12	24	580	1.20
14.40	216	228	12	24	604	1.20
14.60	225	235	10	20	624	1.00
14.80			0	0		0.00
15.00						
15.20						
15.40						
15.60						
15.80						
16.00						
16.20						
16.40						
16.60						
16.80						
17.00						
17.20						
17.40						
17.60						
17.80						
18.00						
18.20						
18.40						
18.60						
18.80						
19.00						
19.20						
19.40						
19.60						
19.80						
20.00						
Project	Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku		Location	Jl. Protokol. Desa Pahang Kec. Talawa, Kab. Batu Bara		Page

Lampiran 19. Grafik Hasil Sondir Titik 5 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II



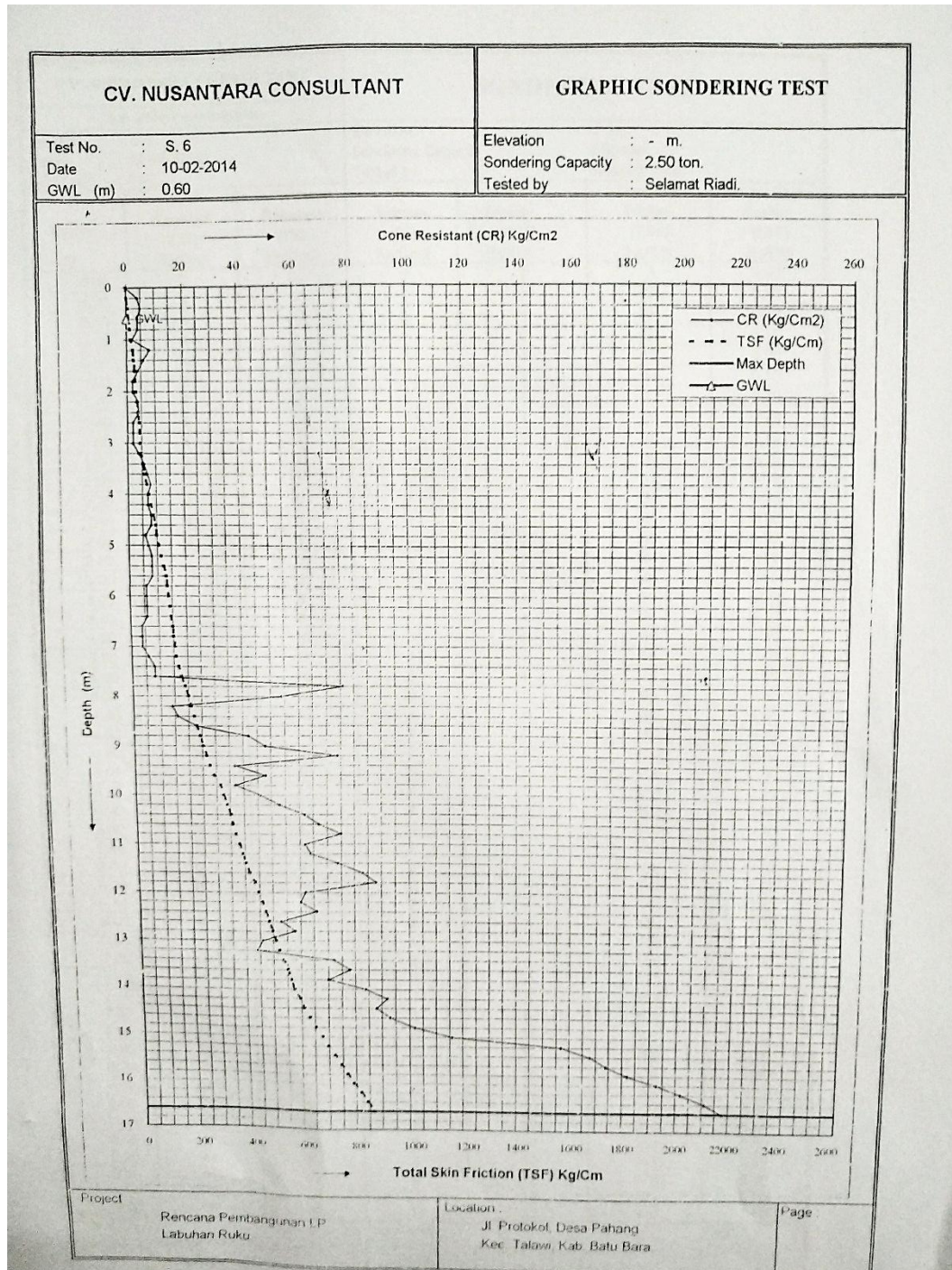
Lampiran 20. Tabel Hasil Sondir Titik 5 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 5		Elevation	: - m.		
Date	: 10-02-2014		Sondiring Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.60		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
0.00	0	0	0	0	0	0.00
0.20	2	3	1	2	2	0.10
0.40	2	3	1	2	4	0.10
0.60	4	6	2	4	8	0.20
0.80	4	6	2	4	12	0.20
1.00	2	3	1	2	14	0.10
1.20	6	8	2	4	18	0.20
1.40	7	10	3	6	24	0.30
1.60	4	6	2	4	28	0.20
1.80	4	5	1	2	30	0.10
2.00	6	8	2	4	34	0.20
2.20	6	8	2	4	38	0.20
2.40	6	8	2	4	42	0.20
2.60	6	8	2	4	46	0.20
2.80	4	6	2	4	50	0.20
3.00	4	5	1	2	52	0.10
3.20	5	7	2	4	56	0.20
3.40	4	6	2	4	60	0.20
3.60	5	7	2	4	64	0.20
3.80	4	6	2	4	68	0.20
4.00	5	7	2	4	72	0.20
4.20	5	7	2	4	76	0.20
4.40	7	10	3	6	82	0.30
4.60	10	14	4	8	90	0.40
4.80	14	18	4	8	98	0.40
5.00	7	10	3	6	104	0.30
5.20	8	12	4	8	112	0.40
5.40	6	8	2	4	116	0.20
5.60	6	8	2	4	120	0.20
5.80	7	10	3	6	126	0.30
6.00	7	10	3	6	132	0.30
6.20	6	9	2	4	136	0.20
6.40	5	7	2	4	140	0.20
6.60	5	7	2	4	144	0.20
6.80	8	12	4	8	152	0.40
7.00	6	8	2	4	156	0.20
7.20	4	6	2	4	160	0.20
7.40	4	6	2	4	164	0.20
7.60	7	10	3	6	170	0.30
7.80	8	12	4	8	178	0.40
8.00	10	14	4	8	186	0.40
8.20	7	10	3	6	192	0.30
8.40	6	8	2	4	196	0.20
8.60	6	8	2	4	200	0.20
8.80	8	12	4	8	208	0.40
9.00	24	30	6	12	220	0.60
9.20	46	53	7	14	234	0.70
9.40	53	58	5	10	244	0.50
9.60	57	63	6	12	256	0.60
9.80	74	80	6	12	268	0.60
Project Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku			Location Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talawa, Kab. Batu Bara			Page

Lampiran 21. Tabel Hasil Sondir Titik 5 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 5		Elevation	: - m.		
Date	: 10-02-2014		Sondring Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.60		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
10.00	82	90	8	16	284	0.80
10.20	46	52	6	12	296	0.60
10.40	53	60	7	14	310	0.70
10.60	45	50	5	10	320	0.50
10.80	42	48	6	12	332	0.60
11.00	58	69	11	22	354	1.10
11.20	57	73	6	12	366	0.60
11.40	63	70	7	14	380	0.70
11.60	84	90	6	12	392	0.60
11.80	75	80	5	10	402	0.50
12.00	84	90	6	12	414	0.60
12.20	88	95	7	14	428	0.70
12.40	92	104	12	24	452	1.20
12.60	85	93	8	16	468	0.80
12.80	102	114	12	24	492	1.20
13.00	112	125	13	26	518	1.30
13.20	114	126	12	24	542	1.20
13.40	123	135	12	24	566	1.20
13.60	102	114	12	24	590	1.20
13.80	132	142	10	20	610	1.00
14.00	112	124	12	24	634	1.20
14.20	146	158	12	24	658	1.20
14.40	127	138	11	22	680	1.10
14.60	148	158	10	20	700	1.00
14.80	157	168	11	22	722	1.10
15.00	158	180	12	24	746	1.20
15.20	174	185	11	22	768	1.10
15.40	182	185	3	6	774	0.30
15.60	203	215	12	24	798	1.20
15.80	214	225	11	22	820	1.10
16.00	222	224	2	4	824	0.20
16.20						
16.40						
16.60						
16.80						
17.00						
17.20						
17.40						
17.60						
17.80						
18.00						
18.20						
18.40						
18.60						
18.80						
19.00						
19.20						
19.40						
19.60						
19.80						
20.00						
Project	Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku		Location	Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talawi, Kab. Batu Bara		Page

Lampiran 22. Grafik Hasil Sondir Titik 6 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II



Lampiran 23. Tabel Hasil Sondir Titik 6 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 6		Elevation	: - m.		
Date	: 10-02-2014		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.60		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
0.00	0	0	0	0	0	0.00
0.20	4	5	1	2	2	0.10
0.40	5	7	2	4	6	0.20
0.60	4	5	1	2	8	0.10
0.80	4	6	2	4	12	0.20
1.00	2	3	1	2	14	0.10
1.20	8	12	4	8	22	0.40
1.40	6	8	2	4	26	0.20
1.60	4	5	1	2	28	0.10
1.80	2	3	1	2	30	0.10
2.00	2	3	1	2	32	0.10
2.20	4	6	2	4	36	0.20
2.40	4	6	2	4	40	0.20
2.60	2	3	1	2	42	0.10
2.80	2	3	1	2	44	0.10
3.00	2	3	1	2	46	0.10
3.20	4	6	2	4	50	0.20
3.40	6	8	2	4	54	0.20
3.60	7	10	3	6	60	0.30
3.80	8	12	4	8	68	0.40
4.00	7	10	3	6	74	0.30
4.20	7	10	3	6	80	0.30
4.40	8	12	4	8	88	0.40
4.60	8	12	4	8	96	0.40
4.80	6	8	2	4	100	0.20
5.00	7	10	3	6	106	0.30
5.20	8	12	4	8	114	0.40
5.40	8	12	4	8	122	0.40
5.60	8	12	4	8	130	0.40
5.80	6	8	2	4	134	0.20
6.00	6	8	2	4	138	0.20
6.20	6	8	2	4	142	0.20
6.40	6	8	2	4	146	0.20
6.60	4	6	2	4	150	0.20
6.80	4	5	1	2	152	0.10
7.00	4	6	2	4	156	0.20
7.20	6	8	2	4	160	0.20
7.40	8	12	4	8	168	0.40
7.60	8	12	4	8	176	0.40
7.80	76	83	7	14	190	0.70
8.00	54	60	6	12	202	0.60
8.20	14	18	4	8	210	0.40
8.40	16	22	6	12	222	0.60
8.60	23	28	5	10	232	0.50
8.80	42	48	6	12	244	0.60
9.00	48	53	5	10	254	0.50
9.20	74	80	6	12	266	0.60
9.40	37	43	6	12	278	0.60
9.60	48	55	7	14	292	0.70
9.80	37	48	11	22	314	1.10
Project Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku			Location Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talawi, Kab. Batu Bara			Page

Lampiran 24. Tabel Hasil Sondir Titik 6 Proyek LP Labuhan Ruku Klas II

CV. NUSANTARA CONSULTANT			SONDERING TEST			
Soil & Rock Investigation						
Test No.	: S. 6		Elevation	: - m.		
Date	: 10-02-2014		Sondering Capacity	: 2.50 ton.		
GWL (m)	: 0.60		Tested by	: Selamat Riadi.		
Depth (M)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm2	Total Resistant (TR) Kg/Cm2	Skin Friction (SF) Kg/Cm2	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm
10.00	46	52	6	12	326	0.60
10.20	53	60	7	14	340	0.70
10.40	62	68	6	12	352	0.60
10.60	67	70	3	6	358	0.30
10.80	75	80	5	10	368	0.50
11.00	62	68	6	12	380	0.60
11.20	64	70	6	12	392	0.60
11.40	74	80	6	12	404	0.60
11.60	83	90	7	14	418	0.70
11.80	88	97	9	18	436	0.90
12.00	62	68	6	12	448	0.60
12.20	60	66	6	12	460	0.60
12.40	66	72	6	12	472	0.60
12.60	53	60	7	14	486	0.70
12.80	58	64	6	12	498	0.60
13.00	46	52	6	12	510	0.60
13.20	44	50	6	12	522	0.60
13.40	72	80	8	16	538	0.80
13.60	78	85	7	14	552	0.70
13.80	70	76	6	12	564	0.60
14.00	84	90	6	12	576	0.60
14.20	92	103	11	22	598	1.10
14.40	88	95	7	14	612	0.70
14.60	93	103	10	20	632	1.00
14.80	102	113	11	22	654	1.10
15.00	116	127	11	22	676	1.10
15.20	157	168	11	22	698	1.10
15.40	168	190	12	24	722	1.20
15.60	174	185	12	24	746	1.20
15.80	182	193	11	22	768	1.10
16.00	193	204	11	22	790	1.10
16.20	202	216	14	28	818	1.40
16.40	211	223	12	24	842	1.20
16.60	218	230	12	24	866	1.20
16.80						
17.00						
17.20						
17.40						
17.60						
17.80						
18.00						
18.20						
18.40						
18.60						
18.80						
19.00						
19.20						
19.40						
19.60						
19.80						
20.00						
Project			Location			Page
Rencana Pembangunan LP Labuhan Ruku			Jl. Protokol, Desa Pahang Kec. Talawi, Kab. Batu Bara			

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Rahmad Akbar
Panggilan : Akbar
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 28 Desember 1993
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Alamat : Jalan Mustafa Gang Nusa Indah No.8
Kota Medan
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Muhammad Nawawi
Ibu : Pujiwati
No. HP : 0813 7569 4233
E-Mail : rahmadakbar1225@gmail.com.

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1307210197
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. KaptenMughtarBasri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	TahunKelulusan
1	SD	SDN 060878 Medan	2006
2	SMP	SMPN 11 Medan	2009
3	SMK	SMKN 4 Medan	2012
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai selesai.		