



TUGAS AKHIR

**ANALISA KESTABILAN *TOWER SUTT* PLN DAN
PERENCANAAN PERKUATAN TALUD DISEKITAR
TOWER (STUDI KASUS *TOWER SUTT T.09*
PLTU WARU - GRESIK)**

**OFILA IRHAMNA
NRP 3112 105 057**

**Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., PhD**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



TUGAS AKHIR - RC09 1380

**ANALISA KESTABILAN *TOWER* SUTT PLN DAN
PERENCANAAN PERKUATAN TALUD DISEKITAR
TOWER (STUDI KASUS *TOWER* SUTT T.09
PLTU WARU - GRESIK)**

**OFILA IRHAMNA
NRP 3112 105 057**

**Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., PhD**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014**



FINAL PROJECT - RC09 1380

**STABILITY ANALYSIS OF SUTT PLN TOWER AND
SLOPE REINFORCEMENT PLANNING AROUND
TOWER (CASE STUDY OF SUTT T.09
PLTU WARU - GRESIK)**

**OFILA IRHAMNA
NRP 3112 105 057**

**Supervisor
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., PhD**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014**

**ANALISA KESTABILAN TOWER SUTT PLN DAN
PERENCANAAN PERKUATAN TALUD DI SEKITAR TOWER
(STUDI KASUS SUTT PLTU T.09 WARU - GRESIK)**

Nama : Ofila Irhamna
NRP : 3112.105.057
Jurusan : Civil Engineering FTSP - ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan institusi pemerintah yang mengupayakan pengadaan listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, pemerintah, dunia usaha dan industri. Dalam menyalurkan aliran listrik ke daerah diperlukan bangunan tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT). Keberadaan tower SUTT melewati pemukiman, lahan pertanian, pergudangan dan lahan kosong. Salah satu tower SUTT berada di belakang gudang, pabrik kayu dan perumahan penduduk yaitu Tower T.09 (PLTU Waru – Gresik).

Analisa kestabilan akan dianalisis dengan menggunakan program bantu Plaxis, Geo Slope, dan Dxstabl. Hasil analisis tersebut berupa tegangan tanah dan faktor keamanan. Nilai dari tegangan tanah dianalisis kembali, untuk membuat rencana alternatif perkuatan talud.

Berdasarkan hasil uji faktor keamanan dari ketiga program didapat SF terkecil terdapat pada program bantu Plaxis dengan SF sebesar 1.38. Dalam hal ini $SF = 1.38 > 1.25$ (SF minimum) artinya stabilitas talud di sekitar tower aman. Pada masa yang akan datang, kondisi tanah pada sekitar talud pada Tower T.09 PLTU (Waru - Gresik) diasumsikan mengalami pelapukan sehingga kondisi stabilitas talud menjadi tidak aman. Upaya penyelamatan yang dipilih menggunakan ground anchor jenis tie back grouting dengan penahan berupa grouting beton dan head anchor berupa balok penahan beton. Perkuatan ground anchor, memiliki nilai gaya tarik tegak lurus bidang lereng (K) sebesar 6.74 ton. Untuk menahan gaya tersebut dipasang tie back grouting dengan diameter 20 cm dan panjang grouting 10 m. Perkuatan ground anchor dipasang 8 meter ke arah y sebanyak 1 buah pada setiap sisi.

Kata Kunci: *analisis stabilitas lereng, tower PLN, SUTT, program bantu perhitungan dan pemodelan (Plaxis, Geo-Slope, DXSTABL), safety factor, ground anchor, tie back*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**STABILITY ANALYSIS OF SUTT PLN TOWER AND
SLOPE REINFORCEMENT PLANNING AROUND TOWER
(CASE STUDY OF PLTU SUTT T.09 WARU-GRESIK)**

Name : Ofila Irhamna
Student Number Identity : 3112.105.057
Major : Civil Engineering FTSP - ITS
Supervisor : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.

Abstract

Perusahaan Listrik Negara (PLN) is a government an institution that provides provision of electricity to fulfill the demands of the community, government, business and industry. In that case to channelize the flow of electricity to the area, it is required the tower of Saluran UdaraTegangan Tinggi (SUTT). The existence of SUTT tower is passing a residential, farm area, ware housing and vacant area. One of SUTT tower is located behind the barn, lumbermill sand housing residents that is T.09 Tower (power plant Waru-Gresik).

Stability analysis will be analyzed by using the auxiliary program Plaxis, GeoSlope, and Dxstabl. The results of the analysis are soil stresses and the safety factor. The value of the soil stresses are re-analyzed to make another alternative of slope reinforcement.

Based on the test of safety factor which is obtained from each program, Plaxis has the smallest value of SF with 1.347. In this matter $SF = 1.347 > 1.25$ (SF minimum) means that stability of slope around the tower is safe. For the further condition, soil around T.09 tower (Waru-Gresik) is assumed to undergo weathering, so the condition of slope stability become unsteady. The preventive action that is taken, using the type of ground anchor tie back grouting with concrete grouting and head anchoras a concrete retaining blocks. Retro fitting of ground anchor has a normal value of lift force (K) with 6.74 tons. In order to with stand the force, it is sat the tie back grouting with a diameter 20 cm and a length of grouting 10m. Therefore, reinforcement of ground anchor is erected 8 m to Y direction to the number of anchor once every section.

Keywords: *Slope stability analysis, PLN tower, SUTT, auxiliary calculation sand modelling program (Plaxis, Geo-Slope, DXSTABL), safety factor, ground anchors, tieback.*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISA KESTABILAN TOWER SUTT PLN DAN
PERENCANAAN PERKUATAN TALUD DI SEKITAR
TOWER (STUDI KASUS SUTT T.09 PLTU WARU –
GRESIK)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

OFILA IRHAMNA
NRP. 3112 105 057

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.



**SURABAYA
JULI, 2014**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Kestabilan Tower SUTT PLN dan Perencanaan Perkuatan Talud di Sekitar Tower (Studi Kasus Tower SUTT T.09 PLTU Waru – Gresik)”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan keluarga dari penulis yang telah memberikan doa, kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Dosen pembimbing, Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., PhD yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Dosen penguji, Bapak Musta'in Arif, ST., MT, Ibu Putu Tantri, ST., MT, dan Bapak Suwarno, Ir., M.Eng yang telah memberikan koreksi serta masukkan dalam seminar Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Faimun, Msc Ph.D selaku dosen wali penulis yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa perkuliahan di Lintas Jalur S-1.
5. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
6. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
7. Teman-teman seperjuangan dari UGM 2009 yang sudah banyak memberikan semangat, doa dan arahan kepada penulis.
8. Kakak-kakak kelas Lintas Jalur S-1 alumni UGM yang sudah banyak memberikan ilmu dan pengalaman serta arahan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga tugas akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil

Surabaya, Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Lokasi Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Tanah.....	9
2.1.1 Klasifikasi Tanah	11
a. Berdasarkan Data Bor dan N-SPT	11
b. Berdasarkan Data Laboratorium.....	11
2.1.2 Jenis – Jenis Kelongsoran dan Gerakan Tanah (massmovement).....	12
a. Longsor Planar (<i>Land Slid</i>).....	12
b. Longsor Terbatas (<i>Finite Slope</i>)	14
c. Longsor Lingkaran (<i>Circular Sliding</i>)	15
2.2 Daya Dukung Tiang Pancang.....	18
2.2.1 Perhitungan Daya Dukung Vertikal Tiang Berdasarkan Data Bor dan SPT	18
2.2.2 Perhitungan Daya Dukung Vertikal Tiang Berdasarkan Data Sondir	19
2.2.3 Daya Dukung Lateral Tiang Pancang	21

2.3 Stabilitas Tanah.....	24
2.3.1 Analisa Stabilitas <i>Talud</i>	24
2.4 Analisis Stabilitas <i>Talud</i> dengan Program Bantu <i>Dxstable</i>	26
2.5 Analisis Stabilitas <i>Talud</i> dengan Program Bantu <i>Geoslope</i>	27
2.6 Analisis Stabilitas Talud dengan ..Program Bantu <i>Plaxis</i>	28
2.6.1 Analisis Dengan Parameter <i>Undrained</i>	29
2.6.2 Modulus Kekakuan	29
2.6.3 <i>Poisson Ratio</i>	30
2.6.4 Sudut Geser Dalam.....	30
2.7 Metode Perkuatan Lereng	31
2.7.1 Metode Perkuatan dengan <i>Anchor</i>	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Tahap Persiapan	39
3.2 Tahap Pengujian Benda Uji	39
3.3 Tahap Analisa Kestabilan <i>Talud Eksisting</i>	40
3.3.1 Analisis Kestabilan Menggunakan Program Bantu <i>Dxstable</i>	40
3.3.2 Analisis Kestabilan Menggunakan Program Bantu <i>Geoslope</i>	40
3.3.2 Analisis Kestabilan Menggunakan Program Bantu <i>Plaxis</i>	41
3.4 Tahap Analisa Kestabilan <i>Talud</i> di Masa Depan	41
3.5 Tahap Perencanaan Alternatif Perkuatan Tanah	41
BAB IV DATA DAN ANALISA PARAMETER TANAH	43
4.1 Data Tanah	43
4.1.1 Lokasi Data Tanah	43
4.1.2 Lokasi Titik Penyelidikan Tanah	44
4.1.3 Hasil Pengujian Tanah	48
4.2 Data Analisa dengan Menggunakan Program DxStable,GeoSlope, dan Plaxis.....	55

4.2.1 Data Analisa dengan menggunakan Program DxStable	55
4.2.2 Data Analisa dengan menggunakan Program GeoSlope	60
4.2.3 Data Analisa dengan menggunakan Program GeoSlope	61
BAB V ANALISA KESTABILAN TALUD DAN PERENCANAAN ALTERNATIF PERKUATAN TALUD	65
5.1 Analisa Stabilitas Talud	65
5.1.1 Pemodelan talud dalam DxStable	65
5.1.2 Pemodelan talud dalam Geoslope	73
5.1.3 Pemodelan talud dalam Plaxis	76
5.2 Perencanaa Perkuatan Talud	79
5.3 Perencanaan Daya Dukung Lateral	81
5.4 Analisa Daya Dukung Vertikal Tekan Pondasi Strouss	82
5.5 Analisa Daya Dukung Vertikal Tarik Pondasi Strouss	83
5.6 Perencanaan <i>Ground Anchor</i>	84
5.6.1 Perhitungan Gaya Normal Angkat.....	84
5.6.2 Perhitungan Dimensi <i>Anchor</i> Untuk Menahan Gaya Normal Tarik	88
5.6.3 Perhitungan Blok Beton Pondasi	94
5.6.4 Perhitungan Tulangan Blok Penahan.....	95
BAB VI PENUTUP	101
6.1 Kesimpulan	101
6.2 Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN.....	105



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Golongan Tanah.....	16
Tabel 2.2 Konsistensi Tanah (Untuk Tanah Dominan Lanau dan Lempung)	25
Tabel 2.3 Harga Coefisient Modulus Variasi nh Untuk Tanah Berbutih Kasar (Granular).....	26
Tabel 4.1 Data Konsistensi Tanah Kohesif.....	50
Tabel 4.2 Data SPT	51
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Volumetri dan Gravimetri	52
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Sieve Analysis</i> dan <i>Atterbeg Limit</i>	52
Tabel 4.5 Parameter Tanah dengan Rata-rata	52
Tabel 4.6 Reaksi Pondasi <i>Tower</i> SUTT 150 kV untuk Beban Sementara	53
Tabel 4.7 Data Reaksi Beban Merata Pada Pondasi <i>Tower</i>	53
Tabel 4.8 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kiri (<i>Surface</i>)	56
Tabel 4.9 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kiri (Sub <i>Surface</i> Lapisan 2)	57
Tabel 4.10 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kiri (Sub <i>Surface</i> Lapisan 3)	57
Tabel 4.11 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kanan (<i>Surface</i>)	58
Tabel 4.12 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kanan (<i>Sub Surface</i> Lapisan 2)	59

Tabel 4.13 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kanan (<i>Sub Surface</i> Lapisan3).....	59
Tabel 4.14 Geometri Talud untuk Program <i>GeoSlope</i> Pada Lapisan 1.....	61
Tabel 4.15 Geometri Talud untuk Program <i>GeoSlope</i> Pada Lapisan 2.....	61
Tabel 4.16 Geometri Talud untuk Program <i>GeoSlope</i> Pada Lapisan 3.....	62
Tabel 4.17 Data Konsistensi Tanah untuk Tanah Kohesif.....	63
Tabel 4.18 Data Rekapitulasi Data SPT, Modulus Young, dan Koef. Poisson	63
Tabel 5.1 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kiri Talud dengan Kondisi Bidang Longsor Luar (<i>Overall Stability</i>).....	65
Tabel 5.2 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kiri Talud dengan Kondisi Bidang Longsor Dalam (<i>Internal Stability</i>).....	67
Tabel 5.3 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kanan Talud dengan Kondisi Bidang Longsor Dalam (<i>Overall Stability</i>).....	69
Tabel 5.4 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kanan Talud dengan Kondisi Bidang Longsor Dalam (<i>Internal Stability</i>).....	70
Tabel 5.5 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kiri Talud dengan Program <i>GeoSlope</i>	73

Tabel 5.6 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kanan Talud dengan Program *GeoSlope*.....75

Tabel 5.7 Hasil Faktor Keamanan pada Semua Program78

Tabel 5.8 Perubahan Parameter Tanah Akibat Terjadinya Pelapukan.....80

Tabel 5.9 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kiri dan Kanan Talud Setelah terjadi Pelapukan.....81

Tabel 5.10 Perhitungan Gaya Tarik *Anchor Tiap Jarak Pemasangan*.....87

Tabel 5.11 Perbandingan Harga Material Berdasarkan Jarak Pemasangan.....91



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tampak Atas <i>Tower</i> T.09 (PLTU Waru-Gresik).....	1
Gambar 1.2 PotonganMelintang <i>Tower</i> T.09 (PLTU Waru Gresik)	2
Gambar 1.3 Kondisi Visual Sekitar <i>Tower</i> T.09 (PLTU Waru – Gresik).....	3
Gambar 1.4 Kondisi Kaki <i>Tower</i> T.09 (PLTU Waru – Gresik).....	4
Gambar 1.5 Denah Lokasi <i>Tower</i> T.09 (PLTU Waru – Gresik).....	7
Gambar 2.1 Cassagrande Plasticity Chart for the Soil Classification	10
Gambar 2.2 Bentuk longsor planar (<i>line slid</i>).....	11
Gambar 2.3 Bentuk Kelongsoran Terbatas (<i>Finite Slope</i>)	11
Gambar 2.4 Kelongsoran Lingkaran (<i>Circular Slid</i>)	17
Gambar 2.5 Pembagian luasan kecil kecil berdasarkan teori Ordinary Method of Slices (OMS), (Braja M DAS Principle Geotechnical Engineering, Fith Edition.).....	18
Gambar 2.6 Grafik untuk menghitung daya dukung lateral untuk tiang pendek pada tanah lempung (cohesive soil) (Broms ^{6,7}).....	20
Gambar 2.7 Sketsa Gaya Yang Bekerja Pada Lereng	21
Gambar 2.8 Macam – Macam Angker	27
Gambar 2.9 <i>Anchor Tipe Tie Back Grouting</i>	28
Gambar 2.10 Penentuan Diameter Lubang Bor	29
Gambar 2.11 Penentuan dan Dimensi Angkur.....	30
Gambar 2.12 Penentuan dan Dimensi Angkur.....	30

Gambar 2.13 Penentuan Diameter Lubang Bor	32
Gambar 2.14 Penentuan dan Dimensi <i>Anchor</i>	33
Gambar 2.15 Penentuan dan Dimensi Angkur	34
Gambar 3.1 Diagram Alir Analisa Dan Perencanaan Kestabilan Lereng.....	38
Gambar 4.1 Lokasi <i>Tower</i> PLN SUTT (PLTU Gresik–Waru)	43
Gambar 4.2 Lokasi Titik Penyelidikan Tanah pada <i>Tower</i> SUTT titik T 09 (PLTU Gresik – Waru)	44
Gambar 4.3 Potongan A-A pada <i>Tower</i> SUTT titik T 09 (PLTU Gresik – Waru).	45
Gambar 4.4 Potongan B-B pada <i>Tower</i> SUTT titik T 09 (PLTU Gresik – Waru).	46
Gambar 4.5 Potongan C-C pada <i>Tower</i> SUTT titik T 09 (PLTU Gresik – Waru).	46
Gambar 4.6 Potongan D-D pada <i>Tower</i> SUTT titik T 09 (PLTU Gresik – Waru).	47
Gambar 4.7 Profil Lapisan Tanah Potongan B – B pada T 09 (PLTU Gresik – Waru).....	49
Gambar 4.8 Pondasi <i>Tower</i> pada T 09 (PLTU Gresik – Waru)...	55
Gambar 4.9 Geometri Talud Bidang Kiri <i>Tower</i> pada T.09 (PLTU Gresik – Waru)	58
Gambar 4.10 Geometri Talud Bidang Kanan <i>Tower</i> pada T.09 (PLTU Gresik – Waru).....	60
Gambar 5.1 Pengujian SF Terkecil untuk <i>Overall Stability</i> Bidang Kiri Pada Titik <i>Initiation</i> dan <i>Termination</i>	66

Gambar 5.2 Hasil Faktor Keamanan SF Terkecil untuk <i>Overall Stability</i> Bidang Longsor Kiri.....	66
Gambar 5.3 Pengujian SF Terkecil untuk <i>Internal Stability</i> Bidang Kiri Pada Titik <i>Initiation</i> dan <i>Termination</i>	67
Gambar 5.4 Hasil Faktor Keamanan SF Terkecil untuk <i>Internal Stability</i> Bidang Longor Kiri	68
Gambar 5.5 Hasil Faktor Keamanan SF Terkecil Bidang Longor Kiri.....	68
Gambar 5.6 Pengujian SF Terkecil untuk <i>Overall Stability</i> Bidang Kanan Pada Titik <i>Initiation</i> dan <i>Termination</i>	69
Gambar 5.7 Hasil Faktor Keamanan SF Terkecil untuk <i>Overall Stability</i> Bidang Longsor Kanan.....	70
Gambar 5.8 Pengujian Percobaan 1 untuk <i>Internal Stability</i> Bidang Kanan Pada Titik <i>Initiation</i> dan <i>Termination</i> .	71
Gambar 5.9 Hasil Faktor Keamanan Percobaan 1 untuk <i>Internal Stability</i> Bidang Longor Kanan	71
Gambar 5.10 Hasil Faktor Keamanan SF Terkecil Bidang Longor Kanan.....	72
Gambar 5.11 Hasil Output Faktor Keamanan terkecil untuk Bidang Longor Kiri pada Program <i>GeoSlope</i>	74
Gambar 5.12 Hasil Faktor Keamanan Terkecil untuk Bidang Longor Kiri	74
Gambar 5.13 Hasil Output Faktor Keamanan terkecil untuk Bidang Longor Kanan pada Program <i>GeoSlope</i>	75
Gambar 5.14 Hasil Faktor Keamanan Terkecil untuk Bidang Longor Kanan.	76

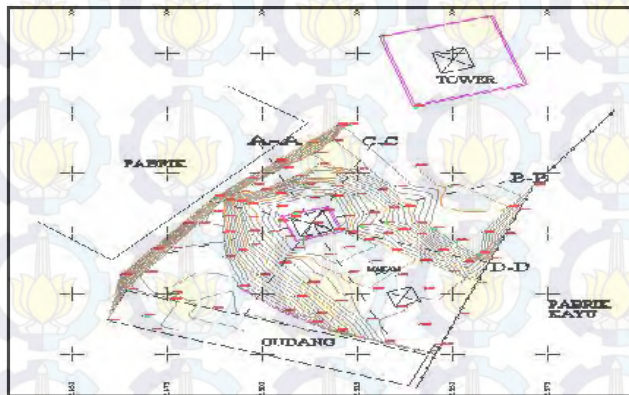
Gambar 5.15 Hasil <i>Output</i> Faktor Keamanan pada Program <i>Plaxis</i>	77
Gambar 5.16 Hasil Pemodelan <i>Total Displacement</i> pada <i>Phase 1</i> , <i>Plastic Condition</i>	77
Gambar 5.17 Hasil Pemodelan <i>Total Displacement</i> pada <i>Phase 2</i> , <i>Phi/c Reduction</i>	78
Gambar 5.18 Bidang Kelongsoran sekitar Talud Setelah Terjadi Pelapukan.	82
Gambar 5.19 Gaya - Gaya yang Terjadi Pada Perkuatan Talud.	83
Gambar 5.20 Denah Perletakan <i>Ground Anchor Tie Back</i> <i>Grouting</i>	92
Gambar 5.21 Potongan Pemasangan <i>Ground Anchor Tie Back</i> <i>Grouting</i>	93
Gambar 5.22 Dimensi Balok Beton Penahan.....	95
Gambar 5.23 Tulangan Blok Penahan.	96
Gambar 5.24 Diagram Alir Tegangan.....	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

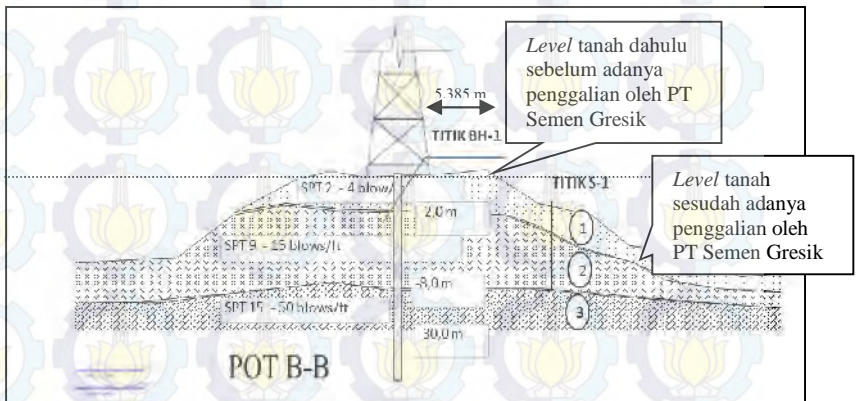
Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan institusi pemerintah yang mengupayakan pengadaan listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, pemerintah, dunia usaha dan industri. Dalam menyalurkan aliran listrik ke daerah diperlukan bangunan tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT). Keberadaan *tower* SUTT melewati pemukiman, lahan pertanian, pergudangan dan lahan kosong. Salah satu *tower* SUTT berada di belakang gudang, pabrik kayu dan perumahan penduduk yaitu *tower* T.09 (PLTU Waru – Gresik). Lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Tampak Atas *Tower* T.09 (PLTU Waru – Gresik)

Pada awalnya PLN mendirikan *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik) di atas lahan dengan posisi tanah rata, dengan tingkat kemiringan yang rendah, sedikit kemungkinan untuk terjadi longsor. Akan tetapi, dengan adanya penggalian tanah kapur di daerah tersebut oleh PT

Semen Gresik untuk bahan bakar pabrik semen antara tahun 1960 sampai dengan 1990 maka tanah di sekitar *tower* PLN sudah banyak yang tergal, sehingga muncul bagian tanah yang rendah dan pada musim hujan akan dgenangin air. Di samping kiri kanan *tower* dibangun pergudangan kayu yang sering dilintasi kendaraan berat seperti truk pembawa kayu, yang menyebabkan permukaan tanah dapat berubah.



Gambar 1.2 Potongan Melintang *Tower* T.09 (PLTU Waru – Gresik)

Sumber: *Data Survey Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS*

Seperti pada Gambar 1.2 terlihat pada potongan melintang jarak antara ujung *tower* dan gundukan lereng yang datar berjarak ± 5.385 m. Kondisi *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik) saat ini belum terjadi longsoran, terbentuk lereng diduga karena adanya penggalian, erosi dan kegiatan industri yang menyebabkan kemiringan lereng sekitar 70 derajat.

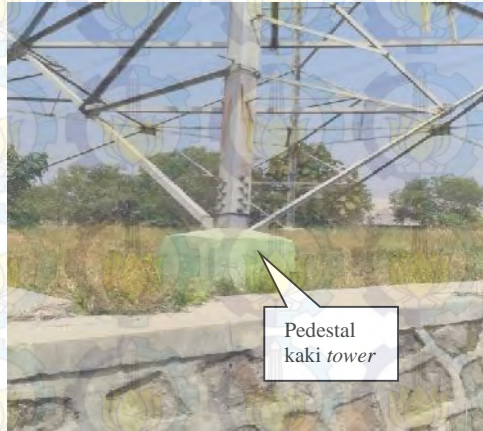


Gambar 1.3 Kondisi Visual Sekitar *Tower* T.09 (PLTU Waru – Gresik)

Sumber: *Data Survey Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS*

Dari Gambar 1.3 tampak bahwa posisi *tower* berada di ketinggian ± 1.5 meter dari elevasi lantai gudang kayu. Dengan melihat kondisi visual *tower* dan lereng, komposisi/tekstur tanah pada lereng cenderung kasar, sehingga kemampuan infiltrasi akan lebih besar dibandingkan pada tekstur tanah yang halus. Tanah di sekitar *tower* sudah terjadi erosi, sehingga *tower* tersebut seolah-olah berada di atas bukit kecil yang tersisa akibat galian tanah oleh PT Semen Gresik dan erosi di sekitar *tower*. Pada bagian erosi tersebut ditumbuhi rumput ilalang, pada musim penghujan air tergenang di sekitar galian dan kemungkinan bisa banjir di sekitar *tower*. PLN merasa khawatir akan kestabilan *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik) pada suatu waktu bila pencegahan tidak dilakukan. Apabila intensitas hujan tinggi dengan durasi cukup lama, dapat mengganggu kondisi tanah tidak stabil yang memicu

terjadi longsor. Maka PLN meminta ITS untuk meneliti komposisi dan kondisi tanah di sekitar *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik)



Gambar 1.4 Kondisi Kaki *Tower* T.09 (PLTU Waru – Gresik) (Sumber: *Data Survey Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS*)

Pada Gambar 1.4 tampak bahwa pondasi *tower* kaki *tower* PLN di titik T.09 berbentuk prisma pedestal yang disambungkan dengan struktur atas, dimana struktur bangunan atas *tower* tersebut berbentuk rangka batang (*truss*) yang terdiri dari material baja dengan profil L. Pada penelitian ini, *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik) menggunakan jenis pondasi strauss dengan satu tiang bor berdiameter ϕ 35 cm di setiap kaki *tower*. Pondasi ini mencapai kedalaman 9 m dari tanah asli. Pondasi strauss ini berfungsi untuk meneruskan gaya dari segala arah bangunan di atasnya ke tanah. Dengan demikian pondasi tersebut menjamin kestabilan bangunan terhadap berat pondasi, beban–beban *tower*, dan pengaruh gaya–gaya luar

seperti tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain. Konstruksi dinding penahan batu kali yang ada hanya bersifat sebagai penutup di sekitar permukaan lereng *tower*, sehingga perlu diperbaiki sesuai hasil perencanaan. Terlihat bahwa kondisi *tower* sebenarnya aman hanya saja kondisi lereng yang terganggu. Struktur atas *tower* diasumsikan kaku dan untuk penelitian kestabilan *tower* diperlukan data berat ekuivalen ataupun momen dan gaya yang bekerja akibat struktur atas.

Untuk mengetahui alternatif perkuatan talud, komposisi tanah pada lokasi *tower* tersebut akan diuji pada laboratorium selanjutnya data akan dianalisis dengan menggunakan program bantu *Plaxis*, *Geo Slope*, dan *Dxstabl*. Hasil analisis tersebut berupa tegangan tanah dan faktor keamanan. Nilai dari tegangan tanah dianalisis kembali, untuk membuat rencana alternatif perkuatan lereng. Setelah diperoleh konstruksi perkuatan lereng yang sesuai, selanjutnya kondisi lereng dianalisis kembali dengan menggunakan program bantu *Geo Slope* untuk mengetahui nilai faktor keamanan, kemudian dibandingkan dengan hasil analisis (faktor keamanan) lereng eksisting.

Studi Kasus dan Perencanaan penelitian untuk tugas akhir ini perlu dilakukan, untuk membantu mencegah terjadi kecelakaan atau musibah yang merugikan banyak pihak terutama PLN. Jika tidak dilakukan penelitian yang berfungsi pemeliharaan, pada suatu waktu dikhawatirkan akan terjadi bencana atau kecelakaan, suatu ketika kondisi *tower* dapat *collapse* tanpa ada upaya pencegahan untuk penyelamatan dan menyebabkan kerugian yang lebih besar. Dari evaluasi dan analisa yang dilakukan maka akan dapat diketahui kondisi *tower* dan metode yang tepat untuk menanggulangi bahaya yang mungkin terjadi pada masa datang. Dan dapat diketahui daya tahan dan kondisi stabilitas lereng dan stabilitas *tower* terhadap gangguan yang mungkin timbul karena faktor eksternal, seperti angin,

hujan dan bencana alam. Selanjutnya mengetahui jenis penanggulangan sebagai upaya penyelamatan di masa datang sesuai kondisi *tower* dan lereng di lokasi *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik) di Desa Sekar Kurung, Kecamatan Kebomas Gresik.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana komposisi lapisan tanah pada *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik)?
2. Bagaimana analisa stabilitas gundukan tanah dan struktur atas berdasarkan gaya yang terjadi pada pondasi sekarang?
3. Akibat adanya erosi dan kegiatan industri yang terus menerus terhadap permukaan tanah/gundukan di sekitar *tower*, ancaman apa yang mungkin terjadi di masa depan?
4. Bagaimana upaya untuk menyelamatkan bukit di sekitar *tower* terhadap kemungkinan ancaman saat sekarang dan dimasa datang ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui komposisi lapisan tanah pada *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik).
2. Mengetahui stabilitas tanah dan struktur *tower* sekarang.
3. Mengetahui ancaman yang terjadi akibat gundukan tanah di *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik) di masa depan.
4. Mengetahui upaya penyelamatan *tower* apabila stabilitas tanah dan stabilitas *tower* tidak aman.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini sebagai berikut:

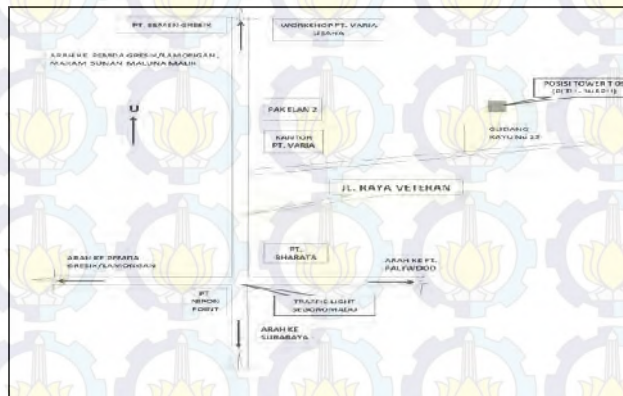
1. Dalam analisis dan pemodelan stabilitas lereng menggunakan program bantu (*software*) yaitu *Plaxis*, *GeoSlope*, dan *DxStable*.
2. Dalam analisa ini tidak dilakukan perhitungan untuk perhitungan untuk mengetahui stabilitas dari struktur *tower* sendiri.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini menganalisis dan merencanakan kestabilan lereng pada *tower* T.09 (PLTU Waru–Gresik)

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi tanah pada objek tugas akhir ini (titik T. 09, PLTU Waru - Gresik) di dekat jalan Veteran Gresik, Jawa Timur. Posisi *tower* terletak di dekat pemukiman penduduk, pergudangan, tidak jauh dari perempatan PT. Bharata, jaraknya kurang lebih 300 meter ke arah Utara. Denah lokasi *tower* T.09 dapat dilihat pada Gambar 1.5



Gambar 1.5 Denah Lokasi *Tower* T.09 (PLTU Waru – Gresik) (Sumber: Data Survey Lab. Mekanika Tanah dan Batuan ITS)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah adalah himpunan material, bahan *organic*, dan endapan – endapan relatif lepas (*loose*), terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida – oksida yang mengendap dipartikel –partikel. Ruang di antara partikel – partikel dapat berisi udara, air maupun keduanya. Proses pelapukan batuan yang terjadi didekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dapat berupa proses fisik maupun kimia.

Tanah terbentuk dari campuran bahan organik dan mineral. Tanah organik cenderung memiliki keasaman tinggi karena mengandung beberapa asam organik hasil dekomposisi berbagai bahan organik. Tanah organik ini biasanya memiliki kandungan mineral rendah. Mineral yang ada di dalam tanah organik berasal dari aliran air atau hasil dekomposisi jaringan makhluk hidup. Sedangkan tanah non organik berisi lebih banyak mineral. Mineral ini membentuk partikel pembentuk tanah. Tekstur tanah ditentukan oleh komposisi tiga partikel pembentuk tanah yaitu pasir, lanau (debu), dan lempung.

Ukuran partikel tanah sangat beragam dengan variasi cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut.

2.2 Jenis – jenis Kelongsoran Dan Gerakan Tanah (*Mass movement*)

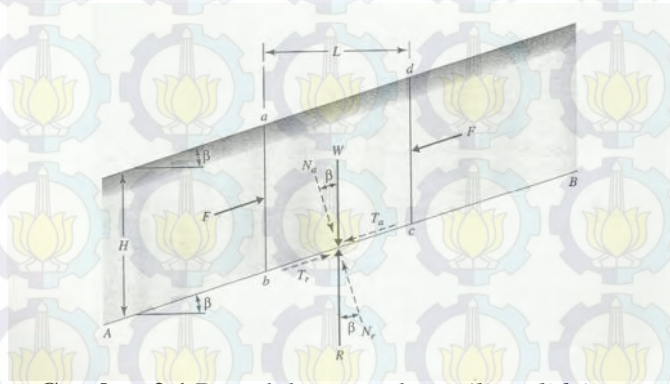
Longsoran dengan gerakan tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan. Gerakan tanah (*mass movement*) adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari

bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Longsoran merupakan bagian dari gerakan tanah, jenisnya terdiri atas jatuhan, jungkiran, luncuran, nendatan, aliran, gerak horisontal atau bentangan lateral, rayapan dan longsor majemuk.

Adapun jenis – jenis kelongsoran antara lain:

a. **Longsor Planar (*Land Slide*)**

Kelongsoran planar adalah pergerakan massa tanah secara bersama-sama diseluruh areal dan arah pergerakan searah dengan kemiringan tebing, bentuk bidang kelongsorannya berupa garis lurus sejajar dengan kemiringan tebing. Jenis kelongsoran seperti ini sering terjadi pada daerah yang cukup luas terutama pada lereng-lereng di daerah pegunungan. Bentuk kelongsoran planar dapat dilihat pada Gambar 2.1



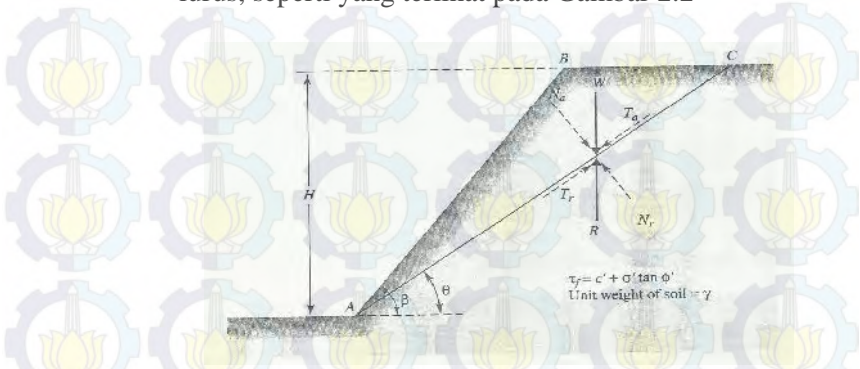
Gambar 2.1 Bentuk longsor planar (*line slide*)

(Sumber : Braja M Das jilid II)

b. **Longsor Terbatas (*Finite Slope*)**

Kelongsoran *finite slope* adalah pergerakan massa tanah pada bidang kemiringan tertentu pada tebing, secara teoritis massa tanah yang longsor

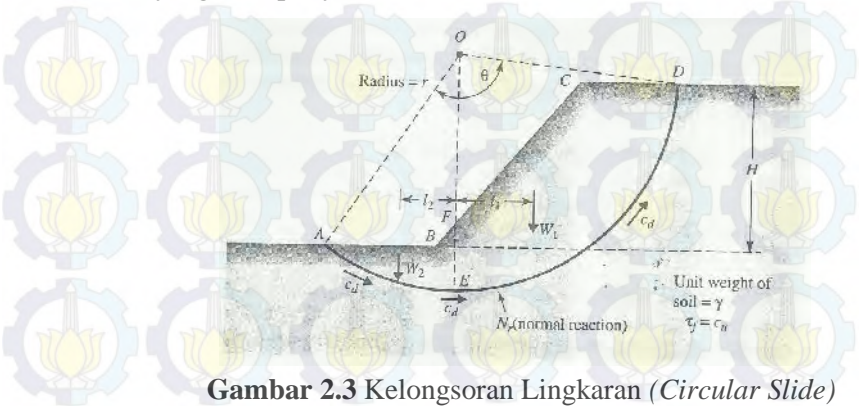
berbentuk segi tiga dan melalui bidang longsor garis lurus, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Bentuk Kelongsoran Terbatas (*Finite Slope*)
(Sumber : Braja M Das jilid II)

c. Longsor Lingkaran (*Circular Sliding*)

Kelongsoran lingkaran adalah pergerakan massa tanah pada bidang kemiringan tertentu pada tebing, secara teoritis massa tanah yang longsor berbentuk berupa lingkaran dan melalui bidang longsor lingkaran yang mempunyai radius, lihat Gambar 2.3



Gambar 2.3 Kelongsoran Lingkaran (*Circular Slide*)
(Sumber : Braja M Das jilid II)

2.3 Daya Dukung Tiang Pancang

Secara teoritis untuk menentukan daya dukung pondasi tiang bor diperlukan data tanah dari hasil test di laboratorium maupun data yang diperoleh secara langsung dari lapangan. Parameter tanah dari hasil uji laboratorium yang diperlukan untuk menghitung daya dukung tiang pancang adalah berat volume tanah (γ), sedang parameter dari hasil pengujian dilapangan yang di perlukan untuk menghitung daya dukung tiang pancang adalah harga N SPT (*Standard Penetration Test*) atau harga conus sondir (C_n).

Secara teoritis kekuatan tiang pancang untuk memikul beban ada 2(dua) dukungan, antara lain:

- Daya dukung pada ujung tiang, yaitu daya dukung yang terjadi akibat adanya tekanan tanah pada ujung tiang.
- Daya dukung selimut tiang (*pile shaft*), yaitu daya dukung yang terjadi akibat adanya gaya lekatan di senjang selimuttiang pancang.

2.3.1 Perhitungan Daya Dukung Vertikal Tiang Berdasarkan Data Bor dan SPT

Daya dukung ultimate ujung tiang (Q_p) dihitung sebagai berikut :

$$Q_p = 40 \cdot N_{\text{rata-2}} \times A \quad (\text{Mayerhofs})$$

Dimana:

A = luas ujung tiang dalam (m^2)

$N_{\text{rata-2}}$ = harga SPT rata-rata

(Nilai $N_{\text{rata-2}}$ dari SPT yang telah dikoreksi dihitung mulai 8D keatas dari ujung tiang sampai 4D kebawah dari ujung tiang (blow/feet))

Daya dukung ultimate selimut tiang (Q_s) dihitung sebagai berikut :

$$Q_s = \sum_{i=0}^{i=L} f_{si} \times A_i \quad (2.1)$$

$$f_{si} = N/5 \quad (\text{ton/m}^2) \quad (\text{untuk pasir})$$

$$= N/2 \quad (\text{ton/m}^2) \quad (\text{untuk lempung/lanau})$$

Dimana:

Q_s = Daya Dukung Ultimit Selimut Tiang (Ton)

A_i = Luas selimut tiang setiap segmen (m^2)

F_{si} = Daya lekatan tanah (ton/ m^2)

N = Harga SPT yg telah dikoreksi (N_{corr}) pada segmen yang ditinjau (blow/feet)

L = Kedalaman tiang yang ditinjau (m)

Daya dukung tiang pancang gabungan

Untuk perumusan daya dukung tiang pancang gabungan secara umum adalah sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad (2.2)$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad (2.3)$$

Dimana :

Q_{ult} = Daya Dukung Ultimate (Ton/m)

Q_{ijin} = Daya Dukung Ijin(Ton/m)

SF = Angka Keamanan

Q_p = Daya Dukung Ultimate Ujung Tiang (Ton/m)

Q_s = Daya Dukung Ultimate Selimut Tiang (Ton/m)

2.3.2 Perhitungan Daya Dukung Vertikal Tiang Berdasarkan Data Sondir

Perumusan daya dukung tiang secara umum seperti pada persamaan (2.2) dan persamaan (2.3) makan untuk menghitung Q_p dan Q_s adalah sebagai berikut :

- Daya dukung ultimate ujung tiang (Q_p) dihitung sebagai berikut :

$$Q_p = C_{n_{rata-2}} \times A \quad (2.4)$$

$$C_{n_{rata-2}} = \frac{1}{2} \cdot (C_{n_1} + C_{n_2}) + C_{n_3} \quad (2.5)$$

(Sumber : Schmertmann, 1975)

Dimana :

A = Luas Ujung Tiang

C_n = Harga Conus rata-rata dihitung mulai dari ujung tiang sampai $4D$ ke bawah

C_{n_2} = Harga conus rata-rata dari *conus-minimum* dihitung mulai dari ujung tiang sampai $4D$ ke bawah

C_{n_3} = Harga conus rata-rata dari *conus-minimum* dihitung mulai dari ujung tiang sampai $8D$ ke atas

- Daya dukung ultimate selimut tiang (Q_s) dihitung berdasarkan formula dari Schmertmann, dan Nottingham (1975) sebagai berikut :

$$Q_s = \sum_{li=0}^{li=8D} .k. \left[\left(\frac{li}{8D} \right) .HP_i .O_i \right] + \sum_{li=8D}^{li=L} .k. (HP_i .O_i) \quad (2.6)$$

(Sumber : Schmertmann dan Nottingham, 1975)

Dimana :

k = Faktor koreksi, diisi kc atau ks, sesuai jenis tanah pada kedalaman yang ditinjau

Kc = Faktor koreksi untuk clay (lempung/lanau)

ks = Faktor koreksi untuk sand (pasir)

Keterangan: Untuk nilai kc dan ks dapat dilihat pada *Grafik Shaft Friction Factors After, Nottingham, 1975*.

li = kedalaman yang ditinjau (ke-i)

D = diameter tiang pancang

HP_i = hambatan perlekat untuk ruas pada kedalaman i

O_i = keliling tiang untuk ruas kedalaman i

2.3.3 Perhitungan Daya Dukung Lateral Tiang Pancang

Daya dukung lateral adalah salah satu daya dukung untuk memikul beban lateral, daya dukung lareral terjadi akibat adanya gaya lateral lapisan tanah di sekitar tiang pancang.

Faktor kekakuan tiang pancang pada tanah lempung over consolidated :

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KB}} \quad (2.7)$$

(Terzaghi)

Dimana :

E = Modulus bahan (tiang pancang)

I = Momen inersia penampang tiang pancang

K = Modulus tanah (*Terzaghi' concept*) untuk tanah lempung over consolidated

$K = k/1.5$, k_1
 K = Subgrade reaction yang berdasarkan penurunan hasil test plate load dengan ukuran plate 300 mm x 30 mm.

Faktor kekakuan tiang pancang pada tanah lempung normally consolidated dan granular soil (Terzaghi) :

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}} \quad (2.8)$$

Dimana :

E = Modulus bahan (tiang pancang)

I = Momen inersia penampang tiang pancang

n_h = Modulus variasi tanah (*Terzaghi's concept*)

Untuk tanah lempung *normally consolidated* dan tanah berbutir kasar (*granular soil*) Harga n_h dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Harga Coeficient Modulus Variasi n_h untuk Tanah Berbutir Kasar (*Granular*)

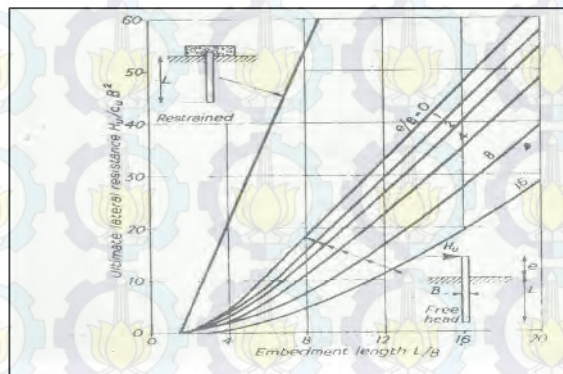
Relatif density	Stiff	Very stiff	Hard
n_h untuk dry or moist soil (Terzaghi)	2.7	7.5	20
MN/m ³	7	21	56
ton/ft ³			
n_h untuk submerged soil (Terzaghi)	1.4	5	12
MN/m ³	4	14	34
ton/ft ³			
n_h untuk submerged soil (Reese et al)	5.3	16.3	34
MN/m ³	15	46	96
ton/ft ³			

Sedangkan untuk tanah lempung *normally consolidated* harga $n_h = 350$ s/d 700 kN/m³ ($1 - 2$ ton/ft³)

Dengan memperhitungkan harga factor kekakuan seperti pada persamaan tanah lempung *over consolidated* dan tanah lempung *normally consolidated* maka dapat ditentukan perilaku apakah tiang panjang (*long elastic pile*) atau tiang pendek (*short rigid pile*)

- Perhitungan daya dukung lateral tiang pendek (*cohesive soil*)

Untuk menentukan gaya lateral untuk tiang pendek, maka diambil dari grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Grafik Untuk Menghitung Daya Dukung Lateral untuk Tiang Pendek Pada Tanah Lempung (*Cohesive Soil*) (Broms^{6,7})

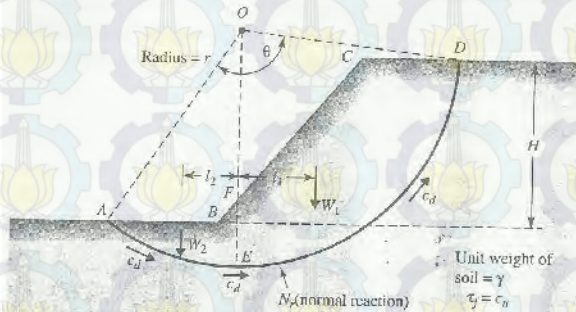
Pada Gambar 2.4 menunjukkan grafik untuk menghitung daya dukung lateral untuk tiang pendek pada tanah lempung (*cohesive soil*) (Broms^{6,7})

Pada grafik tersebut juga menunjukkan grafik hubungan antara rasion L/B dengan $H_u/C_u B^2$, dimana :

- L = Panjang tiang
 B = Diameter tiang
 c_u = Kohesi tanah *undrain test*
 e = Tiang yang muncul diatas tanah.

2.4 Analisa Stabilitas Talud

Analisa kestabilan talud adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor. Faktor keamanan (FS) adalah nilai perbandingan antara gaya yang menahan tanah dengan gaya yang menggerakkan tanah.



Gambar 2.5 Sketsa Gaya Yang Bekerja Pada Lereng
(Sumber : Braja M Das jilid II)

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (2.9)$$

Dimana :

F = Faktor Keamanan

τ = Tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah

τ_d = Tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor

Dalam teori Mohr – Coulomb, dijelaskan bahwa tahanan geser (τ) yang dapat dikerahkan tanah sepanjang bidang longsornya yang dinyatakan

$$\tau = c + \sigma \tan \theta \quad (2.10)$$

Dimana nilai c dan θ adalah parameter kuat geser tanah sepanjang bidang longsornya.

c = kohesi

θ = sudut geser tanah

σ = tegangan normal

Persamaan geser yang terjadi akibat beban tanah dan beban lain pada bidang longsornya:

$$\tau_d = c_d + \sigma_d \tan \theta_d \quad (2.11)$$

Dengan c_d dan θ_d adalah kohesi dan sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor.

Dengan memasukkan persamaan dengan persamaan (2.9), (2.10) dan (2.11) maka didapatkan rumusan sebagai berikut:

$$F = \frac{c + \sigma \tan \theta}{c_d + \sigma_d \tan \theta_d} \quad (2.12)$$

Atau

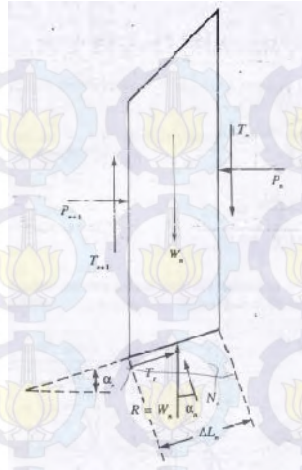
$$c_d + \sigma_d \tan \theta_d = \frac{c}{F} + \sigma \frac{\tan \theta}{F} \quad (2.13)$$

Dengan,

$$F_c = \frac{c}{c_d} F \quad F_\theta = \frac{\tan \theta}{\tan \theta_d} F \quad (2.14)$$

Maka kita dapat menuliskan

$$F_s = F_c = F_\theta$$



Gambar 2.7 Gaya – Gaya yang Bekerja pada Satu Irisan
(Sumber : Braja M Das jilid II)

Pada satu satuan tebal tegak lurus irisan melintang talud yang ditunjukkan pada gambar 2.11. W_n adalah berat irisan. Gaya – gaya N_r dan T_r adalah komponen tegak dan sejajar dari reaksi R . P_n dan P_{n+1} adalah gaya normal yang bekerja pada sisi sisi irisan . Demikian juga, gaya geser yang bekerja pada sisi irisan adalah T_n dan T_{n+1} .

Untuk pengamatan keseimbangan pada gaya gaya yang tegak dan sejajar dari reaksi R adalah :

$$N_r = W_n \cos \alpha_n \quad (2.15)$$

Sedangkan untuk gaya geser perlawanan adalah sebagai berikut :

$$T_r = \tau_d (L_n) \quad (2.16)$$

2.5 Analisis Stabilitas Talud dengan Program Bantu *Dxstable*

Dxstable adalah program bantu yang dibuat di FORTRAN IV untuk solusi perhitungan dan pemodelan stabilitas tanggul dengan batas 2 dimensi metode keseimbangan. Metode perhitungan faktor keamanan dari ketidakstabilan tanggul ditampilkan dengan metode irisan bidang yang longsor. *Dxstable* dapat menghitung dengan beberapa metode yaitu metode bishop, janbu, dan metode analisis blok. Keistimewaan *Dxstable* diperoleh menentukan 10 bidang longsoran terkritis dari keseluruhan bidang longsor yang dianalisis. Kelemahan pada program *Dxstable* hanya menganalisis bagian kiri dari gambar sehingga jika pada bagian kanan akan dianalisis, gambar tersebut harus dibalik posisinya. Sehingga saat menggambar sebelah kanan berubah menjadi sebelah kiri dan sebelah kiri berubah menjadi sebelah kanan. Kelemahan yang lainnya juga seperti menganalisis bagian kritis, program ini tidak dapat secara otomatis menganalisis bagian kritis namun harus dilakukan secara manual berapa banyak yang akan menjadi kritis.

2.6 Analisis Stabilitas Talud dengan Program Bantu *Geo-Slope*

Geo-slope adalah merupakan suatu program komputer dengan dasar metode keseimbangan batas dan metode elemen hingga. Adapun beberapa program pendukung dalam satu paket Program *Geo slope* terbagi atas enam sub program, yaitu *Slope/w*, *Seep/w*, *Quake/w*, *Ctrans/w*, dan *Temp/w*. masing-masing dapat dipakai program *Slope/w* untuk analisa kestabilan tanggul dan *Seep/w* untuk analisa rembesan air dalam tanah. Dalam tugas akhir ini, jenis program geoslope yang digunakan adalah sub program *slope/w*, yang dikhususkan untuk perhitungan perkuatan lereng.

Slope/w adalah program yang menggunakan teori esetimbangan batas untuk menghitung faktor keamanan lereng. Program *Slope/w* menggunakan *Ordinary* (atau *Fellenius*) method, metode Bishop disederhanakan, metode Janbu yang disederhanakan, metode Spenser, metode *Morgenstren – Price*, metode *Corps of Engineers*, metode *Lowe – Karafiath*, metode *Generalized Limid Equilibrium (GLE)*.

Parameter input data program geoslope yang diperlukan untuk menghitung angka keamanan stabilitas tanggul dengan program bantu *GeoSlope* didapat dari hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik. Adapun parameter-parameter yang diperlukan adalah: berat volume (γ), kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Analisa keruntuhan tanah dapat digunakan beberapa model, dan analisa ini dipakai model *Mohr-Coulumb*. Sedangkan analisa rembesan air dipakai prinsip Darcy, dimana besarnya aliran yang mengalir tergantung dari koefisien permeabilitas tanah.

Untuk menghitung faktor keamanan, *slope/w* menggunakan teori kesetimbangan batas dari gaya dan momen. Faktor keamanan merupakan faktor dimana kekuatan geser tanah direduksi hingga massa tanah pada wilayah kelongsoran mencapai kesetimbangan batas.

2.7 Analisis Stabilitas Talud dengan Program *Plaxis*

Plaxis adalah sebuah software yang dikembangkan berdasarkan metode elemen hingga (*finite element*) yang digunakan untuk menganalisis deformasi dan stabilitas dari struktur dan bangunan geoteknik. Program ini dapat menganalisis untuk perhitungan kondisi plane-strain maupun *axisymmeeetric*.

Plane – strain digunakan untuk menganalisis struktur yang memiliki potongan melintang dengan pembebanan dan ondisi tegangan yang seragam dan perpindahan / deformasi pada arah ini dianggap nol. Sedangkan

axisymmetric digunakan untuk analisis struktur lingkaran yang memiliki potongan radial dan pembebanan seragam terhadap pusat, dengan deformasi dan tegangan yang dianggap sama pada arah radial.

2.7.1 Analisis *Undrained* Dengan Parameter *Undrained*

Untuk pengujian suatu proyek hasil tes lapangan dan tes laboratorium yang didapat hanyalah parameter tanah *undrained*. Dalam kondisi demikian, parameter *modulus young* tanah *undrained* masih dapat dengan mudah dikonversikan untuk mendapatkan parameter tanah efektif, tetapi parameter shear strength tanah *undrained* tidak dapat begitu saja dikonversikan. Untuk hal demikian Plaxis menggunakan analisis dengan *input undrained shear strength* dengan menggunakan *model standar Mohr – Coulomb*.

2.7.2 Modulus Kekakuan dan *Poisson Ratio*

Plaxis menggunakan modulus geser sebagai modulus kekakuan dasar dalam model Mohr – Coloumb. Parameter kekakuan ini berhubungan dengan *Modulus Young* (E). Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapat dari uji *triaxial test* atau nilai modulus elastisitas (Es) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir.

Nilai *poisson ratio* ditentukan sebagai *ratio* kompresi poros terhadap regangan pemuai lateral. Nilai *poisson ratio* dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti yang terlihat pada tabel 2.6 dibawah ini. Nilai perkiraan modulus elastisitas tanah dan *poisson ratio* menurut Bowles dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah dan *Poisson Ratio*

Jenis Tanah	Young Modulus	Koef. Poisson
Pasir Lepas	10350 - 27600 kN/m ²	0.2-0.4
Pasir Agak Padat		0.25-0.4
Pasir Padat	34500-69000 kN/m ²	0.3-0.45
Pasir Berlanau		0.2-0.4
Lempung Lembek	1380 - 3450 kN/m ²	0.15-0.25
Lempung Agak Kaku		0.2-0.5
Lempung Keras	5865 - 13800 kN/m ²	-

(Sumber: Bowles, 1997)

2.7.3 Sudut Geser Dalam

Sudut geser dinyatakan dalam satuan derajat dan merupakan penambahan dari shear strenght dengan stress level. Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser 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 2.3 berikut

Tabel 2.3 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah

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°

(Sumber: Braja M Das Jiid 1)

2.8 Metode Perkuatan Lereng

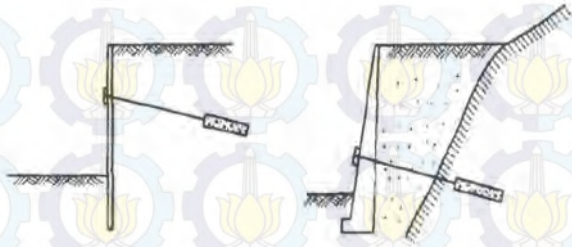
Perkuatan talud dilakukan dengan mengurangi gaya meruntuhkan yang bekerja menambah kekuatan geser tanah atau kombinasi keduanya. Metode yang digunakan untuk perkuatan/stabilisasi biasa digunakan adalah *ground anchor*.

2.8.1 Metode Perkuatan Talud dengan *Anchor*

Menurut (Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, 2000), Metode penjangkaran tanah disebut juga dengan nama *Alluvian Anchor*, *Ground Anchor* atau *Tieback Anchor*, sesuatu yang dikembangkan di Eropa sekitar 20 tahun lampau. Konstruksi *anchor* adalah sebuah konstruksi yang diperlukan untuk menahan konstruksi penahan tanah agar kestabilan konstruksi sesuai seperti apa yang diharapkan (dimensi, kekuatan bahan, *deflection*)

Dalam metode ini pengeboran dilakukan dalam tanah pondasi yang baik terdiri dari lapisan berpasir, lapisan berkerikil, lapisan berbutir halus ataupun batuan yang lapuk, serta suatu bagian yang menahan gaya tarik seperti campuran semen dengan kabel baja atau semen dengan batang baja dimasukkan ke dalam

lubang hasil pengeboran tersebut, kemudian disertai suatu gaya tarik setelahnya untuk memperkuat konstruksinya. Dalam banyak hal dipergunakan untuk melawan tekanan tanah seperti turap ataupun tembok penahan tanah, lihat gambar 2.12.



a. Jangkar tembok turap b. Jangkar tembok penahan tanah

Gambar 2.8 Contoh Pemasangan *Anchor*
(Sumber: Braja M Das Jiid 1)

Pemasangan *anchor* tersebut juga sering kali dipergunakan untuk konstruksi yang permanen tetapi pada dasarnya hanyalah dipakai untuk konstruksi sementara. Akan tetapi, karena cara penopang gak murah dibandingkan metode pemasangan *anchor* tanah, maka sepanjang menyangkut efisiensi ekonomi, metode penjangkaran tanah hanya dipergunakan dalam keadaan tertentu, dimana tidak ada sesuatu yang bisa memberikan reaksi dengan cara menopangnya.

Konstruksi *anchor* dapat berupa :

1. Pelat setempat atau menerus
2. Tiang pancang (jangkar kursi, tiang vertikal)
3. *Tie backs* (jangkar betongrouting)

Konstruksi *anchor* dihubungkan dengan konstruksi dinding penahan tanah / balok penahan melalui batang tarik dari baja.

Perhitungan dimensi *grouting* untuk tanah lempung, sebagai berikut :

$$P_u = .d.l.C \quad (2.17)$$

Dimana :

P_u = Gaya Ultimate (Ton)

D = Diameter *grouting* (m)

L = Panjang *grouting* (m)

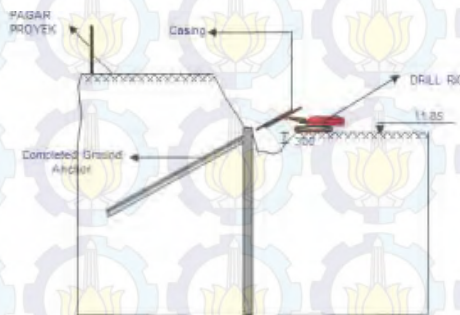
C = Kohesi (t/m²)

2.8.2 Metode Pemasangan *Anchor* Tanah

Metode Pemasangan *anchor* pada tanah diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Metode pemasangan *anchor* dengan *grouting*

Setelah suatu batang baja atau kabel terpasang, dilaksanakan *grouting* dan batang jangkar ini dijangkar. Dipasang alat "*packer*" untuk menahan keluarnya aliran semen dari lubang seperti yang terlihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Metode Pemasangan *Anchor* dengan *Grouting*

2. Metode pemasangan *anchor* dengan tabung bertekanan.

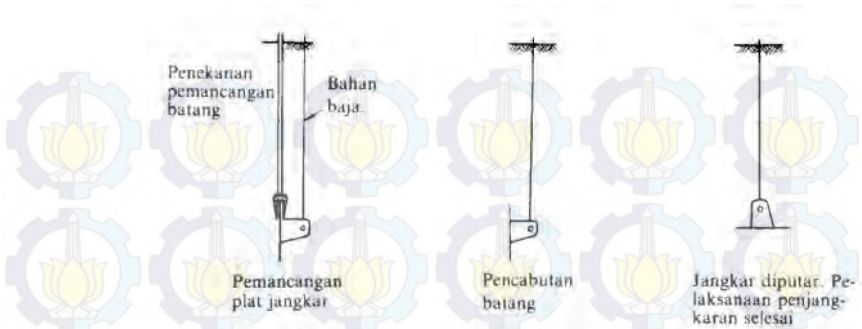
Metode dimana suatu tabung yang dapat mengembang dimasukkan ke dalam lubang hasil pemboran dan adukan mengisi bagian luar dari dinding tabung dan kemudian air bertekanan dimasukkan ke dalam tabung tersebut agar mengembang.



Gambar 2.10 Metode Pemasangan *Anchor* dengan Tabung Tekanan.

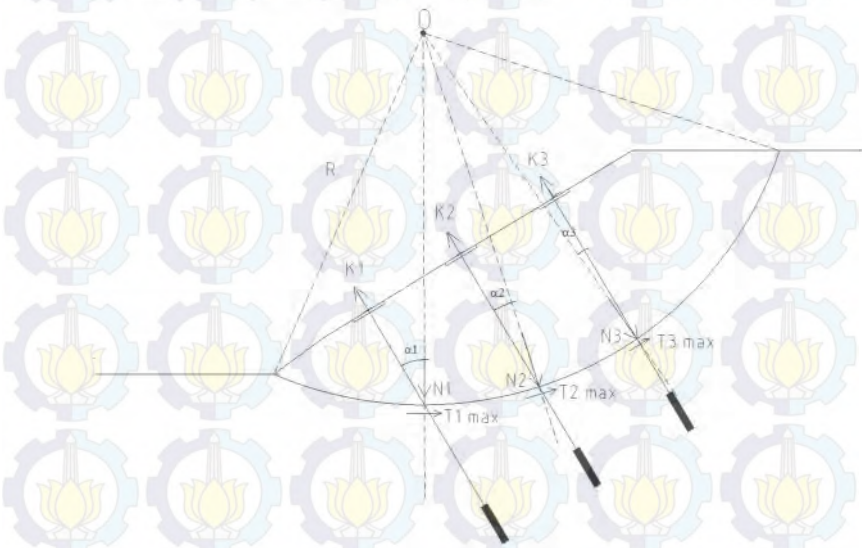
3. Metode pemasangan *anchor* dengan plat

Metode pemasangan *anchor* dengan plat atau disebut juga dengan metode pemasangan *anchor* secara mekanis yang terdiri dari batang baja dan bagian jangkar yang terbuat dari plat baja dan dimasukkan kedalam tanah dengan dipukul lalu ditarik sehingga plat memutar seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Metode Pemasangan *Anchor* dengan Plat

2.8.3 Pemasangan *Ground Anchor*



Gambar 2.12 Gaya - Gaya yang Terjadi Pada Perkuatan Talud di Sekitar *Tower*

Dimana :

W = Berat tanah yang berada diatas angkur (ton)

K = Gaya tarik angkur tegak lurus bidang lereng (ton)

N = Gaya normal angkur pusat titik kelongsoran (ton)

T = Gaya perlawanan terhadap kelongsoran (ton)

O = Pusat titik kelongsoran

R = Jari – jari kelongsoran (m)

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Penggerak}}$$

Momen Penahan = SF x Momen Penggerak

$$1) MR = SF \times Mov$$

$$2) \frac{MR + MR}{MR} = SF_{rencana} \times Mov$$

$$MR = (SF_{rencana} - SF) \times Mov$$

(Sumber : Mochtar 2014)

Dimana :

MR = Momen Penahan

$$= R \times T_{max}$$

Mov = Momen *Overtunning*

Nilai Tmax yang terjadi dihitung pada setiap angkur

$$T_{max} = N \tan \delta$$

(Dimana nilai $\delta = \phi$)

Nilai δ tidak sama dengan $\frac{2}{3}\phi$ karena kondisi tanah pasir akan tertekan dan menjadi padat jika diberi angkur. (Mochtar, 2014))

Tmax = Gaya perlawanan terhadap kelongsoran (ton)

N = Nilai normal angkur pusat titik kelongsoran (ton)

Nilai Tmax pada angkur 1 :

$$N_1 = K_1 \times \cos \beta_1$$

$$T_1 \text{ max} = N_1 \times \tan \phi$$

Nilai Tmax pada angkur 2 :

$$N_2 = K_2 \times \cos \beta_2$$

$$T_2 \text{ max} = N_2 \times \tan \phi$$

Nilai Tmax pada angkur 3 :

$$N_3 = K_3 \times \cos \beta_3$$

$$T_3 \text{ max} = N_3 \times \tan \phi$$

$$\text{Jadi, } \Delta \text{MR} = R \times T \text{ max}$$

2.8.4 Metode Pelaksanaan Pemasangan *Anchor*

Setelah persyaratan *gaya anchor* dan pelubangan sudah ditentukan, terdapat 6 faktor untuk pemasangan anchor

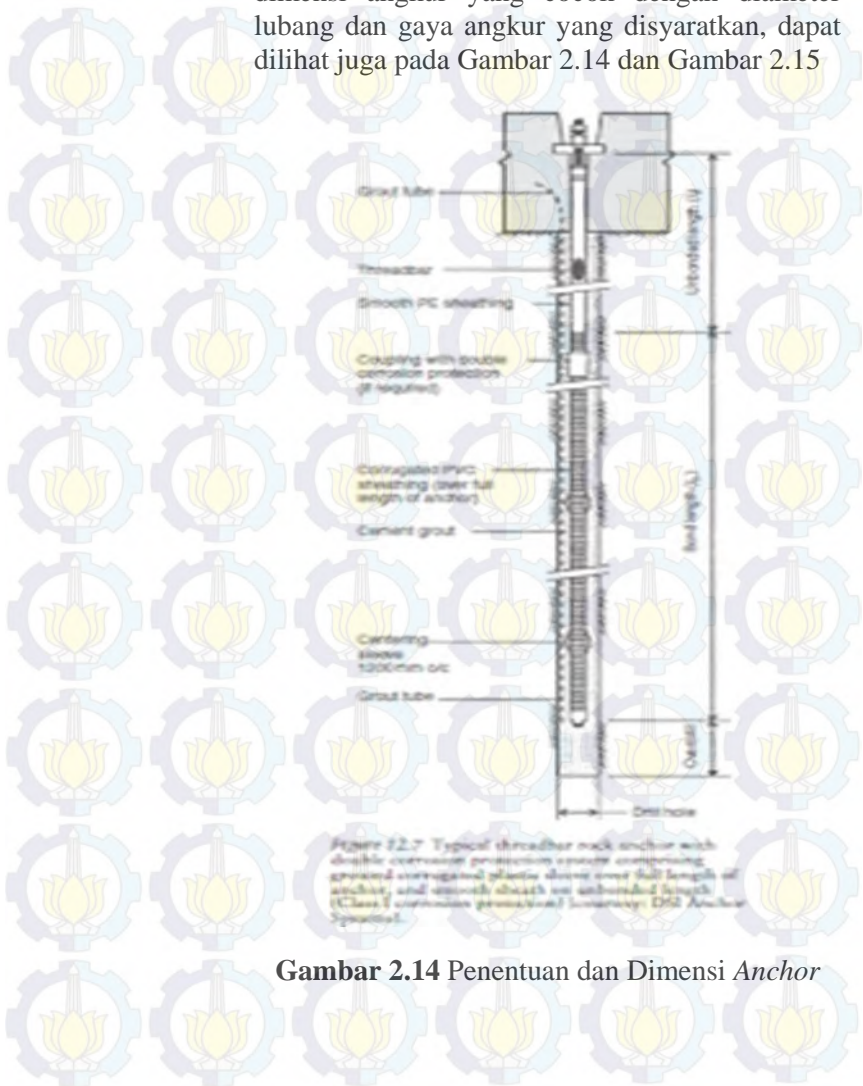
1. Pengeboran (*drilling*), menentukan besarnya diameter lubang bor dan panjang yang akan dibor di lapangan berdasarkan pada peralatan yang tersedia, bagian-bagiannya di tunjukkan pda Gambar 2.13



Figure 1.2.6 Tubex drill bit for advancing casing through soil and weathered rock (courtesy: Sandvik Drilling) 1, Shoulder; 2, Bit tube; 3, Guide; 4, Reamer; 5, Pilot bit.

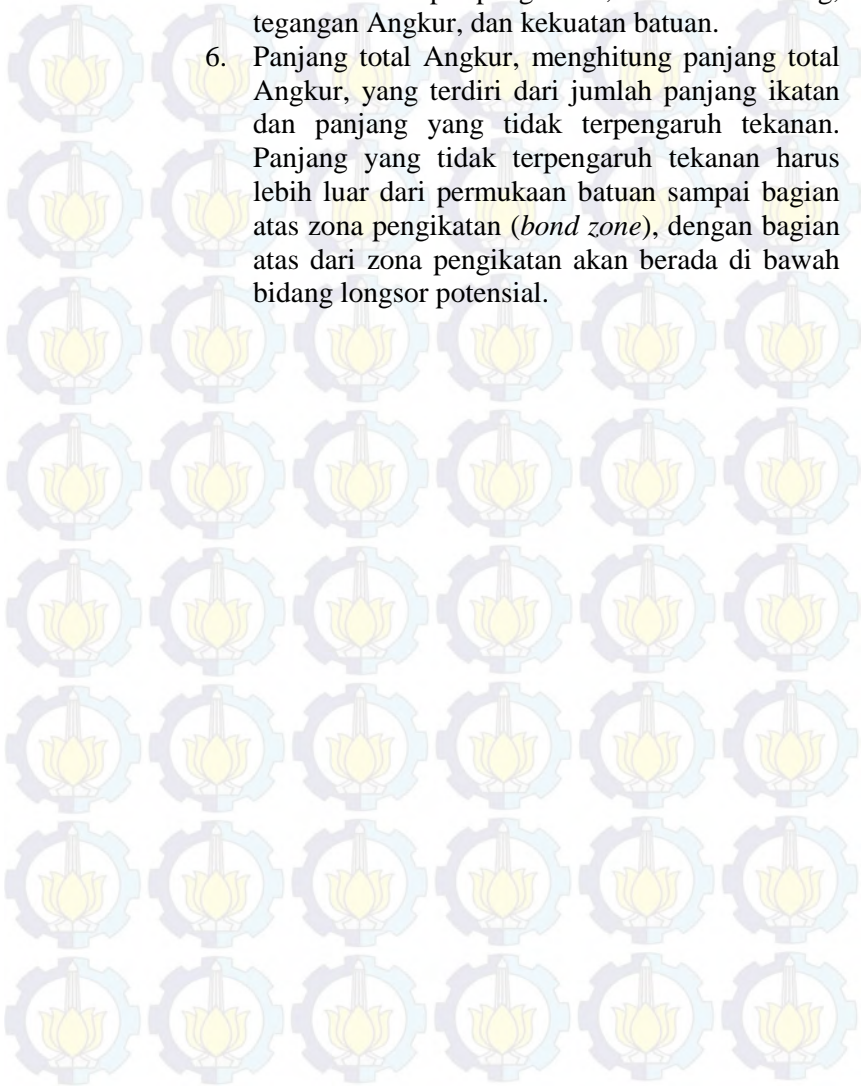
Gambar 2.13 Penentuan Diameter Lubang Bor

2. Material dan dimensi Bolt, memilih material dan dimensi angkur yang cocok dengan diameter lubang dan gaya angkur yang disyaratkan, dapat dilihat juga pada Gambar 2.14 dan Gambar 2.15



Gambar 2.14 Penentuan dan Dimensi Anchor

5. Panjang ikatan (*bond length*), penentuannya berdasarkan tipe pengikatan, diameter lubang, tegangan Angkur, dan kekuatan batuan.
6. Panjang total Angkur, menghitung panjang total Angkur, yang terdiri dari jumlah panjang ikatan dan panjang yang tidak terpengaruh tekanan. Panjang yang tidak terpengaruh tekanan harus lebih luar dari permukaan batuan sampai bagian atas zona pengikatan (*bond zone*), dengan bagian atas dari zona pengikatan akan berada di bawah bidang longsor potensial.

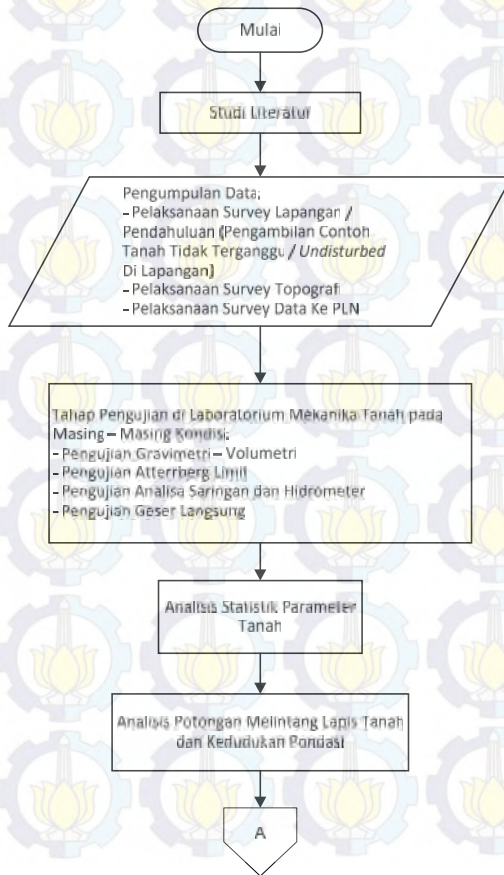


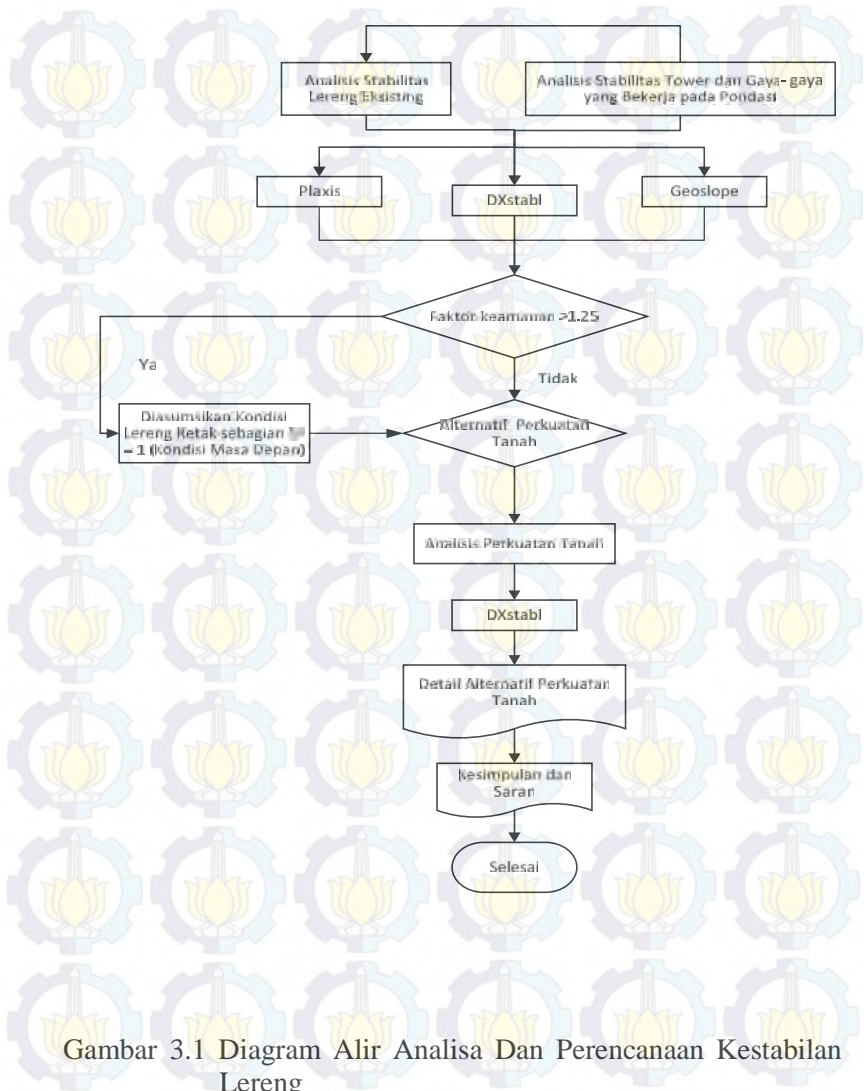


“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam analisa kestabilan *tower* SUTT PLN dan Perencanaan Perkuatan Talud di sekitar *tower* (Studi kasus *tower* SUTT T.09 PLTU Waru –Gresik) adalah sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Analisa Dan Perencanaan Kestabilan Lereng

3.1 Tahap Persiapan

Penyelesaian penelitian tugas akhir yang berjudul “Analisa Kestabilan *Tower* SUTT PLN dan Perencanaan Perkuatan Talud Disekitar *Tower* (Studi Kasus *Tower* SUTT T.09 PLTU Waru – Gresik)” melalui tahap persiapan sebagai berikut:

1. Survey Pendahuluan

Pelaksanaan survey dengan meninjau langsung pada masing- masing lokasi untuk mengambil contoh tanah (*undisturb soil*) yang akan diuji serta untuk mengetahui keadaan eksisting lereng yang nantinya akan dilakukan penelitian kestabilan lereng.

2. Survey Topografi

Mengetahui kondisi topografi pada lokasi penelitian agar dapat meninjau informasi tentang keberadaan, lokasi, dan jarak, seperti lokasi penduduk, rute perjalanan dan komunikasi serta dapat mengetahui ketinggian kontur secara akurat.

3.2 Tahap Pengujian Benda Uji

1. Peralatan yang digunakan dalam pengujian *sample* tanah ini adalah alat – alat yang tersedia di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
2. Menyiapkan bahan sampel yang akan diuji berupa tanah (*undisturb soil*) yang diambil dari tanah permukaan asli.
3. Pengujian Sifat Fisik Tanah
 - a. Mencari parameter dasar dari sampel dengan pengujian *volumetric/gravimetric*
 - b. Mengetahui gradasi ukuran butiran tanah dengan pengujian Analisa Saringan dan *Hidrometer*

- c. Pengujian *unconfined* untuk menentukan kuat tekan bebas yang diperlukan untuk menekan satu silinder tanah sampai retak.

3.3 Tahap Analisa Kestabilan *Talud Eksisting*

Sebelum dilakukan analisa kestabilan lereng, diperlukan analisa potongan melintang lapisan tanah dan kedudukan pondasi. Analisa tersebut berupa gambar potongan lapisan tanah dan kedudukan pondasinya. Kemudian baru dilakukan analisa kestabilan lereng menggunakan program bantu, yaitu :

1. Analisa Kestabilan menggunakan Program *Dxstable*.

Untuk menganalisa kestabilan lereng dengan menggunakan program bantu *dxstable*, data tanah yang dibutuhkan didapat dari pengujian di laboratorium lalu dikorelasi dengan klasifikasi N-SPT dengan langkah sebagai berikut :

1. Penggambaran statistik pendeskripsian tanah menurut jenis tanah dan tingkat kekerasannya.
2. Pemasukkan data tanah: berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam
3. Analisa keruntuhan digunakan model *bishop*

Dan *output* yang didapat menggunakan program bantu *dxstable* adalah nilai angka keamanan dengan kondisi lereng yang terkritis.

2. Analisa Kestabilan menggunakan Program *Geoslope*

Untuk menganalisa kestabilan lereng dengan menggunakan program bantu *geoslope* parameter dibutuhkan adalah data berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam. Analisa keruntuhan tanah dapat digunakan

beberapa model, dalam analisa ini dipakai model *Mohr-Coulumb*

3. Analisa Kestabilan menggunakan Program *Plaxis*

Untuk menganalisa kestabilan lereng dengan menggunakan program bantu *Plaxis* membutuhkan data lapisan tanah, parameter tanah ditentukan dari interpretasi hasil penyelidikan tanah, data kondisi muka air tanah dimana kondisi muka air tanah terdapat pada opsi *initial condition*.

Data hasil perhitungan (*output*) yang didapat berupa, Kalkulasi angka keamanan, Deformasi tanah dan struktur perkuatan (*total displacement*), gaya-gaya yang bekerja pada struktur perkuatan, yaitu *axial force*, *shear force*, dan *bending moment*.

3.4 Tahap Analisa Kestabilan *Talud* di Masa Depan

Setelah diketahui penyebab ketidakstabilan *talud* pada tahap analisa sebelumnya, faktor keamanan untuk *talud* kemudian dapat dihitung. Apabila *talud* diketahui aman, maka *talud* diasumsikan retak sebagian sebagai anggapan untuk kondisi di masa depan (parameter tanah mengalami pelapukan) sehingga alternatif perkuatan tanah dapat dihitung. Dipilih alternatif perkuatan tanah yang paling sesuai dengan komdisi saat ini. Alternatif perkuatan tanah dianalisa dengan program bantu *Dxstable*.

3.5 Tahap Perencanaan Alternatif Perkuatan Tanah

Dengan melihat kondisi tanah mengalami pelapukan, kemudian direncanakan alternatif perkuatan tanah yang paling sesuai untuk kondisi *talud* di sekitar *tower* di masa sekarang dan masa depan.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

DATA DAN ANALISA PARAMETER TANAH

4.1 Data Tanah

Dalam memperoleh data tentang karakteristik tanah dilapangan, dilakukan penyelidikan tanah yang terdiri dari *boringtest* dan SPT. Dari *test* yang dilakukan dilapangan akan didapatkan klasifikasi tanah, susunan lapisan tanah pada tiap – tiap kedalaman tertentu dan tingkat kepadatan tanah.

4.1.1 Lokasi Data Tanah

Data tanah yang digunakan pada penyusunan tugas akhir ini merupakan lokasi kelongsoran pada *tower* PLN yang terletak di wilayah Gresik, Propinsi Jawa Timur dan berdekatan dengan PLTU Gresik. Berikut dapat dilihat area yang mengalami kelongsoran pada Gambar 4.1

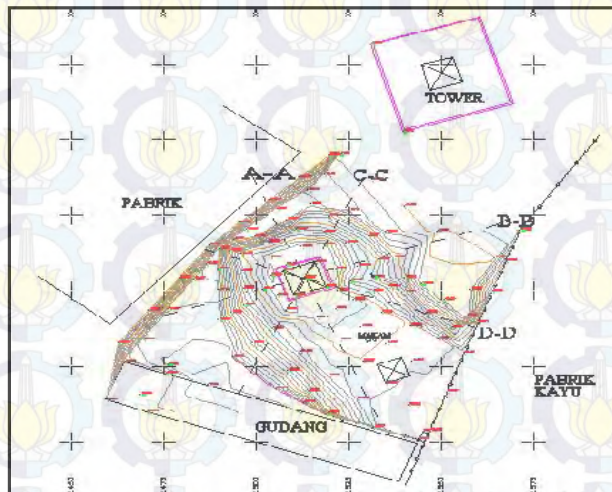


Gambar 4.1 Lokasi *Tower* PLN SUTT (PLTU Gresik – Waru) (Sumber : maps.google.com)

Pada Gambar 4.1 menunjukkan lokasi titik *tower* PLN SUTT (PLTU Gresik – Waru). Titik *tower* ini berada pada koordinat $-7,18232669485, 112,652722816$, koordinat ini diambil dari *google*. Lokasi tersebut berada didekat lokasi pabrik kayu, tepatnya berada di gudang kayu No 27, Jl. Veteran Tama Utara Gresik.

4.1.2 Lokasi Titik Penyelidikan Tanah

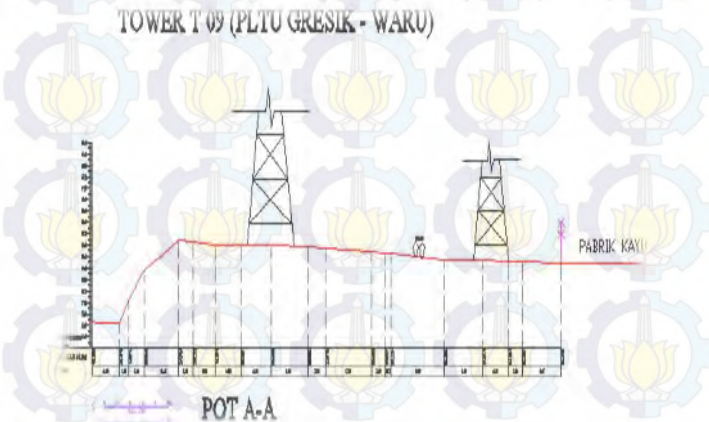
Lokasi titik titik penyelidikan tanah dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Lokasi Titik Penyelidikan Tanah pada *Tower* SUTT titik T 09 (PLTU Waru – Gresik) (Sumber : Lab Mekanika Tanah ITS)

Berdasarkan lokasi penyelidikan pada *Tower* T.09 (PLTU Waru – Gresik), maka dalam menentukan potongan untuk analisa kestabilan tower dan perencanaan perkuatan talud di sekitar tower, dilakukan peninjauan hanya pada 1 potongan kritis. Pada titik *tower* T 09

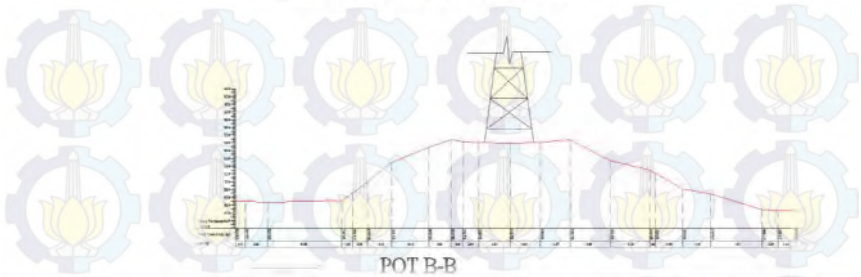
(PLTU Gresik – Waru) terdapat 4 potongan, yaitu potongan A-A, potongan B-B, potongan C-C, dan potongan D-D. Berikut adalah Gambar profil tiap potongan.



Gambar 4.3 Potongan A-A pada Tower SUTT titik T 09 (PLTU Gresik – Waru). (Sumber : Lab Mekanika Tanah ITS)

Pada Gambar 4.3 menunjukkan potongan A – A, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 1.4$ sedang di sisi sebelah kanan tower mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 1.625$

TOWER T 09 (PLTU GRESIK - WARU)

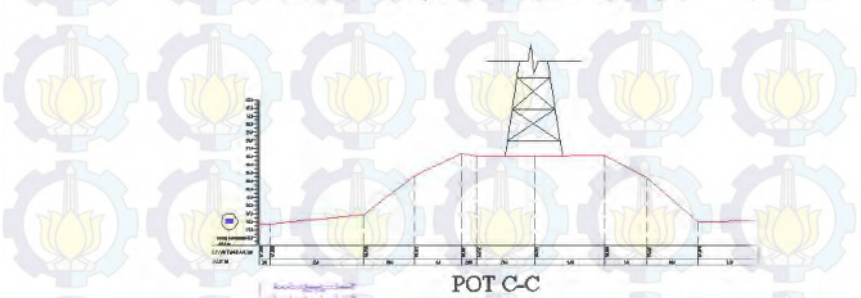


Gambar 4.4 Potongan B-B pada *Tower* SUTT titik T 09 (PLTU Gresik – Waru).

(Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS*)

Pada Gambar 4.4 menunjukkan potongan B – B, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 1.5$ sedang di sisi sebelah kanan tower mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 2.2$

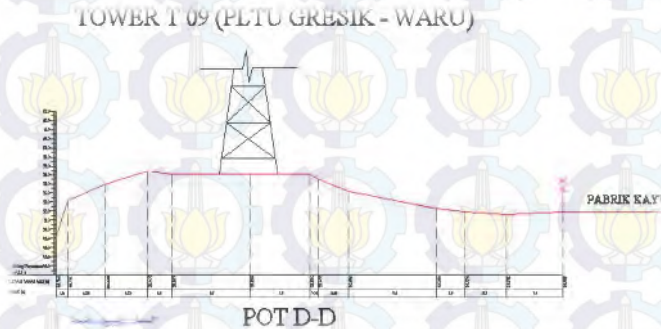
TOWER T 09 (PLTU GRESIK - WARU)



Gambar 4.5 Potongan C - C pada *Tower* SUTT titik T 09 (PLTU Gresik – Waru).

(Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS*)

Pada Gambar 4.5 menunjukkan potongan C – C, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 1.16$ sedang di sisi sebelah kanan tower mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 1.19$



Gambar 4.6 Potongan D - D pada Tower SUTT Titik T 09 (PLTU Gresik – Waru).

(Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS*)

Pada Gambar 4.6 menunjukkan potongan D – D, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 2.7$ sedang di sisi sebelah kanan tower mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 2.95$

Profil lapisan tanah pada potongan B – B adalah merupakan profil yang mempunyai kemiringan yang paling curam dibandingkan dengan profil pada potongan yang lain dalam 1 (satu) lokasi titik tower. Pada sisi selatan potongan tersebut terdapat gudang dan pabrik kayu yang sering dilintasi kendaraan berat seperti truk pembawa kayu, yang menyebabkan permukaan tanah dapat berubah. Lereng diperkirakan maju karena hujan dan tergerus air (erosi) sehingga terjadi pergerakan tanah.

Artinya hanya potongan B-B lah potongan yang paling *extrem* yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung kestabilan lereng pada titik *tower* T 09 (PLTU Gresik – Waru).

4.1.3 Hasil Pengujian Tanah

a. Bor dalam (Bor mesin)

Dari kedalaman -0.00 meter s/d -2.00 meter dari muka tanah didapatkan lapisan tanah lanau berlempung warna abu-abu terang, kondisi lapisan tanah tersebut sangat lunak dengan harga N-SPT rata-rata 2 pukulan/feet. Dari kedalaman -2.00 meter s/d – 8.00 meter dari muka tanah didapatkan lapisan tanah lempung lanau berpasir (*limestone*), warna coklat terang, kondisi lapisan tanah ini menengah (*medium*), harga N-SPT berkisar antara 4 – 5 pukulan/feet. Pada lapisan ini terdapat lapisan lensa lanau berlempung berkerikil (*limestone*), lapisan lensa ini terletak pada kedalaman -5.00 meter sampai dengan kedalaman - 5.50 meter dari muka tanah. Dari kedalaman -8.00 meter s/d -30.00 meter didapatkan lapisan tanah lanau pasir berlempung (*limestone*), warna abu-abu kecoklatan sampai dengan abu-abu terang, kondisi lapisan ini sangat kaku sampai dengan keras (*very stiff to hard*), harga N-SPT nya berkisar antara 22 – 50 pukulan/feet. Data hasil bor dalam dapat dilihat pada Lampiran

b. Bor Dangkal

- Titik BDK- 1

Dari kedalaman -0.00 meter sampai dengan kedalaman - 5.00 meter didapatkan lapisan tanah lempung berlanau, warna abu-abu kecoklatan. Data hasil bor dangkal titik BDK-1 dapat dilihat pada Lampiran

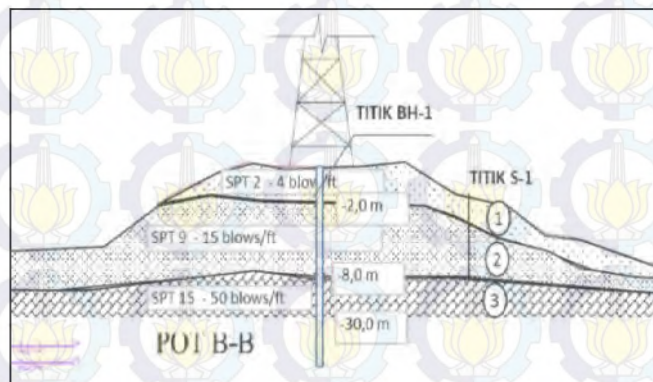
- Titik BDK-2

Dari kedalaman -0.00 meter sampai dengan kedalaman - 5.00 meter didapatkan lapisan tanah lempung berlanau, warna abu-abu kecoklatan. Data hasil bor dangkal titik BDK-2 dapat dilihat pada Lampiran

c. Sondir

Hasil penyondiran yang dilakukan di lapangan, hanya mampu menembus lapisan tanah sampai dengan kedalaman -7.80 meter dari muka tanah setempat. Data hasil sondir dapat dilihat pada Lampiran

Dari data tanah, maka dapat digambarkan profil lapisan tanah berdasarkan *bor log* dan hasil sondir pada potongan B – B tampak seperti pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.7 Profil Lapisan Tanah Potongan B – B pada T.09 (PLTU Gresik – Waru)

(Sumber: Data Survey Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS)

Berdasarkan hasil pengukuran topografi dan hasil penyelidikan tanah, maka lapisan tanah di lokasi tersebut secara garis besar berdasarkan harga N-SPT dapat dibagi menjadi 3 bagian, dan jenis lapisan tanahnya didominasi oleh lapisan tanah lempung kepasiran dan mengandung tanah lanau. Adapun klasifikasi jenis tanah, warna dan kondisi lapisan tanah dapat ditinjau dengan mengkorelasi data SPT pada uji di lapangan dengan tabel korelasi SPT (JE Bowles, 1984), seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Konsistensi Tanah Kohesif

N (Blows)	<4	4-6	6-15	16-25	>25
g (kN/m ³)	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu (kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

(Sumber : JE Bowles, 1984)

Hasil uji pada lapis ke 1 dengan ketebalan rata-rata 2 meter, dengan harga SPT berkisar antara 2 – 4 pukulan/feet, lapis ke 2 dengan ketebalan rata-rata mencapai 6,00 meter dengan harga SPT berkisar antara 9 – 15 pukulan/feet, dan lapis ke 3 terletak dibawah kedalaman – 8,00 meter dari muka tanah, lapisan ini cukup keras, dan didapatkan sampai dengan kedalaman - 30,00 meter dari muka tanah, dan harga SPT 15 - >50 pukulan/feet. Data SPT dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data SPT

Lapisan	Kedalaman [m]	Jenis Tanah	Warna	Kondisi Lapisan Tanah
1	0-2	Lempung Berlanau	Abu-abu Terang	<i>Very Soft</i>
2	2-8	Lanau Lempung Berpasir	Coklat Terang	<i>Very Soft to Medium</i>
3	8-30	Lanau Pasir Berlempung	Abu-abu Kecoklatan	<i>Very Stiff to Hard</i>

(Sumber : JE Bowles, 1984)

Untuk menghasilkan model penampang tanah sebagai *input* pada program, maka data pengeboran harus diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), berat volume (γ) serta ketebalan masing-masing lapisan tanah tersebut. Penyelidikan tanah di laboratorium terdiri dari pengujian sifat fisik tanah untuk mendapat indeks parameter tanah, *direct shear test* (uji geser langsung), *grain size* (analisa ayakan), *atterberg limit*, dan uji permeabilitas tanah. Adapun rangkuman hasil pengujian tanah pada kedalaman 30 m dapat dilihat pada Tabel 4.3. dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Volumetri dan Gravimetri

DEPTH (Meter)	VOLUMETRI + GRAVIMETRI							
	Gs	E	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}
-2	2.465	1.342	75.68	41.20	57.30	1.486	1.053	1.626
-5.00	2.546	1.326	86.57	45.09	57.01	1.588	1.095	1.665
-10.00	2.476	1.317	89.87	47.80	56.84	1.579	1.069	1.637
-15.00	2.603	1.267	75.46	36.73	55.89	1.570	1.148	1.707
-20.00	2.657	0.980	74.37	27.43	49.49	1.710	1.342	1.837
-25.00	2.589	0.834	89.75	28.91	45.47	1.820	1.412	1.866
-30.00	2.487	0.758	82.44	25.13	43.12	1.770	1.415	1.846

(Sumber: Data Survey Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS)

Keterangan :

Gs = *Spesific Gravity*

e = *Void Ratio*

Sr = *Derajat Kejenuhan*

γ_d = *Dry Density (gr/cc)*

γ_{sat} = *Saturated density (gr/cc)*

W_c = *Kadar Air (%)*

n = *Porositas (%)*

γ_t = *Wet Density (gr/cc)*

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sieve Analysis dan Atterbeg Limit

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH	
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	wl	Cu
-2.00	0.00	6.87	93.13	65.43	33.52	31.91	0	0.750
-5.00	0.00	6.48	93.52	66.36	33.19	33.17	0	0.698
-10.00	0.00	6.14	93.86	65.12	32.95	32.17	0	1.448
-15.00	0.00	2.65	97.35	64.58	33.46	31.12	0	2.072
-20.00	0.00	5.06	94.94	65.30	34.95	30.35	0	3.650

(Sumber: Data Survey Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS)

Keterangan :

G	= Gravel (%)
S	= Sand (%)
S+CI	= Silt + Clay (%)
LL	= Liquid Limit (%)
PL	= Plastic Limit (%)
IP	= Plastic Index (%)
w	= Kuat Geser ()
Cu	= Kohesi Undrained (kg/cm ²)
C	= Kohesi (kg/cm ²)

Parameter - parameter yang diperlukan untuk menganalisa stabilitas talud dengan menggunakan program *DxStable*, *GeoSlope* dan *Plaxis*, adalah : berat volume (), kohesi (c) yang sudah dirata-rata dengan ketentuan pada tiap kedalaman. Adapun hasil rata – rata parameter tanah seperti Tabel 4.5

Tabel 4.5 Parameter Tanah dengan Rata – rata

DEPTH (Meter)	gt (gr/cc)	gd (gr/cc)	gsat (gr/cc)	Cu (kg/cm2)
0 - 2	1.49	1.05	1.63	0.15
2 - 8	1.53	1.06	1.63	0.335
8 - 30	1.68	1.23	1.75	2.085

(Sumber: Hasil Penelitian)

d. Data Reaksi Tower

Pada analisa tower T.09 PLTU Waru –Gresik diperlukan data untuk gaya – gaya yang terjadi pada tower. Sehubungan tidak didapatnya data-data untuk reaksi tower SUTT 150 kV T 09 (PLTU Gresik –

Waru), maka data yang digunakan berupa data ekuivalensi dengan jenis tower yang sama.

Tabel 4.6 Reaksi Pondasi *Tower SUTT 150 kV* untuk Beban Sementara

Reaksi 1 Kaki Akibat	Beban Mati (Ton)	Gaya Kabel (Ton)	Angin pada Kawat (Ton)	Angin pada Tower (Ton)	Total (Ton)
Rtekan Maksimum	10.24	4.5	1.711	89.425W	16.4502+563.5W
Rtarik Maksimum	10.24	-4.5	-1.711	-89.425W	10.377+563.5W

(Sumber : Adhi Kusnadi, 2008)

Keterangan :

W = Beban angin 40 kg/cm² (dekat dengan pantai)

(Sumber : PBI 71)

Data reaksi pondasi tower yang digunakan pada program bantu *DxStable*, *GeoSlope*, dan *Plaxis* berupa data pada jumlah beban merata.

Tabel 4.7 Data Reaksi Beban Merata Pada Pondasi *Tower*

Panjang Sisi Luasan Tower	Luasan	Beban Angin	Total Beban Vertikal	Beban Vertikal per Satu Kaki		Beban Merata	
				[Ton]	[kN]	[Ton/m2]	[kPa]
[m]	[m2]	[Ton/m2]	[Ton]	[Ton]	[kN]	[Ton/m2]	[kPa]
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)		
5.386	29.006	0.040	38.990	9.748	97.475	1.344	13.442

Keterangan :

$$\begin{aligned} a &= \text{Panjang sisi luasan tower} \\ &= 5.386 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \text{Luasan keseluruhan} \\ &= \text{panjang sisi (a) x panjang sisi (a)} \\ &= 5.386 \times 5.386 \\ &= 29.006 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= \text{Beban angin jauh dari pantai} \\ &= 40 \text{ kg/cm}^2 = 0.04 \text{ t/m}^2 \text{ (PBI 71)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \text{Beban vertikal} \\ &= 16.4502 + (563.5 \times 0.04) \\ &= 38.990 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \text{Beban vertikal per satu kaki} \\ &= \text{Beban vertikal (d) : 4} \\ &= 38.990 : 4 \\ &= 9.748 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \text{Beban merata} \\ &= \text{Total beban vertikal (d) : luasan (b)} \\ &= 38.990 : 29.006 \\ &= 1.344 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

e. Data Pondasi Tower



Gambar 4.8 Pondasi *Tower* pada T 09 (PLTU Gresik – Waru)

(Sumber: *Data Survey Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS*)

Dari Gambar 4.8 tampak bahwa pondasi tower kaki *tower* PLN Anomali APP Surabaya SUTT 150 kV di titik T.09 (PLTU Gresik – Waru) adalah pondasi strauss dengan diameter 35 cm dan panjang 9 m yang berbentuk prisma pedestal dan disambungkan dengan struktur atas.

4.2 Data Analisa Dengan Menggunakan Program *DxStable*, *GeoSlope*, dan *Plaxis*

Data geometri pemodelan talud didapat dari hasil tes *boring* pada 1 titik dengan 3 lapisan yang dikategorikan dari hasil *N-SPT*.

4.2.1 Data Analisa Dengan Menggunakan Program *DxStable*

Pemodelan talud dalam program *DxStable* menggunakan beberapa ketentuan sebagai berikut :

1. Geometri Talud

Geometri didapat dari data perencanaan. Geometri talud yang di analisa setinggi 30 meter dan jarak 70 meter. Pada program *DxStable* terdapat dua bidang yang dianalisa, yaitu geometri talud bidang kiri dan kanan, adapun koordinat talud kiri dan talud kanan seperti Tabel berikut :

Tabel 4.8 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kiri pada Potongan B-B (*Surface*)

NO	X (m)	Y (m)
0	0.0	22.5
1	1.5	22.5
2	4.7	22.5
3	15.6	22.5
4	17.2	23.5
5	19.4	24.8
6	21.8	26.7
7	22.9	27.4
8	28.3	29.4
9	31.6	30
10	35.6	30
11	44.7	30
12	49.1	30
13	55.0	27.7
14	60.7	26.5
15	65.6	24.1
16	69.7	23.4

(Sumber : *Autocad* kontur pada potongan B -B)

Tabel 4.9 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kiri pada Potongan B-B (*Sub Surface* Lapisan 2)

NO	X (m)	Y (m)
0	21.8	26.7
1	27.2	27.4
2	33.3	26.9
3	51.4	26.3
4	55	24.9
5	59.6	23.1
6	65.1	22.1
7	69.7	20.3

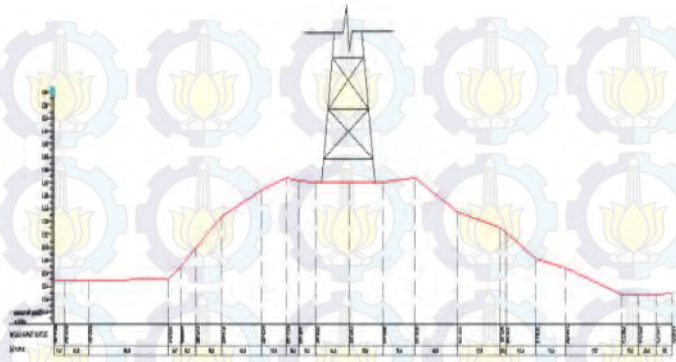
(Sumber : *Autocad* kontur pada potongan B -B)

Tabel 4.10 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kiri pada Potongan B-B (*Sub Surface* Lapisan 3)

NO	X (m)	Y (m)
0	0.0	18.6
1	15.5	18.4
2	32.2	20.4
3	38.6	19.6
4	55.9	19.5
5	69.7	18.7

(Sumber : *Autocad* kontur pada potongan B -B)

Adapun sketsa geometri talud pada bidang kiri seperti terlihat dari Gambar 5.1 sebagai berikut



Gambar 4.9 Geometri Talud Bidang Kiri *Tower* pada T.09 (PLTU Gresik – Waru)

Tabel 4.11 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kanan pada Potongan B-B (*Surface*)

NO	X (m)	Y (m)
0	0.0	23.4
1	4.1	24.1
2	9.0	26.5
3	14.7	27.7
4	20.6	30
5	24.9	30
6	34.1	30
7	38.0	30
8	41.4	29.4
9	46.8	27.4
10	47.8	26.7
11	50.3	24.8
12	52.4	23.5
13	54.0	22.5
14	64.9	22.5
15	68.2	22.5
16	69.7	22.5

Tabel 4.12 Koordinat Geometri Talud untuk Bidang Kanan pada Potongan B-B (*Sub Surface Lapisan 2*)

NO	X (m)	Y (m)
0	0.0	20.3
1	4.6	22.1
2	10.1	23.1
3	14.7	24.9
4	18.3	26.3
5	36.4	26.9
6	42.5	27.4
7	47.8	26.7

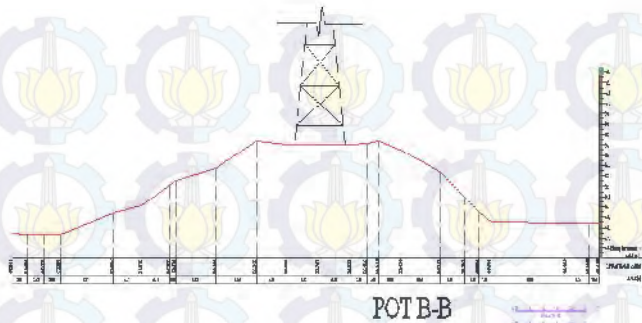
(Sumber : *Autocad* kontur pada potongan B -B)

Tabel 4.13 Geometri Talud untuk Bidang Kanan (*Sub Surface Lapisan 3*)

NO	X (m)	Y (m)
0	0.0	18.7
1	13.8	19.5
2	31.1	19.6
3	37.5	20.4
4	54.2	18.4
5	69.7	18.6

(Sumber : *Autocad* kontur pada potongan B -B)

Adapun sketsa geometri talud pada bidang kiri seperti terlihat dari Gambar 5.2 sebagai berikut



Gambar 4.10 Geometri Talud Bidang Kanan *Tower* pada T.09 (PLTU Gresik – Waru)

2. Metode analisa yang digunakan dalam metode irisan menggunakan BISHOP. Adapun data parameter-parameter yang diperlukan adalah : berat volume (γ), kohesi (c) yang sudah dirata-rata dengan ketentuan pada tiap kedalaman (Tabel 4.5)

4.2.2 Data Analisa Dengan Menggunakan Program *GeoSlope*

Parameter input data program *GeoSlope* yang diperlukan untuk menghitung angka keamanan stabilitas tanggul dengan program bantu *GeoSlope* didapat dari hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik. Adapun parameter-parameter yang diperlukan adalah : berat volume (γ) dan kohesi (c). Analisa keruntuhan tanah dapat digunakan beberapa model, dan analisa ini dipakai model *Mohr-Coulumb*. Adapun parameter tanah seperti pada Tabel 4.5 dan koordinat untuk program *GeoSlope* seperti Tabel berikut.

Tabel 4.14 Geometri Talud pada Potongan B – B untuk Program *GeoSlope* Pada Lapisan 1

NO	X (m)	Y (m)
0	0	22.5
1	1.47	22.5
2	4.73	22.5
3	15.63	22.5
4	17.23	23.5
5	19.36	24.8
6	21.811	26.7
7	22.87	27.4
8	28.3	29.4
9	31.62	30
10	35.61	30
11	44.73	30
12	49.1	30
13	54.96	27.7
14	60.68	26.5
15	65.55	24.1
16	69.66	23.4

(Sumber : Autocad kontur pada potongan B -B)

Tabel 4.15 Geometri Talud pada Potongan B – B untuk Program *GeoSlope* Pada Lapisan 2

NO	X (m)	Y (m)
0	22	27
1	27	27
2	33	27
3	51	26
4	55	25
5	60	23
6	65	22
7	70	20

(Sumber : Autocad kontur pada potongan B -B)

Tabel 4.16 Geometri Talud pada Potongan B – B untuk Program *GeoSlope* Pada Lapisan 3

NO	X (m)	Y (m)
0	0	19
1	16	18
2	32	20
3	39	20
4	56	20
5	70	19

(Sumber : Autocad kontur pada potongan B -B)

4.2.3 Data Analisa Dengan Menggunakan Program *Plaxis*

Parameter input data yang diperlukan untuk menghitung angka keamanan stabilitas talud dengan program bantu *Plaxis* didapat dari hasil perhitungan sifat fisik dan sifat mekanik. Adapun parameter-parameter yang diperlukan adalah : berat volume, *indeks plastis*, kohesi, dan sudut geser dalam seperti pada Tabel 4.5, sedangkan untuk parameter-parameter lainnya seperti modulus elastisitas tanah dan angka Poisson didapat dengan menggunakan tabel korelasi seperti Tabel 4.18

Adapun koordinat geometri pada *Plaxis* sama seperti koordinat untuk program *GeoSlope*, seperti pada Tabel 4.14 hingga 4.16.

Tabel 4.17 Data Konsistensi Tanah untuk Tanah Kohesif

Jenis Tanah	Young Modulus		Koef. Poisson
Pasir Lepas	10350 - 27600	kN/m ²	0.2-0.4
Pasir Agak Padat			0.25-0.4
Pasir Padat	34500-69000	kN/m ²	0.3-0.45
Pasir Berlanau			0.2-0.4
Lempung Lembek	1380 - 3450	kN/m ²	0.15-0.25
Lempung Agak Kaku			0.2-0.5
Lempung Keras	5865 - 13800	kN/m ²	-

(Sumber : JE Bowles, 1984)

Tabel 4.18 Rekapitulasi Data SPT, Modulus Young, dan Koef. Poisson

Lapisan Ke-	Kedalaman [m]	Jenis Tanah	Warna	Kondisi Lapisan Tanah	N-SPT [pukulan/feet]	Modulus Young [E]	Koef. Poisson
1	0-2	Lempung Berlanau	Abu-abu Terang	Very Soft	2-4	1380	0.2
2	2-8	Lanau Lempung Berpasir	Coklat Terang	Very Soft to Medium	9-15	3450	0.2
3	8-30	Lanau Pasir Berlempung	Abu-abu Kecoklatan	Very Stiff to Hard	15-50	5865	0.2

(Sumber : JE Bowles, 1984)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISA KESTABILAN TALUD DAN PERENCANAAN ALTERNATIF PERKUATAN TALUD

5.1 Analisa Stabilitas Talud

Analisa kestabilan talud dilakukan dengan menggunakan program bantu *DxStable*, *Plaxis*, dan *GeoStudio 2004* dengan ketentuan faktor keamanan kritis $F_k \text{ min} > 1.25$. Perhitungan stabilitas talud pada ketiga program akan dicek pada kondisi setelah banjir sehingga diasumsikan permukaan air di atas talud.

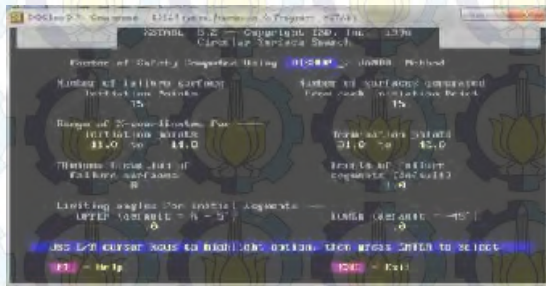
5.1.1 Analisa Stabilitas Talud dengan Menggunakan Program *DxStable*

Bidang longsor talud yang dianalisa untuk mengetahui faktor keamanan (*safety factor*) mencakup 3 titik faktor keamanan pada kondisi *internal stability* dan pada kondisi *overall stability*. Bidang longsor yang dianalisa terdapat pada bagian kanan maupun kiri talud pada potongan B-B. Potongan tersebut dipilih karena merupakan potongan yang paling *extrem* dan digunakan sebagai acuan untuk menghitung kestabilan lereng pada titik *tower* T 09 (PLTU Gresik – Waru). Berikut hasil analisa faktor keamanan menggunakan program *DxStable*.

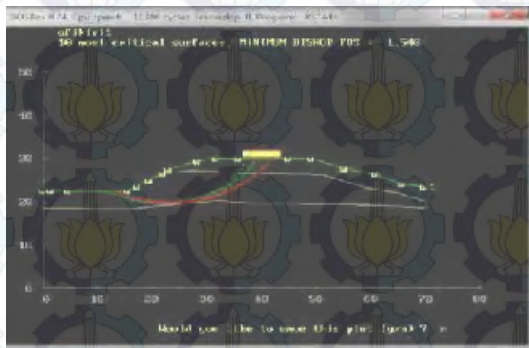
Tabel 5.1 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kiri Talud Potongan B –B dengan Kondisi Bidang Longsor Luar (*Overall Stability*)

	INITIATION		TERMINATION		SF	SF Terkecil
	X (m)		X (m)			
Overall	11	14	31	42	1.54	1.54
Overall	2	8	37	44	1.608	
Overall	8	14	30	44	1.545	

Dari Tabel 5.1 didapat nilai SF terkecil pada bidang kiri talud dengan kondisi bidang longsor luar (*overall stability*) sebesar 1.54 dengan kondisi *x initiation* sepanjang 11 m hingga 14 m dan titik *termination* pada titik jarak 31 m hingga 42 m. Dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 bidang kelongsoran yang terjadi dengan menggunakan program *DxStable*.



Gambar 5.1 Pengujian SF Terkecil untuk *Overall Stability* Bidang Kiri Pada Titik *Initiation* dan *Termination* (Sumber : Hasil analisa)



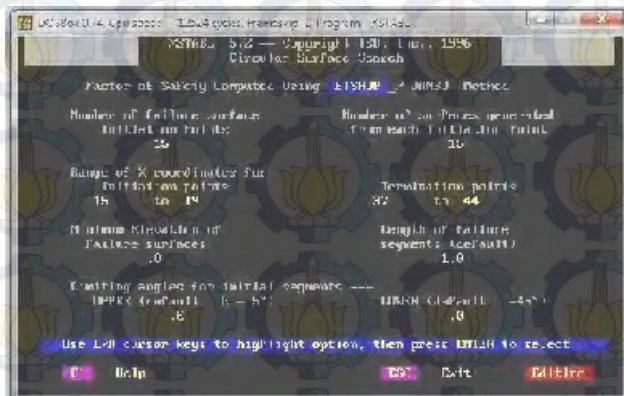
Gambar 5.2 Hasil Faktor Keamanan SF Terkecil untuk *Overall Stability* Bidang Longsor Kiri. (Sumber : Hasil analisa)

Tabel 5.2 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kiri Talud Potongan B –B dengan Kondisi Bidang Longsor Dalam (*Internal Stability*)

	INITIATION X (m)		TERMINATION X (m)		SF	SF Terkecil
Internal	15	19	37	44	1.582	1.582
Internal	16	24	31	40	1.735	
Internal	15	19	31	42	1.587	

(Sumber : Hasil analisa)

Dari Tabel 5.2 didapat nilai SF terkecil pada bidang kiri talud dengan kondisi bidang longsor dalam (*internal stability*) sebesar 1.586 dengan kondisi *x initiation* sepanjang 15 m hingga 19 m dan titik *termination* pada titik jarak 37 m hingga 44 m. Dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 bidang kelongsoran yang terjadi dengan menggunakan program *DxStable*.



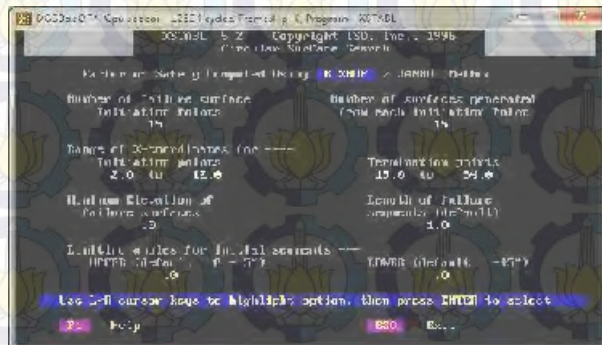
Gambar 5.3 Pengujian SF Terkecil untuk *Internal Stability* Bidang Kiri Pada Titik *Initiation* dan *Termination* (Sumber : Hasil analisa)

Tabel 5.3 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kanan Talud Potongan B –B dengan Kondisi Bidang Longsor Dalam (*Overall Stability*)

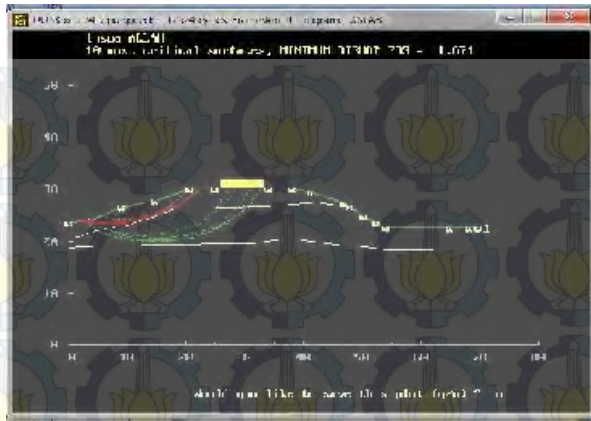
	INITIATION		TERMINATION		SF	SF Terkecil
	X (m)		X (m)			
Overall	2	6	21	36	1.673	1.671
Overall	1	5	24	32	1.789	
Overall	2	12	19	34	1.671	

(Sumber : Hasil analisa)

Dari Tabel 5.3 didapat nilai SF terkecil pada bidang kiri talud dengan kondisi bidang longsor dalam (*internal stability*) sebesar 1.671 dengan kondisi *x initiation* sepanjang 2 m hingga 12 m dan titik *termination* pada titik jarak 19 m hingga 34. Dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 bidang kelongsoran yang terjadi dengan menggunakan program *DxStable*.



Gambar 5.6 Pengujian SF Terkecil untuk *Overall Stability* Bidang Kanan Pada Titik *Initiation* dan *Termination*. (Sumber : Hasil analisa)



Gambar 5.7 Hasil Faktor Keamanan SF Terkecil untuk *Overall Stability* Bidang Longsor Kanan. (Sumber : Hasil analisa)

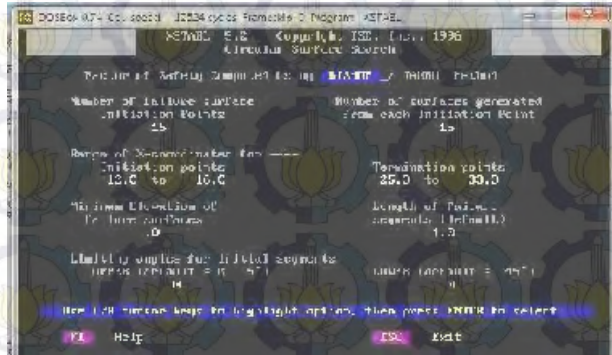
Tabel 5.4 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kanan Talud Potongan B –B dengan Kondisi Bidang Longsor Dalam (*Internal Stability*)

	INITIATION X (m)		TERMINATION X (m)		SF	SF Terkecil
Internal	14	18	23	32	2.662	
Internal	12	16	25	33	2.405	2.405
Internal	13	17	22	31	2.55	

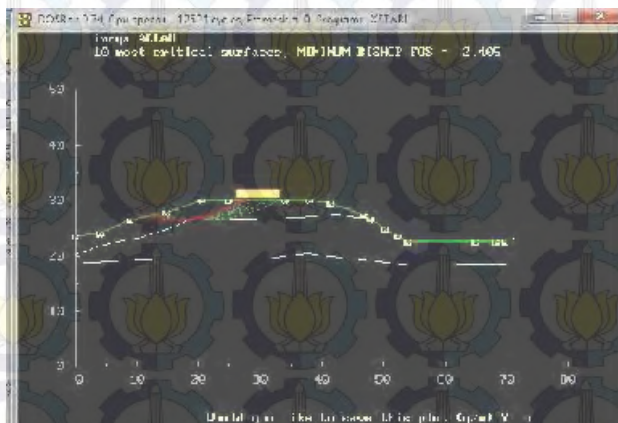
(Sumber : Hasil analisa)

Dari Tabel 5.4 didapat nilai SF terkecil pada bidang kanan talud dengan kondisi bidang longsor dalam (*internal stability*) sebesar 2.405 dengan kondisi *x initiation* sepanjang 12 m hingga 16 m dan titik *termination* pada titik jarak 25 m hingga 33 m. Dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 bidang

kelongsoran yang terjadi dengan menggunakan program *DxStable*.



Gambar 5.8 Pengujian SF Terkecil untuk *Internal Stability* Bidang Kanan Pada Titik *Initiation* dan *Termination*. (Sumber : Hasil analisa)



Gambar 5.9 Hasil Faktor Keamanan SF Terkecil untuk *Internal Stability* Bidang Longor Kanan. (Sumber : Hasil analisa)

Hasil dari analisa kelongsoran talud di sekitar tower untuk sisi kanan dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 Hasil Faktor Keamanan SF Terkecil Bidang Longor Kanan. (Sumber : Hasil analisa)

Dari hasil untuk analisa kestabilan talud Tower T.09 PLTU Waru – Gresik sisi sebelah kiri terlihat bahwa faktor keamanan terkecil sebesar **1.671** yang terjadi pada *overall stability*.

Dari Gambar 5.5 dan 5.10 terlihat bahwa angka keamanan terkecil untuk program bantu *DxStable* berada pada sisi kiri sebesar **1.54** lebih besar dari syarat untuk SF terkecil adalah 1.25. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi talud di sekitar Tower T.09 PLTU Waru – Gresik sisi kanan maupun kiri aman dan tidak terjadi kelongsoran.

5.1.2 Pemodelan Talud dalam *GeoSlope*

GeoSlope merupakan suatu program komputer dengan dasar metode keseimbangan batas dan metode elemen hingga. Adapun beberapa program pendukung dalam satu paket *GeoSlope* yaitu *Slope/w*, *Seep/w*, *Quake/w*, *Ctrans/w*, dan *Temp/w*. masing-masing dapat dipakai program *Slope/w* untuk analisa kestabilan talud. Dalam menganalisa persoalan, program *Slope/w* menggunakan model analisis kesetimbangan batas atau metode elemen hingga.

Bidang longsor talud yang dianalisa diambil 3 titik faktor keamanan (*safety factor*) terkecil dari bidang longsor yang terjadi pada bagian kiri maupun kanan. Berikut hasil rekapitulasi faktor keamanan pada program *GeoSlope* seperti terlihat pada Tabel 5.5. Adapun analisa menggunakan program *Geoslope*, beban *tower* diasumsikan beban merata.

Tabel 5.5 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kiri Talud Potongan B –B dengan Program *GeoSlope*

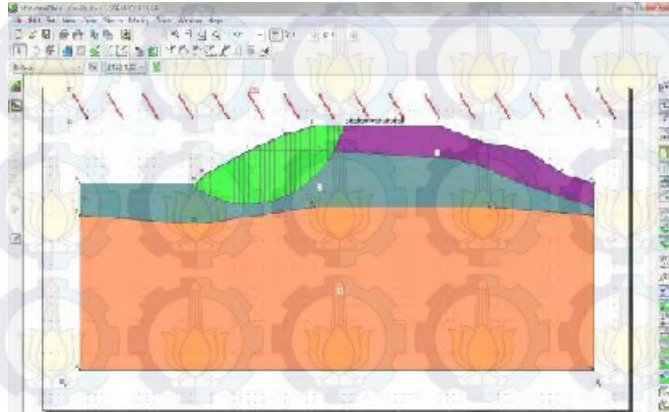
No	SF	SF Terkecil
1	2.249	1.835
2	1.946	
3	1.835	

(Sumber : Hasil analisa)

Berdasarkan hasil uji faktor keamanan dari tiga titik yang ditinjau pada bidang kiri dengan menggunakan program *GeoSlope*, didapat faktor keamanan terkecil pada bidang kiri talud sebesar 1.835. Berikut *output* dari program *GeoSlope*

Slip Surface	Safety Factor
1 (0.0)	1.078
2 (0.0)	1.042
3 (0.0)	1.070
4 (0.0)	1.070
5 (0.0)	1.070
6 (0.0)	1.075
7 (0.0)	1.075
8 (0.0)	1.070
9 (0.0)	1.040
10 (0.0)	1.040
11 (0.0)	1.070

Gambar 5.11 Hasil Output Faktor Keamanan terkecil untuk Bidang Longor Kiri pada Program GeoSlope (Sumber : Hasil analisa)



Gambar 5.12 Hasil Faktor Keamanan Terkecil untuk Bidang Longor Kiri (Sumber : Hasil analisa)

Tabel 5.6 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kanan Talud Potongan B –B dengan Program *GeoSlope*

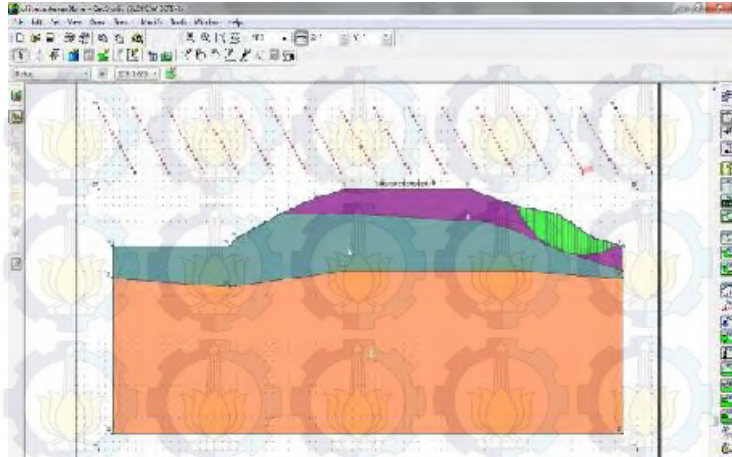
NO	SF	SF Terkecil
1	1.699	1.699
2	1.703	
3	2.51	

(Sumber : Hasil analisa)

Berdasarkan hasil uji faktor keamanan dari tiga titik yang ditinjau pada bidang kanan dengan menggunakan program *GeoSlope*, didapat faktor keamanan terkecil pada bidang kanan talud sebesar 1.699. Berikut *output* dari program *GeoSlope*.



Gambar 5.13 Hasil Output Faktor Keamanan terkecil untuk Bidang Longor Kanan pada Program *GeoSlope* (Sumber : Hasil analisa)

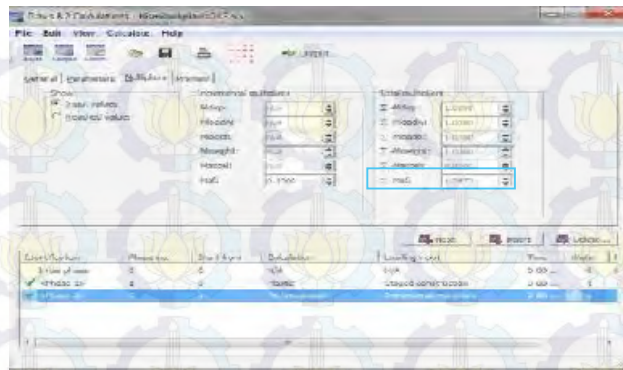


.Gambar 5.14 Hasil Faktor Keamanan Terkecil untuk Bidang Longor Kanan.(Sumber : Hasil analisa)

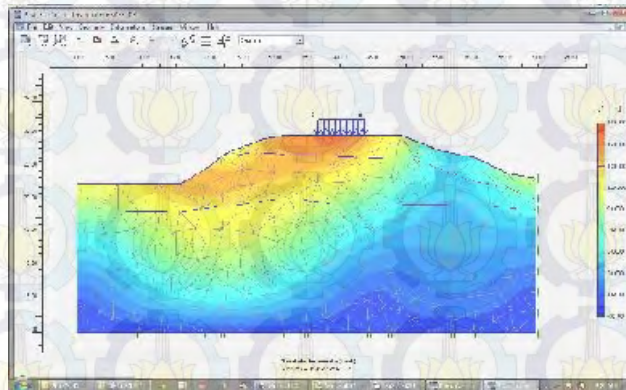
5.1.3 Pemodelan Talud Dalam *Plaxis*

Program *Plaxis* ini bertujuan untuk menghitung angka keamanan stabilitas talud yang memiliki ketinggian dan kemiringan yang bervariasi. Pemodelan dibagi menjadi 2 fase yaitu fase 1 merupakan fase pada kondisi tanah plastis. Kondisi tanah merupakan tanah *initial* ketika diberi pembebanan. Fase ke 2 adalah fase *phi/c reduction* yaitu kondisi dimana parameter tanah diperhitungkan. Untuk mesh *Plaxis* digunakan model *Mohr-Coulomb*.

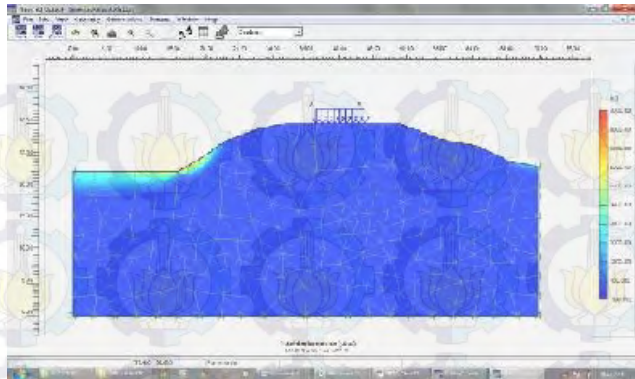
Setelah didapat parameter-parameter yang diperlukan pada *input* data program *Plaxis*, kemudian hasil (*output*) dari perhitungan program *Plaxis* tersebut berupa nilai angka keamanan (*safety factor*) yang disajikan seperti pada Gambar 5.15



Gambar 5.15 Hasil *Output* Faktor Keamanan pada Program *Plaxis*
(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 5.16 Hasil Pemodelan *Total Displacement* pada *Phase 1, Plastic Condition*
(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 5.17 Hasil Pemodelan *Total Displacement* pada *Phase 2, Phi/c Reduction* (Sumber : Hasil analisa)

Tabel 5.7 Hasil Faktor Keamanan pada Semua Program

Program	SF (Bidang Kiri)	SF (Bidang Kanan)
Dxstable	1.54	1.671
Geoslope	1.835	1.699
Plaxis	1.347	

(Sumber : Hasil analisa)

Dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan terkecil dari ketiga program bantu tersebut pada program bantu *Plaxis* dengan SF sebesar **1.347**. Dalam hal ini $SF = 1.347 > 1.25$ (SF minimum) artinya stabilitas talud di sekitar *tower* aman.

Di masa depan, kondisi tanah pada sekitar talud pada *Tower T.09 PLTU* (Waru - Gresik) diasumsikan mengalami pelapukan sehingga kondisi stabilitas talud menjadi tidak aman. Menurut Mochtar (2014), Pada lereng yang lapuk sudah terjadi retak – retak yang kemungkinan besar terisi lapisan pasir, sehingga

apabila terjadi kelongsoran sepanjang bidang – bidang yang retak tersebut maka asumsi tanah seolah – olah dianggap pasir (*behaving like sand*). Kondisi tersebut menyebabkan stabilitas talud menjadi tidak aman di masa depan sehingga perlu adanya perkuatan talud.

5.2 Perencanaan Perkuatan Talud

Kondisi talud yang tidak aman menyebabkan adanya ancaman kelongsoran dan ketidakstabilan lereng di sekitar tower. Untuk menanggulangi ancaman tersebut, talud perlu diberi perkuatan tanah. Alternatif perkuatan tanah untuk menahan kelongsoran yang ada diantaranya: *Ground anchor*, *Geotextile*, Turap, Dinding penahan tanah, *Stone column*, dan lain – lain. Jika ditinjau dari segi metode pelaksanaannya, pada alternatif perkuatan *geotextile* dan *stone column* perlu dilakukan penggalian dan penimbunan kembali tanah lereng, dimana hal tersebut tidak memungkinkan untuk kasus tower SUTT T.09 PLTU Waru – Gresik karena kestabilan tower dan lereng di sekitar tower akan terganggu. Sedangkan untuk alternatif turap dan dinding penahan tanah diperlukan penambahan tanah *backfill* dimana alternatif ini kurang ideal dan boros untuk lokasi tower SUTT T.09 PLTU Waru – Gresik. Alternatif perkuatan tanah lain adalah *Ground Anchor* dengan type *Tie Back Grouting*. Untuk pelaksanaan *ground anchor*, lereng yang dibor dan tidak mengganggu kestabilan dan bentuk geometri lereng di sekitar tower. *Ground anchor* tidak memerlukan penggunaan alat berat dan pekerja sebanyak pemasangan alternatif perkuatan tanah lain sehingga jika ditinjau dari segi biaya akan lebih ekonomis. Oleh karena itu, alternatif *Ground Anchor Tie Back Grouting* merupakan alternatif perkuatan tanah paling sesuai untuk talud di sekitar tower SUTT T.09 PLTU Waru – Gresik dibandingkan dengan alternatif lainnya.

Dari hasil analisa faktor keamanan (*safety factor*) dengan menggunakan program bantu *DxStable*, *GeoSlope*, dan *Plaxis*, ketiganya menunjukkan faktor keamanan terkecil sebesar 1.38. Dalam hal ini $SF = 1.38 > 1.25$ (SF minimum) yang artinya stabilitas talud di sekitar *tower*T.09 PLTU (Waru – Gresik) aman. Namun dikhawatirkan kondisi tersebut tidak akan bertahan lama karena beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi *tower* antara lain faktor alam maupun faktor manusia. Rencana perkuatan lereng sebenarnya hanya difungsikan sebagai kestabilan terhadap erosi akibat adanya air hujan. Hujan lebat yang terjadi mengakibatkan muka air tanah naik dan berada pada lapisan talud paling atas. Air hujan kemudian menyerap ke tanah retak sehingga pori tanah terisi air dan mengalami pelapukan. Perkuatan talud juga difungsikan untuk menahan kestabilan lapisan tanah terhadap pengaruh cuaca luar agar kondisi lapisan tanah tetap terjaga seperti saat dilakukannya penyelidikan tanah. Untuk mengatasi kejadian yang tidak terduga tersebut, kondisi lapisan tanah pada lereng diasumsikan terjadi pelapukan, sehingga parameter tanah berubah menjadi sebagai berikut :

Tabel 5.8 Perubahan Parameter Tanah Akibat Terjadinya Pelapukan

h (m)	t (kn/m ²)	sat (kn/m ²)	Cu (kn/m ²)	(derajat)
0 - 2	14.9	16.3	0	30
2 - 8	15.3	16.4	0	30
8 - 30	16.8	17.5	208.5	0

Keterangan :

- t = Berat volume tanah basah
- sat = Berat volume tanah jenuh
- Cu = Kohesi tanah (UU test)
- = Sudut geser dalam tanah

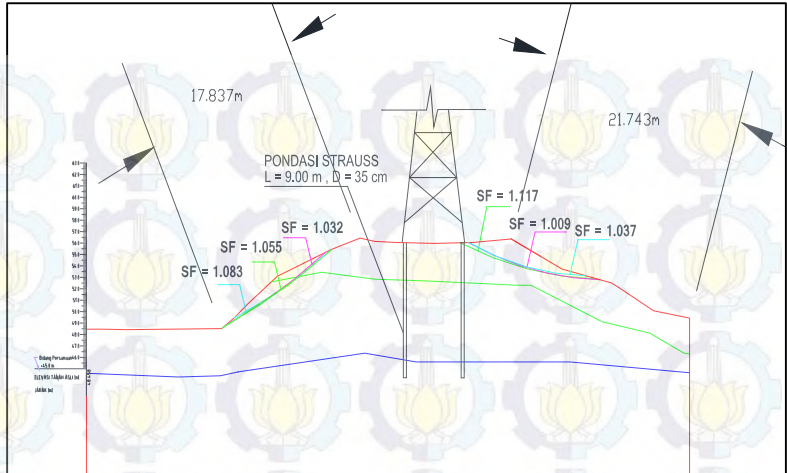
Dari Tabel 5.8 menunjukkan tabel perubahan harga parameter tanah akibat terjadinya pelapukan sebagian, tanah dianggap retak, maka parameter tanah lempung pada lapisan 1 dan 2 diubah seolah – olah menjadi pasir. Tampak pada setiap lapisan nilai kohesi tanah berubah yang semula untuk lapis 1 harga $C_u = 15 \text{kn/m}^2$, setelah terjadi pelapukan berubah menjadi 0 t/m^2 , dan sudut geser dalam dari 0° berubah menjadi 30° . Untuk lapisan tanah ke 2, yang semula harga $C_u = 33.5 \text{kn/m}^2$, berubah menjadi 0 t/m^2 , sementara sudut geser dalam yang semula 0° , berubah menjadi 30° . Perubahan nilai parameter tanah untuk C_u dan sudut geser berdasarkan anggapan bahwa lempung berlaku sebagai pasir (*behaving like sand*) (Mochtar, 2014).

Dari data pada Tabel 5.8 dilakukan analisa ulang dengan program *DxStable*, maka hasilnya sebagai berikut:

Tabel 5.9 Hasil Uji Faktor Keamanan Pada Bidang Kiri dan Kanan Talud pada Potongan B –B Setelah terjadi Pelapukan

Bidang	INITIATION		TERMINATION		SF
	X (m)		X (m)		
Longsor Kiri	8	20	28	41	1.083
	6	18	26	40	1.032
	9	18	28	40	1.055
Longsor Kanan	10	22	26	30	1.117
	10	18	25	29	1.009
	12	15	25	30	1.037

(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 5.18 Bidang Kelongsoran sekitar Talud Setelah Terjadi Pelapukan (Sumber : Hasil analisa)

Dari hasil analisa, terlihat bahwa SF terkecil pada sisi kanan dengan besaran $SF = 1.009 < 1.25$ artinya stabilitas talud di sekitar *tower* tidak aman dan mengalami pelapukan.

5.3 Perencanaan *Ground Anchor*

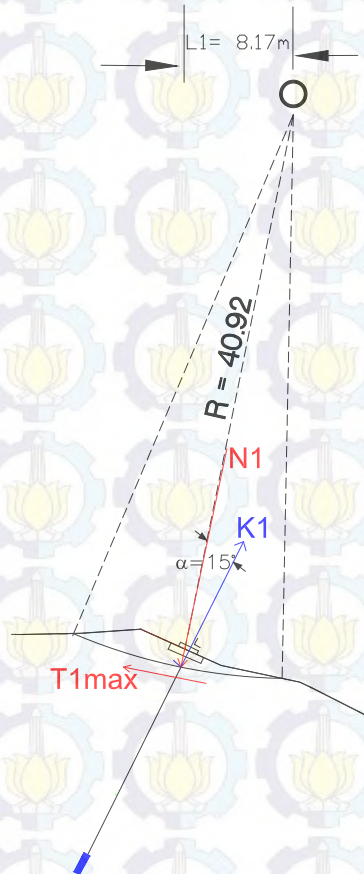
Untuk menanggulangi kelongsoran lereng akibat pelapukan yang terjadi karena perubahan parameter, upaya penyelamatan yang dipilih adalah *ground anchor* jenis *tie back grouting* dengan penahan berupa *grouting* beton dan *head anchor* berupa balok penahan beton. Alternatif tersebut dipilih karena merupakan alternatif paling tepat untuk tanah keras. Walaupun asumsi perhitungan berdasarkan parameter tanah pasir setelah terjadi pelapukan, tetapi pemasangan perkuatan dilakukan pada tanah *initial* yaitu tanah lempung.

5.3.1 Perhitungan Gaya Normal Anchor

Digunakan nilai gaya normal yang terjadi pada SF terkecil.

$$SF = 1.009$$

$$SF_{rencana} = 1.25$$



Gambar 5.19 Gaya - Gaya yang Terjadi Pada Perkuatan Talud di Sekitar Tower SUTT T.09 PLTU (Waru – Gresik)

Dimana :

W = Berat tanah yang berada diatas angkur (ton)

K = Gaya tarik angkur tegak lurus bidang lereng (ton)

N = Gaya normal angkur pusat titik kelongsoran (ton)

T = Gaya perlawanan terhadap kelongsoran (ton)

O = Pusat titik kelongsoran

R = Jari – jari kelongsoran (m)

$$SF = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Penggerak}}$$

Momen Penahan = SF x Momen Penggerak

$$SF = 1.009$$

$$SF_{\text{rencana}} = 1.25, \text{ maka :}$$

$$1) MR = 1.009 \times \text{Mov}$$

$$2) \frac{MR + MR}{MR} = 1.25 \times \text{Mov}$$

$$MR = (1.25 - 1.009) \times \text{Mov} \quad (5.1)$$

Dimana :

MR = Momen Penahan

$$= R \times T_{\max}$$

Mov = Momen *Overtunning*

Nilai T_{\max} yng terjadi dihitung pada setiap angkur

$$T_{\max} = N \tan \delta$$

(Dimana nilai $\delta = \phi$)

Nilai δ tidak sama dengan $\frac{2}{3}\phi$ karena kondisi tanah pasir akan tertekan dan menjadi padat jika diberi angkur. (Mochtar, 2014))

T_{max} = Gaya perlawanan terhadap kelongsoran (ton)
 N = Nilai normal angkur pusat titik kelongsoran (ton)

Nilai T_{max} pada angkur 1 :

$$T_{I_{max}} = N_1 \tan$$

$$N_1 = K_1 \cos \alpha_1$$

Nilai Momen penahan (MR) yang didapat dari program bantu Dxstable untuk SF 1.009 sebesar :

$$MR = 193.5 \text{ t.m}$$

$$\text{Sehingga, } MR = SF \times Mov$$

$$Mov = \frac{MR}{SF}$$

$$Mov = \frac{193.5}{1.009}$$

$$= 191.77 \text{ t.m}$$

Setelah didapat nilai momen *overtunning*, kemudian dicari nilai momen penahan berdasarkan Rumus 5.1

$$\begin{aligned}
 MR &= (Mov \times (SF_{rencana} - SF)) \\
 &= (191.774 \times (1.25 - 1.009)) \\
 &= 46.218 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

Dari nilai MR didapat nilai T_{max} dengan hubungan rumus:

$$MR = R \times T_{max}$$

$$46.218 = 40.92 \times T_{max}$$

$$T_{max} = 11.29 \text{ ton}$$

Nilai Gaya Normal Angkur Tegak Lurus pada Bidang Longsor

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &= N \tan \\
 11.29 &= N \tan 30^\circ \\
 N &= 11.29 \times \tan 30^\circ \\
 N &= 6.51 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Nilai Gaya Tarik Angkur yang Tegak Lurus pada Bidang Lereng

$$\begin{aligned}
 N_1 &= K_1 \cos \alpha_1 \\
 6.51 &= K_1 \cos 15^\circ \\
 K_1 &= \frac{6.51}{\cos 15^\circ} \\
 K_1 &= 6.74 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Nilai resultan gaya tarik *anchor* dengan asumsi pemasangan *anchor* per jarak:

$$\begin{aligned}
 - \quad 2 \text{ m} \\
 N &= 2 \times K \\
 &= 2 \times 6.74 \text{ ton} \\
 &= 13.48 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad 4 \text{ m} \\
 N &= 4 \times K \\
 &= 4 \times 6.74 \text{ ton} \\
 &= 26.96 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad 6 \text{ m} \\
 N &= 6 \times K \\
 &= 6 \times 6.74 \text{ ton} \\
 &= 40.44 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad 8 \text{ m} \\
 N &= 8 \times K \\
 &= 8 \times 6.74 \text{ ton} \\
 &= 53.92 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad 10 \text{ m} \\
 N &= 10 \times K \\
 &= 10 \times 6.74 \text{ ton} \\
 &= 67.4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.10 Perhitungan Gaya Tarik *Anchor* Tiap Jarak Pemasangan

Bidang Longsor	SF	K (ton)	N (ton)				
			2 m	4m	6m	8m	10m
Kanan	1.009	6.740	13.480	26.960	40.440	53.920	67.400

Dari hasil analisa didapat nilai gaya tarik angkur sebesar 7.51 Ton. Nilai tersebut kemudian dipakai untuk perhitungan jumlah dan dimensi *Anchor Tie Back*.

5.3.2 Perhitungan Dimensi *Anchor Untuk Menahan Gaya Normal Tarik*

Pada perhitungan dimensi *anchor tie back*, digunakan nilai Cu dan sudut geser pada keadaan tanah *initial*. Sesuai kondisi tersebut, maka rumus untuk perhitungan *anchor tie back* digunakan rumus untuk tanah lempung.

Panjang *anchor* rencana diletakan pada lapisan ketiga tanah *initial* yaitu pada kedalaman 8m, maka harga Cu yang digunakan 3.35t/m². Dalam hal ini merupakan panjang rencana pemasangan *anchor*.

- Perencanaan 1

Asumsi pemasangan 1 anchor per 2 meter, maka gaya yang dapat ditahan 1 anchor per meter adalah :

$$\Sigma N_{\max} = 6.74 \text{ ton (Tabel 5.10)}$$

$$K = \frac{\Sigma N}{1}$$

$$K = \frac{6.74}{1}$$

$$= 6.74 \text{ ton}$$

Jika digunakan diameter *grouting* = 0.2 m, maka panjang *grouting*:

$$K = C_u \times D \times L$$

$$6.74 = 3.35 \times 3.14 \times 0.2 \times L$$

$$6.74 = 3.35 \times 3.14 \times 0.2 \times L$$

$$6.74 = 2.1038 L$$

$$L = 3.2 \text{ meter} \quad \text{digunakan } 4 \text{ m}$$

Untuk kestabilan seluruh lereng sekitar *tower*, maka keempat sisi diberikan *anchor* :

$$\text{Jarak pemasangan per } anchor = 2 \text{ meter}$$

$$\text{Jumlah anchor yang dipasang per sisi} = 8 \text{ buah}$$

Dengan jumlah *anchor* dan dimensi *grouting* yang ada, maka didapat perhitungan biayanya adalah:

$$\text{Harga } grouting = 1.5 \text{ juta/m}^3 \quad (\text{Heppi, 2014})$$

$$\text{Harga baja anchor} = 200 \text{ ribu/kg} \quad (\text{Heppi, 2014})$$

$$\text{Harga bor} = 150 \text{ juta/1 titik} \quad (\text{Heppi, 2014})$$

$$\text{Panjang } grouting = 4 \text{ meter}$$

$$\text{Diameter } grouting = 0.2 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang } anchor = \text{panjang baja} = 8 + 0.5 = 8.5 \text{ m}$$

Volume Baja(U32) (PBI 1971)

$$\text{Diketahui } \sigma \text{ angkur} = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{K}{\Lambda}$$

$$1850 = \frac{6740 \text{ kg}}{\Lambda}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 3.64 \text{ cm}^2 \\
 3.64 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 d \text{ baja} &= 2.15 \text{ cm} \quad 2.2 \text{ cm} = 22 \text{ mm} \\
 \text{baja} &= 7850 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Maka, berat baja :

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \times L \\
 &= 7850 \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0.022^2 \right) \times 8.5 \\
 &= 25.35 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Harga material 1 titik ankur

$$\begin{aligned}
 &= [(\text{Vol grouting} \times \text{harga grouting})] + [(\text{Vol} \\
 &\text{baja ankur} \times \text{harga baja ankur})] + \\
 &(\text{harga bor}) \\
 &= \left[\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0.2^2 \times 4 \right) \times 1500000 \right] + [25.35 \times \\
 &200000] \\
 &= \text{Rp. } 5.258.400,-
 \end{aligned}$$

Harga material 8 buah ankur

$$\begin{aligned}
 &= 8 \times 5.258.400 \\
 &= \text{Rp. } 42.067.200,-
 \end{aligned}$$

- Perencanaan 2

Asumsi pemasangan 1 anchor per 8 meter, maka gaya yang dapat ditahan untuk 1 anchor per meter adalah :

$$\Sigma N_{\text{max}} = 53.92 \text{ ton} \quad (\text{Tabel, 5.10})$$

$$\Sigma N = C_u \times \pi \times D \times L \quad (\text{M.Das, 1984})$$

$$K = \frac{\Sigma N}{1}$$

$$K = \frac{53.92}{1}$$

$$= 53.92 \text{ ton}$$

Jika digunakan diameter *grouting* = 0.2 m, maka panjang *grouting*:

$$K = Cu \times D \times L$$

$$53.92 = 3.35 \times 3.14 \times 0.2 \times L$$

$$53.92 = 3.35 \times 3.14 \times 0.2 \times L$$

$$53.92 = 4.1762 L$$

$$L = 12.91 \text{ meter} \quad \text{digunakan } 10 \text{ m}$$

Untuk kestabilan seluruh lereng sekitar *tower*, maka keempat sisi diberikan *anchor* :

$$\text{Jarak pemasangan per } anchor = 8 \text{ meter}$$

$$\text{Jumlah anchor yang dipasang per sisi} = 3 \text{ buah}$$

Dengan jumlah anchor dan dimensi *grouting* yang ada, maka didapat perhitungan biayanya adalah:

$$\text{Harga } grouting = 1.5 \text{ juta/m}^3 \quad (\text{Heppi, 2014})$$

$$\text{Harga bajaanchor} = 200 \text{ ribu/kg} \quad (\text{Heppi, 2014})$$

$$\text{Harga bor} = 150 \text{ juta/1 titik} (\text{Heppi, 2014})$$

$$\text{Panjang } grouting = 10 \text{ meter}$$

$$\text{Diameter } grouting = 0.2 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang } anchor = \text{panjang baja} = 8 + 0.5 = 8.5 \text{ m}$$

Volume Baja(U32)(PBI 1971)

$$\text{Diketahui } \sigma \text{ ankur} = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{K}{\Lambda}$$

$$1850 \text{ kg/cm}^2 = \frac{53920}{\Lambda}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 29.14 \text{ cm}^2 \\
 29.14 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 d \text{ baja} &= 6.09 \text{ cm} \quad 60 \text{ mm} \\
 \text{berat baja} &= 7850 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Maka, berat baja :

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \times L \\
 &= 7850 \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0.060^2 \right) \times 8.5 \\
 &= 188.56 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Harga material 1 titik ankur

$$\begin{aligned}
 &= [(\text{Vol grouting} \times \text{harga grouting})] + [(\text{Vol} \\
 &\text{baja ankur} \times \text{harga baja ankur})] + \\
 &\quad (\text{harga bor}) \\
 &= \left[\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0.2^2 \times 10 \right) \times 1500000 \right] + [188.56 \times \\
 &\quad 200000] \\
 &= \text{Rp. } 38.183.000,-
 \end{aligned}$$

Harga material 3 titik ankur

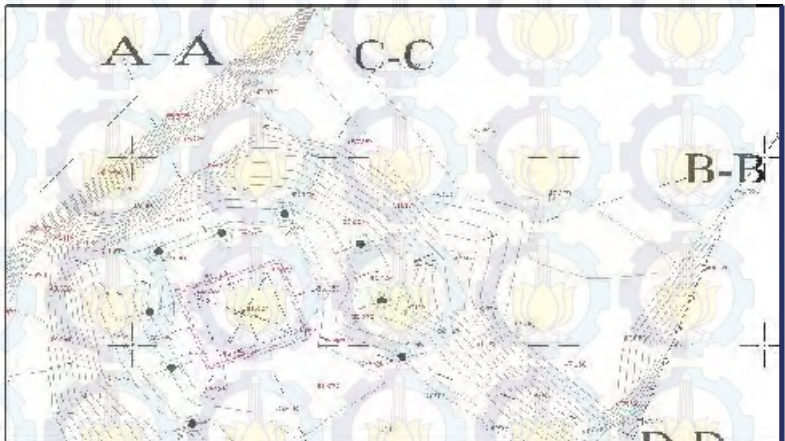
$$\begin{aligned}
 &= 3 \times 38.183.000,- \\
 &= \text{Rp. } 114.549.000,-
 \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Perbandingan Harga Material Berdasarkan Jarak Pemasangan

Jarak Per Anchor	Dimensi Grouting		Jumlah Anchor / sisi	Harga Material	
	D (m)	L (m)		1 titik (Rp)	1 sisi (Rp)
2	0.2	4	8	5.258.400	42.067.200
8	0.2	10	3	38.183.000	114.549.000

Tabel 5.11 menunjukkan perbandingan harga material berdasarkan jarak pemasangan dengan jumlah titik *anchor* yang berbeda. Pada perencanaan

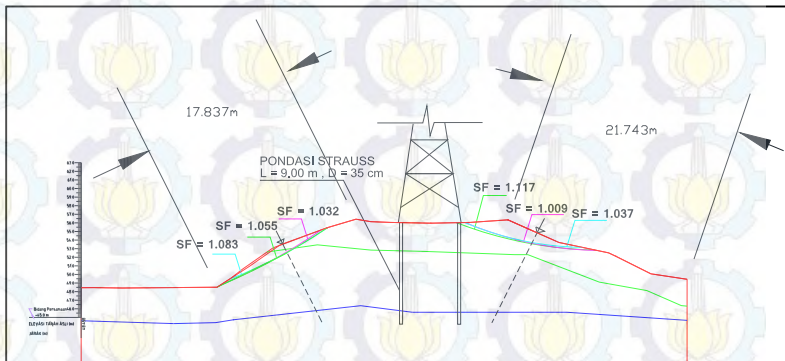
1 didapat jumlah titik angkur/sisi sebanyak 8 buah. Dari segi harga material memang murah, namun banyaknya jumlah titik *anchor* akan menambah biaya pengeboran yang cukup mahal sekitar 150-200 juta per titik. Pada perencanaan 2 biaya material lebih mahal, namun jumlah angkur per titik lebih sedikit yaitu hanya 3 buah. Oleh karena itu, kenaikan harga dapat dilihat dari banyaknya jumlah titik *anchor* pada tiap sisi. Maka dapat disimpulkan, pemasangan *anchor* di sekitar talud sebanyak 3 *anchor* per 8 meter dengan panjang *anchor* 8 meter dan dimensi *grouting* 0.2 x 10 meter. Adapun denah perencanaan perletakan titik *ground anchor* dapat dilihat pada Gambar 5.20



Gambar 5.20 Denah Perletakan *Ground Anchor Tie Back Grouting*

Pemasangan pada potongan talud dapat dilihat pada Gambar 5.21. *Grouting* direncanakan dipasang

pada kedalaman 8 m dari lapisan atas dengan diameter 20 cm dan panjang 10 meter



Gambar 5.21 Potongan Pemasangan *Ground Anchor Tie Back Grouting*

5.3.3 Perhitungan Blok Beton Pondasi

Untuk perhitungan pondasi data data yang digunakan adalah data – data yang telah diasumsikan setelah terjadi pelapukan (Tabel 5.8) Hasil perhitungan daya dukung pondasi telapak bujur sangkar adalah :

$$q_{ult} = 1.3 C' Nc' + q Nq' + 0.4 \gamma' B N' \quad (M. Das, 1984)$$

Keterangan :

C' = Kohesi tanah pada lapisan atas = 0 t/m²
(Tabel 5.8)

h = kedalaman pondasi

γ' = Berat volume efektif

q = $\gamma' h$

B = Lebar pondasi

q_{ult} = Daya dukung ultimate

$q_{ijin} = q_{ult}/SF,$

$SF = 3$ (Braja M.Das Jilid 2 hal124)

Nc' , Nq' dan N' = Faktor daya dukung

Diasumsikan :

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

$$H = 1 \text{ m.}$$

Untuk sudut geser dalam (ϕ) = 30°

Maka :

$$Nc' = 37.16$$

$$Nq' = 22.46$$

$$N' = 19.13$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= 1.3 \times 0 \times 37.16 + ((1.62-1) \times 0.1 \times 22.46) + (0.4 \\ &\quad \times (1.62-1) \times 1 \times 19.13) \\ &= 7.602 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{SF} = \frac{7.602}{3} = 2.534 \text{ t/m}^2$$

Luas Balok Penahan Aktual

$$A = \frac{K}{\sigma} = \frac{6.74}{2.534} = 2.65 \text{ m}^2$$

$$s = \sqrt{A} = \sqrt{2.65} = 1.6 \text{ m (berbentuk bujur sangkar)}$$

Syarat:

$$N = \sigma \cdot A$$

$$N = 6.74 \times 1.6 \times 1.6$$

$$N = 17.25 \text{ Ton} > 7.51 \text{ Ton}$$

5.3.4 Perhitungan Tulangan Blok Penahan

Adapun data – data perencanaan untuk penulangan blok penahan adalah



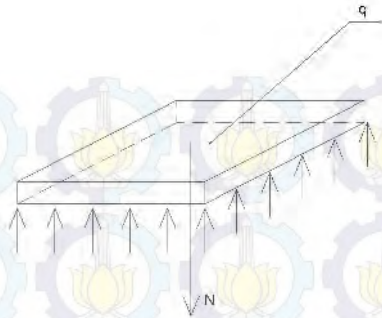
Gambar 5.22 Dimensi Balok Beton Penahan

Dimensi plat	: 1,6 x 1,6 m ²
Tebal plat	: 100 mm
Tebal <i>decking</i>	: 20 mm
D. tul.rencana	: 12 mm
Mutu tul.baja	: 300 Mpa
Mutu beton	: 25 Mpa (K300)

: 0,85

$$d : 100 - 20 - \frac{1}{2}(12) = 74 \text{ mm}$$

$$d' : 100 - 74 = 26 \text{ mm}$$



Gambar 5.23 Tulangan Blok Penahan

$$q = \frac{K}{\Lambda} = \frac{6.74}{1.6 \times 1.6} = 2.53 \text{ t/m}^2$$

$$\rho_b = 0.85 \times \frac{\beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = 0.85 \times \frac{0.85 \times 25}{300} \times \left(\frac{600}{600 + 300} \right) = 0.0401$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0302 = 0.0301$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{300} = 0.0047$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'} = \frac{300}{0.85 \times 25} = 14,118$$

$$Mu = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$Mu = \frac{1}{8} \times 2.53 \times \frac{1.6^2}{2} = 0.8425 \text{ tm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{0.8425}{0.8} = 1.053 \text{ tm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1.053 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 74^2} = 2.4 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{14.118} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.118 \times 2.4}{300}} \right) = 0.0085$$

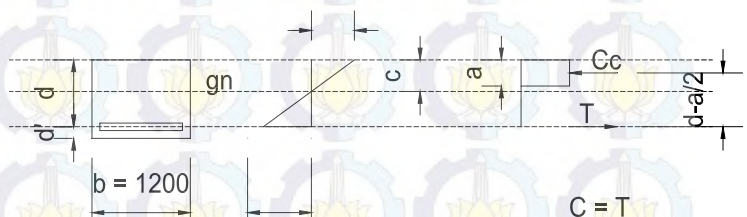
syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0.0047 < 0.0085 < 0.0301 \dots\dots \text{OK}$$

maka nilai ρ yang dipakai adalah $\rho_{\text{perlu}} = 0.0085$

Direncanakan tulangan tunggal



Gambar 5.24 Diagram Alir Tegangan

$$C_c = 0.85 \times f_c' \times b \times a$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right), T = C_c$$

$$M_n = (0.85 \times f_c' \times b \times a) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$1.053 \times 10^7 = (0.85 \times 25 \times 1000 \times a) \left(74 - \frac{a}{2} \right)$$

$$1.053 \times 10^7 = 21250 \times a \left(74 - \frac{a}{2} \right)$$

$$1.053 \times 10^7 = 1572500 a - 10625 a^2$$

$$10625 a^2 - 1572500 a + 1.053 \times 10^7 = 0$$

dimisalkan :

$$A = 10625$$

$$B = 1572500$$

$$C = 1.053 \times 10^7$$

$$\text{Jadi, } Aa^2 - Ba + C = 0$$

dengan menggunakan rumus persamaan ABC didapat nilai $a = 7 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} T = C_c &= 0.85 \times f_c' \times a \times b \\ &= 0.85 \times 25 \times 7 \times 1000 \\ &= 148750 \text{ N} \end{aligned}$$

$$T = f_y \cdot A_s$$

$$A_s = \frac{T}{f_y} = \frac{148750 \text{ N}}{300 \text{ N/mm}^2} = 495.83 \text{ mm}^2$$

$$A_s = n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right)$$

$$495.83 \text{ mm}^2 = n \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \right)$$

$$495.83 \text{ mm}^2 = n \times 113.04 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{495.83}{113.04} = 4.3 \quad 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak pemasangan} = \frac{1200}{5} = 371.8 \text{ mm}$$

(digunakan jarak pemasangan 100 mm)

Syarat spasi tulangan :

$$s < 2h = 2 \times 100 = 200 \text{ mm (SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.3)}$$

Jarak pemasangan = 200 mm 200 mmOK

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = \frac{1200}{200} = 6$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tarik pasang} &= 6 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \right) \\ &= 678.24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 6 D12 –200

Tulangan tarik pasang = tulangan tekan

Dipasang tulangan tekan 6 D12 – 200

5.4 Daya Dukung Lateral

Berdasarkan data dari pengujian Laboratorium Mekanika Tanah ITS didapat data pondasi *strauss* sebagai berikut :

Kedalaman tiang pondasi *strauss* = 9,00 meter

Diameter tiang *strauss* (D) = 35 cm

Ekstrisintas pada tiang *strauss* (e) = 60 cm = 0.6 m

Dari data gaya dan beban tower untuk Tower SUTT 150 KV, didapat Hmax = 10,648 ton (Tabel 4.6)

Cu pada kedalaman 9 m, diambil dari hasil interpolasi dari Tabel 4.5

$$Cu (5 \text{ m}) = 1.77 \text{ t/m}^2$$

$$Cu (10 \text{ m}) = 7.5 \text{ t/m}^2$$

$$Cu (9 \text{ m}) = 6.35 \text{ t/m}^2$$

Dengan $\phi = 0$ maka digunakan perhitungan daya dukung lateral tanah kohesif.

$$\frac{e}{D} = \frac{0.6}{0.35} = 1.171$$

$\frac{L}{B} = \frac{9}{0.35} = 25.71$, dari Grafik pada Gambar 2.4 (Grafik untuk menghitung daya dukung lateral tiang pendek pada tanah lempung) didapat $H_u/cu B^2 = 55$

$$H_u = 55 \times Cu \times B^2 = 45 \times 6.35 \times 0.35^2 = 35 \text{ ton}$$

$$H_{\text{all}} = 0.8 \times 35 = 28 \text{ ton} > 10,648 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Dapat disimpulkan bahwa pondasi tiang *strauss* kuat menahan beban lateral *tower*, sehingga *tower* aman dari ancaman geseran pondasi tiang *strauss*.

5.5 Analisa Daya Dukung Vertikal Tekan Pondasi *Strauss*

Berdasarkan data dari Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS, didapat data pondasi *strauss* sebagai berikut:

Panjang tiang pondasi *strauss* = 9.00 meter

Diameter tiang *strauss* = 35 cm

Daya dukung ijin pondasi *strauss* untuk beban sementara didapat dari grafik daya dukung ijin tiang bor di titik bor BH-2 (lampiran)

P ijin tekan = 85.98 Ton

Dari data gaya dan beban *tower* ekuivalen untuk *Tower SUTT 150 kV*, didapat

$P_{\text{max}} = 16.45 + 563.5 \text{ W}$ (Tabel 4.6)

Dimana beban angin, $W = 0.04 \text{ T/m}^2$ (PBI 71)

$P_{\text{max}} = 16.45 + 563.5 \times 0.04$

$= 38.99 \text{ Ton}$

Syarat:

$P_{max} \text{ tekan} < P \text{ ijin tekan}$

38.99 Ton < 85.98 Ton OK

Dapat disimpulkan bahwa pondasi tiang strauss kuat menahan beban vertikal tekan tower, sehingga tower aman dari ancaman turunnya pondasi tiang *strauss*.

5.6 Analisa Daya Dukung Vertikal Tarik Pondasi Strauss

Berdasarkan data dari Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS, didapat data pondasi strauss sebagai berikut:

Panjang tiang pondasi strauss = 9.00 meter

Diameter tiang strauss = 35 cm

Daya dukung ijin pondasi strauss untuk beban sementara didapat dari grafik daya dukung ijin tiang bor di titik bor BH-2 (lampiran)

$P \text{ ijin tarik} = 43.68 \text{ Ton}$

Berat pondasi = $\frac{1}{4} \pi D^2 \times BJ \text{ Beton}$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (0.35 \text{ m})^2 \times (2.4 \text{ T/m}^3)$$

$$= 2.31 \text{ Ton}$$

Total daya dukung tarik = 43.68+2.31

$$= 45.99$$

Dari data gaya dan beban tower ekuivalen untuk Tower SUTT 150 kV, didapat

$P_{max} = 10.377 + 563.5 \text{ W (Tabel 4.6)}$

Dimana beban angin, $W = 0.04 \text{ T/m}^2 \text{ (PBI 71)}$

$P_{max} = 10.377 + 563.5 \times 0.04$

$$= 32.917 \text{ Ton}$$

Syarat:

$P_{max} < P \text{ ijin tarik}$

32.917 Ton < 45.99 Ton OK

Dapat disimpulkan bahwa pondasi tiang strauss kuat menahan beban vertikal tarik tower, sehingga tower aman dari ancaman terangkatnya pondasi tiang *strauss*.



BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengukuran topografi dan hasil penyelidikan tanah, maka lapisan tanah di lokasi tersebut secara garis besar berdasarkan harga N-SPT dapat dibagi menjadi 3 bagian, dan jenis lapisan tanahnya didominasi oleh lapisan tanah lempung kepasiran dan mengandung tanah lanau.
2. Lapis ke 1 dengan ketebalan rata-rata 2 meter, dengan harga SPT berkisar antara 2 – 4 pukulan/feet, lapis ke 2 dengan ketebalan rata-rata mencapai 6,00 meter dengan harga SPT berkisar antara 9 – 15 pukulan/feet, dan lapis ke 3 terletak dibawah kedalaman – 8,00 meter dari muka tanah, lapisan ini cukup keras, dan didapatkan sampai dengan kedalaman -30,00 meter dari muka tanah, dan harga SPT 15 - 50 pukulan/feet.
3. Berdasarkan hasil uji faktor keamanan dari ketiga program tersebut didapat SF terkecil terdapat pada program bantu *Plaxis* dengan SF sebesar 1.347 . Dalam hal ini $SF = 1.347 > 1.25$ (SF minimum) artinya stabilitas *talud* di sekitar tower aman.
4. Pondasi tiang *strauss* kuat menahan beban lateral *tower*, vertical tekan dan vertical tarik *tower*, sehingga *tower* aman dari ancaman pergeseran pondasi tiang *strauss*, penurunan pondasi, dan terangkatnya pondasi.
5. Pada masa yang akan datang , kondisi tanah pada sekitar *talud* pada *Tower T.09 PLTU* (Waru - Gresik) diasumsikan mengalami pelapukan sehingga kondisi stabilitas *talud* menjadi tidak aman. Untuk memodelkan kondisi tersebut maka lapisan tanah atas dianggap pasir dan perlu adanya perkuatan *talud*.
6. Untuk menanggulangi kelongsoran lereng akibat pelapukan yang terjadi karena perubahan parameter,

upaya penyelamatan yang dipilih yaitu menggunakan *ground anchor* jenis *tie back grouting* dengan penahan berupa *grouting* beton dan *head anchor* berupa balok penahan beton. Alternatif tersebut dipilih karena merupakan alternatif paling tepat untuk tanah keras.

7. Perkuatan *ground anchor*, memiliki nilai gaya tarik tegak lurus bidang lereng (K) sebesar 6.74 ton. Untuk menahan gaya tersebut dipasang *tie back grouting* dengan diameter 20 cm dan panjang *grouting* 10 m. Perkuatan *ground anchor* dipasang 8 meter ke arah y sebanyak 1 buah

6.2 Saran

Alternatif perbaikan pada lereng yang longsor mengalami beberapa kesulitan untuk data di lapangan. Berikut saran untuk beberapa pihak :

1. Untuk pihak *owner* dalam hal ini PT. PLN sebaiknya mengadakan inspeksi dan pemeliharaan rutin pada setiap *tower* agar tidak terjadi keruakan yang disebabkan oleh masyarakat sekitar.
2. Data *tower* yang diperlukan, dapat menggunakan data *tower* yang sudah di ekivalensikan dengan *type tower* serupa.

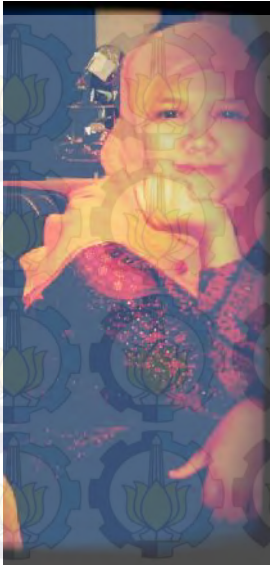
DAFTAR PUSTAKA

- Arjaya, Hendra Sugih dan Pratiwi, Elmi Besty. 2011. *Perkuatan Lereng Pada Menara SUTT Sta 19+255 Jalan Tol Semarang–Solo Seksi Tinalun–Lemah Ireng, Semarang*. Universitas Diponegoro
- Bowles, J.E. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2007, *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2007, *Mekanika Tanah 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Mochtar, Indrasurya B. 2000. *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (problematic soil)*. FTSP ITS, Surabaya
- Terzaghi, K. and Peck R.B. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd edition*. Jakarta: Erlangga.
- Vidayanti, D. *Pengembangan Bahan Ajar Modul 10 Stabilitas Lereng*. UMB, Jakarta
- Wahjudi, Herman, 1999, *Daya Dukung Pondasi Dalam*. FTSP ITS, Surabaya



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Ofila Irhamna



Penulis dilahirkan di Jakarta, 22 Oktober 1991, merupakan anak ke-3 dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Puspita Mekar Jakarta Timur, Sdn Klender 10 Pagi Jakarta Timur, Pondok Pesantren Daar El Qolam Gantung Balaraja Tangerang (MTs) , Daar El Qolam Gantung Balaraja Tangerang (SMA). Pada tahun 2009, penulis menempuh pendidikan di Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta selama 3 tahun dan kemudian pada tahun 2012 penulis mengikuti ujian Lintas Jalur (LJ) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa ITS jurusan Teknik Sipil dengan NRP 311 21 050 57. Pada semester akhir, penulis mengambil tugas akhir pada bidang Geoteknik. Selama pendidikan di luar kampus penulis menjalani usaha di Surabaya sebagai *owner afila shop*. Bila ingin berbagi informasi dengan penulis, bisa melalui email: ofila.irhamna@gmail.com



BOR LOG BOR DANGKAL

KLIEN : PT. PLN (PERSERO)

PROYEK : KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG
TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv


LOKASI : T-11 (SEGOROMADU - LAMONGAN)

TITIK BOR : BD-6

TANGGAL : 26 OKTOBER 2013

MASTER BOR : OSIAS CS

LABORAN : HARNO

KEDALAMAN (METER)	GWL	BOR LOG	DESCRIPTION OF SOIL	SAMPLE	REMARKS
0.00			LEMPUNG BERLANAU (COKLAT TERANG)		
1.00					
2.00					
3.00					
4.00					
5.00					

KETERANGAN :

PASIR



LEMPUNG



LANAU



KULIT KERANG



BATU / KERIKIL



UNDISTURBED SAMPLE



TIMBUNAN



GWL



MUKA AIR BANJIR MAKSIMUM :

MUKA AIR TANAH : - meter

CATATAN



BOR LOG BOR DANGKAL

KLIEN : PT. PLN (PERSERO)	TITIK BOR : BD-5
PROYEK : KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG	TANGGAL : 26 OKTOBER 2013
TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv	MASTER BOR : OSIAS CS
LOKASI : T-11 (SEGOROMADU - LAMONGAN)	LABORAN : HARNO

KEDALAMAN (METER)	GWL	BOR LOG	DESCRIPTION OF SOIL	SAMPLE	REMARKS
0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00			LEMPUNG BERLANAU (COKLAT TERANG)		

KETERANGAN :

PASIR	LEMPUNG	LANAU	KULIT KERANG	BATU / KERIKIL	UNDISTURBED SAMPLE	TIMBUNAN	GWL

MUKA AIR BANJIR MAKSIMUM :	
MUKA AIR TANAH :	- meter
CATATAN	



BOR LOG BOR DANGKAL

KLIEN	: PT. PLN (PERSERO)	TITIK BOR	: BD-4
PROYEK	: KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG	TANGGAL	: 23 OKTOBER 2013
	: TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv	MASTER BOR	: OSIAS CS
LOKASI	: T-09 (PLTU GRESIK - WARU)	LABORAN	: HARNO

KEDALAMAN (METER)	GWL	BOR LOG	DESCRIPTION OF SOIL	SAMPLE	REMARKS
0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU KECOKLATAN)		

KETERANGAN :

PASIR	LEMPUNG	LANAU	KULIT KERANG	BATU / KERIKIL	UNDISTURBED SAMPLE	TIMBUNAN	GWL

MUKA AIR BANJIR MAKSIMUM :	
MUKA AIR TANAH :	- meter
CATATAN	



BOR LOG BOR DANGKAL

KLIEN	: PT. PLN (PERSERO)	TITIK BOR	: BD-3
PROYEK	: KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG	TANGGAL	: 23 OKTOBER 2013
	: TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv	MASTER BOR	: OSIAS CS
LOKASI	: T-09 (PLTU GRESIK - WARU)	LABORAN	: HARNO

KEDALAMAN (METER)	GWL	BOR LOG	DESCRIPTION OF SOIL	SAMPLE	REMARKS
0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU KECOKLATAN)		

KETERANGAN :

PASIR	LEMPUNG	LANAU	KULIT KERANG	BATU / KERIKIL	UNDISTURBED SAMPLE	TIMBUNAN	GWL

MUKA AIR BANJIR MAKSIMUM :	
MUKA AIR TANAH :	- meter
CATATAN	



BOR LOG BOR DANGKAL

KLIEN	: PT. PLN (PERSERO)	TITIK BOR	: BD-2
PROYEK	: KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG	TANGGAL	: 19 OKTOBER 2013
	: TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv	MASTER BOR	: OSIAS CS
LOKASI	: T-09 (SEGOROMADU - PETROKIMIA)	LABORAN	: HARNO

KEDALAMAN (METER)	GWL	BOR LOG	DESCRIPTION OF SOIL	SAMPLE	REMARKS
0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU KECOKLATAN)		

KETERANGAN :

PASIR	LEMPUNG	LANAU	KULIT KERANG	BATU / KERIKIL	UNDISTURBED SAMPLE	TIMBUNAN	GWL

MUKA AIR BANJIR MAKSIMUM :	
MUKA AIR TANAH :	- meter
CATATAN	



BOR LOG BOR DANGKAL

KLIEN : PT. PLN (PERSERO)

PROYEK : KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG
TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv

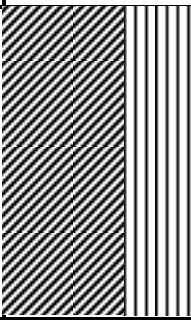
LOKASI : T-09 (SEGOROMADU - PETROKIMIA)

TITIK BOR : BD-1

TANGGAL : 19 OKTOBER 2013

MASTER BOR : OSIAS CS

LABORAN : HARNO

KEDALAMAN (METER)	GWL	BOR LOG	DESCRIPTION OF SOIL	SAMPLE	REMARKS
0.00			LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU KECOKLATAN)		
1.00					
2.00					
3.00					
4.00					
5.00					

KETERANGAN :

PASIR



LEMPUNG



LANAU



KULIT KERANG



BATU / KERIKIL



UNDISTURBED SAMPLE



TIMBUNAN



GWL



MUKA AIR BANJIR MAKSIMUM :

MUKA AIR TANAH : - meter

CATATAN



DRILLING LOG

KLIEN	= PT. PLN (PERSERO)	TIPE BOR	= ROTARY DRILLING	Remarks. UD = Undisturb Sample CS = Core Sample SPT = SPT Test
NAMA PROYEK	= KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 kV	TANGGAL MULAI	= 22 OKTOBER 2013	
TITIK BOR	= BH-3	TANGGAL SELESAI	= 23 OKTOBER 2013	
LOKASI PROYEK	= T-11 (SEGORO MADU - LAMONGAN)	MUKA AIR TANAH	= -	
		MASTER BOR	= OSIAS	

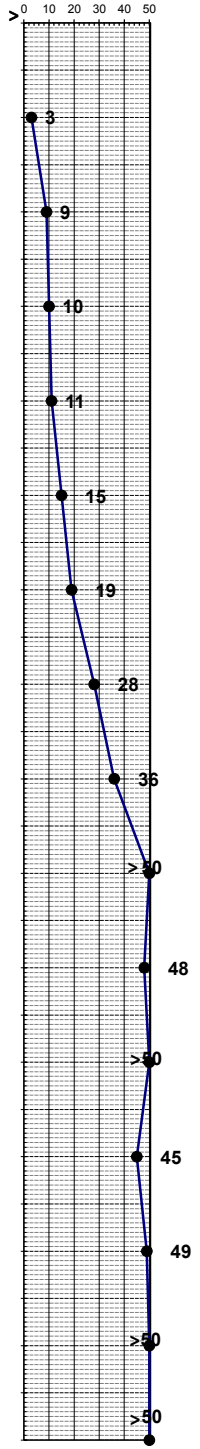
Scale in m	Ground Water Surface (GWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Penetration Test			N - Value			
									Depth in m	Sample	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm					
														15 cm	15 cm		15 cm		
0.00	0.00																		
START OF BORING																			
1.00	-1.00				ABU-ABU KECOKLATAN						-1.50								
2.00	-2.00										-2.00	SPT 1	9	3	4	5			9
3.00	-3.00				LEMPUNG BERLANAU BERPASIR		STIFF	SPT 9 s/d 12			-3.50								
4.00	-4.00				ABU-ABU TERANG						-4.00	SPT 2	13	4	6	7			13
5.00	-5.00										-5.00		UD 01						
6.00	-6.00										-6.00	SPT 3	12	3	5	7			12
7.00	-7.00				LEMPUNG BERBATU	ABU-ABU TERANG					-7.50								
8.00	-8.00										-8.00	SPT 4	15	4	6	9			15
9.00	-9.00				LEMPUNG BERLANAU	COKLAT TERANG	STIFF	SPT 14 s/d 15			-9.50								
10.00	-10.00										-10.00	SPT 5	14	4	6	8			14
11.00	-11.00										-10.50		UD 02						
12.00	-12.00										-11.50								
13.00	-13.00										-12.00	SPT 6	15	4	7	8			15
14.00	-14.00										-13.50								
15.00	-15.00				LANAU BERPASIR	ABU-ABU KECOKLATAN	STIFF TO VERY STIFF	SPT 12 s/d 17			-14.00	SPT 7	12	3	5	7			12
16.00	-16.00										-15.00								
17.00	-17.00										-15.50	SPT 8	12	4	5	7			12
18.00	-18.00										-17.50								
19.00	-19.00										-18.00	SPT 9	17	4	6	11			17
20.00	-20.00										-19.50								
21.00	-21.00										-20.00	SPT 10	24	6	9	15			24
22.00	-22.00				LEMPUNG BERLANAU	ABU-ABU TERANG	VERY STIFF	SPT 24 s/d 49			-20.50		UD 04						
23.00	-23.00										-21.50	SPT 11	45	14	19	26			45
24.00	-24.00										-22.00	SPT 12	49	16	20	29			49
25.00	-25.00										-23.50								
26.00	-26.00				LANAU BERPASIR	ABU-ABU TERANG	HARD	SPT >50			-24.00	SPT 13	> 50	18	25	18/5			> 50
27.00	-27.00										-25.00								
28.00	-28.00										-25.50	SPT 14	> 50	20	29	15/5			> 50
29.00	-29.00										-27.50								
30.00	-30.00				LEMPUNG BERLANAU	ABU-ABU TERANG	HARD	SPT = 49			-29.50	SPT 15	49	11	21	28			49
											-30.00		UD 06						



DRILLING LOG

KLIEN	= PT. PLN (PERSERO)	TIPE BOR	= ROTARY DRILLING	Remarks. UD = Undisturb Sample CS = Core Sample SPT = SPT Test
NAMA PROYEK	= KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 kV	TANGGAL MULAI	= 21 OKTOBER 2013	
TTTIK BOR	= BH-2	TANGGAL SELESAI	= 22 OKTOBER 2013	
LOKASI PROYEK	= T-09 (PLTU GRESIK - WARU)	MUKA AIR TANAH	= -	
		MASTER BOR	= OSIAS	

Scale in m	Ground Water Surface (GWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Penetration Test			N - Value
									Depth in m	Sample	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm		
													15 cm	15 cm	15 cm	
0.00	0.00															
START OF BORING																
1.00	-1.00				ABU-ABU TERANG											
2.00	-2.00															
3.00	-3.00															
4.00	-4.00						SOFT TO MEDIUM	SPT 3 s/d 10								
5.00	-5.00															
6.00	-6.00				COKLAT TERANG											
7.00	-7.00															
8.00	-8.00															
9.00	-9.00						STIFF TO VERY STIFF	SPT 10 s/d 19								
10.00	-10.00															
11.00	-11.00															
12.00	-12.00															
13.00	-13.00				ABU-ABU TERANG											
14.00	-14.00															
15.00	-15.00						VERY STIFF TO HARD	SPT 19 s/d 36								
16.00	-16.00															
17.00	-17.00				ABU-ABU KECOKLATAN											
18.00	-18.00															
19.00	-19.00															
20.00	-20.00															
21.00	-21.00															
22.00	-22.00															
23.00	-23.00															
24.00	-24.00															
25.00	-25.00				ABU-ABU TERANG		HARD	SPT 36 s/d >50								
26.00	-26.00															
27.00	-27.00															
28.00	-28.00															
29.00	-29.00															
30.00	-30.00															





DRILLING LOG

KLIEN	= PT. PLN (PERSERO)	TIPE BOR	= ROTARY DRILLING	Remarks. UD = Undisturb Sample CS = Core Sample SPT = SPT Test
NAMA PROYEK	= KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 kV	TANGGAL MULAI	= 18 OKTOBER 2013	
TTTIK BOR	= BH-1	TANGGAL SELESAI	= 20 OKTOBER 2013	
LOKASI PROYEK	= T-09 (SEGOROMADU - PETROKIMIA)	MUKA AIR TANAH	= -	
		MASTER BOR	= OSIAS	

Scale in m	Ground Water Surface (GWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Penetration Test			N - Value			
									Depth in m	Sample	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm					
														15 cm	15 cm		15 cm		
0.00	0.00																		
START OF BORING																			
1.00	-1.00				LANAU BERLEMPUNG	ABU-ABU TERANG	VERY SOFT	SPT= 2			-1.50	SPT 1	2	0	1	1		2	
2.00	-2.00										-2.00								
3.00	-3.00										-3.50	SPT 2	4	1	1	3		4	
4.00	-4.00										-4.00								
5.00	-5.00				LANAU LEMPUNG BERPASIR		VERY SOFT TO MEDIUM	SPT 2 s/d 8			-5.00	UD 01							
6.00	-6.00										-6.00	SPT 3	5	2	2	3		5	
7.00	-7.00					COKLAT TERANG					-7.50								
8.00	-8.00										-8.00	SPT 4	8	2	3	5		8	
9.00	-9.00										-9.50								
10.00	-10.00										-10.00	SPT 5	40	18	15	25		40	
11.00	-11.00										-10.50	UD 02							
12.00	-12.00										-11.50	SPT 6	26	10	12	14		26	
13.00	-13.00					ABU-ABU KECOKLATAN					-13.50								
14.00	-14.00										-14.00	SPT 7	30	11	14	16		30	
15.00	-15.00										-15.00								
16.00	-16.00										-15.50	UD 03							
17.00	-17.00										-16.00	SPT 8	22	4	9	13		22	
18.00	-18.00										-17.50								
19.00	-19.00										-18.00	SPT 9	26	7	11	15		26	
20.00	-20.00				LANAU PASIR BERLEMPUNG		VERY STIFF TO HARD	SPT 22 s/d 50			-19.50								
21.00	-21.00										-20.00	SPT 10	26	6	10	16		26	
22.00	-22.00										-20.50	UD 04							
23.00	-23.00					ABU-ABU TERANG					-21.50								
24.00	-24.00										-22.00	SPT 11	43	9	18	25		43	
25.00	-25.00										-23.50								
26.00	-26.00										-24.00	SPT 12	37	7	15	22		37	
27.00	-27.00										-25.00								
28.00	-28.00										-25.50	UD 05							
29.00	-29.00										-26.00	SPT 13	50	10	21	29		50	
30.00	-30.00										-27.50								
											-28.00	SPT 14	46	10	19	27		46	
											-29.50								
											-30.00	UD 06							
											-30.00	SPT 15	47	8	20	27		47	



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

TABEL DAYA DUKUNG PONDASI TIANG DIAMETER 40 cm BERDASARKAN DATA SONDIR

KLIEN : PT. PLN (PERSERO)

TITIK : S-2

PROYEK : KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG

TANGGAL : 19 OKTOBER 2013

TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv

CHECKED BY : Ir. GANI MT

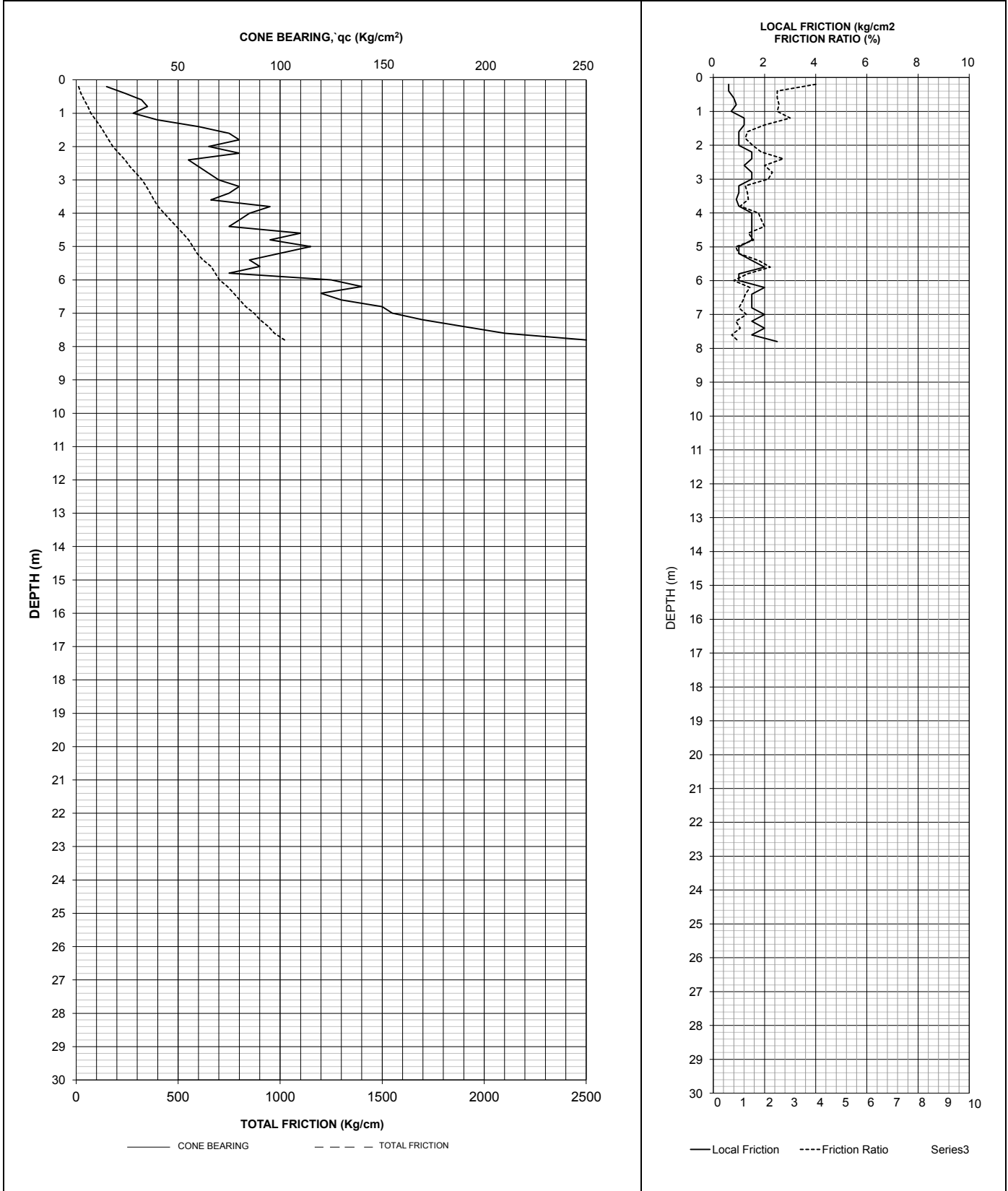
LOKASI : T-09 (PLTU GRESIK - WARU)

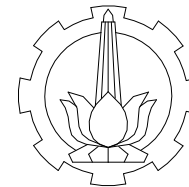
KEDA-LAMAN	Harga Konus minimum	Qp.= Qujung (kg)	Qs1 = Qs(0.8D) kg	Qs2 = Qs(8D..L) kg	$\Sigma Q_s = Qs1 + Qs2$ (Qs1+Qs2) kg	P _{ijin} satu tiang (ton) P _{ijin} = (b+e)/3
(m)	a	b	c	d	e	f
4.00	80.00	94,550.94	18,412.94	6,751.72	25,164.66	39.91
5.00	115.00	116,920.88	18,412.94	17,300.76	35,713.70	50.88
6.00	125.00	138,387.80	18,412.94	26,121.84	44,534.78	60.97
7.00	155.00	166,395.37	18,412.94	36,380.04	54,792.98	73.73
7.80	166.67	183,782.35	18,412.94	44,395.63	62,808.58	82.20



Cone Penetrometer Test (CPT)

KLIEN	: PT. PLN (PERSERO)	Master Sondir	: OSIAS CS
PROYEK	: KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG	Tanggal	: 19 OKTOBER 2013
Titik	: S-2		
Lokasi	: T-09 (PLTU GRESIK - WARU)		
	TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv		





FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA

JUDUL GAMBAR

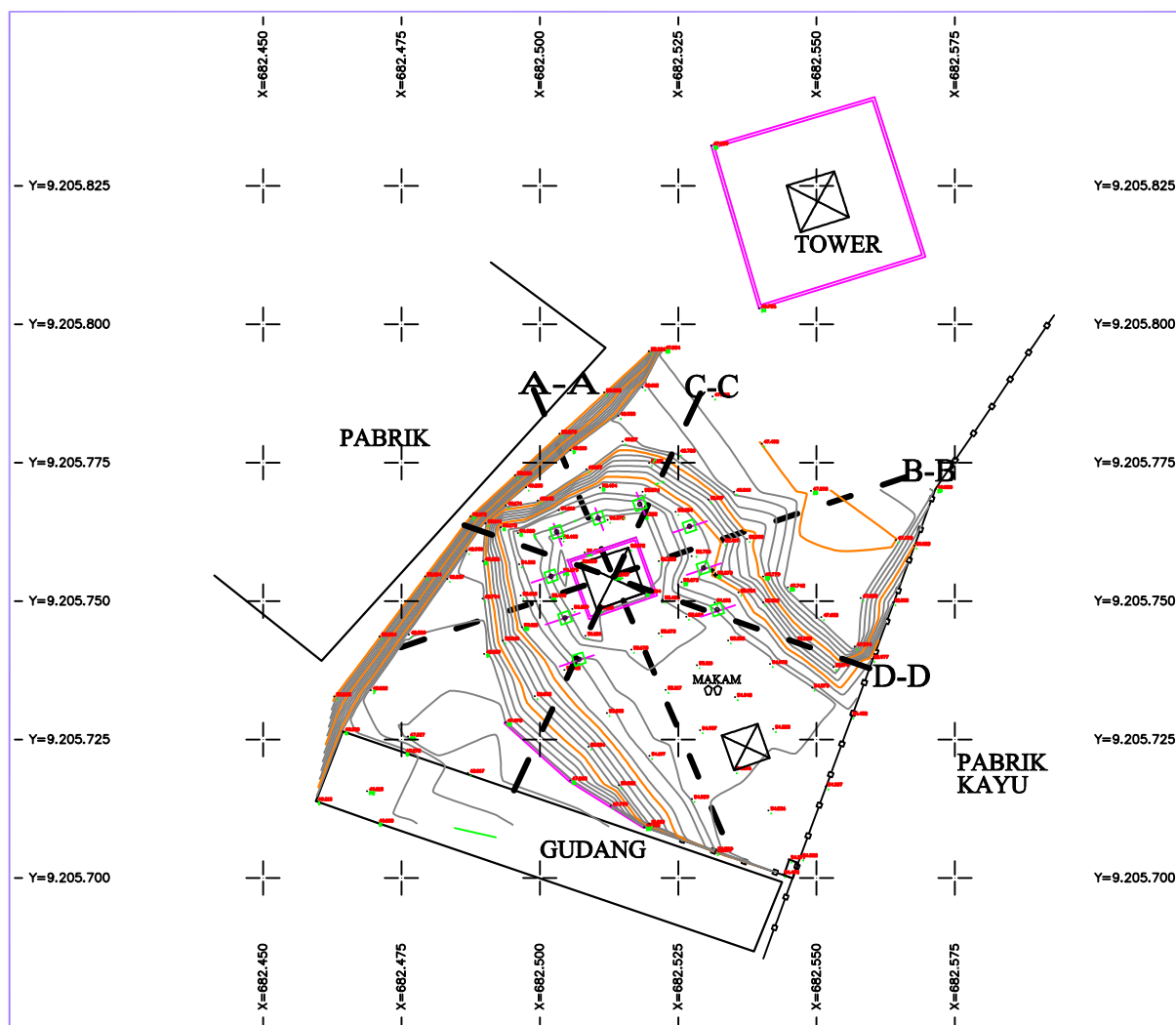
Denah Perletakan *Ground
Anchor Tie Back Grouting*

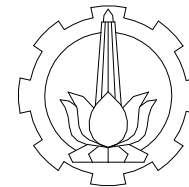
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWI

Ofila Irahma





FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA

JUDUL GAMBAR

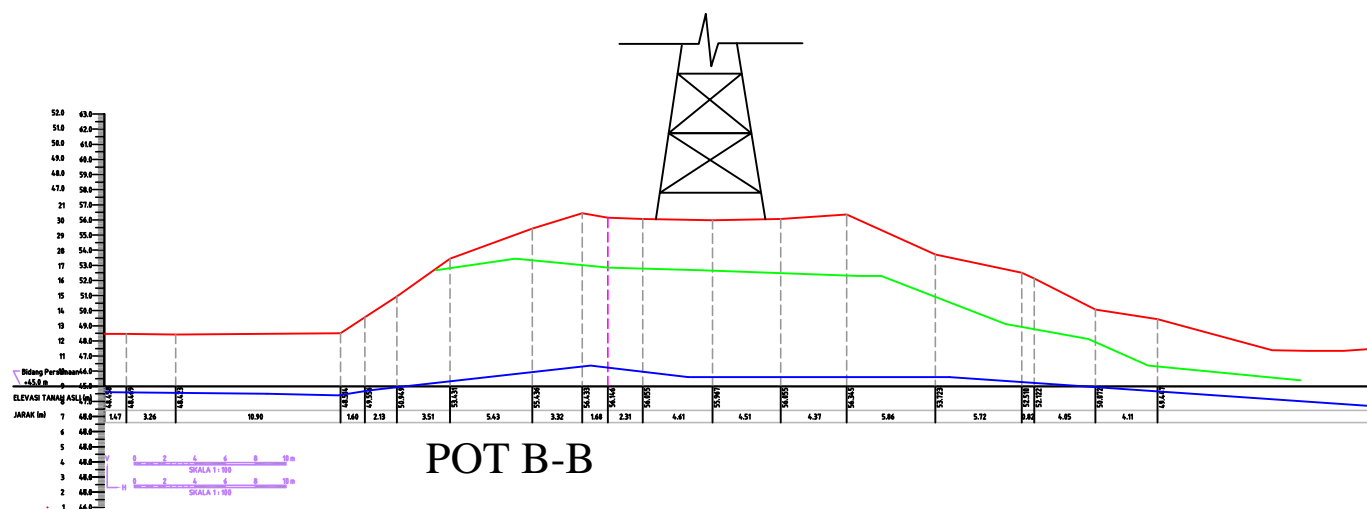
Potongan B-B Tower T.09 PLTU
(Waru-Gresik)

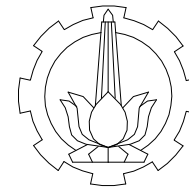
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWI

Ofila Irhamna





FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA

JUDUL GAMBAR

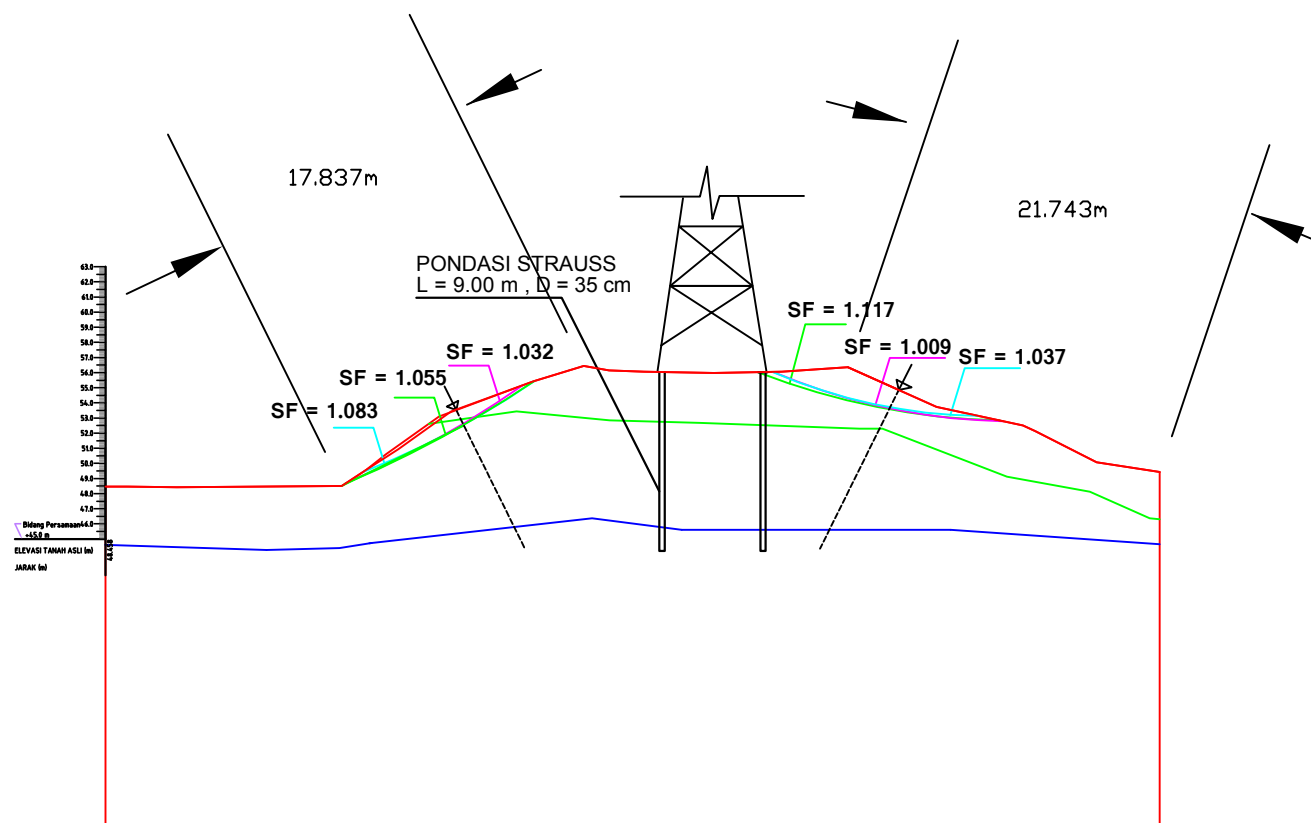
Potongan Perletakan *Ground
Anchor Tie Back Grouting*

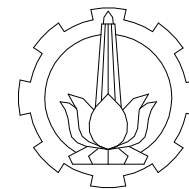
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.sc., PhD.

NAMA MAHASISWI

Ofila Irhamna





FAKULTAS TEKNIK SIPIL
DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER SURABAYA

JUDUL GAMBAR

Denah Tower T.09 PLTU
(Waru-Gresik)

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.sc., Ph.D.

NAMA MAHASISWI

Ofila Irhamna

