

**ANALISA KESTABILAN *TOWER* SUTT PLN DAN  
PERENCANAAN PERKUATAN TALUD DISEKITAR  
*TOWER* (STUDI KASUS *TOWER* SUTT T.09  
SEGOROMADU – PETROKIMIA GRESIK)**

**Nama Mahasiswa** : Laras Laila Lestari  
**NRP** : 3112.105.048  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP ITS  
**Dosen Konsultasi** : Prof. Ir. Indrasurya B.  
Mochtar, MSc., PhD.

**ABSTRAK**

*Tower* merupakan konstruksi besi siku yang dapat memikul beban sendiri, beban angin, dan beban konduktor. Pondasi menahan gaya yang bekerja pada tower harus dibuat kuat dan tanpa gangguan agar tower tidak roboh. *Tower* Anomali PLN APP Surabaya SUTT 150 kV T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) sebagai salah satu *tower* induk utama yang menghubungkan aliran listrik Pulau Jawa tidak boleh terganggu kestabilannya. Pada awalnya, PT. PLN mendirikan *tower* tersebut di atas lahan dengan posisi tanah rata. Tetapi kemudian batu kapurnya digali oleh pabrik PT. Semen Gresik untuk bahan baku pabrik semen antara tahun 1960 - 1990. Tanah di sekitar lahan *tower* dibiarkan tidak digali sehingga *tower* tersebut seolah-olah berada di atas suatu bukit kecil yang tersisa akibat tanah sekitarnya digali. Keadaan tersebut diperparah dengan adanya erosi dan kegiatan manusia yaitu penggalian untuk jalan perumahan dan tanah dasar perumahan sehingga lereng dikhawatirkan tidak aman. Untuk mengatasi kekhawatiran pihak PLN, dilakukan analisa kestabilan talud berupa penelitian pada tanah, serta analisa gaya dan beban yang terjadi pada pondasi dengan menggunakan program bantu *DxStable*, *Plaxis*, *Geoslope*.

Berdasarkan hasil uji faktor keamanan dari ketiga program tersebut didapat faktor keamanan terkecil dari program bantu

*Plaxis* dengan SF sebesar 1.540 dimana nilai tersebut lebih besar dari SF minimum 1.25 yang artinya stabilitas *talud* di sekitar tower aman. Pada masa yang akan datang, kondisi tanah pada sekitar *talud* pada Tower SUTT PLN T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) diasumsikan mengalami pelapukan sehingga kondisi stabilitas *talud* menjadi tidak aman. 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. Perkuatan *ground anchor*, memiliki nilai gaya tarik angkur (K) sebesar 13.234 Ton. Untuk menahan gaya tersebut dipasang *tie back grouting* dengan diameter 20 cm dan panjang *grouting* 2 m. Perkuatan dipasang 4 titik per 6 meter atau 6 titik satu sisi.

**Kata Kunci:** Analisa dan perencanaan kestabilan lereng, Tower SUTT PLN, Segoromadu Petrokimia Gresik, program bantu perhitungan dan pemodelan (*Plaxis, Geo-Slope, DxStable*), faktor keamanan, alternatif perkuatan tanah, *ground anchor tie back grouting*.

# **STABILITY ANALYSIS OF SUTT PLN TOWER AND SLOPE REINFORCEMENT PLANNING AROUND THE TOWER (CASE STUDY OF SUTT T.09 SEGOROMADU – PETROKIMIA GRESIK)**

**Name** : Laras Laila Lestari  
**NRP** : 3112.105.048  
**Major** : Civil Engineering - FTSP ITS  
**Supervisor** : Prof. Ir. Indrasurya B.  
Mochtar, MSc., PhD.

## **ABSTRACT**

Tower is a construction that can bear its self-load, wind load, and the load of the conductor. Tower foundation which received loads and forces that act on the tower must be made stronger and without interruption so the tower did not collapse. *Tower Anomali PLN APP Surabaya SUTT 150 kV T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik)* as one of the main tower that connect electricity along Java Island therefore the stability of it should not be interrupt. At first, PT. PLN build the tower on steady and flat land. But then, PT. Semen Gresik dug the limestone for cement material on 1960 to 1990. Land around the tower were left undug so the tower seems to stand on the small hill. The condition has gotten worse because of erosion and human activities such as excavation for road and house subgrade so the slope is feared unsafe. Thus, to overcome PLN worries, the slope stability analysis performed such as the study of soil properties, also force and load analysis which were happened using 3 softwares: DxStable, Plaxis, and Geoslope.

Based on the test results of the safety factor from three softwares, obtained the smallest safety factor are from Plaxis with  $SF = 1.540$  where the value is greater than  $SF_{\text{minimum}} = 1.25$ , which means the slope stability around the tower are safe. In the future, the conditions of the landslide around the slope of Tower SUTT PLN T.09 (Segoromadu - Petrokimia, Gresik) is assumed to undergo weathering so slope stability conditions become unsafe.

To overcome the sliding slope/land failure due to rotten soil that occurs due to changes in parameters, the ground anchor tie back: type of grouting with concrete grouting and a head anchor: a concrete retaining blocks has been chosen as the slope reinforcement. The ground anchor, has a stressing force value (K) at 13.234 Ton. To withstand the force, tie back grouting were injected with a diameter of 20 cm and a length of 2 m. The ground anchors installed at 4 anchors per 6 meters or by 6 anchors on each side.

**Keywords:** Slope stability analysis and planning, Tower SUTT PLN, Segoromadu Petrokimia Gresik, calculations and modeling program (Plaxis, Geo-Slope, DxStabl), safety factor, land reinforcement alternatives, ground anchor tie back grouting.

## **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*)**

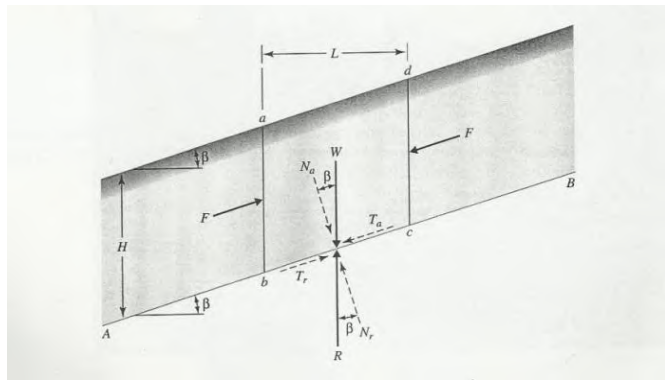
Longsoran dengan gerakan tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan. Gerakan tanah (*mass movement*) adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian

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 longsoran 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

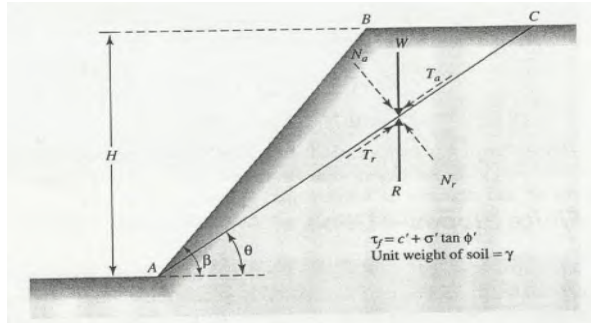


**Gambar 2.1** Bentuk longsor planar (*line slid*)  
(Sumber : Braja M Das jilid II)

**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

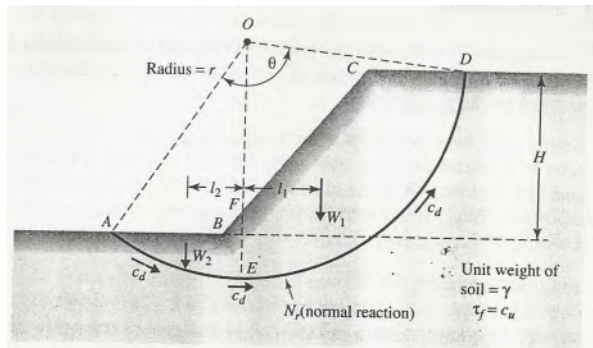
tiga dan melalui bidang lonsor garis lurus, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2



**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 Slid*)  
(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 ( $\gamma_t$ ), 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 :

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

Dimana:

$A$  = luas ujung tiang dalam ( $\text{m}^2$ )

$N_{\text{rata-2}}$  = 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 :

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



$$\begin{aligned} f_{si} &= N/5 \text{ (ton/m}^2\text{) (untuk pasir)} \\ &= N/2 \text{ (ton/m}^2\text{) (untuk lempung/lanau)} \end{aligned}$$

Dimana:

- Qs = Daya Dukung Ultimit Selimut Tiang (Ton)
- Ai = Luas selimut tiang setiap segmen ( m<sup>2</sup> )
- Fsi = Daya lekatan tanah (ton/m<sup>2</sup>)
- N = Harga SPT yg telah dikoreksi (N<sub>corr</sub>) 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<sub>ult</sub> = Daya Dukung Ultimate (Ton/m)
- Q<sub>ijin</sub> = Daya Dukung Ijin (Ton/m)
- SF = Angka Keamanan
- Q<sub>p</sub> = Daya Dukung Ultimate Ujung Tiang (Ton/m)
- Q<sub>s</sub> = 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) maka untuk menghitung Q<sub>p</sub> dan Q<sub>s</sub> adalah sebagai berikut :

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

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

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

(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 :

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

(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<sub>i</sub> = hambatan perlekat untuk ruas pada kedalaman i  
O<sub>i</sub> = 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 = k1/1.5, k1

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 Coefisien Modulus Variasi  $n_h$  untuk Tanah Berbutir Kasar (*Granular*)

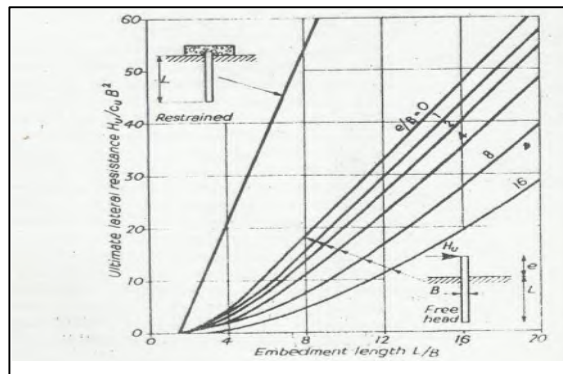
Relatif density	Stiff	Very stiff	Hard
$n_h$ untuk dry or moist soil (Terzaghi) MN/m <sup>3</sup> ton/ft <sup>3</sup>	<b>2.7</b> <b>7</b>	7.5 21	20 56
$n_h$ untuk submerged soil (Terzaghi) MN/m <sup>3</sup> ton/ft <sup>3</sup>	1.4 4	5 14	12 34
$n_h$ untuk submerged soil (Reese et al) MN/m <sup>3</sup>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

Sedangkan untuk tanah lempung normally consolidated harga  $nh = 350$  s/d  $700 \text{ kN/m}^3$  ( $1 - 2 \text{ ton/ft}^3$ )

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 <sup>6.7</sup>)

Pada Gambar 2.4 menunjukkan grafik untuk menghitung daya dukung lateral untuk tiang pendek pada tanah lempung (*cohesive soil*) (Broms <sup>6.7</sup>)

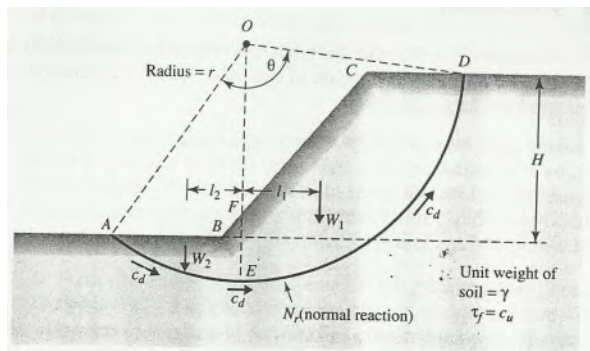
Pada grafik tersebut juga menunjukkan grafik hubungan antara rasion  $L/B$  dengan  $H_u/C_u B^2$ , dimana :

$L$  = Panjang tiang

- B = Diameter tiang  
 Cu = 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

$\tau$  = Tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah

$\tau_d$  = Tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor

Dalam teori Mohr – Coulomb, dijelaskan bahwa tahanan geser ( $\tau$ ) yang dapat dikerahkan tanah sepanjang bidang longsohnya yang dinyatakan

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \theta \quad (2.10)$$

Dimana nilai  $c$  dan  $\varphi$  adalah parameter kuat geser tanah sepanjang bidang longsornya.

$c$  = kohesi

$\varphi$  = sudut geser tanah

$\sigma$  = tegangan normal

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

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d \quad (2.11)$$

Dengan  $c_d$  dan  $\varphi_d$  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:

$$F = \frac{c + \sigma \operatorname{tg} \varphi}{c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d} \quad (2.12)$$

Atau

$$c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d = \frac{c}{F} + \sigma \frac{\operatorname{tg} \varphi}{F} \quad (2.13)$$

Dengan,

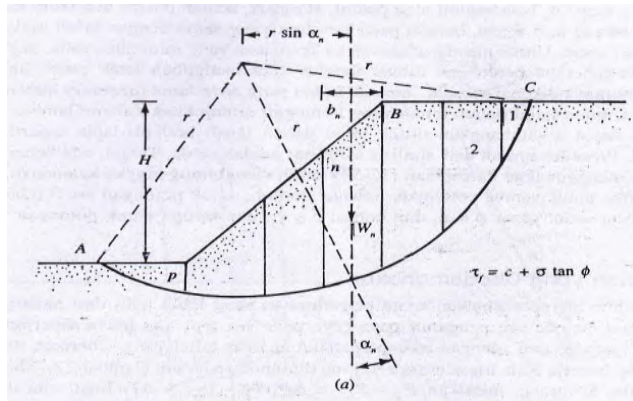
$$F_c = \frac{c}{c_d} F \quad F_\varphi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_d} \quad (2.14)$$

Maka kita dapat menuliskan

$$F_s = F_c = F_\varphi$$

Jadi jika  $F_s = 1.25$  maka lereng berada dalam keadaan akan runtuh, pada umumnya nilai angka keamanan adalah 1.25 terhadap kekuatan geser yang dapat diterima untuk merencanakan kestabilan lereng.

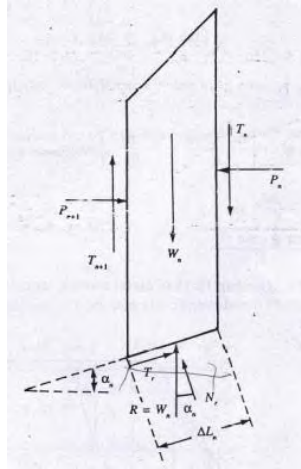
### 2.4.1 Metode Irisan



**Gambar 2.6** Metode Irisan  
(Sumber : Braja M Das jilid II)

Pada gambar 2.6 menjelaskan analisa kestabilan talud dengan menggunakan metode irisan (*Method of Slide*) dengan AC adalah garis lengkungan lingkaran sebagai permukaan bidang longsor. Tanah yang berada di atas bidang longsor dibagi menjadi beberapa irisan tegak. lebar dari tiap – tiap irisan tidak harus sama.





**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 2.7.  $W_n$  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 :

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

## 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 ( $\gamma$ ), kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). 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 *axisymmetric*.

Plane – strain digunakan untuk menganalisis struktur yang memiliki potongan melintang dengan pembebanan dan kondisi 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 <sup>2</sup>	0.2-0.4
Pasir Agak Padat		0.25-0.4
Pasir Padat	34500-69000 kN/m <sup>2</sup>	0.3-0.45
Pasir Berlanau		0.2-0.4
Lempung Lembek	1380 - 3450 kN/m <sup>2</sup>	0.15-0.25
Lempung Agak Kaku		0.2-0.5
Lempung Keras	5865 - 13800 kN/m <sup>2</sup>	-

(Sumber: Bowles, 1984)

### 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

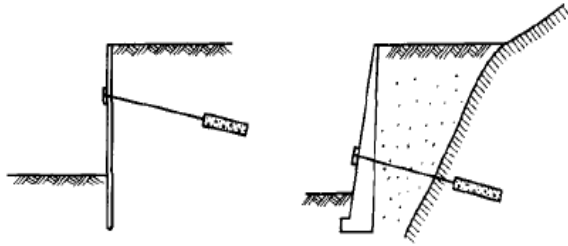
Perkuatan talud dilakukan dengan mengurangi gaya meruntuhkan yang bekerja menambah kekuatan geser tanah atau kombinasi keduanya. Metode yang digunakan untuk perkuatan/stabilisasi biasa digunakan adalah *ground anchor*.

### 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 dengan 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 2.8.



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 kontruksi yang permanen tetapi pada dasarnya hanyalah dipakai untuk kontruksi 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 :

$$P_u = \pi \cdot D \cdot L \cdot C \quad (2.17)$$

Dimana :

$P_u$  = Gaya Ultimate (Ton)

$D$  = Diameter *grouting* (m)

$L$  = Panjang *grouting* (m)

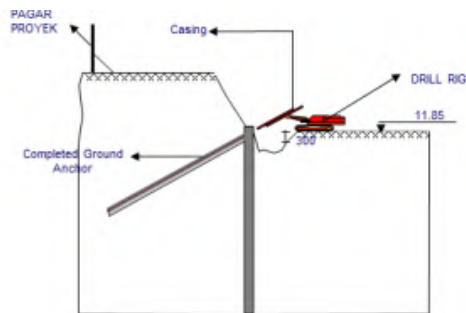
$C$  = Kohesi (t/m<sup>2</sup>)

### 2.8.2 Metode Pemasangan *Ground Anchor*

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



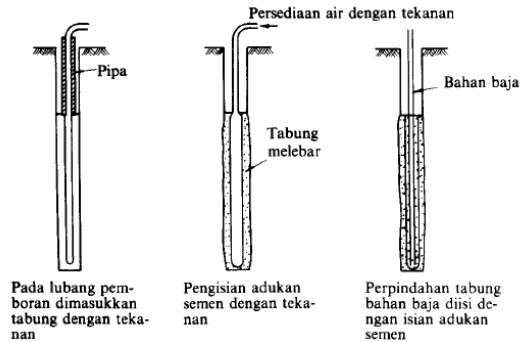
**Gambar 2.9** Metode Pemasangan *Anchor* dengan *Grouting*

#### 2. Metode pemasangan *anchor* dengan tabung bertekanan.

Metode dimana suatu tabung yang dapat mengembang dimasukkan ke dalam lubang hasil

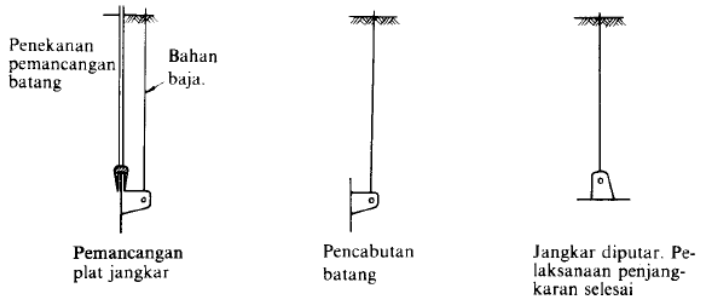


pemboran dan adukan mengisi bagian luar dari dinding tabung dan kemudian air bertekanan dimasukkan ke dalam tabung tersebut agar mengembang.



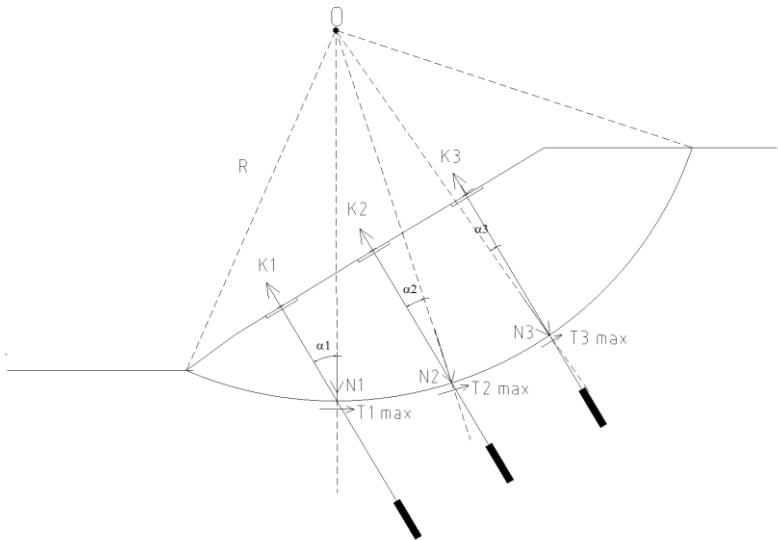
**Gambar 2.10** Metode Pemasangan *Anchor* dengan Tabung Tekanan.

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 Analisa Perhitungan *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

SF = Faktor Keamanan yang terjadi

SF<sub>rencana</sub> = Faktor Keamanan rencana, maka :

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

$$2) \frac{MR + \Delta MR}{\Delta MR} = \frac{SF_{rencana} \times Mov}{(SF_{rencana} - SF) \times Mov}$$

(Sumber : Mochtar, 2014)

Dimana :

$\Delta MR$  = Momen Penahan

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

Mov = Momen *Overtunning*

Nilai Tmax yang terjadi dihitung pada setiap angkur

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

(Dimana nilai  $\delta = \phi$ )

Nilai  $\delta$  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 :

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

$$T_1 \text{ max} = N_1 \times \tan \frac{2}{3} \phi$$

Nilai Tmax pada angkur 2 :

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

$$T_2 \text{ max} = N_2 \times \tan \frac{2}{3} \phi$$

Nilai Tmax pada angkur 3 :

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

$$T_3 \text{ max} = N_3 \times \tan \frac{2}{3} \phi$$

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

#### 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

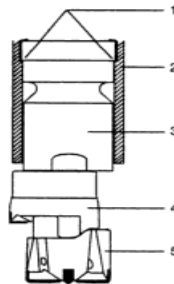


Figure 12.6 Tubex drill bit for advancing casing through soil and weathered rock (courtesy: Sandvik Drilling) 1, Shoulder; 2, Bit tube; 3, Guide; 4, Reamer; 5, Pilot bit.

#### 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

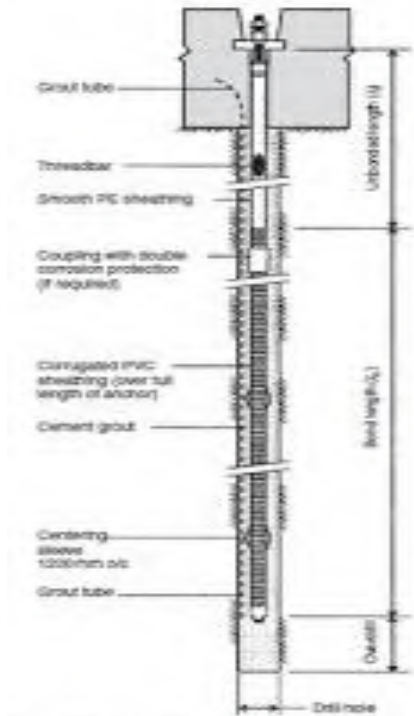


Figure 2.7 Typical threaded rock anchor with double corrosion protection system comprising grouted corrugated plastic sleeve over full length of anchor, and smooth sheath on unbonded length (Class I corrosion protection) (courtesy: DSI Anchor Systems).

**Gambar 2.14** Penentuan dan Dimensi *Anchor*

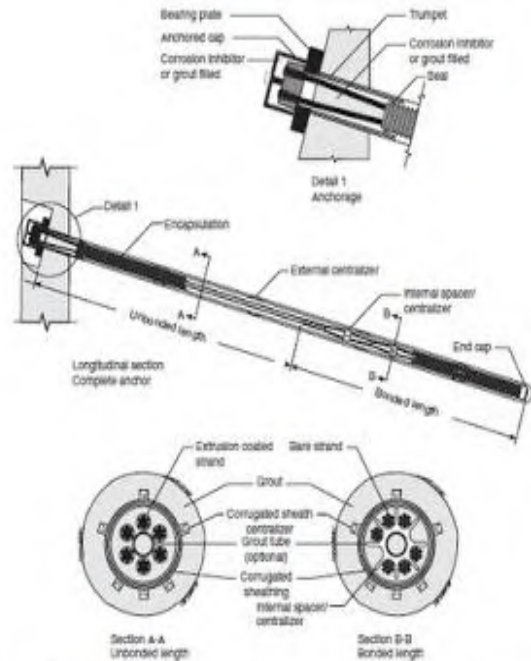


Figure 12.8 Typical multi-strand cable anchor with corrosion protection system comprising grouted corrugated plastic sleeve on bond length, and smooth grouted sheath on unbonded length (courtesy: Lang Tendon Inc.).

### Gambar 2.15 Penentuan dan Dimensi Angkur

3. Korosi, memperkirakan tingkat korosi di lapangan dan mengaplikasikan perlindungan korosi yang sesuai dengan tingkat korosi pada angkur.
4. Tipe Pengikatan (*bond type*), memilih antara semen atau *resin grout* atau *mechanical anchor* untuk mengamankan bagian ujung Angkur pada lubang. Faktor-faktor yang memengaruhi penentuan meliputi diameter lubang, tensile load, panjang anchor, kekuatan batuan, dan kecepatan pemasangan.

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.

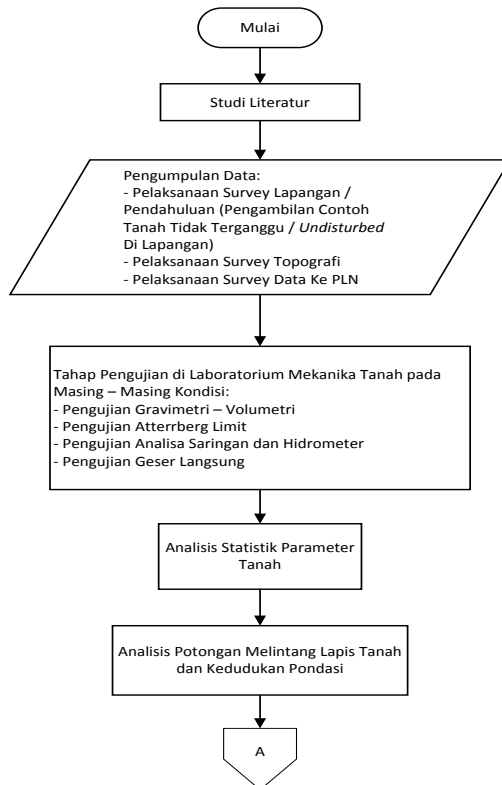
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



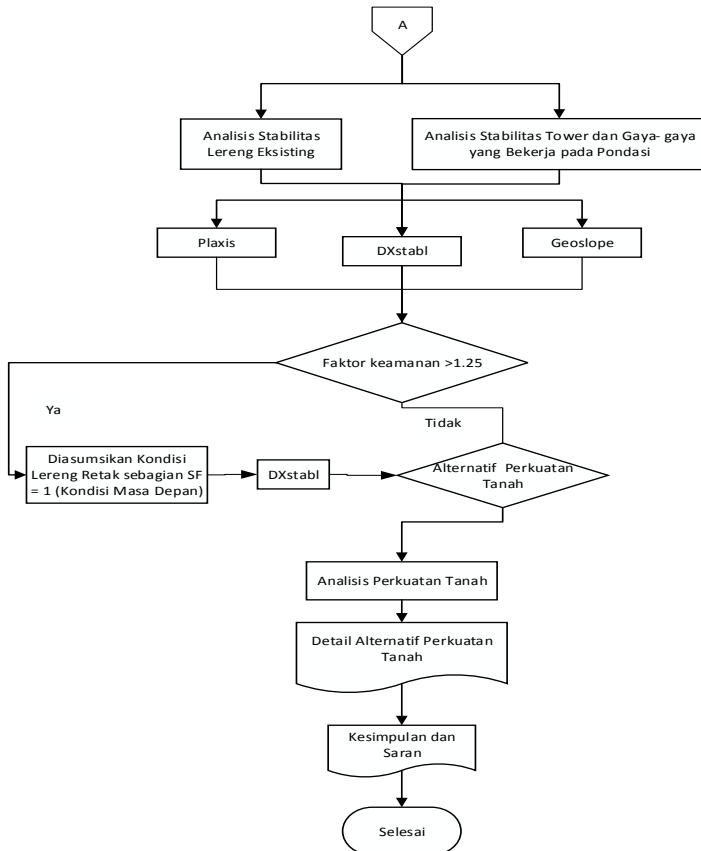
# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam Analisa Kestabilan *Tower* SUTT PLN dan Perencanaan Perkuatan Talud di sekitar *Tower* (Studi kasus *Tower* SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik) adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1a Diagram Alir Analisa Dan Perencanaan Kestabilan Lereng



Gambar 3.1b Diagram Alir Analisa Dan Perencanaan Kestabilan Lereng (lanjutan)

### 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 Segoromadu – Petrokimia Gresik)” melalui tahap persiapan sebagai berikut:

### 1. Survey Pendahuluan

Pelaksanaan survey dengan meninjau langsung pada masing- masing lokasi untuk mengambil contoh tanah (*undisturbed 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:

### **3.3.1 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 :

- a. Penggambaran statistik pendeskripsian tanah menurut jenis tanah dan tingkat kekerasannya.
- b. Pemasukkan data tanah: berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam
- c. Analisa keruntuhan digunakan model *Bishop*

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

### **3.3.2 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*

### **3.3.3 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*), dan 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 lereng pada tahap analisa sebelumnya, faktor keamanan untuk lereng kemudian dapat dihitung. Apabila lereng diketahui aman, maka lereng 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 kondisi 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**

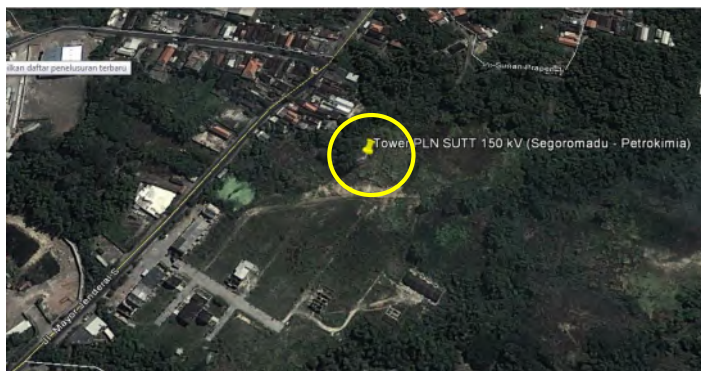
### **DATA DAN ANALISA PARAMETER TANAH**

#### **4.1. Data Tanah**

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data hasil penyelidikan tanah untuk kestabilan *Tower* Anomali PLN APP Surabaya SUTT 150 kV T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan ITS dan PT. PLN (Persero) pada tahun 2013. Data tersebut berupa data pengujian SPT (*Standard Penetration Test*), data dari survey topografi, dan data pengujian di laboratorium. Data SPT dan pengujian di laboratorium merupakan data yang berasal dari 1 titik pengeboran. Penyelidikan tanah dilakukan dengan kedalaman -30.00 meter dari permukaan tanah dasar.

##### **4.1.1. Lokasi Data Tanah**

Lokasi pengujian data tanah dilakukan sebanyak 1 titik pada Titik T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) dengan kedalaman -30.00 meter dari muka tanah.

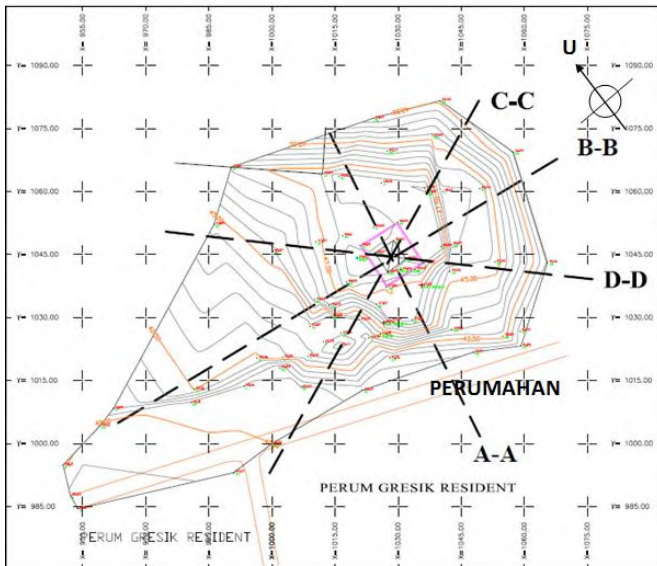


Gambar 4.1 Lokasi *Tower* T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik)

(Sumber : [maps.google.com](https://maps.google.com))

Pada Gambar 4.1 menunjukkan lokasi titik *tower* Anomali PLN APP Surabaya SUTT 150 kV T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik). Titik *tower* ini berada pada koordinat  $-7,17360008979$ ,  $112,627315447$ , koordinat ini diambil dari google.

#### 4.1.2 Perencanaan Titik Peninjauan

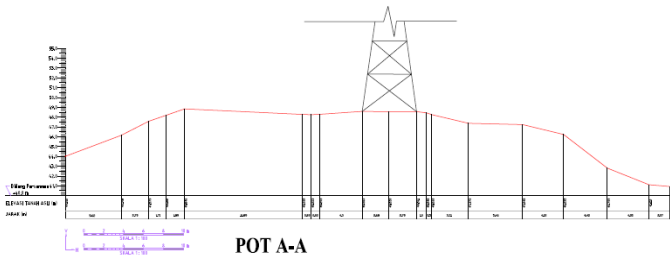


Gambar 4.2 Layout *Tower* T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik)

Berdasarkan layout *Tower* T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) ini, maka dalam menentukan potongan untuk analisa kestabilan *tower* dan perencanaan perkuatan talud di sekitar *tower*, dilakukan peninjauan pada 1 potongan.

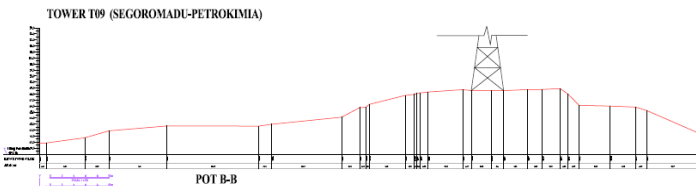


### TOWER T09 (SEGOROMADU-PETROKIMIA)



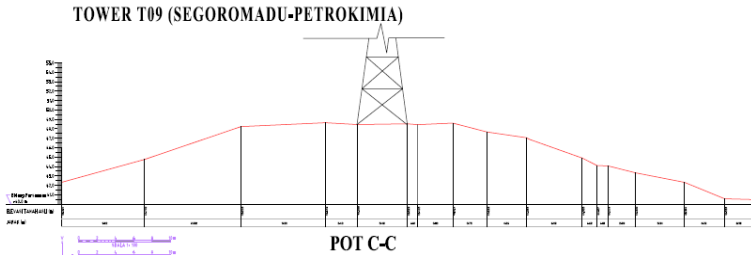
Gambar 4.3a Potongan A-A Dari Hasil Pengukuran Topografi Di Titik T 09 (Segoromadu-Petrokimia)

Pada Gambar 4.3a menunjukkan potongan A – A, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri mempunyai kemiringan maximum  $V : H = 1 : 2,5$ , sedang di sisi sebelah kanan *tower* mempunyai kemiringan maximum  $V : H = 1 : 1,3$ .



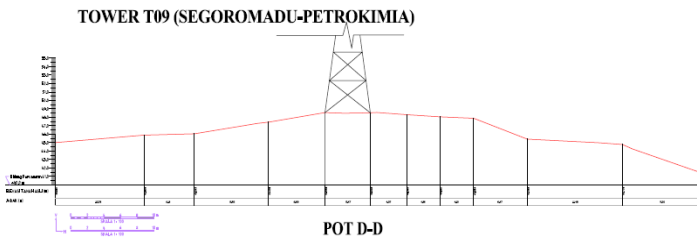
Gambar 4.3b Potongan B - B dari hasil pengukuran topografi di titik T 09 (Segoromadu-Petrokimia)

Pada Gambar 4.3b menunjukkan potongan B – B, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri mempunyai kemiringan maximum  $V : H = 1 : 1,94$ , sedang di sisi sebelah kanan *tower* mempunyai kemiringan maximum  $V : H = 1 : 1,44$ .



Gambar 4.3c Potongan C - C dari hasil pengukuran topografi di titik T 09 (Segoromadu-Petrokimia)

Pada Gambar 4.3c menunjukkan potongan C – C, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri mempunyai kemiringan maximum  $V : H = 1 : 3$ , sedang di sisi sebelah kanan *tower* mempunyai kemiringan maximum  $V : H = 1 : 1,28$ .

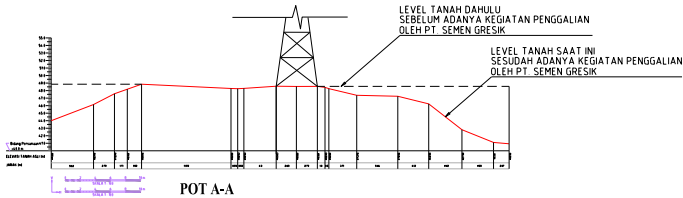


Gambar 4.3d Potongan D - D dari hasil pengukuran topografi di titik T 09 (Segoromadu-Petrokimia)

Pada Gambar 4.3d menunjukkan potongan D – D, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri mempunyai kemiringan maximum  $V : H = 1 : 6,4$ , sedang di sisi sebelah kanan *tower* mempunyai kemiringan maximum  $V : H = 1 : 1,26$ .

Berdasarkan Gambar 4.4 tampak bahwa ketinggian kaki *tower* berada di posisi +48, 57, sedangkan posisi yang terendah adalah di jalan setapak (perumahan),

yaitu pada posisi +40,63, Jadi terjadi perbedaan  $48,57 - 40,63 = 7,91$  m.



Gambar 4.4 Potongan A-A *Tower T.09* (Segoromadu – Petrokimia Gresik)

Potongan perencanaan yang digunakan merupakan Potongan A-A dimana potongan tersebut dianggap paling kritis dikarenakan kemiringannya paling ekstrem. Selain itu juga, pada sisi sebelah selatan (Sisi Kanan) di Potongan A-A tersebut terjadi penggalian batu kapur oleh pabrik PT. Semen Gresik untuk bahan baku pabrik semen. Tanah di sekitar lahan *tower* dibiarkan tidak digali sehingga *tower* tersebut seolah-olah berada di atas suatu bukit kecil yang tersisa akibat tanah sekitarnya digali. Keadaan tersebut diperparah dengan adanya erosi dan kegiatan manusia yaitu penggalian untuk jalan perumahan dan tanah dasar perumahan. Lereng diperkirakan maju karena hujan dan tergerus air (erosi) atau terkikis sehingga terjadi pergerakan tanah. Untuk alasan teknis perlu dilakukan penelitian terhadap kondisi parameter tanah eksisting yang akan dibahas pada Bab V.

### 4.1.3 Data Standar Penetration Test (SPT)

Berdasarkan penyelidikan tanah yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data SPT

No.	Kedalaman [m]	Jenis Tanah	Warna	Kondisi Lapisan Tanah	N-SPT [pukulan/feet]
1	2-4	Lempung Berlanau	Abu-abu Terang	Very Soft	2-4
2	4-8	Lanau Lempung Berpasir	Coklat Terang	Very Soft to Medium	4-8
3	12-26	Lanau Pasir Berlempung	Abu-abu Kecoklatan	Very Stiff to Hard	26-50

Data Modulus Young (E) dan Koefisien Poisson yang dibutuhkan untuk data input pada program bantu didapat dari Tabel Korelasi SPT (JE Bowles, 1984). Langkah pertama adalah menentukan jenis tanah dalam studi kasus talud *Tower SUTT PLN T.09* (Segoromadu – Petrokimia Gresik) ini digunakan tabel Data Konsistensi Tanah untuk Tanah Kohesif (Tabel 4.2) kemudian tabel tersebut bersamaan dengan data SPT di korelasikan ke harga E dan Poisson Ratio (Tabel 4.3).

Tabel 4.2 Data Konsistensi Tanah untuk Tanah Kohesif

N (Blows)	<4	4-6	6-15	16-25	>25
(kN/m <sup>3</sup> )	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

Tabel 4.3 Korelasi Jenis Tanah dengan *Modulus Young* ( *E* )  
dan *Poisson Ratio*  
(*Sumber: JE Bowles, 1984*)

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

Tabel 4.4 Rekapitulasi Data SPT, Modulus Young, dan  
Koef. Poisson untuk *Tower SUTT T.09 Segoromadu –*  
*Petrokimia Gresik*

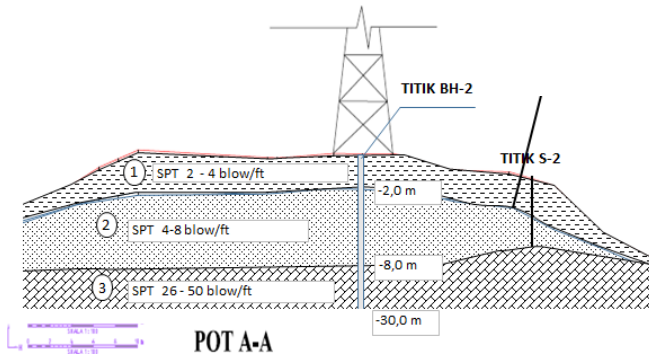
No.	Kedalaman [m]	Jenis Tanah	Warna	Kondisi Lapisan Tanah	N-SPT [pukulan/feet]	Modulus Young [E]	Koef. Poisson
1	2-4	Lempung Berlanau	Abu-abu Terang	Very Soft	2-4	1380	0.2
2	4-8	Lanau Lempung Berpasir	Coklat Terang	Very Soft to Medium	4-8	3450	0.2
3	12-26	Lanau Pasir Berlempung	Abu-abu Kecoklatan	Very Stiff to Hard	26-50	5865	0.2

Data ini nantinya akan dipakai untuk menganalisa kondisi lapisan tanah beserta parameternya.

#### 4.1.4 Data Sondir

Dari hasil penyondiran yang dilakukan di lapangan, hanya mampu menembus lapisan tanah sampai dengan kedalaman -7.80 meter dari muka tanah setempat.

Dari hasil sondir dan data bor log maka dapat digambarkan profil lapisan tanah seperti pada Gambar 4.5.

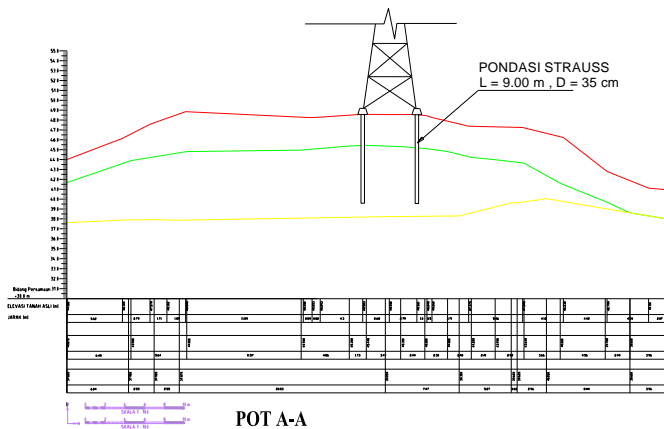


**POT A-A**  
 Gambar 4.5 Profil Lapisan Tanah *Tower T.09*  
 (Segoromadu – Petrokimia Gresik)

#### 4.1.5 Data Pondasi Strauss

Dari hasil penelitian di lapangan, diketahui kedalaman pondasi strauss adalah 9 meter dengan diameter 35 cm.

##### TOWER T09 (SEGOROMADU-PETROKIMIA)



**POT A-A**  
 Gambar 4.6 Sketsa Pondasi Strauss *Tower SUTT PLN T.09*  
 (Segoromadu – Petrokimia Gresik)

Gambar 4.6 menjelaskan sketsa posisi pondasi strauss sebagai pondasi dalam untuk *Tower SUTT PLN T.09* (Segoromadu – Petrokimia Gresik). Dimana ujung pondasi terletak pada lapisan tanah kedua dan terdapat pedestal prisma segiempat setinggi 60 cm.

#### 4.1.6 Penentuan Data Parameter Tanah

Penentuan parameter tanah yang digunakan adalah dengan memilih nilai SPT terkritis dari setiap lapisan tanah. Data terkritis diketahui adalah data SPT pada titik S-2 karena pengujian hanya dilakukan pada satu titik saja.

Tabel 4.5 Parameter Data Tanah Terkritis

Kedalaman	Volumetri + Gravimetri								Consolidation		
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
2	2.546	1.325	83.450	43.430	56.990	1.571	1.095	1.665	-	-	-
4	2.546	1.322	84.443	43.843	56.933	1.577	1.096	1.666	-	-	-
5	2.546	1.316	86.430	44.670	56.820	1.590	1.099	1.668	-	-	-
8	2.518	1.309	86.162	44.786	56.684	1.579	1.090	1.658	-	-	-
10	2.476	1.298	85.760	44.960	56.480	1.562	1.077	1.642	-	-	-
12	2.552	1.233	86.768	41.948	55.184	1.623	1.144	1.696	-	-	-
15	2.603	1.189	87.440	39.940	54.320	1.664	1.189	1.732	-	-	-
20	2.657	1.078	80.750	32.760	51.880	1.698	1.279	1.797	-	-	-
25	2.589	0.945	83.450	30.460	48.590	1.737	1.331	1.817	-	-	-
26	2.507	0.865	84.338	29.076	46.358	1.735	1.345	1.808	-	-	-
30	2.487	0.845	84.560	28.730	45.800	1.735	1.348	1.806	-	-	-

Kedalaman	Sieve Analysis			Atterberg Limit			Strength			Permeabilitas
	Gravel (Kerikil)	Silt (Lanau)	Silt+Clay (Lanau + Lempung)	LL	PL	IP	$\phi$	C	Cu	
2	0							-	0.231	-
4	0	5.090	28.243	14.377	9.903	4.473	0.000	-	0.236	-
5	0	15.270	84.730	43.130	29.710	13.420	0.000	-	0.245	-
8	0	22.498	77.502	43.166	29.274	13.892	0.000	-	0.943	-
10	0	33.340	66.660	43.220	28.620	14.600	0.000	-	1.990	-
12	0	35.566	64.434	42.998	28.524	14.474	0.000	-	1.524	-
15	0	37.050	62.950	42.850	28.460	14.390	0.000	-	1.213	-
20	0	31.980	68.020	43.240	28.670	14.570	0.000	-	1.314	-
25	0	30.660	69.340	43.090	29.350	13.740	0.000	-	1.750	-
26	0	36.612	63.388	44.074	29.486	14.588	0.000	-	2.202	-
30	0	38.100	61.900	44.320	29.520	14.800	0.000	-	2.315	-

Dimana:

G = Gravel (%)

S = Sand (%)

S – CI = Silt – Clay (%)

Gs = Specific Gravity

LL = Liquid Limit (%)

PL = Plastic Limit (%)

IP = Plastic Limit (%)

Wc = Water Content (%)

e	= Void Ratio	n	= Porosity (%)
Sr	= Degree of saturated (%)	$\gamma_t$	=Wet density (gg/cc)
$\gamma_{sat}$	= Saturated density (gg/cc)		
C	= Cohession(kg/cm <sup>2</sup> )		
$\gamma_d$	= Dry density (gg/cc)		
f	= Angle of internal friction (degree)		
Cu	= Cohession undrained (kg/cm <sup>2</sup> )		
Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )		
Cc	= Commpression Index		
Cv	= Compression of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)		

Parameter tanah yang digunakan adalah parameter tanah sesuai dengan kedalaman lapisan yang sudah diklasifikasikan berdasarkan nilai SPT (Tabel 4.6).

Tabel 4.6 Parameter Data Tanah Terkritis yang Digunakan

Kedalaman	Volumetri + Gravimetri							Consolidation			
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
2-4	2.546	1.324	83.947	43.637	56.962	1.574	1.096	1.666	-	-	-
4-8	2.537	1.316	85.678	44.433	56.812	1.582	1.095	1.664	-	-	-
12-26	2.582	1.062	84.549	34.837	51.266	1.692	1.258	1.770	-	-	-

Kedalaman	Sieve Analysis			Atterberg Limit			Strength	Permeabilitas		
	Gravel (Kerikil)	Silt (Lanau)	Silt+Clay (Lanau + Lempung)	LL	PL	IP	f	C	Cu	
2-4	0	5.090	28.243	14.377	9.903	4.473	0	-	0.233	-
4-8	0	14.286	63.492	33.558	22.962	10.595	0	-	0.475	-
12-26	0	34.374	65.626	43.250	28.898	14.352	0	-	1.601	-

## 4.2 Data Analisa Menggunakan Program Bantu

### *DxStable, Plaxis, dan GeoSlope*

#### 4.2.1 Data Koordinat Lapisan

Berdasarkan gambar layout *Tower* T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) pada potongan A-A maka didapat koordinat ujung potongan sebelah kiri adalah x,y (1013.75 ; 1073.89) dan ujung potongan sebelah kanan adalah x,y (1040.73 ; 1026.40) dengan total panjang horizontal 60.90 meter. Data hasil SPT kemudian digambarkan per lapisan dan diberi koordinat untuk tiap titiknya sebagai input data untuk analisa



kestabilan *tower* dan perencanaan perkuatan talud di sekitar talud menggunakan *DxStable*, *Plaxis*, dan *GeoSlope*. Selain itu, data koordinat, data parameter tanah per lapisan, serta beban dan gaya *tower* merupakan input data pada *DxStable*, *Plaxis*, dan *GeoSlope*.

Pada koordinat lapisan potongan A-A, untuk panjang horizontal ditambah 20 meter sebagai panjang bantu tambahan panjang inisiasi untuk analisa *overall failure (external stability)*. Koordinat untuk kedalaman dibatasi hingga kedalaman sesuai SPT yaitu 30 meter dari permukaan tanah paling atas.

- a. Koordinat Lapisan Potongan A-A *Tower* 09 (Segoromadu - Petrokimia Gresik) untuk Program Bantu *DxStable*

Dengan memplotkan garis kontur, didapatkan koordinat lapisan tanah untuk penggambaran geometri analisa tanah dengan Program Bantu *DxStable* sebagai berikut.

Tabel 4.7a Koordinat Lapisan Tanah Sisi Kiri untuk Program Bantu *DxStable* Potongan A-A Tower 09 (Segoromadu - Petrokimia Gresik)

Surface (Lapisan 1)		Subsurface (Lapisan 2)		Subsurface (Lapisan 3)	
x	y	x	y	x	y
0	25.450	0	23.120	0	19.070
20.000	25.450	20.000	23.120	20.000	19.070
25.620	27.598	26.480	25.350	26.240	19.350
28.410	29.029	32.120	26.260	28.830	19.370
30.120	29.632	43.690	26.410	31.380	19.320
32.010	30.296	48.550	26.830	52.210	19.670
43.900	29.730	50.280	26.890	59.680	19.750
44.790	29.703	53.750	26.760	64.950	21.070
45.610	29.743	56.190	26.570	65.550	21.070
49.910	30.033	58.490	26.260	68.500	21.500
52.590	30.000	60.890	25.670	76.940	20.060
55.380	30.011	63.310	25.440	80.900	19.410
56.380	29.698	66.230	25.090	100.900	19.410
56.880	29.710	69.890	23.050		
60.590	28.825	74.450	21.210		
66.050	28.695	76.940	20.060		
70.180	27.685	80.900	19.410		
74.600	24.249	100.900	19.410		
78.800	22.560				
80.900	21.740				
100.900	21.740				

Pemodelan sisi kiri lereng dengan koordinat dapat dilihat pada Gambar 4.7.



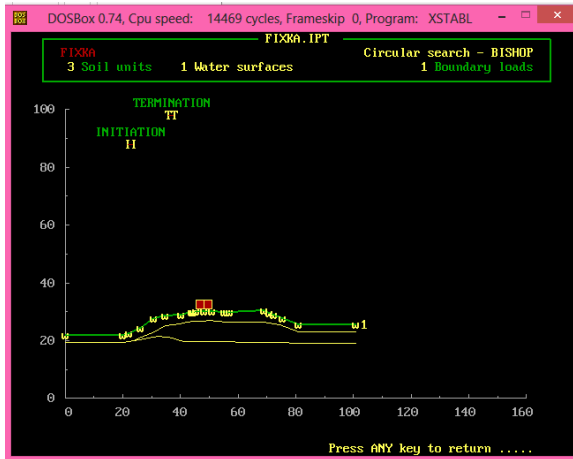
Gambar 4.7 Pemodelan Geometri Lereng Sisi Kiri *Tower* PLN T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) dengan Program Bantu *DxStable*

Pada program bantu *DxStable*, analisa dilakukan hanya pada sisi sebelah kiri sedangkan untuk analisa sisi kanan, koordinat perlu dicerminkan (Tabel 4.7b) sehingga analisa untuk kedua sisi bisa dilakukan.

Tabel 4.7b Koordinat Lapisan Tanah Sisi Kanan untuk Program Bantu *DxStable* Potongan A-A Tower 09 (Segoromadu - Petrokimia Gresik)

Surface (Lapisan 1)		Subsurface (Lapisan 2)		Subsurface (Lapisan 3)	
x	y	x	y	x	y
0.000	21.740	0.000	19.410	0.000	19.410
20.000	21.740	20.000	19.410	20.000	19.410
22.100	22.560	23.960	20.060	23.960	20.060
26.300	24.249	26.450	21.210	32.400	21.500
30.720	27.685	31.010	23.050	35.350	21.070
34.850	28.695	34.670	25.090	35.950	21.070
40.310	28.825	37.590	25.440	41.220	19.750
44.020	29.710	40.010	25.670	48.690	19.670
44.520	29.698	42.410	26.260	69.520	19.320
45.520	30.011	44.710	26.570	72.070	19.370
48.310	30.000	47.150	26.760	74.660	19.350
50.990	30.033	50.620	26.890	80.900	19.070
55.290	29.743	52.350	26.830	100.900	19.070
56.110	29.703	57.210	26.410		
57.000	29.730	68.780	26.260		
68.890	30.296	74.420	25.350		
70.780	29.632	80.900	23.120		
72.490	29.029	100.900	23.120		
75.280	27.598				
80.900	25.450				
100.900	25.450				

Pemodelan sisi kanan lereng dengan koordinat dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pemodelan Geometri Lereng Sisi Kanan *Tower* PLN T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) dengan Program Bantu *DxStable*

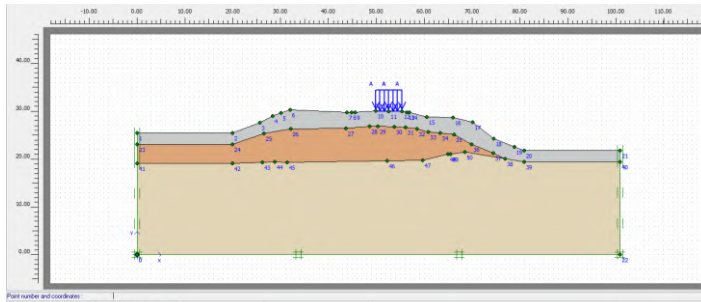
- b. Koordinat Lapisan Potongan A-A *Tower* 09 (Segoromadu - Petrokimia Gresik) untuk Program Bantu *Plaxis*

Dengan memplotkan garis kontur, didapatkan koordinat lapisan tanah untuk penggambaran geometri analisa tanah dengan Program Bantu *Plaxis* sebagai berikut.

Tabel 4.7c Koordinat Lapisan Tanah untuk Program Bantu *Plaxis* Potongan A-A *Tower* 09 (Segoromadu - Petrokimia Gresik)

Surface (Lapisan 1)		Subsurface (Lapisan 2)		Subsurface (Lapisan 3)	
x	y	x	y	x	y
0	25.450	0	23.120	0	19.070
20.000	25.450	20.000	23.120	20.000	19.070
25.620	27.598	26.480	25.350	26.240	19.350
28.410	29.029	32.120	26.260	28.830	19.370
30.120	29.632	43.690	26.410	31.380	19.320
32.010	30.296	48.550	26.830	52.210	19.670
43.900	29.730	50.280	26.890	59.680	19.750
44.790	29.703	53.750	26.760	64.950	21.070
45.610	29.743	56.190	26.570	65.550	21.070
49.910	30.033	58.490	26.260	68.500	21.500
52.590	30.000	60.890	25.670	76.940	20.060
55.380	30.011	63.310	25.440	80.900	19.410
56.380	29.698	66.230	25.090	100.900	19.410
56.880	29.710	69.890	23.050		
60.590	28.825	74.450	21.210		
66.050	28.695	76.940	20.060		
70.180	27.685	80.900	19.410		
74.600	24.249	100.900	19.410		
78.800	22.560				
80.900	21.740				
100.900	21.740				

Pada program bantu *Plaxis*, analisa dapat dilakukan pada kedua sisi talud sehingga data koordinat tidak perlu dicerminkan. Pemodelan lereng sesuai dengan koordinat dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pemodelan Geometri Lereng *Tower* PLN T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) dengan Program Bantu *Plaxis*

- c. Koordinat Lapisan Potongan A-A *Tower* 09 (Segoromadu - Petrokimia Gresik) untuk Program Bantu *GeoSlope*

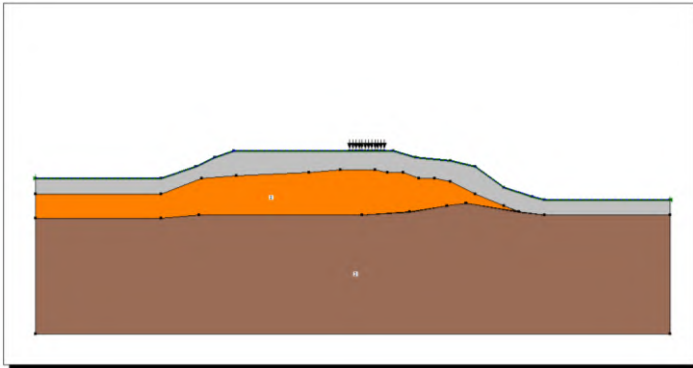
Dengan memplotkan garis kontur, didapatkan koordinat lapisan tanah untuk penggambaran geometri analisa tanah dengan Program Bantu *Geoslope* sebagai berikut.

Tabel 4.7d Koordinat Lapisan Tanah untuk Program Bantu  
*GeoSlope* Potongan A-A Tower 09 (Segoromadu -  
 Petrokimia Gresik)

Surface (Lapisan 1)		Subsurface (Lapisan 2)		Subsurface (Lapisan 3)	
x	y	x	y	x	y
0	25.5	0	23	0	19
20	25.5	20	23	20	19
25.5	27.5	26.5	25.5	26	19.5
28.5	29	32	26	29	19.5
30	29.5	43.5	26.5	31.5	19.5
32	30	48.5	27	52	19.5
44	30	50	27	59.5	20
45	30	54	27	65	21
45.5	30	56	26.5	65.5	21
50	30	58.5	26.5	68.5	21.5
52.5	30	61	25.5	77	20
55.5	30	63.5	25.5	81	19.5
56.5	30	66	25	101	19.5
57	30	70	23		
60.5	29	74.5	21		
66	28.5	77	20		
70	27.5	81	19.5		
74.5	24	101	19.5		
79	22.5				
81	22				
101	22				

Pemodelan lereng sesuai dengan koordinat dapat dilihat pada Gambar 4.10.





Gambar 4.10 Pemodelan Geometri Lereng *Tower* PLN T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) dengan Program Bantu *Geoslope*

#### 4.2.2 Data Beban *Tower*

Pada analisa *Tower* T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) juga diperlukan data gaya – gaya yang terjadi seperti, beban mati dari *tower* itu sendiri, gaya dari kabel, beban angin pada kawat, dan beban angin pada *tower*. Sehubungan dengan tidak didapatkannya data- data tersebut untuk *Tower* Anomali PLN APP Surabaya SUTT 150 kV T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) dari PLN, maka data gaya – gaya yang digunakan merupakan data ekuivalensi dari data dengan jenis *tower* yang sama.

Tabel 4.8 Reaksi Pondasi *Tower* T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik)  
(Sumber: Adhi Kusnadi, 2008)

Reaksi 1 Kaki Akibat	Beban Mati (Ton)	Gaya Kabel (Ton)	Angin pada Kawat (Ton)	Angin pada <i>Tower</i> (Ton)	Total (Ton)
R <sub>tekan</sub> Maksimum	10.24	4.5	1.711	89.425W	16.4502+563.5W
R <sub>tarik</sub> Maksimum	10.24	-4.5	-1.711	-89.425W	10.377+563.5W
RH Maksimum					10.648

Untuk input data pada program bantu *DxStable*, *Plaxis*, dan *GeoSlope* data beban dan gaya yang terjadi pada *tower* adalah jumlah beban merata.

Tabel 4.9 Perhitungan Reaksi Pondasi *Tower* T.09  
(Segoromadu – Petrokimia Gresik)

Panjang Sisi Luasan <i>Tower</i>	Luasan	Beban Angin	Total Beban Vertikal	Beban Vertikal per Satu Kaki		Beban Merata	
				[Ton]	[kN]	[Ton/m <sup>2</sup> ]	[kPa]
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
5.386	29.006	0.040	38.990	9.748	97.476	1.344	13.442

Keterangan:

- a = Panjang sisi luasan *tower*  
= 5.386 m
- b = Luasan keseluruhan  
= panjang sisi (a) x panjang sisi (a)  
= 5.386 x 5.386  
= 29.006 m<sup>2</sup>
- c = Beban angin jauh dari pantai  
= 40 kg/cm<sup>2</sup> = 0.04 t/m<sup>2</sup> (PBI 1971)
- d = Total beban vertikal = R<sub>tekan</sub> maksimum  
= 16.4502 + (563.5 x 0.04)  
= 38.990 ton

- e = Beban vertikal per satu kaki  
= Total beban vertikal (d) : 4 kaki  
=  $38.990 : 4$   
= 9.748 ton
- f = Beban merata  
= Total beban vertikal (d) : luasan (b)  
=  $38.990 : 29.006$   
=  $1.344 \text{ ton/m}^2 \approx 13.442 \text{ kPa}$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **ANALISA KESTABILAN TOWER DAN PERENCANAAN ALTERNATIF PERKUATAN TALUD**

#### **5.1 Umum**

*Tower* Anomali PLN APP Surabaya SUTT 150 kV T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) sebagai salah satu *tower* induk utama yang menghubungkan aliran listrik Pulau Jawa tidak boleh terganggu kestabilannya. Untuk menjamin hal tersebut dan untuk mengatasi kekhawatiran pihak PLN, dilakukan analisa kestabilan *tower* dan talud sekitar *tower*. Analisa kestabilan dilakukan menggunakan program bantu *DxStable*, *Plaxis*, *Geoslope*.

#### **5.2 Analisa Stabilitas Talud**

##### **5.2.1 Analisa Stabilitas Talud Menggunakan Program Bantu *DxStable***

Sebelum melakukan analisa stabilitas, seperti yang telah disebutkan pada Bab IV bahwa di lokasi perencanaan telah dilakukan pengujian tanah dengan tes boring sebanyak 1 titik dengan 3 lapisan. Data hasil tes tersebut dibuat permodelan menggunakan program bantu *DxStable* untuk mendapatkan hasil angka keamanan. Dilakukan analisa dimana muka air tanah diasumsikan dalam keadaan tinggi pada permukaan lapisan tanah paling atas seperti terlihat pada Gambar 5.1.

Untuk data parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Parameter Tanah untuk Analisa dengan Program Bantu *DxStable*

Lapisan Tanah ke-	$\gamma_t$ T/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ T/m <sup>3</sup>	C T/m <sup>2</sup>	$\phi$ derajat
1	1.574	1.666	2.333	0
2	1.582	1.664	4.746	0
3	1.692	1.770	16.006	0

Keterangan:

$\gamma_t$  = Berat volume tanah basah

$\gamma_{sat}$  = Berat volume tanah jenuh

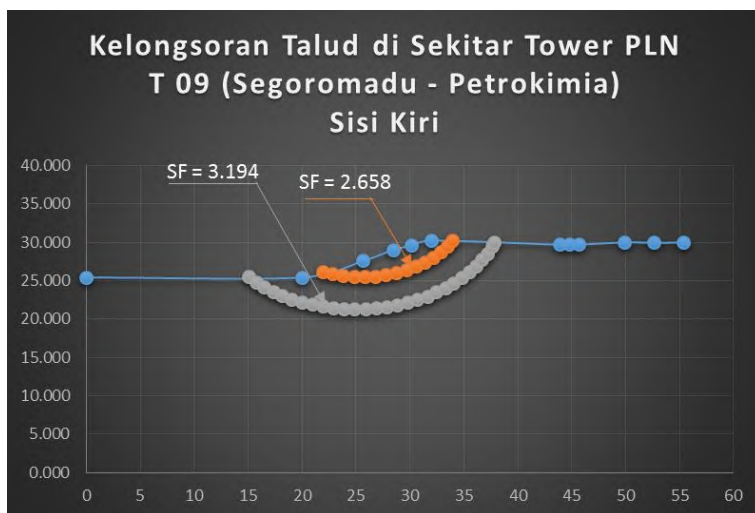
$C$  = Kohesi tanah

$\phi$  = Sudut geser dalam tanah



Gambar 5.1 Posisi Muka Air pada Permukaan Lapisan Tanah Paling Atas Talud Sisi Kiri

Hasil dari analisa kelongsoran talud di sekitar *Tower SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik Potongan A – A* untuk sisi kiri dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Kelongsoran Talud di Sekitar *Tower* Sisi Kiri

Dari hasil untuk analisa kestabilan talud *Tower* T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) sisi sebelah kiri terlihat bahwa faktor keamanan terkecil sebesar **2.658** yang terjadi pada analisa *internal stability*.

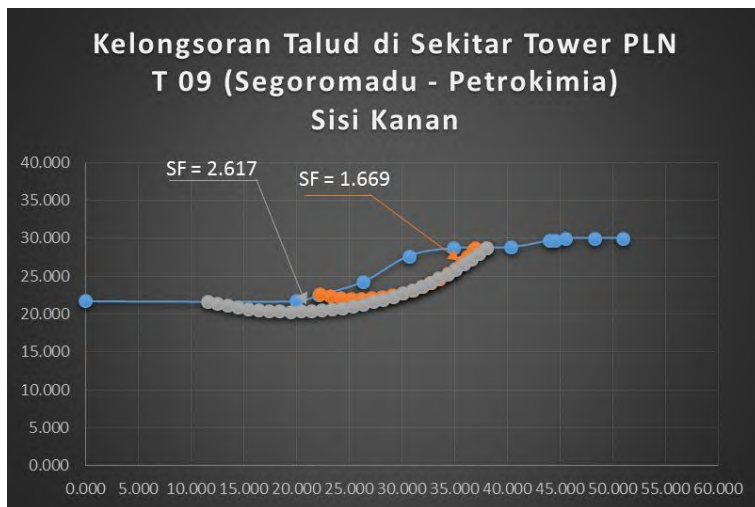
Analisa selanjutnya dilakukan untuk talud sisi kanan dimana muka air tanah diasumsikan dalam keadaan tinggi pada permukaan lapisan tanah paling atas seperti terlihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Posisi Muka Air pada Permukaan Lapisan Tanah Paling Atas Talud Sisi Kanan

Hasil dari analisa kelongsoran talud di sekitar *Tower SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik Potongan A – A* untuk sisi kanan dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.





Gambar 5.4 Kelongsoran Talud di Sekitar *Tower* Sisi Kanan

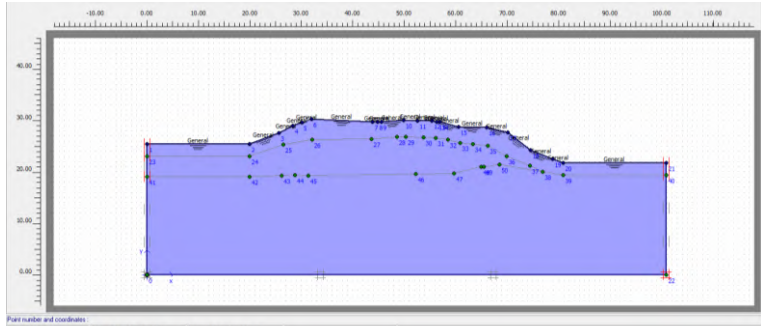
Dari hasil untuk analisa kestabilan talud *Tower* T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) sisi sebelah kiri terlihat bahwa faktor keamanan terkecil sebesar **1.669** yang terjadi pada analisa *internal stability*.

Dari Gambar 5.2 dan 5.4 terlihat bahwa angka keamanan terkecil untuk program bantu *DxStable* berada pada sisi kanan sebesar **1.669** lebih besar dari syarat untuk SF terkecil adalah 1.25. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi talud di sekitar *Tower* T.09 (Segoromadu – Petrokimia Gresik) sisi kanan maupun kiri aman dan tidak terjadi kelongsoran.

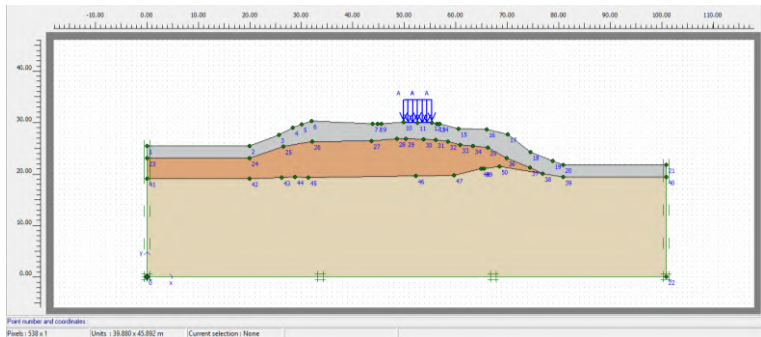
### 5.2.2 Analisa Stabilitas Talud Menggunakan Program Bantu *Plaxis*

Sama halnya seperti analisa menggunakan program bantu *DxStable*, analisa program bantu *Plaxis* bertujuan untuk mendapatkan hasil angka keamanan. Dilakukan analisa dimana muka air tanah diasumsikan dalam keadaan tinggi pada

permukaan lapisan tanah paling atas (Gambar 5.5). Beban *tower* diasumsikan beban merata seperti terlihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.5 Kondisi Muka Air Tanah pada Lapisan Paling Atas



Gambar 5.6 Pemodelan Beban *Tower* Merata

Tabel 5.2 Data Parameter Tanah untuk Analisa dengan Program Bantu *Plaxis*

Lapisan Tanah ke-	$\gamma_t$ T/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ T/m <sup>3</sup>	C T/m <sup>2</sup>	$\phi$ derajat
1	1.574	1.666	2.333	0
2	1.582	1.664	4.746	0
3	1.692	1.770	16.006	0

Keterangan:

$\gamma_t$  = Berat volume tanah basah

$\gamma_{sat}$  = Berat volume tanah jenuh

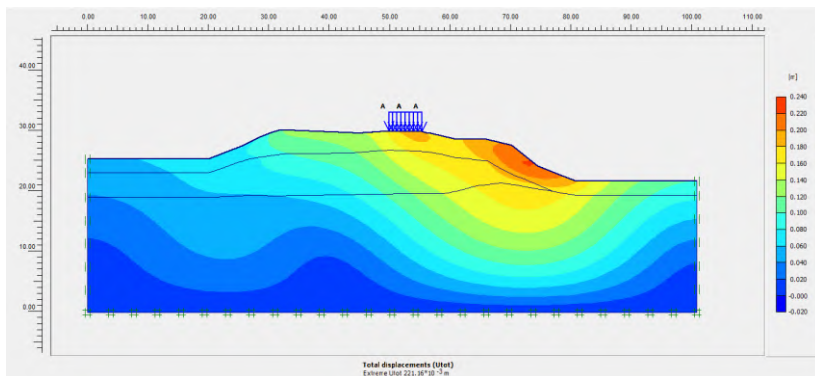
$C$  = Kohesi tanah

$\phi$  = Sudut geser dalam tanah

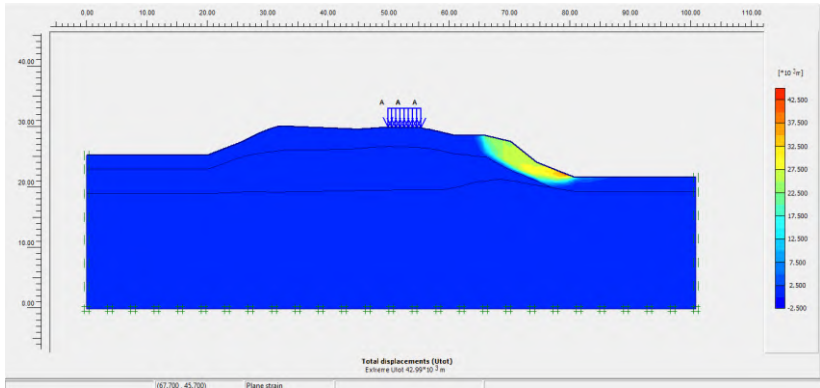
Pada program bantu *Plaxis*, pemodelan dibagi menjadi 2 fase yaitu fase 1 merupakan fase pada kondisi tanah plastis. Kondisi tanah merupakan tanah initial ketika diberi pembebanan. Fase ke 2 adalah fase *phi/c reduction* yaitu kondisi dimana parameter tanah diperhitungkan.

Hasil dari analisa kelongsoran talud di sekitar *Tower SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik Potongan A – A* untuk kedua fase dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan 5.8.

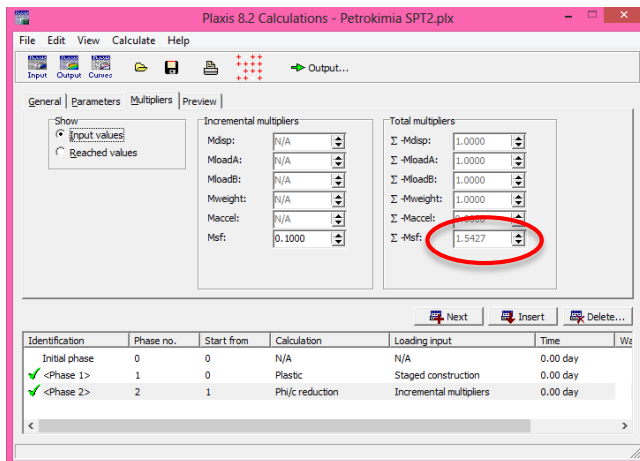
Gambar 5.7 merupakan hasil pemodelan pada kondisi fase 1 (Kondisi Plastis) dengan faktor keamanan sebesar 1. Pada Gambar 5.8 didapat hasil pemodelan pada fase *Phi/c Reduction* dengan faktor keamanan sebesar 1.5427.



Gambar 5.7 Pemodelan *Total Displacement* pada *Phase 1, Plastic Condition*



Gambar 5.8 Pemodelan *Total Displacement* pada *Phase 2, Phi/c Reduction*



Gambar 5.9 Hasil Perhitungan SF terkecil untuk Program Bantu *Plaxis*

Pada Gambar 5.9 didapat SF untuk Program Bantu *Plaxis* sebesar **1.5427**. Maka dapat disimpulkan bahwa kondisi stabilitas talud pada *Tower T.09* (Segoromadu – Petrokimia Gresik) dengan menggunakan program bantu *Plaxis* sudah aman karena

SF yang ada, SF = **1.5427** lebih besar dari syarat SF minimum, SF = **1.25**

### 5.2.3 Analisa Stabilitas Talud Menggunakan Program Bantu *GeoSlope*

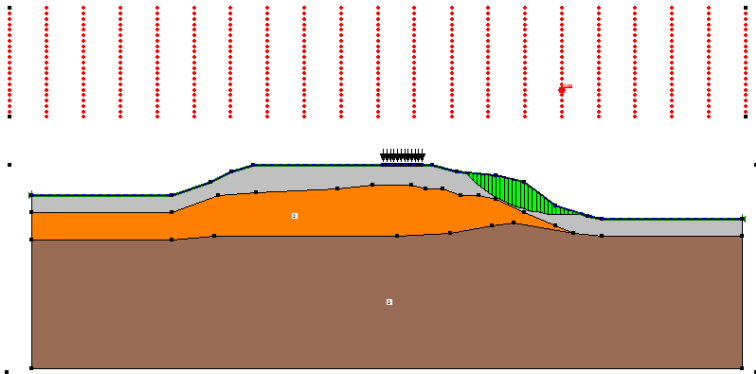
Sama halnya seperti analisa menggunakan program bantu *DxStable* dan *Plaxis*, analisa program bantu *Geoslope* bertujuan untuk mendapatkan hasil angka keamanan. Dilakukan analisa dimana muka air tanah diasumsikan dalam keadaan tinggi pada permukaan lapisan tanah paling atas. Untuk analisa menggunakan *Geoslope*, beban *tower* diasumsikan beban merata.

Tabel 5.3 Data Parameter Tanah untuk Analisa dengan Program Bantu *Geoslope*

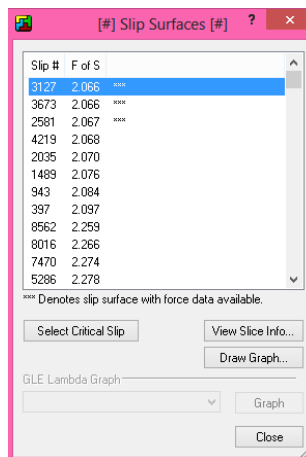
Lapisan Tanah ke-	$\gamma_t$ T/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ T/m <sup>3</sup>	C T/m <sup>2</sup>	$\phi$ derajat
1	1.574	1.666	2.333	0
2	1.582	1.664	4.746	0
3	1.692	1.770	16.006	0

Keterangan:

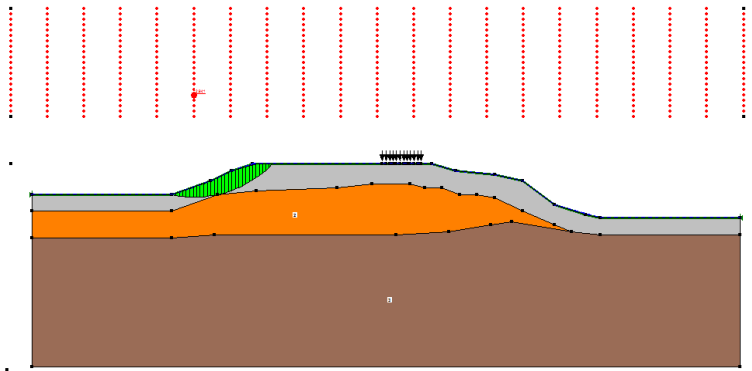
- $\gamma_t$  = Berat volume tanah basah
- $\gamma_{sat}$  = Berat volume tanah jenuh
- C = Kohesi tanah
- $\phi$  = Sudut geser dalam tanah



Gambar 5.10 Pemodelan *Slope Sliding Tower* SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik Potongan A – A Sisi Kanan dengan Program Bantu *Geoslope*



Gambar 5.11 Hasil Perhitungan SF terkecil *Tower* SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik Potongan A – A Sisi Kanan dengan Program Bantu *Geoslope*



Gambar 5.12 Pemodelan *Slope Sliding Tower* SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik Potongan A – A Sisi Kiri dengan Program Bantu *Geoslope*

Slip #	F of S
2319	2.941 ****
1773	2.944 ****
1227	2.956 ****
681	2.985
2865	2.987
135	3.035
3411	3.038
3957	3.087
4503	3.136
5049	3.185
5595	3.233
6141	3.281

\*\*\*\* Denotes slip surface with force data available.

Select Critical Slip View Slice Info... Draw Graph... GLE Lambda Graph Graph Close

Gambar 5.13 Hasil Perhitungan SF terkecil *Tower* SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik Potongan A – A Sisi Kiri dengan Program Bantu *Geoslope*

Gambar 5.10 menunjukkan kelongsoran tanah yang terjadi pada talud di sekitar lereng pada sisi kanan dengan SF = **2.066**,

sedangkan Gambar 5.12 menunjukkan kelongsoran tanah pada talud sisi kiri dengan SF = **2.941**. Kelongsoran dengan SF terkecil berada di sisi kanan dengan faktor keamanan sebesar **2.066** yang lebih besar dari faktor keamanan minimum 1.25.

Didapatkan besaran faktor keamanan untuk masing-masing analisa sebagai berikut:

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Angka Keamanan dengan Ketiga Program Bantu

Program Bantu	SF			
	Kiri		Kanan	
DxStable	Overall Stability	Internal Stability	Overall Stability	Internal Stability
	3.194	2.658	2.617	1.669
Plaxis	<b>1.540</b>			
GeoSlope	2.941		2.066	

Dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan terkecil dari ketiga program bantu tersebut adalah dengan menggunakan program bantu Plaxis dengan SF sebesar **1.540**, lebih besar dari SF minimum sebesar **1.25** artinya stabilitas talud di sekitar *tower* aman.

Menurut Mochtar (2014), pada lereng – 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 lapisan tanah seolah – olah dianggap pasir (*behaving like sand*). Kondisi tersebut menyebabkan stabilitas talud menjadi tidak aman di masa depan sehingga perlu adanya perkuatan talud.



### 5.3 Perencanaan Perkuatan Talud

#### 5.3.1 Penentuan Alternatif Perkuatan Tanah

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 Segoromadu – Petrokimia 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 Segoromadu – Petrokimia Gresik*. Alternatif perkuatan tanah lain adalah *Ground Anchor* dengan type *Tie Back Grouting*. Untuk pelaksanaan *ground anchor*, lereng 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 murah. Oleh karena itu, alternatif *Ground Anchor Tie Back Grouting* merupakan alternatif perkuatan tanah paling sesuai untuk talud di sekitar *Tower SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik* dibandingkan dengan alternatif lainnya.

#### 5.3.2 Perubahan Parameter Tanah Akibat Terjadinya Pelapukan

Hasil analisa perhitungan faktor keamanan dengan menggunakan program bantu *DxStable*, *Plaxis*, dan *GeoSlope*, ketiganya menunjukkan faktor keamanan terkecil sebesar **1.540**, lebih besar dari faktor keamanan minimum  $SF > 1.25$  yang artinya stabilitas talud di sekitar *tower T.09 (Segoromadu – Petrokimia 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 talud difungsikan sebagai kestabilan terhadap erosi dan kelongsoran akibat adanya pengaruh air hujan dan pelapukan yang berlangsung terus menerus sepanjang tahun. Hujan lebat yang terjadi mengakibatkan muka air tanah naik dan berada pada lapisan paling atas dari talud. Air hujan kemudian menyerap ke tanah yang retak sehingga pori tanah terisi air dan mengalami pelapukan (Mochtar, 2014). Kondisi tersebut tidak dapat diketahui oleh manusia secara pasti, oleh karena itu lapisan tanah diasumsikan terjadi pelapukan sebagian atau berubah menjadi pasir sehingga parameter tanah berubah menjadi sebagai berikut :

Tabel 5.5 Perubahan Parameter Tanah Akibat Terjadinya Pelapukan

Lapisan Tanah ke-	$\gamma_t$ T/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ T/m <sup>3</sup>	C T/m <sup>2</sup>	$\phi$ derajat
1	1.574	1.666	0.5	30
2	1.582	1.664	4.746	0
3	1.692	1.770	16.006	0

Keterangan:

$\gamma_t$  = Berat volume tanah basah

$\gamma_{sat}$  = Berat volume tanah jenuh

C = Kohesi tanah

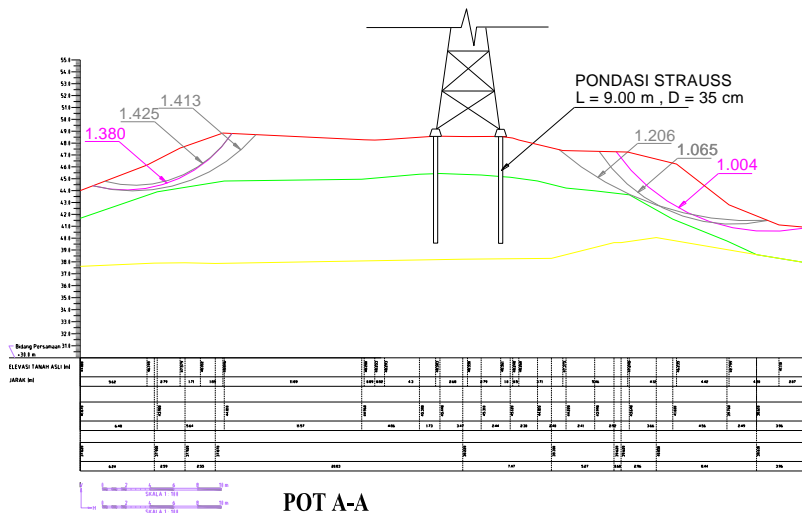
$\phi$  = Sudut geser dalam tanah

Tabel 5.5 menunjukkan tabel perubahan harga parameter tanah akibat terjadinya pelapukan sebagian. Tampak bahwa lapis pertama dianggap menjadi pasir dengan sedikit lempung. Harga kohesi tanah berubah yang semula untuk lapis 1 harga  $C_u = 2.333$  T/m<sup>2</sup>, setelah terjadi pelapukan berubah menjadi 0.5 T/m<sup>2</sup> dan sudut geser dalam dari 0° berubah menjadi 30°, sedangkan parameter untuk lapisan tanah kedua dan ketiga tetap seperti tanah *initial*. Perubahan nilai parameter tanah untuk  $C_u$  dan sudut geser berdasarkan anggapan bahwa lempung seolah-olah berperilaku sebagai pasir (*behaving like sand*)

(Mochtar, 2014). Nilai  $0.5 \text{ T/m}^2$  untuk  $C_u$  dan  $30^\circ$  untuk sudut geser didapat dari hasil *trial and error* pada program bantu *DxStable* agar didapat nilai SF minimal 1 ( $< 1.25$ ) yang berarti tanah telah lapuk sebagian menjadi pasir.

Hasil dari analisa menggunakan program bantu *DxStable* dengan parameter tanah baru dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan tergambar pada Gambar 5.14.

### TOWER T09 (SEGOROMADU-PETROKIMIA)



Gambar 5.14 Bidang Kelongsoran sekitar Talud Setelah Terjadi Pelapukan

Gambar 5.14 menunjukkan bidang kelongsoran talud di sekitar *tower* akibat pelapukan dan perubahan parameter. Analisa lereng tersebut dilakukan 3 (tiga) kali percobaan di sekitar *Tower* SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik Potongan A – A sisi kanan maupun sisi kiri dengan hasil analisa seperti pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Analisa *DxStabl* Kondisi Tanah Lapuk

Posisi	SF	Circle Center		Radius (m)	MR (Tm)
		x-coord (m)	y-coord (m)		
Kiri	1.38	23.83	36.3	10.8	156.30
	1.425	24.61	35.71	9.81	125.50
	1.413	24.45	39.1	13.67	255.70
Kanan	<b>1.004</b>	<b>22.88</b>	<b>37.77</b>	<b>15.75</b>	<b>318.50</b>
	1.065	25.92	36.07	13.45	300.90
	1.206	24.38	47.8	24.89	641.00

Keterangan:

SF = Faktor keamanan sliding

x,y = Koordinat pusat lingkaran sliding (meter)

Radius = Jari – jari lingkaran sliding (meter)

MR = Momen Penahan (Tm)

Dari hasil analisa, terlihat bahwa SF terkecil pada sisi kanan dengan besaran SF = **1.004**, lebih kecil dari 1.25 yang berarti talud tidak aman dan mengalami pelapukan sebagian. Untuk menanggulangi kelongsoran lereng akibat pelapukan yang terjadi karena perubahan parameter tersebut, dipilih alternatif perkuatan tanah yaitu *Ground Anchor* jenis *Tie Backs Grouting* dengan penahan berupa *grouting* beton dan *head anchor* berupa balok penahan beton. Alternatif tersebut dipilih karena merupakan alternatif paling tepat untuk tanah lempung. Walaupun asumsi perhitungan berdasarkan parameter tanah pasir setelah terjadi pelapukan, tetapi pemasangan perkuatan dilakukan pada lapisan tanah bawah/tanah *initial* yaitu tanah lempung.

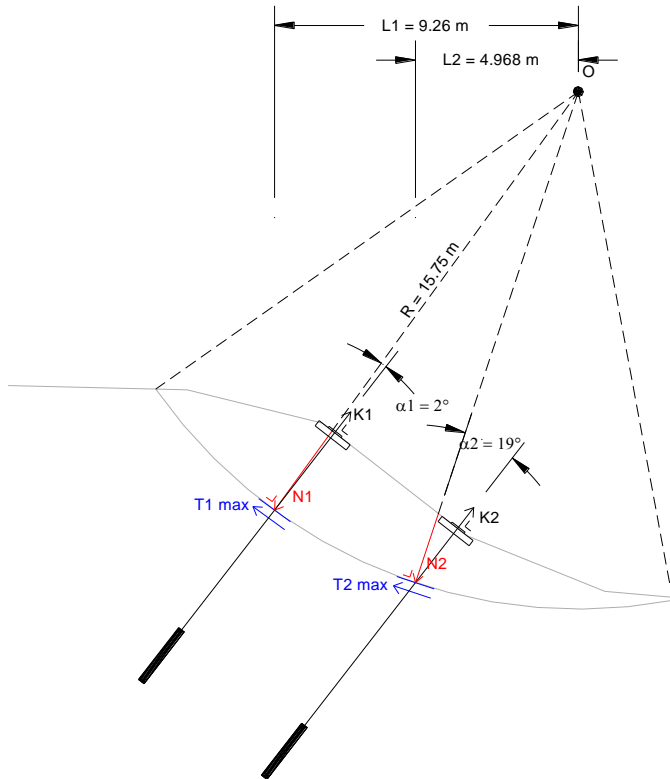
### 5.3.3 Perhitungan *Ground Anchor Tie Back Grouting*

#### 5.3.3.1 Perhitungan Gaya

Contoh perhitungan gaya dipakai SF terkecil,

$$SF = 1.004$$

$$SF_{rencana} = 1.25$$



Gambar 5.15 Gaya - Gaya yang Terjadi pada Perkuatan Talud di Sekitar *Tower* SUTT T.09 Segoromadu – Petrokimia Gresik

Dimana:

R = Panjang Jari – Jari Kelongsoran (meter)

O = Titik Pusat Rotasi Kelongsoran

W = Berat Tanah yang Berada diatas Angkur (Ton)

K = Gaya Tarik Angkur yang Tegak Lurus pada Bidang Lereng (Ton)

N = Gaya Normal Angkur pada Pusat Titik Kelongsoran, Tegak Lurus Bidang Longsor (Ton)

$T_{max}$  = Gaya Perlawanan terhadap Kelongsoran (Ton)

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

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

Persamaan yang terjadi dengan

$$SF = 1.004$$

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

$$\begin{aligned} 1) \text{ MR} &= 1.004 * \text{Mov} \\ 2) \frac{\text{MR} + \Delta\text{MR}}{\Delta\text{MR}} &= \frac{1.25 * \text{Mov}}{(1.25 - 1.004) * \text{Mov}} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Dimana:

$$\Delta\text{MR} = \text{Momen Penahan}$$

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

$$\text{Mov} = \text{Momen Overtunning}$$

Nilai Tmax yang terjadi dihitung pada setiap angkur:

$$T_{\text{max}} = N \tan \delta \quad (\text{Dimana nilai } \delta = \phi. \text{ Nilai } \delta \text{ tidak sama dengan } \frac{2}{3}\phi \text{ karena kondisi tanah pasir akan tertekan dan menjadi padat jika diberi angkur. (Mochtar, 2014))$$

dimana:

$$T_{\text{max}} = \text{Gaya Perlawanan terhadap Kelongsoran (Ton)}$$

$$N = \text{Gaya Normal Angkur pada Pusat Titik Kelongsoran (Ton)}$$

- Nilai Tmax pada angkur 1:

$$T_{1\text{max}} = N_1 \tan \phi$$

$$N_1 = K_1 \cos \alpha_1$$

- Nilai Tmax pada angkur 2:

$$T_{2\text{max}} = N_2 \tan \phi$$

$$N_2 = K_2 \cos \alpha_2$$

Dari program bantu *DxStable*, didapat output Momen Resistant (MR) untuk SF 1.004 sebesar,

$$MR = 318.50 \text{ Tm}$$

Sehingga,  $MR = 1.004 * Mov$

$$Mov = \frac{MR}{1.004}$$

$$Mov = \frac{318.50}{1.004}$$

$$Mov = 317.23 \text{ Tm}$$

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

$$\Delta MR = (1.25 - 1.004) * Mov$$

$$\Delta MR = (1.25 - 1.004) * 317.23$$

$$\Delta MR = 78.04 \text{ Tm}$$

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

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

$$78.04 = 15.75 \times \sum T_{max}$$

$$\sum T_{max} = 4.95 \text{ Ton}$$

$$T_{max} = \frac{\sum T_{max}}{2}$$

$$T_{max} = \frac{4.95}{2}$$

$$= 2.475 \text{ Ton}$$

Nilai Gaya Normal Angkur Tegak Lurus pada Bidang Longsor

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

$$2.475 = N \tan 30^\circ$$

$$N = \frac{2.475}{\tan 30^\circ}$$

$$N = 4.287 \text{ Ton}$$

Nilai Gaya Tarik Angkur yang Tegak Lurus pada Bidang Lereng  
Untuk Angkur 1 (Atas)

$$\begin{aligned} N_1 &= K_1 \cos \alpha_1 \\ 4.287 &= K_1 \cos 2^\circ \\ K_1 &= \frac{4.287}{\cos 2^\circ} \\ K_1 &= 4.289 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Untuk Angkur 2 (Bawah)

$$\begin{aligned} N_2 &= K_2 \cos \alpha_2 \\ 4.287 &= K_2 \cos 19^\circ \\ K_2 &= 4.534 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Total besaran gaya tarik angkur (K) sebesar .

$$\begin{aligned} K_{\text{total}} &= K_1 + K_2 \\ &= 4.289 + 4.534 \\ &= 8.823 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

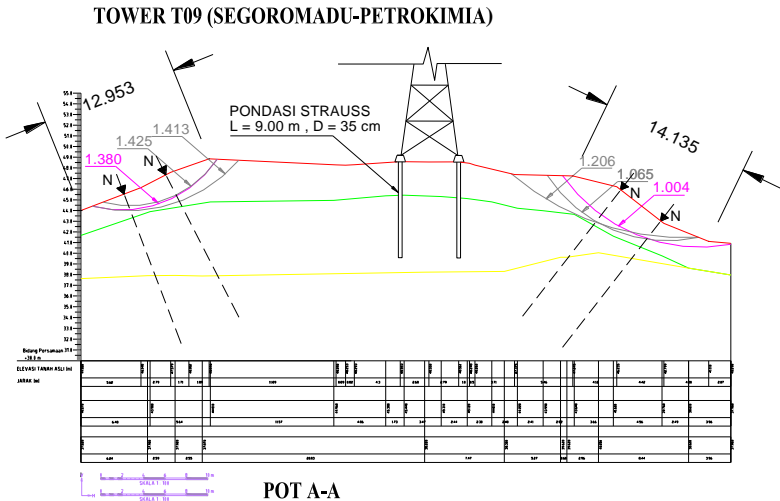
- Dipasang per 2 m  
 $\Sigma K = 2 \times 8.823$   
 $= 17.646 \text{ T}$
- Dipasang per 6 m  
 $\Sigma K = 6 \times 8.823 \text{ T}$   
 $= 52.938 \text{ T}$

Dari hasil analisa didapat nilai gaya tarik angkur sebesar 8.823 Ton. Nilai tersebut kemudian dipakai untuk perhitungan jumlah dan dimensi *Anchor Tie backs*.



### 5.3.3.2 Perhitungan Dimensi *Anchor Tie Backs*

Dalam perhitungan dimensi *anchor tie backs*, dipakai nilai  $C_u$  dan sudut geser pada keadaan tanah *initial*. Sesuai kondisi tersebut, maka rumus untuk perhitungan *anchor tie backs* dipakai rumus untuk tanah lempung.



Gambar 5.16 Bidang Kelongsoran dan Rencana Pemasangan *Anchor*

- a. Perhitungan Dimensi *Anchor* Untuk Menahan Gaya Normal Tarik

#### Perencanaan 1 (Asumsi Pemasangan 2 m)

$C_u$  yang dipakai merupakan  $C_u$  pada tanah *initial* pada kedalaman 15 m yang merupakan panjang rencana *anchor*.

$$\begin{aligned}
 C_u &= 12.13 \text{ T/m}^2 \\
 \Sigma K_{\text{max}} &= 22.06 \text{ Ton} \\
 \Sigma K &= C_u \times \pi \times D \times L && \text{(M. Das, 1984)}
 \end{aligned}$$

Dimana:

D = Diameter *grouting*

L = Panjang *grouting*

- Jika asumsi pemasangan 2 *anchor* per 2 meter, maka beban yang diterima 1 *anchor* per meter adalah:

$$K = \frac{\Sigma K}{2}$$

$$K = \frac{17.646}{2}$$

$$K = 8.823 \text{ Ton}$$

- Jika digunakan diameter *grouting* = 0.20 meter, maka panjang *grouting*:

$$K = 12.13 \times \pi \times D \times L, \text{ maka}$$

$$8.823 \text{ Ton} = 12.13 \times \pi \times 0.2 \times L$$

$$8.823 \text{ Ton} = 7.622 \times L$$

$$L = 1.16 \text{ meter} \approx \text{dipakai } 1.5 \text{ meter}$$

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

$$\text{Jarak pemasangan per } \textit{anchor} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah } \textit{anchor} \text{ yang dipasang per sisi} = 20 \text{ buah}$$

- Perhitungan biaya

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

- Harga *grouting* = 1.5 juta/m<sup>3</sup> (Hepi, 2014)

- Harga baja *anchor* = 200 ribu/kg (Hepi, 2014)

- Panjang *anchor* = panjang baja = 15 + 0.5 = 15.5 m

- Volume baja U32 (PBI '71)

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

$$\sigma \textit{ ijin} = \frac{K}{A}$$

$$\begin{aligned}
 1850 &= \frac{8823}{A} \\
 A &= 4.77 \text{ cm}^2 \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 4.77 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 d \text{ baja} &= 2.464 \text{ cm} \approx 25 \text{ mm} \\
 \rho \text{ baja} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Maka,} \\
 \text{Berat baja} &= \rho \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \times L \\
 &= 7850 \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0.025^2 \right) \times 15.5 \\
 &= 59.727 \text{ kg} \\
 \text{Panjang } grouting &= 1.5 \text{ meter} \\
 \text{Diameter } grouting &= 0.2 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Harga material 1 titik ankur} \\
 &= (\text{Vol } grouting \times \text{harga } grouting) + (\text{Berat baja ankur} \times \text{harga baja ankur}) \\
 &= \left[ \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0.2^2 \times 1.5 \right) \times 1500000 \right] + (59.727 \times 200000) \\
 &= \text{Rp. 12,016,101,-}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Harga 20 titik ankur (1 sisi)} \\
 &= 20 \times 12,016,1013 \\
 &= \text{Rp. 240,322,021,-}
 \end{aligned}$$

### Perencanaan 2 (Asumsi Pemasangan 6 m)

Cu yang dipakai merupakan Cu pada tanah *initial* pada kedalaman 20 m yang merupakan panjang rencana *anchor*.

$$\begin{aligned}
 \text{Cu} &= 13.14 \text{ T/m}^2 && \text{(Tabel 4.5)} \\
 \Sigma K \text{ max} &= 52.938 \text{ Ton} \\
 \Sigma K &= \text{Cu} \times \pi \times D \times L && \text{(M. Das, 1984)}
 \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 D &= \text{Diameter } grouting \\
 L &= \text{Panjang } grouting
 \end{aligned}$$

- Jika asumsi pemasangan 4 *anchor* per 6 m, maka beban yang diterima 1 *anchor* per meter adalah:

$$K = \frac{\Sigma K}{4}$$

$$K = \frac{52.938}{4}$$

$$K = 13.234 \text{ Ton}$$

- Jika digunakan diameter *grouting* = 0.20 meter, maka panjang *grouting*:

$$K = 13.14 \times \pi \times D \times L, \text{ maka}$$

$$13.234 \text{ Ton} = 13.14 \times \pi \times 0.2 \times L$$

$$13.234 \text{ Ton} = 8.256 \times L$$

$$L = 1.603 \text{ meter} \approx \text{dipakai 2 meter}$$

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

Jarak pemasangan = 6 m  
 Jumlah *anchor* yang dipasang per sisi = 6 buah (Gambar perencanaan, terlampir)

- Perhitungan biaya

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

- Harga *grouting* = 1.5 juta/m<sup>3</sup> (Hepi, 2014)
- Harga baja *anchor* = 200 ribu/kg (Hepi, 2014)
- Panjang *anchor* = panjang baja = 20 + 0.5 = 20.5 m
- Volume baja U32 (PBI '71)

Diketahui  $\sigma$  *ijin* ankur = 1850 kg/cm<sup>2</sup>

$$\sigma \text{ *ijin* } = \frac{K}{A}$$

$$1850 = \frac{13234}{A}$$

$$A = 7.153 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$\begin{aligned}
 7.153 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 d \text{ baja} &= 3.02 \text{ cm} \approx 32 \text{ mm} \\
 \rho \text{ baja} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Maka,} \\
 \text{Berat baja} &= \rho \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \times L \\
 &= 7850 \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0.032^2 \right) \times 20.5 \\
 &= 129.424 \text{ kg} \\
 \text{Panjang grouting} &= 2 \text{ meter} \\
 \text{Diameter grouting} &= 0.2 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Harga 1 titik ankur} \\
 &= (\text{Vol grouting} \times \text{harga grouting}) + (\text{Berat baja ankur} \times \text{harga baja ankur}) \\
 &= \left[ \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 0.2^2 \times 2 \right) \times 1500000 \right] + (129.424 \times 200000) \\
 &= \text{Rp. } 25,978,960,-
 \end{aligned}$$

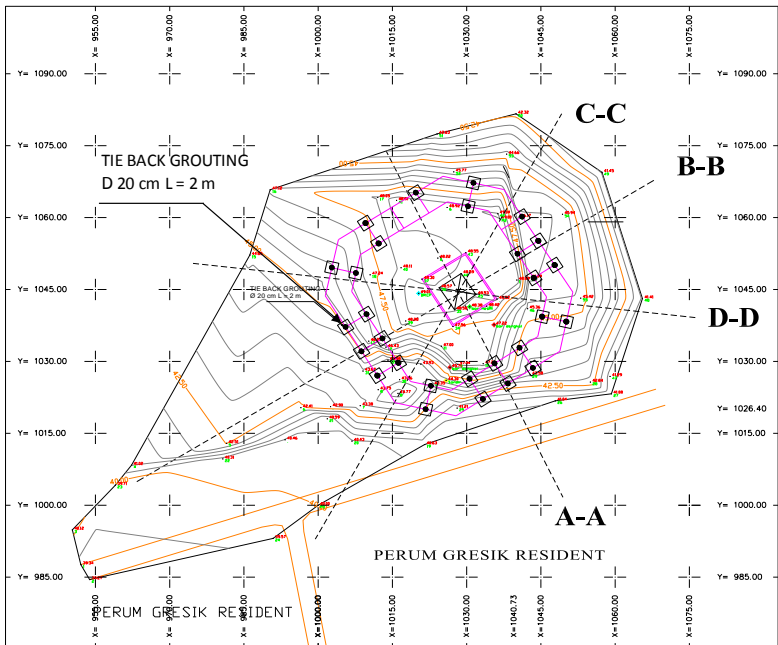
$$\begin{aligned}
 &\text{Harga 6 titik ankur (1 sisi)} \\
 &= 6 \times 25,978,96 \\
 &= \text{Rp. } 155,873,764,-
 \end{aligned}$$

Tabel 5.7 Perbandingan Harga Material Berdasarkan Jarak Pemasangan

Jarak Pemasangan	Grouting		Anchor	Jumlah Titik Anchor / sisi	Harga Material	
	D [m]	L [m]	L [m]		1 titik	1 sisi
2 m	0.2	1.5	15	20	Rp12,016,101.03	Rp240,322,020.52
6 m	0.2	2	20	6	Rp25,978,960.63	Rp155,873,763.76

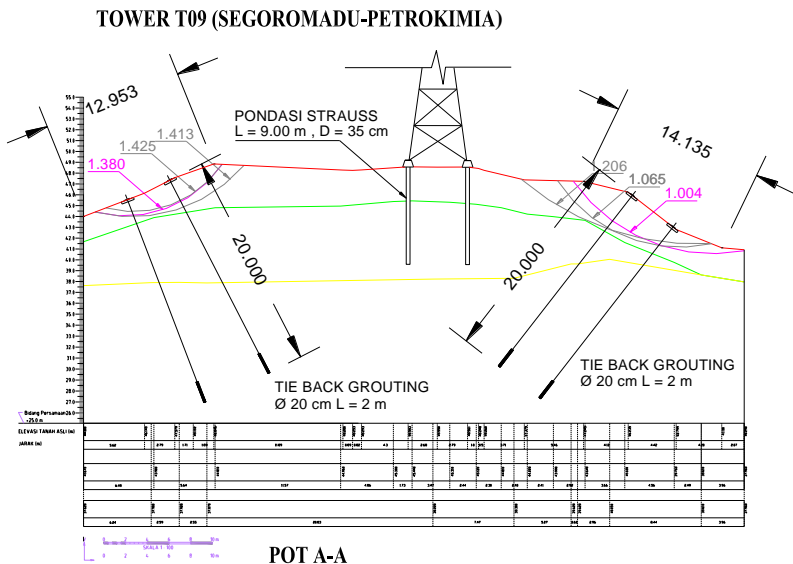
Pada Tabel 5.7 terlihat perbandingan harga material perencanaan 1 dan 2. Dengan dimensi *grouting* dan panjang ankur yang berbeda, harga material yang lebih murah adalah harga perencanaan 1, tetapi dengan jumlah titik penjangkaran yang lebih banyak, harga untuk pemasangan 1 sisi menjadi jauh lebih mahal. Harga tersebut belum termasuk harga pengeboran yang bisa mencapai 150-200 juta per titik. Oleh karena itu, perubahan kenaikan harga paling berpengaruh dari jumlah titik bukan dari variasi dimensi material *grouting*.

Maka dapat disimpulkan, dipasang perkuatan sesuai perencanaan 2 yaitu pemasangan *anchor* di sekitar talud sebanyak 4 *anchor* per 6 meter atau 6 buah per sisi dengan panjang *anchor* 20 meter dan dimensi *grouting* 0.2 x 2 meter. Denah perencanaan perletakan titik *ground anchor* dapat dilihat pada Gambar 5.17



Gambar 5.17 Denah Perletakan *Ground Anchor Tie Backs Grouting*

Untuk pemasangan pada potongan talud dapat dilihat pada Gambar 5.18. *Grouting* direncanakan dipasang pada kedalaman 20 m dari lapisan atas dengan Diameter 20 cm dan panjang  $L = 2$  meter.



Gambar 5.18 Potongan Perencanaan Pemasangan *Ground Anchor Tie backs Grouting*

b. Perhitungan Balok Beton Penahan

Untuk perhitungan pondasi, data parameter tanah yang digunakan adalah data – data yang telah diasumsikan setelah terjadi pelapukan (Tabel 5.5).

- Perhitungan Balok Beton Penahan *Anchor*  
Perhitungan balok beton penahan *anchor* daya dukung pondasi telapak bujur sangkar

$$q_{ult} = 1.3 C' N_c' + q N_q' + 0.4 \gamma' B N_{\gamma}' \quad (M. Das, 1984)$$

Keterangan :

$C'$  = Kohesi tanah,  $C' = C_u$  (T/m<sup>2</sup>)

$q$  =  $\gamma' \times$  kedalaman pondasi (m)

$\gamma'$  = Berat volume efektif (T/m<sup>3</sup>)

$B$  = Lebar pondasi (m)  
 $q_{ult}$  = Daya dukung ultimate ( $T/m^2$ )  
 $q_{ijin}$  =  $q_{ult}/SF$  ( $T/m^2$ )  
 $SF$  = diambil 3 (*Braja M.Das Jilid 2 hal 124*)  
 $Nc'$ ,  $Nq'$  dan  $N\gamma'$  = Faktor daya dukung

Direncanakan:

- $C'$  lapisan atas =  $0.5 T/m^2$  (Tabel 5.5)
- Asumsi Lebar pondasi,  $B$  = 1 meter
- Asumsi Panjang pondasi,  $H$  = 1 meter
- Kedalaman pondasi,  $Df$  = 0.2 meter
- Untuk sudut geser dalam  $\phi$  =  $30^\circ$ ,  
 maka harga  
 $Nc' = 37.16$   
 $Nq' = 22.46$   
 $N\gamma' = 19.13$

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= 1.3 C' Nc' + q Nq' + 0.4 \gamma' B N\gamma' \\
 q_{ult} &= 1.3 C' Nc' + \gamma' Df Nq' + 0.4 \gamma' B N\gamma' \\
 q_{ult} &= (1.3 \times 0.5 \times 37.16) + ((1.666-1) \times 0.20 \times 22.46) + (0.4 \\
 &\quad \times (1.666-1) \times 1 \times 19.13) \\
 &= 24.154 + 2.992 + 5.096 T/m^2 \\
 &= 32.242 T/m^2 \\
 q_{ijin} &= \frac{q_{ult}}{SF} \\
 q_{ijin} &= \frac{32.242}{3} \\
 q_{ijin} &= 10.747 T/m^2
 \end{aligned}$$

- Luas Balok Penahan Aktual

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{N}{A} \\
 A &= \frac{N}{\sigma} \\
 A &= \frac{13.234}{10.747} \\
 A &= 1.231 m^2 \approx 1.5 m^2
 \end{aligned}$$



Karena berbentuk bujur sangkar maka didapat s pakai:  
 $s = 1.3 \text{ meter}$

Syarat:

$$N = \sigma \cdot A$$

$$N = 10.747 \times 1.3 \times 1.3$$

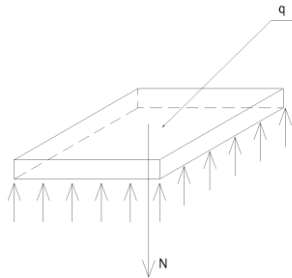
$$N = 18.163 \text{ Ton} > 13.234 \text{ Ton}$$

- Menghitung Tulangan Balok Beton Penahan  
 Adapun data – data perencanaan untuk penulangan blok penahan adalah :



Gambar 5.19 Dimensi Balok Beton Penahan

- Dimensi plat :  $(1,3 \times 1,3) \text{ m}^2$
- Tebal plat : 200 mm
- Tebal decking : 20 mm
- D Tul. Rencana : 12 mm
- Mutu Tul. Baja : BJTD 30 ( $f_y = 300 \text{ Mpa}$ )
- Mutu Beton : K300 ( $f'_c = 25 \text{ Mpa}$ )
- $\beta = 0,85$
- $d = 200 - 20 - \frac{1}{2}(12) = 174 \text{ mm}$
- $d' = 200 - 174 = 26 \text{ mm}$



Gambar 5.20 Gaya dan Tegangan pada Balok Penahan

Perhitungan Beban Merata Balok Penahan

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{N}{A} \\
 &= \frac{13.234}{1.3 \times 1.3} \\
 &= 7.831 \text{ T/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Balok Penahan

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= 0.85 \times \frac{\beta \times f'c}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0.85 \times \frac{0.85 \times 25}{300} \times \left( \frac{600}{600 + 300} \right) \\
 &= 0.0401
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.0401 \\
 &= 0.0301
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= \frac{1.4}{300} \\
 &= 0.0047
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f'c}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{300}{0.85 \times 25} \\
 &= 14.118
 \end{aligned}$$

Momen Ultimate Balok Penahan

$$\begin{aligned}
 Mu &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 7.830 \times \left(\frac{1.3}{2}\right)^2 \\
 &= 1.654 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

Momen Nominal Balok Penahan

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{1.654}{0.8} \\
 &= 2.068 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{2.585 \times 10^7}{0.8 \times 1000 \times 174^2} \\
 &= 0.854 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Rasio Penulangan

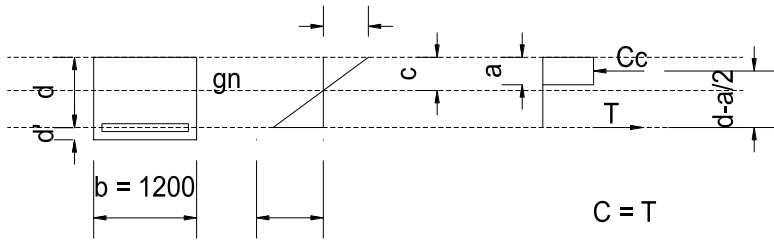
$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.118 \times 0.854}{300}} \right) \\
 &= 0.0029
 \end{aligned}$$

syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0.0047 &> 0.0029
 \end{aligned}$$

maka nilai  $\rho$  yang dipakai adalah  $\rho_{\min} = 0.0047$

### Direncanakan Menggunakan Tulangan Tunggal



Gambar 5.21 Diagram Tegangan Tulangan

#### Perhitungan Nilai a

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\
 M_n &= T (d - a/2) \quad ; T = C_c \\
 &= (0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a)(d - a/2) \\
 2,068 \times 10^7 &= (0,85 \cdot 25 \cdot 1300 \cdot a)(174 - a/2) \\
 2,068 \times 10^7 &= 27625a (174 - a/2) \\
 2,068 \times 10^7 &= 4806750a - 27625a^2/2 \\
 2,068 \times 10^7 &= 4806750a - 13812,5a^2
 \end{aligned}$$

$$13812,5a^2 - 4806750a + 2,068 \times 10^7 = 0$$

Dimisalkan :

$$\begin{aligned}
 A &= 13812,5 \\
 B &= - 4806750 \\
 C &= 2,068 \times 10^7
 \end{aligned}$$

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

Dengan menggunakan rumus persamaan ABC didapat nilai

$$a = 4,357 \text{ mm}$$

#### Perhitungan Nilai T

$$\begin{aligned}
 T = C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 4,357 \text{ mm} \times 1300 \text{ mm} \\
 &= 120362,125 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$T = f_y \cdot A_s$$

Perhitungan Luas Tulangan

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{T}{f_y} \\ &= \frac{120362.125 \text{ N}}{300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \\ &= 401.207 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Jumlah Tulangan

$$\begin{aligned} A_s &= n \times (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2) \\ 401.207 \text{ mm}^2 &= n \times (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \\ 401.207 \text{ mm}^2 &= n \times 113.097 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{401.207}{113.097} = 3.547 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak Pemasangan

$$S = \frac{1300}{4} = 325 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Syarat spasi tulangan :

$$s < 2h = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.3)

$$\text{Jarak pemasangan} = 300 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

Tulangan Pasang

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = \frac{1300}{300} = 4.33 \approx 5$$

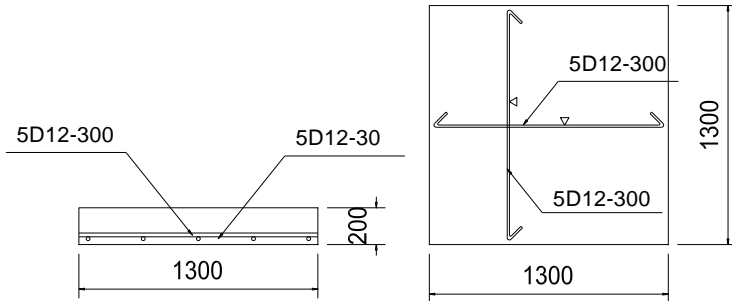
$$\begin{aligned} A_{s \text{ tarik pasang}} &= 5 \times (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \\ &= 565.487 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, dipasang tulangan tarik 5D12 – 300

$$\text{Tulangan}_{\text{tarik pasang}} = \text{Tulangan}_{\text{tekan}}$$

Jadi, dipasang tulangan tekan 5D12 – 300

Dapat dilihat sketsa penulangan untuk balok penahan seperti pada Gambar 5.22.



Gambar 5.22 Penulangan Balok Penahan

#### 5.4 Analisa Daya Dukung Lateral Pondasi *Strauss*

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

- Kedalaman tiang pondasi *strauss* = 9.00 meter
- Diameter tiang *strauss* = 35 cm
- $e$  = 60 cm
- Asumsi nilai efisiensi = 80%
- Dari data gaya dan beban *tower* ekuivalen untuk *Tower SUTT* 150 kV, didapat  $H_{max}$  = 10,648 ton (Tabel 4.8)
- Dari Tabel 4.5,  $C_u$  pada kedalaman tiang 9 m perlu di interpolasi.
  - $C_u$  5 m = 2.45 T/m<sup>2</sup>
  - $C_u$  10 m = 19.90 T/m<sup>2</sup>
  - $C_u$  9 m = 15.555 T/m<sup>2</sup>

Dengan  $\phi = 0^\circ$  maka digunakan perhitungan daya dukung lateral tiang untuk Tanah Kohesif Kepala Tertahan (Djoko Untung, 2013)

- $e/B$  =  $0.6/0.35$  = 1.71
- $L/B$  =  $9/0.35$  = 25.71

Dari grafik Gambar 2.4 (Grafik untuk menghitung daya dukung lateral untuk tiang pendek pada tanah lempung (cohesive soil) (Broms 6.7)), didapat

$$\begin{aligned}
 \text{Hu/Cu B}^2 &= 55 \\
 \text{Hu} &= 55 \times \text{Cu} \times \text{B}^2 \\
 &= 55 \times 15.555 \times 0.35^2 \\
 &= 104.802 \text{ Ton} \\
 \text{Hall} &= \text{Eff} \times \text{Hu} \\
 &= 0.8 \times 104.802 \\
 &= 83.842 \text{ Ton} > 10.648 \text{ Ton} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Dapat disimpulkan bahwa pondasi tiang *strauss* kuat menahan beban lateral *tower*, sehingga *tower* aman dari ancaman pergeseran ke samping 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-1 (lampiran)  
P ijin tekan = 90.75 Ton
- Dari data gaya dan beban *tower* ekuivalen untuk *Tower* SUTT 150 kV, didapat
  - Pmax = 16.45 + 563.5 W (Tabel 4.8)
  - Dimana beban angin, W = 0.04 T/m<sup>2</sup> (PBI 71)
  - Pmax = 16.45 + 563.5 x 0.04
  - = 38.99 Ton

Syarat:

$$\begin{aligned}
 \text{Pmax} &< \text{P ijin tekan} \\
 38.99 \text{ Ton} &< 90.75 \text{ Ton} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

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 ijin tarik = 30.45 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 = 30.45 + 2.31  
 $= 32.76$
- Dari data gaya dan beban *tower* ekuivalen untuk *Tower* SUTT 150 kV, didapat
- Pmax = 10.377 + 563.5 W (Tabel 4.8)
- Dimana beban angin, W = 0.04 T/m<sup>2</sup> (PBI '71)
- Pmax = 10.377 + 563.5 x 0.04  
 $= 32.917 \text{ Ton}$

Syarat:

Pmax < P ijin tarik

32.917 Ton  $\approx$  32.76 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 berlanau, lanau lempung berpasir, dan lanau pasir berlempung.
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 4.00 meter dengan harga SPT berkisar antara 4 – 8 pukulan/feet, dan lapis ke 3 terletak dibawah kedalaman -12.00 meter dari muka tanah, lapisan ini cukup keras, dan didapatkan sampai dengan kedalaman -26.00 meter dari muka tanah, dan harga SPT 26 - 50 pukulan/feet.
3. Stabilitas talud di sekitar *tower* sekarang dianalisa menggunakan 3 program bantu yaitu *DxStable*, *Plaxis*, dan *Geoslope*. Berdasarkan hasil uji faktor keamanan dari ketiga program tersebut didapat *SF* terkecil terdapat pada program bantu *Plaxis* dengan *SF* sebesar **1.540**. Dalam hal ini  $SF = 1.540 > 1.25$  (*SF* minimum) artinya stabilitas talud di sekitar *tower* aman.
4. Pondasi tiang *strauss* kuat menahan beban lateral, vertikal tekan dan vertikal tarik *tower*, sehingga *tower* aman dari ancaman pergeseran samping pondasi tiang *strauss*, penurunan pondasi, dan terangkatnya pondasi.
5. Pada masa yang akan datang, kondisi tanah pada sekitar talud pada *Tower T.09* (Segoromadu – Petrokimia, Gresik) diasumsikan mengalami pelapukan sehingga kondisi stabilitas talud menjadi tidak aman. Pelapukan

yang terjadi dianggap masih pelapukan sebagian. Untuk memodelkan kondisi tersebut maka lapisan tanah atas dianggap pasir dan perlu adanya perkuatan talud. Analisa digunakan dengan program bantu *DxStable*.

6. Untuk menanggulangi kelongsoran lereng akibat pelapukan yang terjadi karena perubahan parameter, upaya penyelamatan yang dipilih yaitu *ground anchor* jenis *tie back grouting* dengan penahan berupa *grouting* beton dan *head anchor* berupa balok penahan beton berdimensi 1.3 x 1.3 x 0.2 meter. Alternatif tersebut dipilih karena merupakan alternatif paling ekonomis, efisien, dan tepat untuk tanah keras. Dari segi pemasangan, tidak memerlukan alat dan pekerja yang banyak.
7. Perkuatan *ground anchor* memiliki nilai gaya tarik angkur (K) sebesar 13.234 Ton. Untuk menahan gaya tersebut, dipasang *tie back grouting* dengan diameter 20 cm dan panjang *grouting* 2 meter pada kedalaman 20 meter. Perkuatan *ground anchor* dipasang 4 buah *ground anchor* per 6 meter atau 6 buah *ground anchor* per satu sisi.

## 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 (Persero) sebaiknya mengadakan inspeksi dan perawatan rutin ke setiap *tower* agar tidak terjadi kerusakan / kegagalan stabilitas *tower* yang diakibatkan oleh warga sekitar / oknum luar.
2. Untuk data *tower* yang diperlukan, dapat menggunakan data *tower* yang di ekuivalensikan dengan syarat kondisi dan type *tower* yang serupa.



# 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-1

PROYEK : KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG

TANGGAL : 19 OKTOBER 2013

TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv

CHECKED BY : Ir. GANI MT

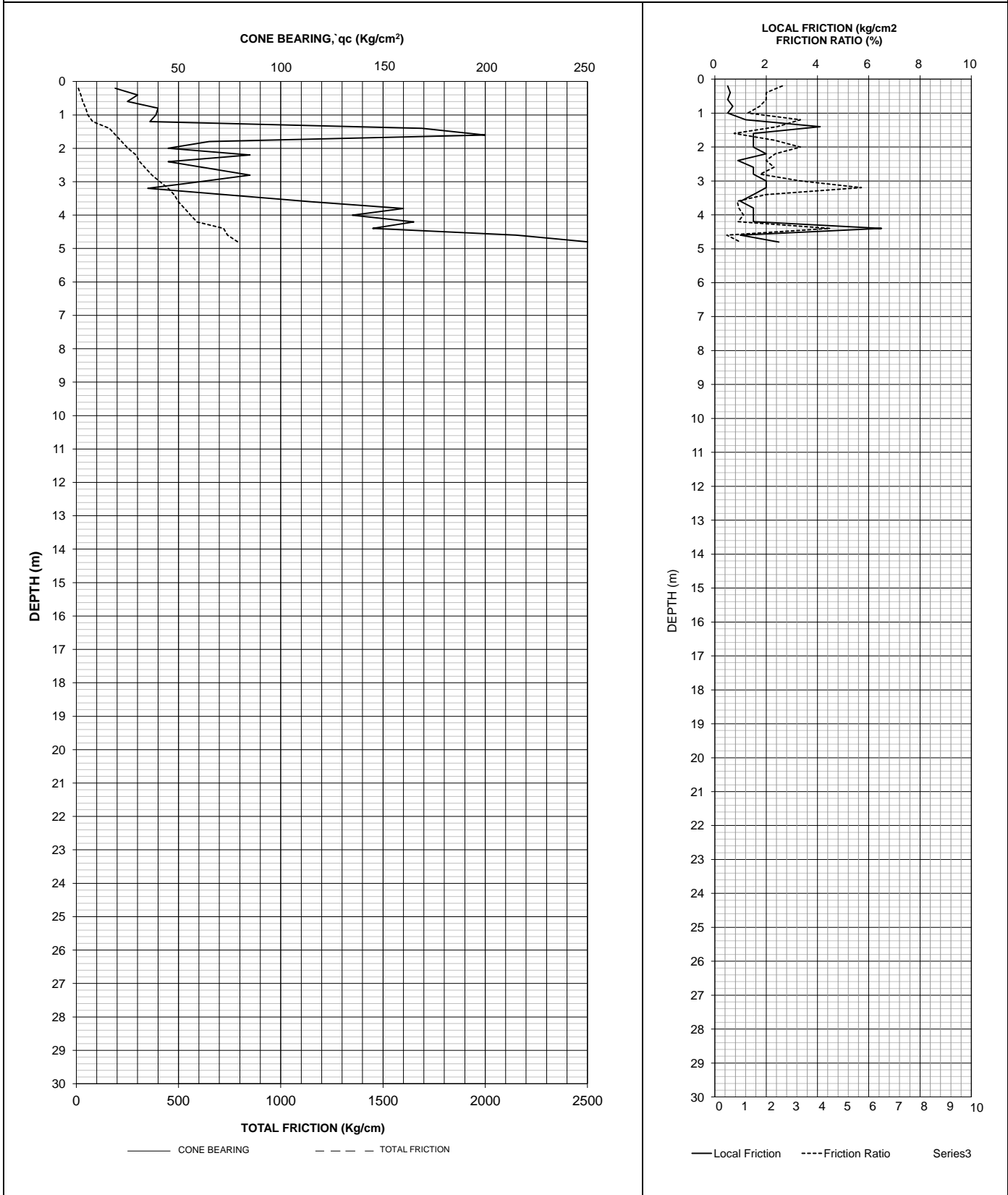
LOKASI : T-09 (SEGOROMADU - PETROKIMIA)

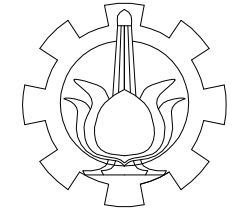
KEDA-LAMAN	Harga Konus minimum	$Q_p =$ Qujung (kg)	$Q_{s1} =$ $Q_s(0.8D)$ kg	$Q_{s2} =$ $Q_s(8D..L)$ kg	$\Sigma Q_s = Q_{s1} + Q_{s2}$ $(Q_{s1} + Q_{s2})$ kg	$P_{ijin}$ satu tiang (ton) $P_{ijin} = (b+e)/3$
(m)	a	b	c	d	e	f
4.00	135.00	147,216.75	24,841.90	8,990.31	33,832.22	60.35
4.80	166.67	164,696.08	24,841.90	26,479.42	51,321.32	72.01



## Cone Penetrometer Test (CPT)

<b>KLIEN</b>	: PT. PLN (PERSERO)				
<b>PROYEK</b>	: KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG	<b>TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv</b>			
<b>Titik</b>	: S-1	<b>Master Sondir</b>	:	OSIAS CS	
<b>Lokasi</b>	: T-09 (SEGOROMADU - PETROKIMIA)	<b>Tanggal</b>	:	19 OKTOBER 2013	





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

ANALISA KESTABILAN TOWER  
SUTT PLN  
DAN PERENCANAAN PERKUATAN  
TALUD DI SEKITAR TOWER  
(STUDI KASUS TOWER SUTT T.09  
SEGOROMADU - PETROKIMIA,  
GRESIK)

**MAHASISWA**

LARAS LAILA LESTARI  
3112105048

**DOSEN PEMBIMBING**

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD.

**JUDUL GAMBAR**

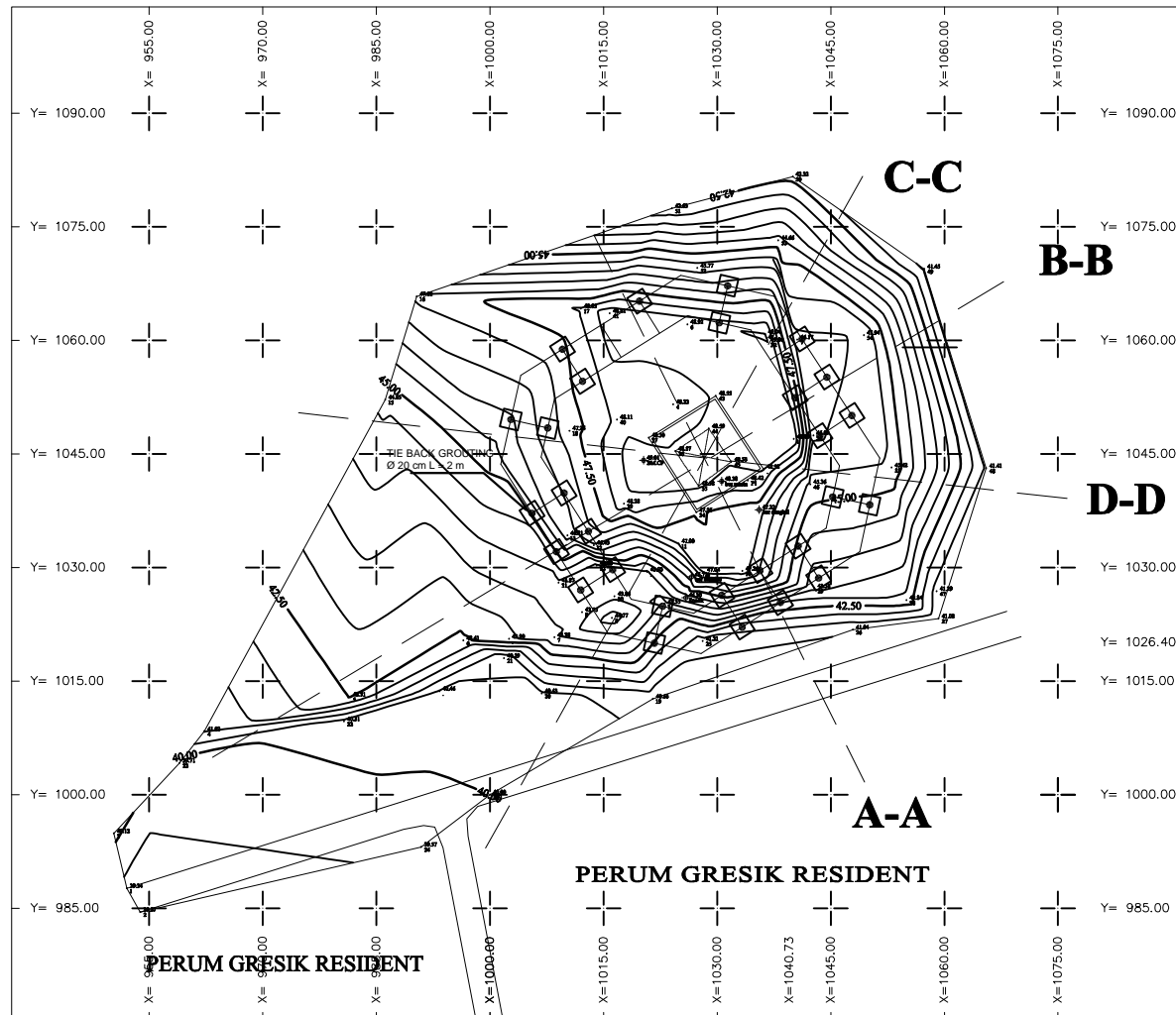
DENAH POSISI *GROUND ANCHOR*

**SKALA**

1: 1000

**SATUAN**

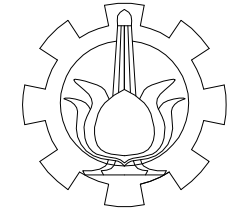
**NO. GAMBAR**



**DENAH POSISI *GROUND ANCHOR***

**SKALA 1 : 1000**

# TOWER T09 (SEGOROMADU-PETROKIMIA)



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

## JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA KESTABILAN TOWER  
 SUTT PLN  
 DAN PERENCANAAN PERKUATAN  
 TALUD DI SEKITAR TOWER  
 (STUDI KASUS TOWER SUTT T.09  
 SEGOROMADU - PETROKIMIA,  
 GRESIK)

## MAHASISWA

LARAS LAILA LESTARI  
 3112105048

## DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD.

## JUDUL GAMBAR

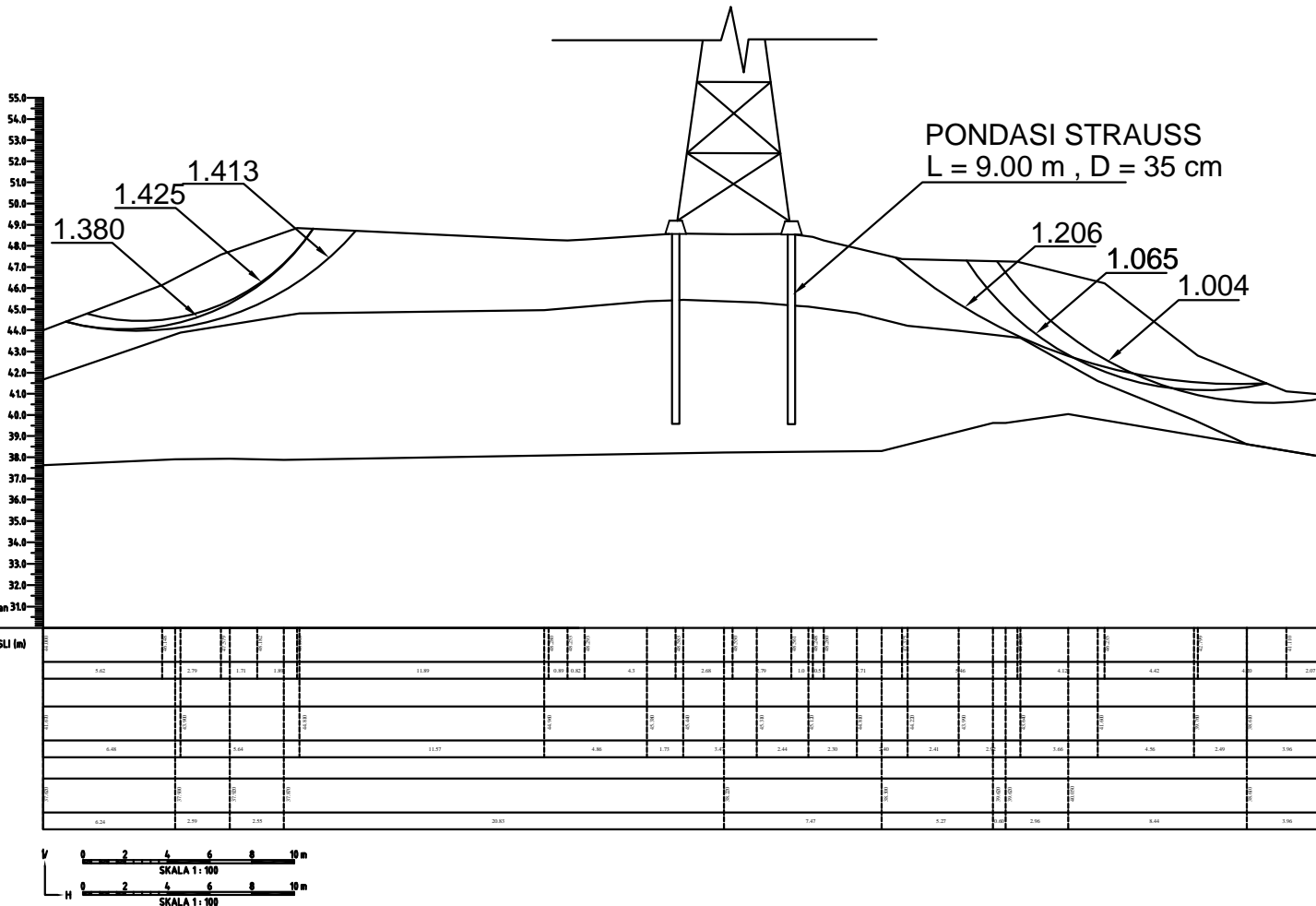
POTONGAN MELINTANG DAN  
 BENTUK LONGSORAN POT. A-A

## SKALA

NTS

## SATUAN

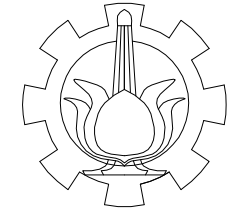
## NO. GAMBAR



# POTONGAN MELINTANG DAN BENTUK LONGSORAN POT. A-A

NTS

# TOWER T09 (SEGOROMADU-PETROKIMIA)



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

## JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA KESTABILAN TOWER  
 SUTT PLN  
 DAN PERENCANAAN PERKUATAN  
 TALUD DI SEKITAR TOWER  
 (STUDI KASUS TOWER SUTT T.09  
 SEGOROMADU - PETROKIMIA,  
 GRESIK)

## MAHASISWA

LARAS LAILA LESTARI  
 3112105048

## DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD.

## JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG DAN  
 POSISI PONDASI STRAUSS POT. A-A

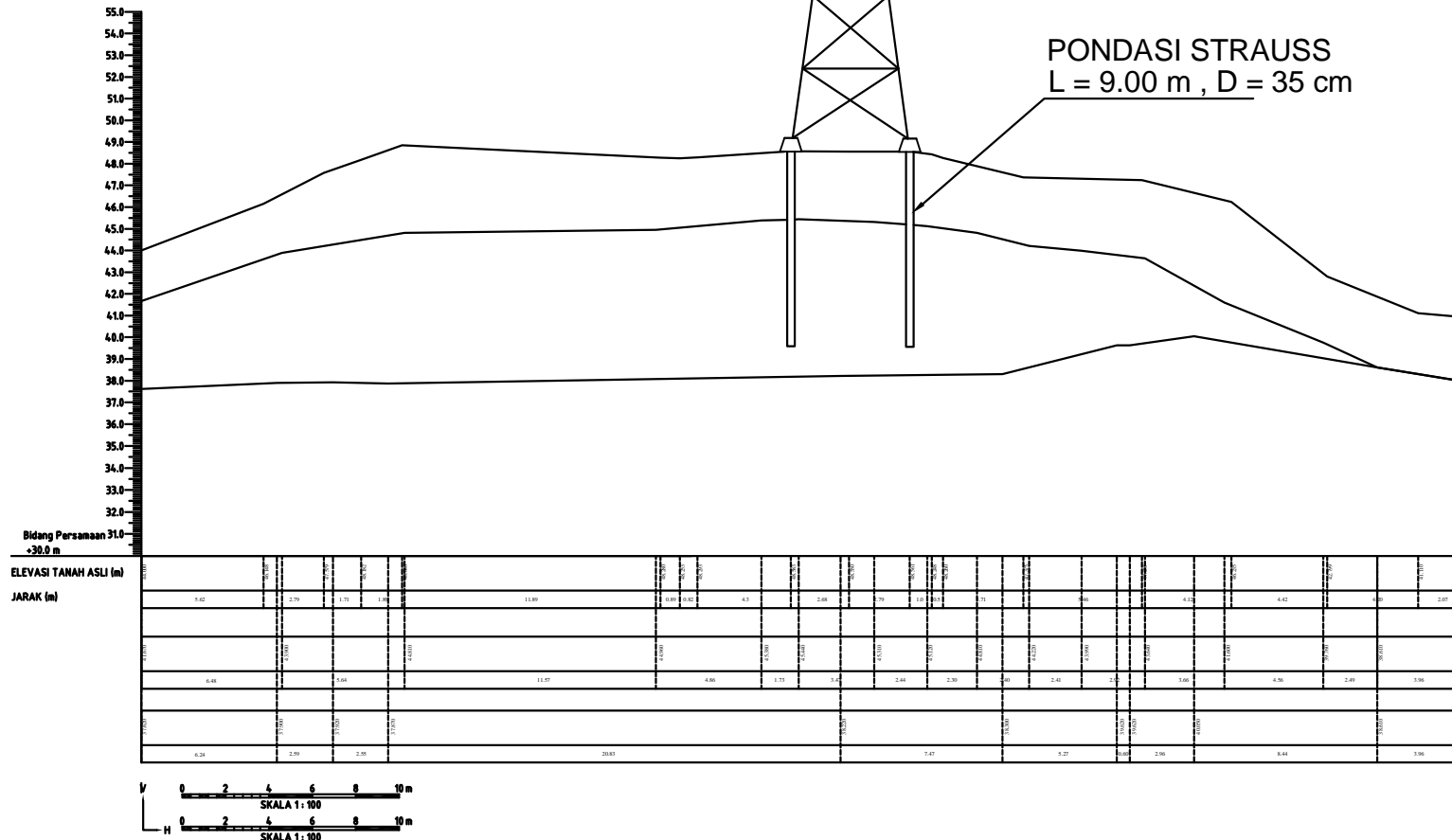
## SKALA

1: 1000

## SATUAN

## NO. GAMBAR

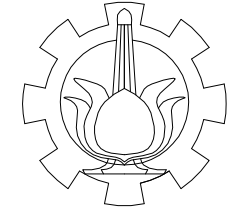
PONDASI STRAUSS  
 L = 9.00 m , D = 35 cm



# POTONGAN MELINTANG DAN POSISI PONDASI STRAUSS POT. A-A

NTS

# TOWER T09 (SEGOROMADU-PETROKIMIA)



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

## JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISA KESTABILAN TOWER  
 SUTT PLN  
 DAN PERENCANAAN PERKUATAN  
 TALUD DI SEKITAR TOWER  
 (STUDI KASUS TOWER SUTT T.09  
 SEGOROMADU - PETROKIMIA,  
 GRESIK)

## MAHASISWA

LARAS LAILA LESTARI  
 3112105048

## DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD.

## JUDUL GAMBAR

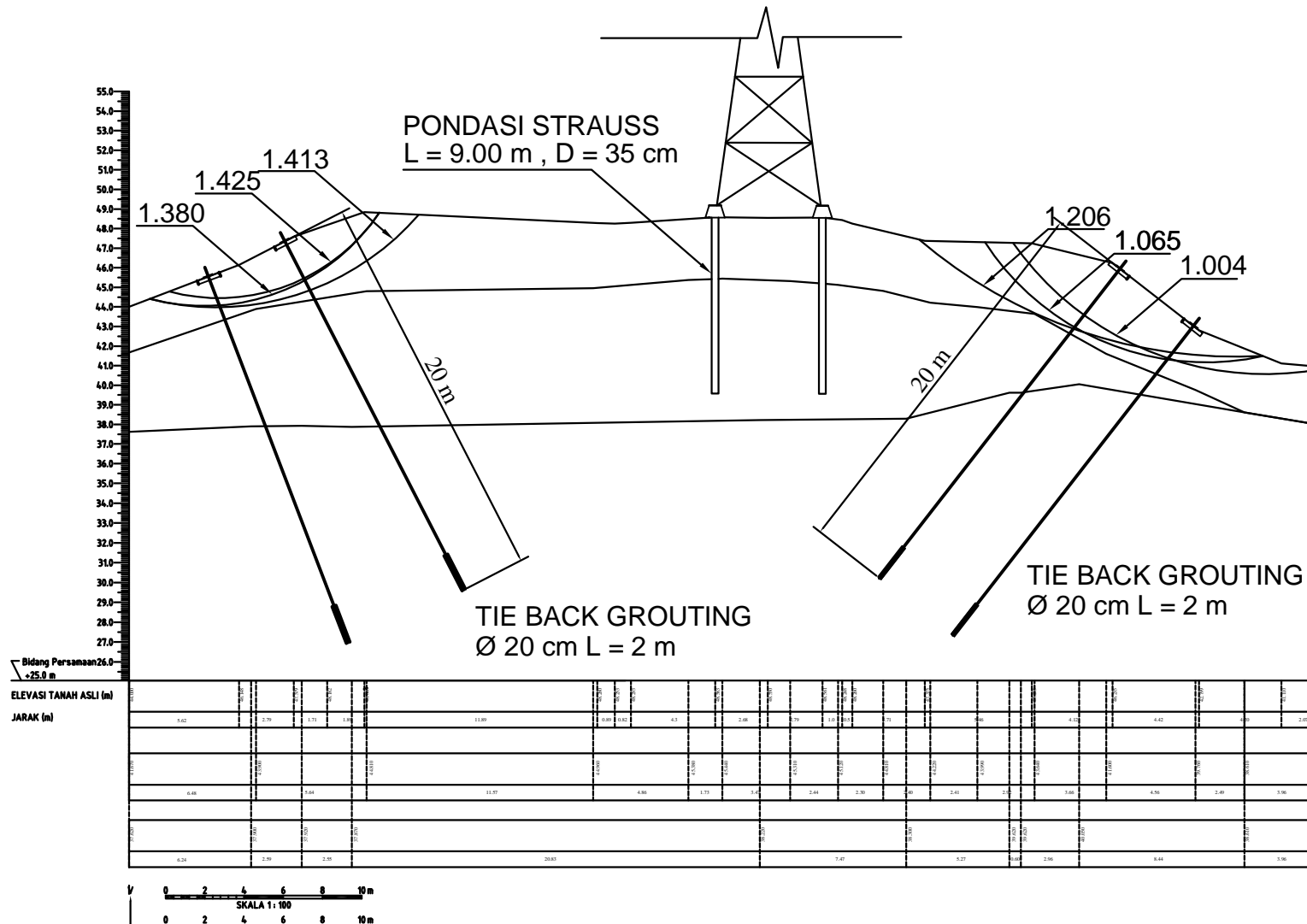
POTONGAN MELINTANG DAN  
 POSISI MELINTANG  
*GROUND ANCHOR*

## SKALA

1: 1000

## SATUAN

## NO. GAMBAR

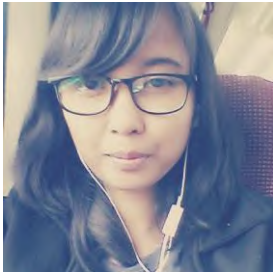


## POTONGAN MELINTANG DAN POSISI MELINTANG *GROUND ANCHOR*

NTS



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bandung, 2 Juli 1989, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Aisyah Bustanul Athfal IV Bandung, SD Negeri Tikukur I Bandung, SMP Negeri 14 Bandung, dan SMA Negeri 14 Bandung. Penulis menempuh studi di Politeknik

Negeri Bandung dan kemudian bekerja selama 2 tahun. Pada tahun 2012, penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Program Studi Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dan terdaftar dengan NRP 3112105048.

Di Jurusan Teknik Sipil ITS, pada semester VIII penulis mengambil bidang minat Geoteknik. Selama menempuh pendidikan, penulis bekerja di Jurusan Teknik Sipil ITS dan membantu dalam penyusunan data untuk Penghargaan Jurusan Berprestasi Terbaik (PJBT) 2013 serta membantu dalam penyusunan Kurikulum 2014-2019. Bila ingin berkorespondensi atau berbagi informasi dengan penulis bisa melalui email: [laraslaila.lestari@gmail.com](mailto:laraslaila.lestari@gmail.com)