

**ANALISA DAN PERENCANAAN KESTABILAN
TOWER SUTT PLN DAN PERENCANAAN TALUD DI
SEKITAR TOWER
(STUDI KASUS SUTT T.11 SEGOROMADU –
LAMONGAN , GRESIK)**

Nama Mahasiswa : Sekar Ayu Kuncaravita
NRP : 3112.105.031
Jurusan : Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar,
M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Banyaknya aktifitas yang dilakukan oleh PT. Semen Gresik di sekitar *tower* SUTT T.11 Segoromadu – Lamongan diduga menjadi penyebab terganggunya kestabilan talud di sekitar *tower*. *Tower* ini semula berdiri di lahan yang rata. Kemudian oleh PT. Semen Gresik, batu kapur di sekitar *tower* tersebut digali untuk dijadikan bahan baku pabrik. Penggalan tersebut menyebabkan munculnya bagian-bagian tanah yang rendah dan sebagian berupa kubangan dan terisi air hujan. Tanah di sekitar *tower* dibiarkan tidak digali sehingga *tower-tower* tersebut seolah-olah berada di atas suatu bukit kecil yang tersisa akibat tanah di sekitarnya digali. Dengan ketinggian ± 20 meter dari permukaan tanah, penggalian liar tersebut menyebabkan posisi talud menjadi miring $\pm 75^{\circ}$. Kondisi ini menyebabkan struktur tanah area pondasi *tower* rentan terhadap keruntuhan atau longsor.

Tower ini merupakan salah satu *tower* induk yang menghubungkan aliran listrik Pulau Jawa, maka kestabilan *tower* ini tidak boleh terganggu. Hal ini yang menyebabkan kekhawatiran bagi pihak PLN karena akan berpeluang terjadi kelongsoran, oleh karena itu maka perlu dilakukan penelitian mengenai tingkat kestabilan talud di sekitar *tower* tersebut.

Analisa kestabilan ini dilakukan menggunakan program bantu *dxstable*, *geoslope*, dan *plaxis*.

Berdasarkan hasil uji factor keamanan dari ketiga program tersebut didapat *SF* terkecil terdapat pada program bantu *dxstable* dengan *SF* sebesar **1.299**. Dalam hal ini $SF = 1.299 > 1.25$ (*SF* minimum) artinya stabilitas talud di sekitar *tower* aman. Untuk menanggulangi kelongsoran lereng akibat pelapukan yang terjadi karena perubahan parameter, upaya penyelamatan yang dipilihnya itu 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 *anchor* (*K*) sebesar 44,21 ton untuk menahan gaya tersebut dipasang *tie back grouting* dengan diameter 20 cm dan panjang *grouting* 5 meter. Maka Perkuatan *ground anchor* dipasang 8 meter sebanyak 12 buah setiap sisi.

Kata Kunci : stabilitas talud, *Tower* PLN, program bantu perhitungan dan pemodelan (*Plaxis*, *Geoslope*, *Dxstable*)

**ANALYSIS AND DESIGN OF SUTT PLN TOWER
STABILITY AND SLOPE DESIGN AMONG TOWER
(CASE STUDY SUTT T.11 SEGOROMADU)
LAMONGAN, GERSIK**

Name of Student : Sekar Ayu Kuncaravita
Number of Identity : 3112.105.031
Department : Teknik Sipil FTSP ITS
Supervisor : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar,
M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

The number of activities conducted by PT. Semen Gresik around tower SUTT T. 11 Segoromadu-Lamongan is suspected to cause disruption of stability of slope around tower. This Tower originally stood on a flat land. Then by PT. Semen Gresik, chalk stone around the tower dug to be used as raw material for the plant. The excavations have led to the emergence of the low lands and partly in the form of a puddle and filled with rain water. The ground around the tower was left not unearthed until the tower-the tower as if it was on top of a small hill was left as a result of the surrounding land was dug. With a height of ± 20 meters above the ground, this extracting caused position of slope be stand $\pm 70^\circ$. This condition causes the structure of ground Foundation area of the tower are prone to collapse or sliding.

This Tower is one of the main tower which connects the power of Java, then the stability of the tower should not be disturbed. It is causing concern for the PLN will opportunities happen instability or failure, therefore it needs to be carried out research on the degree of stability of slopes and talud around the tower. This stability analysis is carried out using the auxiliary program Dxstable, Plaxis, and Geoslope.

Based on the test of safety factor which is obtained from each program, Plaxis has the smallest value of SF with 1.299. In this matter $SF = 1.299 > 1.25$ (SF minimum) means that stability of slope around the tower is safe. For the further condition, soil around T.11 tower is assumed to undergo weathering, so the condition of slope stability become unsteady. The preventive action that is taken, using the type of ground anchor tie back grouting with concrete grouting and head anchor as a concrete retaining blocks. Retrofitting of ground anchor has a stress value of lift force (K) with 44,21 tons. In order to withstand the force, it is sat the tie back grouting with a diameter 20 cm and a length of grouting 5 m. Therefore, reinforcement of ground anchor is erected 8 m to of anchor is 12 in every section.

Key Word : Stability of Slope, PLN Tower, Supporting Software of Calculation and Design (*Plaxis, Geoslope, and Dxstable*)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah adalah himpunan material, bahan organik, 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*)

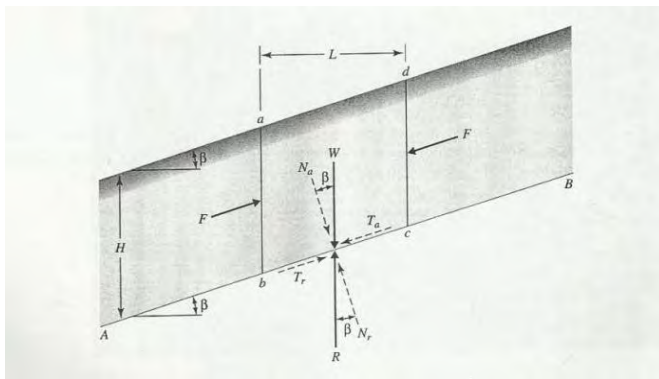
Longsoran dengan gerakan tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan. Gerakan tanah (*mass movement*) adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendarat atau miring dari kedudukan semula. Longsoran merupakan bagian dari gerakan tanah, jenisnya terdiri atas jatuhnya, jungkiran,

luncuran, nendatan, aliran, gerak horisontal atau bentangan lateral, rayapan dan longsor majemuk.

Adapun jenis – jenis kelongsoran antara lain:

a. Longsor Planar (*Land Slid*)

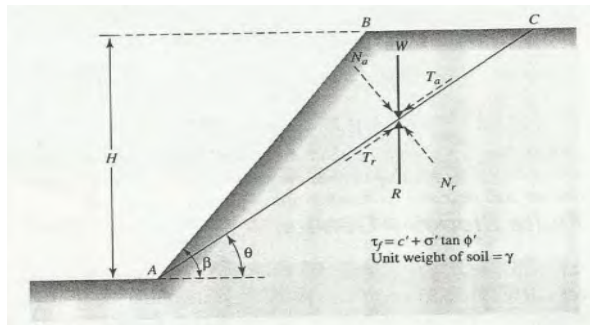
Kelongsoran planar adalah pergerakan massa tanah secara bersama-sama diseluruh areal dan arah pergerakan searah dengan kemiringan tebing, bentuk bidang kelongsorannya berupa garis lurus sejajar dengan kemiringan tebing. Jenis kelongsoran seperti ini sering terjadi pada daerah yang cukup luas terutama 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*)

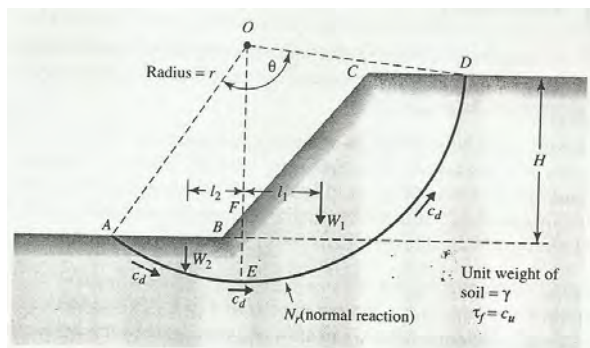
Kelongsoran *finite slope* adalah pergerakan massa tanah pada bidang kemiringan tertentu pada tebing, secara teoritis massa tanah yang longsor berbentuk segi tiga dan melalui bidang longsor garis lurus, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2



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

c. Longsor Lingkaran (*Circular Sliding*)

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



Gambar 2.3 Kelongsoran Lingkaran (*Circular 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 (γ_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 (Cn).

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 sepanjang 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 :

$$Q_p = 40 \cdot N_{\text{rata-2}} \times A \quad (\text{Mayerhohft}) \quad (2.1)$$

Dimana:

A = luas ujung tiang dalam (m^2)

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

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

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

$$Q_s = \sum_{i=0}^{i=L} f_{si} \times A_i \quad (2.2)$$

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

$f_{si} = N/2$ (ton/m^2) (untuk lempung/lanau)

Dimana:

- Q_s = Daya Dukung Ultimit Selimut Tiang (Ton)
 A_i = Luas selimut tiang setiap segmen (m^2)
 F_{si} = Daya lekatan tanah (ton/m^2)
 N = Harga SPT yg telah dikoreksi (N_{corr}) pada segmen yang ditinjau (blow/feet)
 L = Kedalaman tiang yang ditinjau (m)

Daya dukung tiang pancang gabungan

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

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad (2.3)$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad (2.4)$$

Dimana :

- Q_{ult} = Daya Dukung Ultimate (Ton/m)
 Q_{ijin} = Daya Dukung Ijin (Ton/m)
 SF = Angka Keamanan
 Q_p = Daya Dukung Ultimate Ujung Tiang (Ton/m)
 Q_s = Daya Dukung Ultimate Selimut Tiang (Ton/m)

2.3.2 Perhitungan Daya Dukung Vertikal Tiang Berdasarkan Data Sondir

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

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

$$Q_p = C_{n_{rata-2}} \times A \quad (2.5)$$

$$Cn_{rata-2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (Cn_1 + Cn_2) + Cn_3}{2} \quad (2.6)$$

(Sumber : Schmertmann ,1975)

Dimana :

A = Luas Ujung Tiang

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

Cn₂ = Harga conus rata-rata dari *conus- minimum* dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D ke bawah

Cn₃ = Harga conus rata-rata dari *conus-minimum* dihitung mulai dari ujung tiang sampai 8D ke atas

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

$$Q_s = \sum_{li=0}^{li=8D} .k. \left[\left(\frac{li}{8D} \right) .HP_i .O_i \right] + \sum_{li=8D}^{li=L} .k. (HP_i .O_i) \quad (2.7)$$

(Sumber : Schmertmann dan Nottingham, 1975)

Dimana :

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

Kc =Faktor koreksi untuk clay (lempung/lanau)

ks = Faktor koreksi untuk sand (pasir)

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

li = kedalaman yang ditinjau (ke-i)

D = diameter tiang pancang

HP_i = hambatan perlekat untuk ruas pada kedalaman i

O_i = keliling tiang untuk ruas kedalaman i

2.3.3 Perhitungan Daya Dukung Lateral Tiang Pancang

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

Faktor kekakuan tiang pancang pada tanah lempung over consolidated :

(2.8)

(Terzaghi)

Dimana :

E = Modulus bahan (tiang pancang)

I = Momen inersia penampang tiang pancang

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

K = $k/1.5$, k_1

K = Subgrade reaction yang berdasarkan penurunan hasil test plate load dengan ukuran plate 300 mm x 30 mm.

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

(2.9)

$$\cdot \sqrt{nh}$$

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 Coefisient Modulus Variasi n_h untuk Tanah Berbutir Kasar (*Granular*)

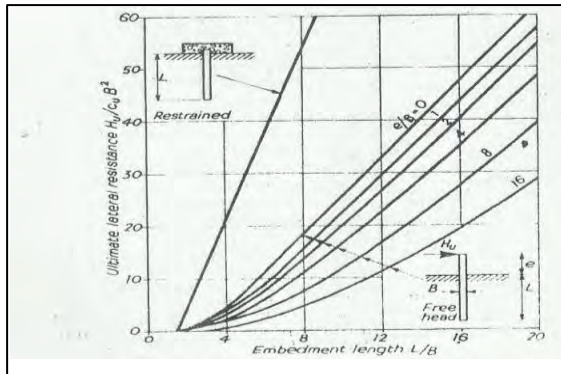
Relatif density	Stiff	Very stiff	Hard
n_h untuk dry or moist soil (Terzaghi) MN/m ³ ton/ft ³	2.7 7	7.5 21	20 56
n_h untuk submerged soil (Terzaghi) MN/m ³ ton/ft ³	1.4 4	5 14	12 34
n_h untuk submerged soil (Reese et al) MN/m ³ ton/ft ³	5.3 15	16.3 46	34 96

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

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

- Perhitungan daya dukung lateral tiang pendek (cohesive soil)

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



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

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

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

L = Panjang tiang

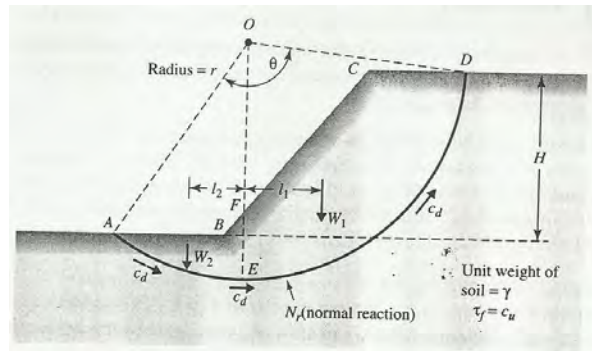
B = Diameter tiang

C_u = Kohesi tanah *undrain test*

e = Tiang yang muncul diatas tanah.

2.4 Analisa Stabilitas Talud

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



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

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (2.10)$$

Dimana :

F = Faktor Keamanan

τ = Tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah

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

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

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2.11)$$

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

c = kohesi

ϕ = sudut geser tanah

σ = tegangan normal

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

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d \quad (2.12)$$

Dengan c_d dan φ_d adalah kohesi dan sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor. Dengan memasukkan persamaan dengan persamaan (2.10), (2.11) dan (2.12) maka didapatkan rumusan sebagai berikut:

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

Atau

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

Dengan,

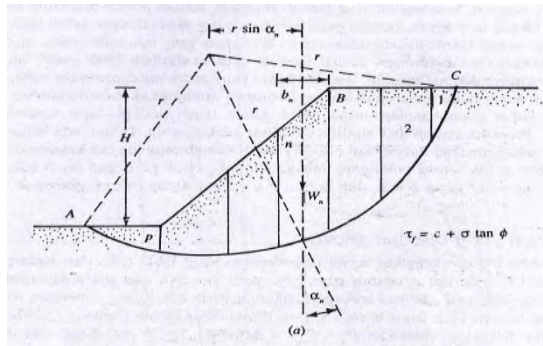
$$F_c = \frac{c}{c_d} F_\varphi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_d} \quad (2.15)$$

Maka kita dapat menuliskan

$$F_s = F_c = F_\varphi$$

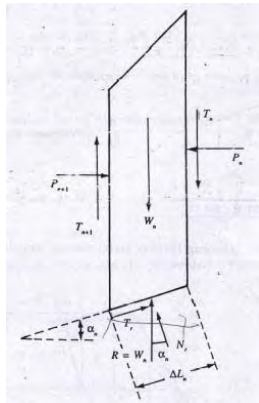
Jadi jika $F_s = 1.25$ maka lereng berada dalam keadaan akan runtuh, pada umumnya nilai angka keamanan adalah 1.25 terhadap kekuatan geser yang dapat diterima untuk merencanakan kestabilan lereng.

2.4.1 Metode Irisan



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

Pada gambar 2.10 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 bidnag 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 2.11. W_n adalah berat irisan. Gaya – gaya N_r dan T_r adalah komponen tegak dan sejajar dari reaksi R. P_n dan P_{n+1} adalah gaya normal yang bekerja pada sisi sisi irisan . Demikian juga, gaya geser yang bekerja pada sisi irisan adalah T_n dan T_{n+1} .

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

$$N_r = W_n \cos \alpha_n \quad (2.16)$$

Sedangkan untuk gaya geser perlawanan adalah sebagai berikut :

$$T_r = \tau_d (\Delta L_n) \quad (2.17)$$

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 longsor 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 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 Enggineers*, metode *Lowe – Karafiath*, metode *Generalized Limid Equilibrium (GLE)*.

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

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

2.7 Analisis Stabilitas Talud dengan Program *Plaxis*

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

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 perkiraan modulus elastisitas tanah menurut Bowles dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

Macam Tanah	E (Kg/cm ²)
LEMPUNG	
a. Sangat Lunak	3 – 30
b. Lunak	20 – 40
c. Sedang	45 – 90
d. Berpasir	300 – 425
PASIR	
a. Berlanau	50 – 200
b. Tidak padat	100 – 250
c. Padat	500 – 1000
PASIR DAN KERIKIL	
a. Padat	800 – 2000
b. Tidak Padat	500 – 1400
LANAU	20 – 200
LOSES	150 – 600
CADAS	1400 – 14000

(Sumber: Bowles, 1997)

2.7.3 Poisson ratio

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.

Tabel 2.6 Hubungan Antara Jenis Tanah dan *Poisson Ratio*

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

(Sumber: Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 1)

2.7.4 Sudut Geser Dalam

Sudut geser dinyatakan dalam satuan derajat dan merupakan penambahan dari shear strength dengan stress level. Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dengan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapatkan dari pengukuran engineering properties tanah dengan *direct shear test*. Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan pada tabel 2.3 berikut

Tabel 2.3 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam
Kerikil kepasiran	35° – 40°
Kerikil kerakal	35° – 40°
Pasir padat	35° – 40°
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	25° – 30°
Lempung	20° – 25°

(Sumber: Braja M Das Jiid 1)

2.8 Metode Perkuatan Lereng

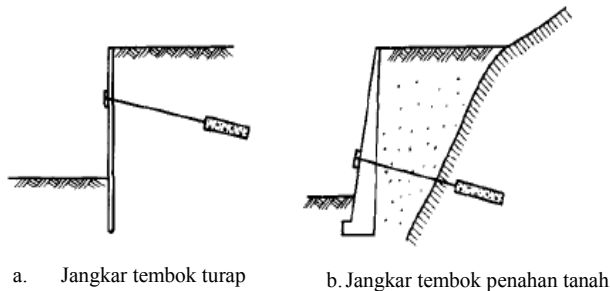
Perkuatan talud dilakukan dengan mengurangi gaya meruntuhkan yang bekerja menambah kekuatan geser tanah atau kombinasi keduanya. Metode yang digunakan untuk perkuatan/stabilisasi biasa digunakan adalah *ground anchor*.

2.8.1 Metode Perkuatan Talud dengan *Anchor*

Menurut (Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, 2000), Metode penjangkaran tanah disebut juga dengan nama *Alluvian Anchor*, *Ground Anchor* atau *Tieback Anchor*, sesuatu yang dikembangkan di Eropa sekitar 20 tahun lampau. Konstruksi *anchor* adalah sebuah konstruksi yang diperlukan untuk menahan

konstruksi penahan tanah agar kestabilan konstruksi sesuai seperti apa yang diharapkan (dimensi, kekuatan bahan, *deflection*)

Dalam metode ini pengeboran dilakukan dalam tanah pondasi yang baik terdiri dari lapisan berpasir, lapisan berkerikil, lapisan berbutir halus ataupun batuan yang lapuk, serta suatu bagian yang menahan gaya tarik seperti campuran semen dengan kabel baja atau semen dengan batang baja dimasukkan ke dalam lubang hasil pengeboran tersebut, kemudian disertai suatu gaya tarik setelahnya untuk memperkuat konstruksinya. Dalam banyak hal dipergunakan untuk melawan tekanan tanah seperti turap ataupun tembok penahan tanah, lihat gambar 2.12.



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

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

Konstruksi *anchor* dapat berupa :

1. Pelat setempat atau menerus

2. Tiang pancang (jangkar kursi, tiang vertikal)
3. *Tie backs* (jangkar betongrouting)

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

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

$$P_u = \pi \cdot d \cdot l \cdot C \quad (2.18)$$

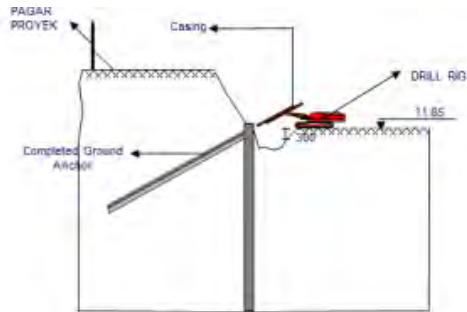
Dimana :

- P_u = Gaya Ultimate (Ton)
 D = Diameter grouting (m)
 L = Panjang grouting (m)
 C = Kohesi (t/m²)

2.8.2 Metode Pemasangan *Anchor* Tanah

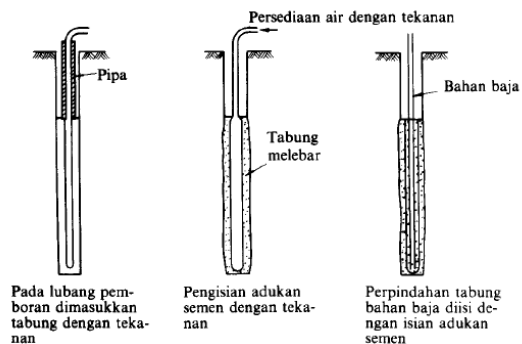
Metode Pemasangan anchor pada tanah diantaranya adalah sebagai berikut :

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



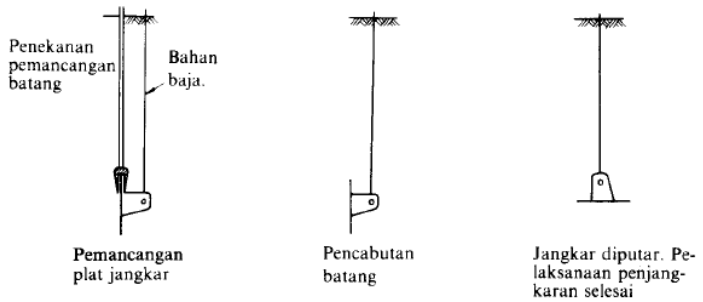
Gambar 2.9 Metode Pemasangan *Anchor* dengan *Grouting*

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



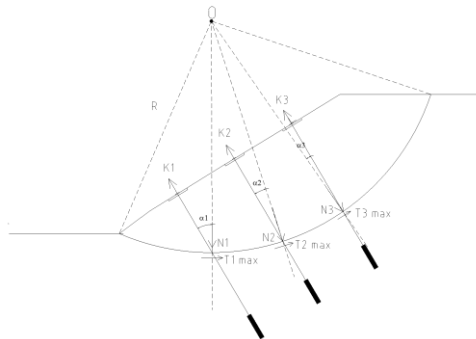
Gambar 2.10 Metode Pemasangan *Anchor* dengan Tabung Tekanan.

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



Gambar 2.11 Metode Pemasangan *Anchor* dengan Plat

2.8.3 Pemasangan *Ground Anchor*



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

Dimana :

W = Berat tanah yang berada diatas angkur (ton)

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

N = Gaya normal angkur pusat titik kelongsoran (ton)

T = Gaya perlawanan terhadap kelongsoran (ton)

O = Pusat titik kelongsoran

R = Jari – jari kelongsoran (m)

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

Momen Penahan = SF x Momen Penggerak

Jika diketahui:

SF

SF_{rencana} , maka :

$$\begin{aligned} 1) \quad MR &= SF \times Mov \\ 2) \quad \frac{MR + \Delta MR}{\Delta MR} &= \frac{SF_{rencana} \times Mov}{(SF_{rencana} - SF) \times Mov} \end{aligned}$$

(Sumber : Braja M Das jilid II)

Dimana :

ΔMR = Momen Penahan

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

Mov = Momen *Overtunning*

Nilai Tmax yng terjadi dihitung pada setiap angkur

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

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

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 :

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

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

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

2.8.4 Metode Pelaksanaan Pemasangan *Anchor*

Setelah persyaratan *gayaanchor* dan pelubangan sudah ditentukan, terdapat 9 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

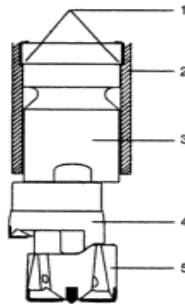


Figure 12.6 Tubex drill bit for advancing casing through soil and weathered rock (courtesy: Sandvik Drilling) 1, Shoulder; 2, Bit tube; 3, Guide; 4, Reamer; 5, Pilot bit.

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

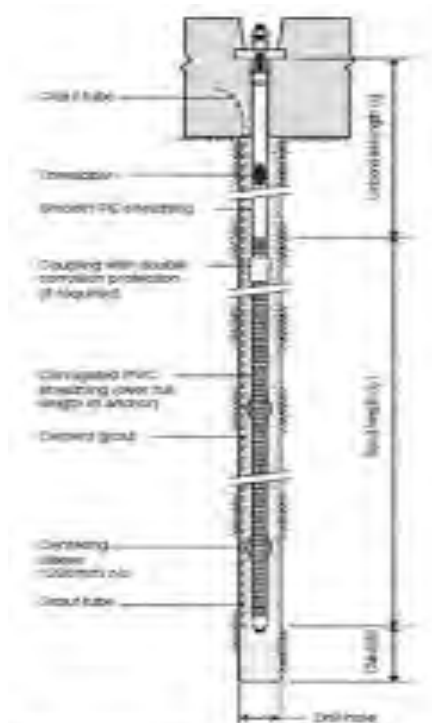


Figure 2.7 Typical threaded rock anchor with double corrosion protection system comprising ground corrugated plastic sheath over full length of anchor, and devoid joint on unbonded length (Class 1 corrosion protection) (Source: D&A Anchor Systems).

Gambar 2.14 Penentuan dan Dimensi *Anchor*

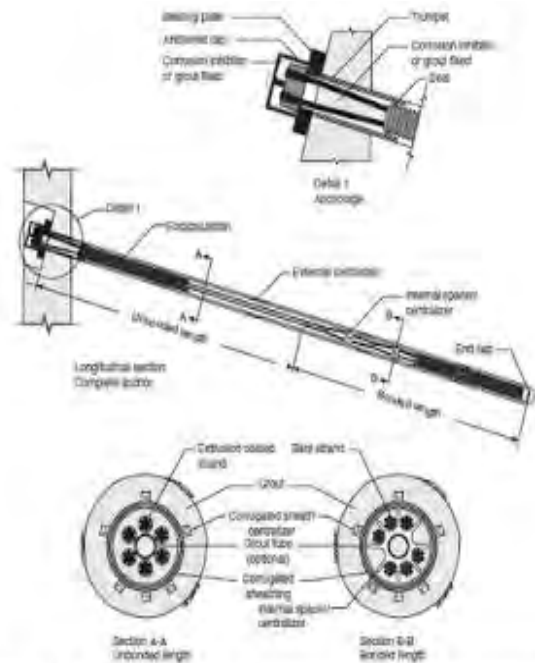


Figure 12.8 Typical multi-strand cable anchor with corrosion protection systems consisting grouted corrosion plastic sheet on bond length, and smooth grouted sheet on unbonded length (courtesy: Lang Tensile Inc.).

Gambar 2.15 Penentuan dan Dimensi Angkur

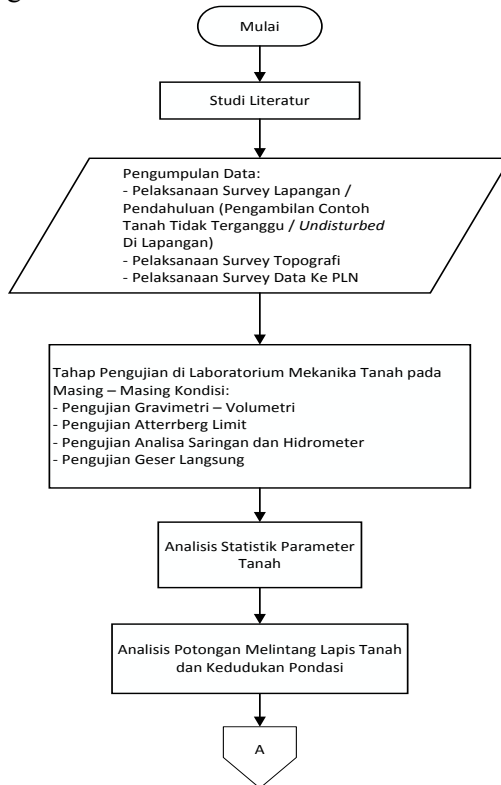
3. Korosi, memperkirakan tingkat korosi di lapangan dan mengaplikasikan perlindungan korosi yang sesuai dengan tingkat korosi pada ankur.
4. Tipe Pengikatan (*bond type*), memilih antara semen atau *resin grout* atau *mechanical anchor* untuk mengamankan bagian ujung Angkur pada lubang. Faktor-faktor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

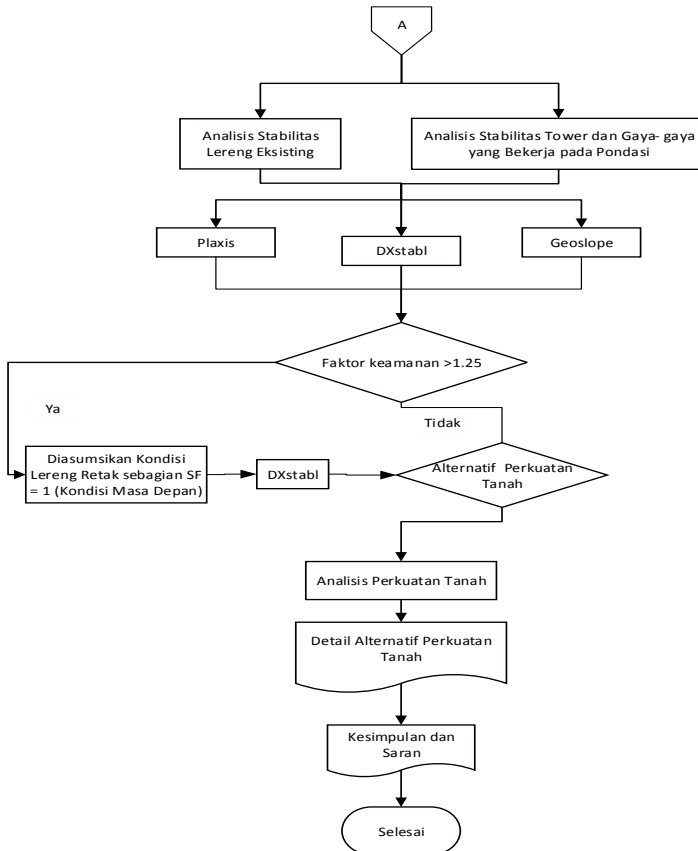
5. Panjang ikatan (*bond length*), penentuannya berdasarkan tipe pengikatan, diameter lubang, tegangan Angkur, dan kekuatan batuan.
6. Panjang total Angkur, menghitung panjang total Angkur, yang terdiri dari jumlah panjang ikatan dan panjang yang tidak terpengaruh tekanan. Panjang yang tidak terpengaruh 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.

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.11 Segoromadu – Lamongan Gresik) adalah sebagai berikut:





Gambar 3.1 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.11 Segoromadu – Lamongan Gresik)” melalui tahap persiapan sebagai berikut:

1. Survey Pendahuluan

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

2. Survey Topografi

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

3.2 Tahap Pengujian Benda Uji

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

3.3 Tahap Analisa Kestabilan *Talud Eksisting*

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

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 :

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

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

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.p*

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. Umum

Gerakan tanah berupa longsor (*landslide*) merupakan bencana yang sering membahayakan. Faktor yang menimbulkan longsor adalah rembesan dan aktivitas geologi seperti patahan. Bentuk dan kemiringan lereng, kekuatan material, kedudukan muka air tanah dan kondisi drainase setempat sangat berkaitan dengan kondisi kestabilan lereng (*Verhoef, 1985*). Dalam penelitian ini, peneliti merasa bahwa longsor tanah yang terjadi di sekitar kaki *tower* T.11 Segoromadu, Lamongan dapat mengancam kestabilan *tower* karena hanya berjarak beberapa meter dari kaki *tower*. Untuk mengantisipasi agar tidak terjadi penurunan tanah pada salah satu kaki *tower* yang dapat menyebabkan kemiringan dan keruntuhan *tower*, maka perlu kiranya dilakukan evaluasi dan analisis geoteknik pada lokasi *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan. Adapun langkah-langkah dalam mengevaluasi dan menganalisis serta pengerjaan penghitungan dalam penelitian ini meliputi :

1. Analisis statistik parameter tanah;
2. Analisis potongan melintang lapis tanah dan kedudukan pondasi;
3. Analisis stabilitas lereng *eksisting*;

4.1.1 Lokasi Data Tanah

Lokasi pengambilan *sample* tanah dilakukan satu titik pada kedalaman -30.00 meter dar permukaan tanah. Data tanah yang digunakan pada penyusunan tugas akhir ini berlokasi pada titik *tower* PLN Surabaya SUTT 150 kV T.11 Segoromadu – Lamongan yang berada pada koordinat 7,18232669485, 112,

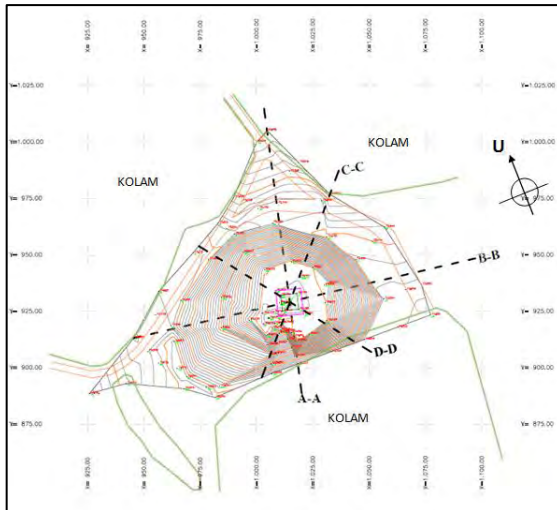
652722816, koordinat ini diambil dari google. Lokasi tersebut berada didekat lokasi pabrik kayu, tepatnya berada di gudang kayu No 27, Jl. Veteran Tama Utara Gresik. Berikut dapat dilihat lokasi pengambilan sample pada Gambar 4.1.



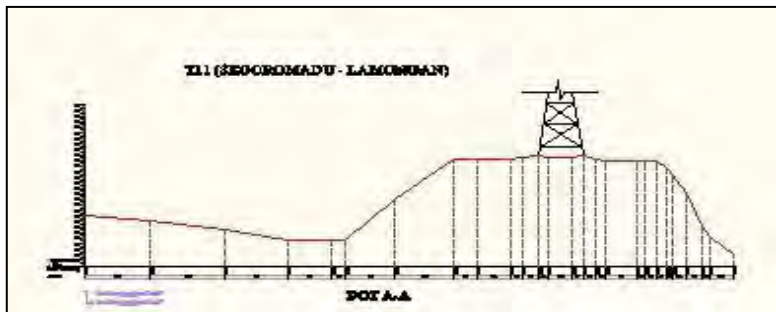
Gambar 4.1 Lokasi *Tower* T.11 Segoromadu – Lamongan
(Sumber : *maps.google.com*)

4.1.2 Lokasi titik peninjauan

Berdasarkan gambar layout *Tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik terlihat pada Gambar 4.2 yang menunjukkan lokasi titik - titik penyelidikan tanah di tower SUTT titik T 11 Segoromadu – Lamongan, Gresik

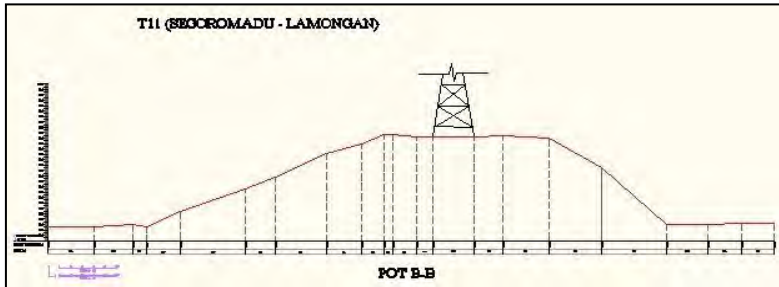


Gambar 4.2 Lokasi Titik - Titik Penyelidikan Tanah di *Tower SUTT T 11 Segoromadu – Lamongan, Gresik*
 Dari Gambar 4.2 menunjukkan posisi *tower* yang sekeliling lokasinya adalah kolam, pada gambar tersebut juga terlihat potongan – potongan yang akan ditinjau.



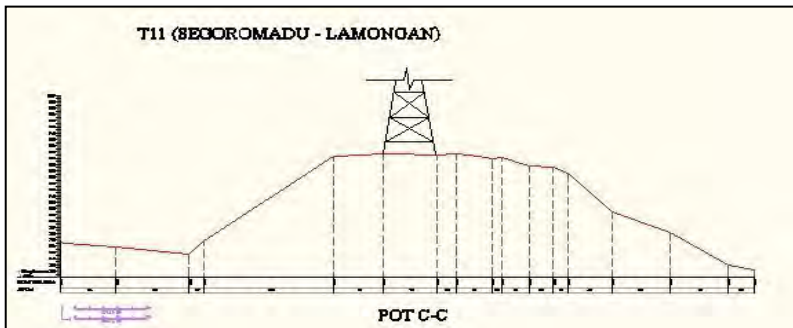
Gambar 4.3 Potongan A – A dari Hasil Pengukuran Topografi *Tower PLN SUTT di titik T 11 (Segoromadu - Lamongan)*

Pada Gambar 4.3 menunjukkan Potongan A – A yang tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri mempunyai kemiringan maksimum $V : H = 1 : 1,06$ sedang di sisi sebelah kanan *tower* mempunyai kemiringan maksimum $V : H = 1 : 2,3$



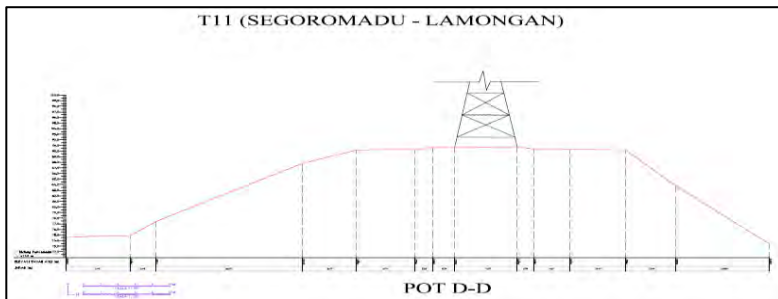
Gambar 4.4 Potongan B – B dari hasil pengukuran topografi *tower* PLN SUTT di titik T 11 (Segoromadu - Lamongan)

Pada Gambar 4.4 menunjukkan Potongan B – B, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri *tower* mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 2$ sedang di sisi sebelah kanan tower mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 1,1$



Gambar 4.5 Potongan C – C dari hasil pengukuran topografi *tower* PLN SUTT di titik T 11 (Segoromadu - Lamongan)

Pada Gambar 4.5 menunjukkan Potongan C – C tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri *tower* mempunyai kemiringan maksimum $V : H = 1 : 2,25$ sedang di sisi sebelah kanan *tower* mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 1$

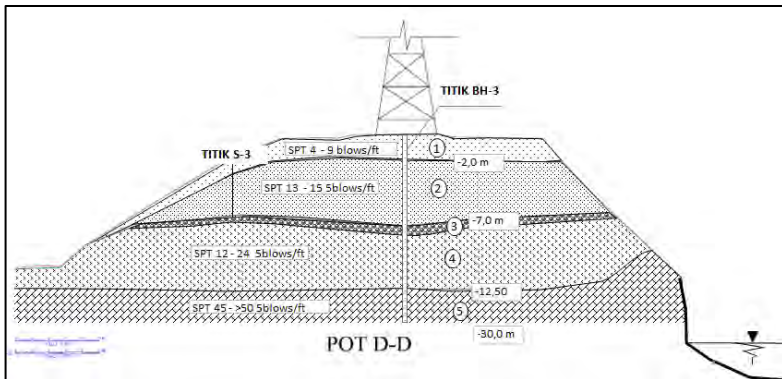


Gambar 4.6 Potongan D – D dari hasil pengukuran topografi *tower* PLN SUTT di titik T 11 (Segoromadu - Lamongan)

Pada titik *tower* T 11 (Segoromadu-Lamongan) ini ada beberapa potongan, yaitu potongan A-A, potongan B-B, potongan C-C, dan potongan D-D. Dan dari *profile* lapisan tanah, potongan D – D adalah *profile* yang mempunyai kemiringan yang paling *ekstrem* dibandingkan dengan propile pada potongan - potongan yang lain. Pada Gambar 4.3 menunjukkan potongan D – D, tampak bahwa kemiringan lereng di sisi kiri tower mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1 : 1,60$ sedang di sisi sebelah kanan tower mempunyai kemiringan maximum $V : H = 1:1,1$. Keadaan ini merupakan keadaan kemiringan yang paling *ekstrem*. Tampak bahwa ketinggian kaki *tower* berada di posisi +90,75, sedangkan posisi yang terendah adalah di lantai halaman gudang kayu, yaitu pada posisi +73,202, Jadi terjadi perbedaan $90,75 - 73,202 = 17,548$ m.

4.2. Analisa Data Tanah

Dalam perencanaan kestabilan lereng pada *tower* PLN (Studi kasus *tower* SUTT T.11 Segoromadu-Lamongan Gresik) yang menjadi data utama dalam analisis penelitian nantinya adalah data tanah, sehingga perlu melakukan analisis terhadap tanah yang berada di sekitar obyek penelitian yaitu *tower* SUTT T.11 Segoromadu-Lamongan Gresik agar dapat diketahui sifat fisik dan mekanismenya. Berdasarkan hasil pengukuran topografi dan hasil penyelidikan tanah, maka lapisan tanah di lokasi tersebut secara garis besar berdasarkan harga N-SPT dapat dibagi menjadi 5 bagian, dan jenis lapisan tanahnya didominasi oleh lapisan tanah lempung kepasiran dan mengandung tanah lanau.



Gambar 4.7 Pembagian Lapisan Tanah Pada Potongan D – D di titik T 11 Segoromadu – Lamongan, Gresik

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 Lapis ke 1 dengan ketebalan rata-rata 2 meter, dengan harga SPT berkisar antara 4 – 9 pukulan/feet, lapis ke 2 dengan ketebalan rata-rata mencapai 5,00 meter dengan harga SPT berkisar antara 13 – 15 pukulan/feet, lapis ke 3 dengan ketebalan 0,50 meter, lapis ke 4

mempunyai ketebalan 5,00 meter dengan harga SPT 12 – 24 pukulan/feet, dan lapis ke 5 terletak dibawah kedalaman – 12,50 meter dari muka tanah, lapisan ini cukup keras, dan didapatkan sampai dengan kedalaman -30,00 meter dari muka tanah, dan harga SPT 45 - >50 pukulan/feet. Parameter-parameter dari hasil analisa data tanah tersebut akan memberikan pengaruh pada kestabilan tower T.11 Segoromadu-Lamongan dan perencanaan kedepannya untuk pembangunan *tower* tersebut.

4.2.1 Data Hasil Penyelidikan di Laboratorium

Penyelidikan tanah di laboratorium adalah antara lain :

- a. Berat/volume tanah dan kadar air (ASTM D 1556-68)
- b. Derajat kejenuhan (ASTM D 2216-71)
- c. *Spesific Gravity* (ASTM D 854 -58)
- d. *Atterberg Limit* (ASTM D 424-66)
- e. *Grain Size analysis*(ASTM E 11-70, ASTM D 422-72)
- f. *Strength Test (direct shear / triaxial UU)* (ASTM D 2166-66, ASTM 3080-72)

Pada Tabel 4.1 menunjukkan data hasil penyelidikan di laboratorium dengan beberapa percobaan yang dilakukan. Berikut adalah rekap hasil penyelidikan tanah di laboratorium :

Tabel 4.1 Hasil rekap penyeledikan tanah di laboratorium

REKAP HASIL TEST												
KLIEN : PT. PLN (PERSERO)						TITIK : BH-3						
PROYEK : KAJIAN PENANGGUNGAN STABILITAS LERENG TOWER ANOMALI						MASTER BOR : OSIAS TENIS						
: PLN AAP SURABAYA SUTT 150 kV												
LOKASI : T 11 (SEGROMADU-LAMONGAN)												
DEPTH (Meter)	VOLUMETRI + GRAVIMETRI									CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv	
-2	2,756	1,324	70,98	34,10	56,97	1,590	1,186	1,756	*	*	*	
-5,00	2,645	1,276	86,45	41,71	56,06	1,647	1,162	1,723	*	*	*	
-10,00	2,547	1,225	88,71	42,67	55,06	1,633	1,145	1,695	*	*	*	
-15,00	2,588	1,201	90,32	41,91	54,57	1,669	1,176	1,721	*	*	*	
-20,00	2,498	0,956	78,98	30,23	48,88	1,663	1,277	1,766	*	*	*	
-25,00	2,577	0,947	74,36	27,33	48,64	1,685	1,324	1,810	*	*	*	
-30,00	2,641	0,871	75,69	24,96	46,55	1,764	1,412	1,877	*	*	*	
DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH		PERMEABILITAS			
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	ϕ	C		Cu		
-2,00							0		0,38			
-5,00	0,00	18,60	81,40	52,86	29,11	23,75	0	*	0,487			
-10,00	0,00	4,94	95,06	57,89	32,85	25,04	0	*	0,674			
-15,00	0,00	33,97	66,03	38,21	28,68	9,53	0	*	0,564			
-20,00	0,00	5,84	94,16	56,65	33,29	23,36	0	*	1,180			
-25,00	0,00	33,41	66,59	37,84	28,44	9,40	0	*	2,756			
-30,00	0,00	6,90	93,10	62,45	33,86	28,59	0	*	3,287			

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

Keterangan :

G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)
S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)
S – CI	= Silt – Clay (%)	IP	= Plastic Limit (%)
Gs	= Spesific Gravity	Wc	= Water Content (%)
e	= Void Ratio	n	= Porosity (%)
Sr	= Degree of saturated (%)	γ_t	= Wet density (gg/cc)
γ_{sat}	= Saturated density (gg/cc)		
C	= Cohession (kg/cm ²)		
γ_d	= Dry density (gg/cc)		

- f = Angle of internal friction (degree)
 C_u = Cohesion undrained (kg/cm²)
 P_p = Preconsolidation Pressure (kg/cm²)
 C_c = Compression Index
 C_v = Compression of Consolidation (cm²/det)

4.2.2 Data Parameter Tanah

Penentuan parameter tanah yang digunakan adalah dengan memilih nilai SPT terkritis dari setiap lapisan tanah yang sudah diklasifikasikan berdasarkan nilai SPT. Seperti terlihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Parameter Data Tanah Terkritis yang Digunakan Pada Program Bantu (*Dxstable, Geoslope, Plaxis*)

KEDALAMAN (M)	VOLUMETRI + GRAVIMETRI								CONSOLIDATION		
	G _s	e	S _r	W _c	n	□t	□d	□sat	P _p	C _c	C _v
			(%)	(%)	(%)	gr/cc	gr/cc	gr/cc	(%)		
2	2,756	1,324	70,980	34,099	56,971	1,590	1,186	1,756	*	*	*
4 - 8	2,686	1,294	80,778	38,916	56,396	1,626	1,171	1,735	*	*	*
7	2,606	1,256	87,354	42,089	55,660	1,641	1,155	1,765	*	*	*
6 - 20	2,527	1,088	84,006	36,371	51,917	1,652	1,214	1,782	*	*	*
22 - 30	2,585	0,912	76,411	27,014	47,667	1,718	1,354	1,830	*	*	*

KEDALAMAN (M)	SIEVE ANALYSIS			ATTEBERG LIMITS			STRENGTH			PERMEABILITAS
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	□	C	C _u	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)			(kg/cm ²)	
2	0	0	0	0	0	0	0	*	0,380	*
4 - 8	0	11,780	51,553	33,478	18,436	15,042	0	*	0,448	*
7	0	13,136	86,864	54,872	30,606	24,266	0	*	0,152	*
6 - 20	0	8,293	91,707	55,302	32,653	22,649	0	*	0,916	*
22 - 30	0	11,884	88,116	55,788	32,605	23,183	0	*	3,287	*

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah ITS)

4.2.3 Data Standar Penetrasi Test (SPT)

Berdasarkan penyelidikan tanah yang dilakukan didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.3Data SPT

LAPISAN	Kedalaman (m)	N - SPT	Jenis Tanah	Warna	Konsistensi Tanah
1	2	4 - 9	Lempung	abu - abu	Soft to
			Berlanau	kecoklatan	Medium
2	4 - 8	13 - 15	Lempung	abu - abu	Stiff
			Lanau	kecoklatan	
			Berpasir		
3	7	13	Lempung	abu - abu	Stiff
			Berbatu	terang	
4	6 - 20	12 - 24	Lempung	abu - abu	Stiff to
			Berlanau	terang	very stiff
5	22 - 30	45 - 50	Lempung	abu - abu	Hard
			Berlanau	terang	

(Sumber : JE Bowles, 1984)

Tabel 4.4Konsistensi Tanah (Untuk Tanah Dominan Lanau dan Lempung)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c (dari Sondir)	
	kPa	ton/ m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75– 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

(Sumber: Mochtar 2006, revised 2012)

Tabel 4.5 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

Macam Tanah	E (Kg/cm ²)
LEMPUNG	
a. Sangat Lunak	3 – 30
b. Lunak	20 – 40
c. Sedang	45 – 90
d. Berpasir	300 – 425
PASIR	
a. Berlanau	50 – 200
b. Tidak padat	100 – 250
c. Padat	500 – 1000
PASIR DAN KERIKIL	
a. Padat	800 – 2000
b. Tidak Padat	500 – 1400
LANAU	20 – 200
LOSES	150 – 600
CADAS	1400 – 14000

(Sumber: Bowles, 1997)

Tabel 4.6 Hubungan Antara Jenis Tanah dan *Poisson Ratio*

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

(Sumber: Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 1)

Berdasarkan penyelidikan tanah yang telah dilakukan data *modulus young* (E) dan *koefisien poisson ratio* yang dibutuhkan untuk data input pada program bantu didapat dari tabel korelasi SPT (Bowles, 1997 dan Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 1). Langkah pertama adalah menentukan jenis

tanah dalam studi kasus talud *Tower* T.11 Segoromadu – Lamongan , Gresik kemudian tabel tersebut beresam dengan data SPT dikorelasi ke harga *modulus young* (E) dan *poission ratio* (v) seperti pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Rekapitulasi data SPT , Modulus young dan Poisson ratio

LAPISAN	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Konsistensi	N - SPT	Modulus Young (E)	Poisson ratio
			Tanah		(kg/cm ²)	
1	2	Lempung	Soft to	4 - 9	200	0,30
		Berlanau	Medium			
2	4 - 8	Lanau	Stiff	13 - 15	250	0,30
		Lempung				
		Berpasir				
3	7	Lanau	Stiff	13	250	0,30
		Lempung				
		Berpasir				
4	6 - 20	Lanau	Stiff to	12 - 24	250	0,30
		Berpasir	Very			
		Berlempung	Stiff			
5	22 - 30	Lanau	Hard	45 - 50	250	0,30
		Berpasir				
		Berlempung				

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

4.2.4 Data Bor Dalam (Bor mesin)

Terlihat pada Gambar 4.7 dari kedalaman -0.00 meter s/d 2,00 meter dari muka tanah didapatkan lapisan tanah lempung

berlanau berpasir warna abu-abu kecoklatan. Dari kedalaman - 2,00 meter s/d -6.50 meter dari muka tanah didapatkan lapisan tanah lempung lanau berpasir warna abu-abu kecoklatan dan coklat terang, kondisi lapisan tanah tersebut kaku (*stiff*), harga N-SPT pada lapisan ini berkisar Antara 9 - 12. pukulan/feet. Dari kedalaman -6.50 meter s/d - 7.00 meter dari muka tanah didapatkan lapisan lempung berbatu, warna abu-abu terang, kondisi lapisan tanah ini keras (*hard*). Untuk nilai N-SPT dapat dilihat dilampiran

4.2.5 Data Bor dangkal

Seperti terlihat pada Gambar 4.7 pada Titik BDK-1, dari kedalaman -0.00 meter sampai dengan kedalaman -5.00 meter dari muka tanah didapatkan lapisan tanah lempung berlanau, warna coklat terang. Sedangkan pada titik BDK-2, dari kedalaman -0.00 meter sampai dengan kedalaman -5.00 meter dari muka tanah didapatkan lapisan tanah lempung berlanau, warna coklat terang. Untuk Mengenai data data lapangan untuk pengeboran dangkal dapat dilihat pada Lampiran.

4.2.6 Sondir

Pada Gambar 4.7 dari hasil penyondiran yang dilakukan di lapangan, hanya mampu menembus lapisan tanah sampai dengan kedalaman -6.00 meter dari muka tanah setempat. Hasil sondir dapat dilihat pada lampiran.

4.3 Data Analisa Menggunakan Program bantu *Dxstable*, *Geoslope*, *Plaxis*

4.3.1 Data Koordinat Lapisan

Berdasarkan gambar layout *Tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik pada potongan D – D maka didapatkan

koordinat ujung potongan sebelah kiri (0 ; 14,20) dan ujung potongan sebelah kanan (12,70 ; 96,87). Dari hasil SPT kemudian digambarkan per lapisan dan diberi koordinat untuk setiap titiknya sebagai input data untuk analisa kestabilan tower dan perencanaan perkuatan talud di sekitar tower menggunakan program bantu *dxstable*, *geoslope*, dan *plaxis*. Koordinat untuk kedalaman dibatasi hingga kedalaman sesuai SPT yaitu 30 meter dari permukaan tanah paling atas Selain itu data koordinat, data parameter tanah per lapisan, serta beban dan gaya tower merupakan input data pada program bantu yang dipakai.

1. Koordinat untuk program bantu *dxstable*

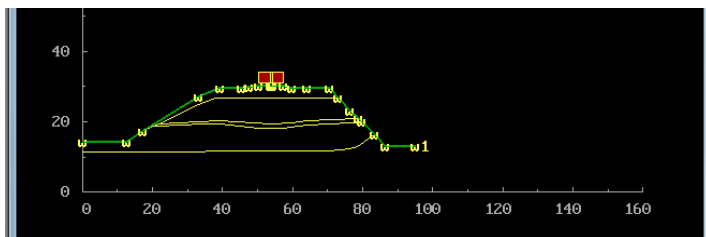
Pada Lapisan potongan tower T.11 Segoromadu – Lamongan Gresik dengan memplotkan garis kontur, didapatkan koordinat lapisan tanah untuk penggambaran geometri analisa tanah dengan program bantu *dxstable* sebagai berikut:

Tabel 4.8 Koordinat Lapisan Tanah Sisi Kiri Untuk Program Bantu *Dxstable* Pada Tower T.11 Segoromadu – Lamongan , Gresik.

SURFACE		SUBSURFACE		SUBSURFACE		SUBSURFACE		SUBSURFACE	
LAPISAN 1		LAPISAN 2		LAPISAN 3		LAPISAN 4		LAPISAN 5	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
12,8	14,2	22	19,5	20,4	18,8	17,3	17,4	0	11,6
17,3	17,4	33,1	25	22	19,5	20,4	18,7	70,5	11,7
33,2	27	38,1	26,7	33,2	20,1	29,6	19,1	76,3	12,4
39,4	29,4	39,4	26,8	39,4	20,2	33,2	19,5	78,6	12,9
45,6	29,5	72,9	26,8	53,8	19,3	39,4	19,3	83,4	16,3

47,7	29,8			54,4	19,3	50,3	18,2	95	13,1
50,3	30			59,9	19,6	53,8	18,1		
53,8	30			64,04	20,3	54,4	18,2		
54,4	30			78,7	20,8	57,5	18,3		
57,5	30					64,1	19		
59,9	29,6					70,5	19,4		
64,1	29,6					76,3	19,7		
70,5	29,5					79,6	19,9		
72,9	26,8								
76,3	23,1								
78,8	20,8								
79,6	19,9								
83,4	16,3								
86,6	13,1								
95	13,1								

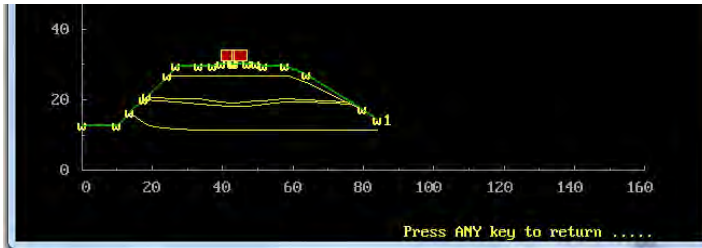
Dari hasil koordinat yang didapat gambar pemodelan talud pada sisi kiri dengan koordinat seperti pada tabel 4.8 dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Pemodelan Geometri Lereng Sisi Kiri *Tower T.11*
Segoromadu – Lamongan, Gresik

79,8	17,4								
83,9	14,1								

Gambar pemodelan talud pada sisi kanan dengan koordinat seperti pada tabel 4.9 dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Pemodelan Geometri Lereng Sisi Kanan Tower T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik

2. Koordinat untuk program bantu *geoslope*

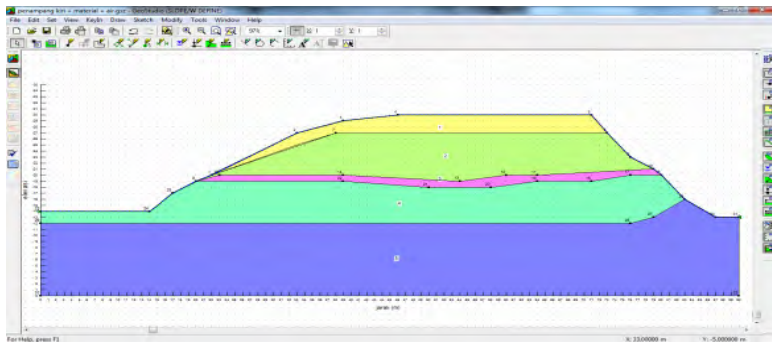
Pada Lapisan potongan tower T.11 Segoromadu – Lamongan Gresik dengan memplotkan garis kontur, didapatkan koordinat lapisan tanah untuk penggambaran geometri analisa tanah dengan program bantu *geoslope* sebagai berikut:

Tabel 4.10 Koordinat Lapisan Tanah untuk Program Bantu *Geoslope* pada Tower T.11 Segoromadu – Lamongan , Gresik.

SURFACE LAPISAN 1		SUBSURFACE LAPISAN 2		SUBSURFACE LAPISAN 3		SUBSURFACE LAPISAN 4		SUBSURFACE LAPISAN 5	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
13	14	22	20	20	19	17	17	0	12
17	17	33	25	22	20	20	19	71	12
33	27	38	27	33	20	30	19	76	12

39	29	39	27	39	20	33	20	79	13
46	30	73	27	54	19	39	19	83	16
48	30			54	19	50	18	95	13
50	30			60	20	54	18		
54	30			64	20	54	18		
54	30			79	21	58	18		
58	30					64	19		
60	30					71	19		
64	30					76	20		
71	30					80	20		
73	27								
76	23								
79	21								
80	20								
83	16								
87	13								
95	13								

Pada program bantu *geoslope*, analisa dapat dilakukan pada kedua sisi talud sehingga data koordinat tidak perlu dicerminkan seperti pada program bantu *dxstable*. Pemodelan talud yang sesuai dengan koordinat yang terlihat pada Tabel 4.10 dapat dilihat pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Pemodelan Geometri Lereng *Tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik

3. Koordinat dengan program bantu *Plaxis*

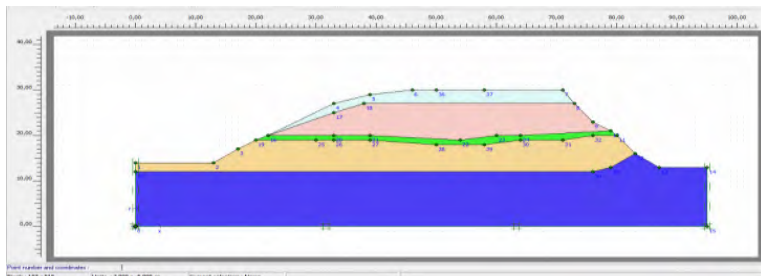
Pada Lapisan potongan *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik dengan memplotkan garis kontur, didapatkan koordinat lapisan tanah untuk penggambaran geometri analisa tanah dengan program bantu *plaxis* sebagai berikut:

Tabel 4.11 Koordinat Lapisan Tanah untuk Program Bantu *Plaxis* pada *Tower* T.11 Segoromadu – Lamongan , Gresik.

SURFACE		SUBSURFACE		SUBSURFACE		SUBSURFACE		SUBSURFACE	
LAPISAN 1		LAPISAN 2		LAPISAN 3		LAPISAN 4		LAPISAN 5	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
12,8	14,2	22	19,5	20,4	18,8	17,3	17,4	0	11,6
17,3	17,4	33,1	25	22	19,5	20,4	18,7	70,5	11,7
33,2	27	38,1	26,7	33,2	20,1	29,6	19,1	76,3	12,4
39,4	29,4	39,4	26,8	39,4	20,2	33,2	19,5	78,6	12,9
45,6	29,5	72,9	26,8	53,8	19,3	39,4	19,3	83,4	16,3
47,7	29,8			54,4	19,3	50,3	18,2	95	13,1

50,3	30			59,9	19,6	53,8	18,1		
53,8	30			64,04	20,3	54,4	18,2		
54,4	30			78,7	20,8	57,5	18,3		
57,5	30					64,1	19		
59,9	29,6					70,5	19,4		
64,1	29,6					76,3	19,7		
70,5	29,5					79,6	19,9		
72,9	26,8								
76,3	23,1								
78,8	20,8								
79,6	19,9								
83,4	16,3								
86,6	13,1								
95	13,1								

Pada dasarnya sama dengan program bantu *geoslope*, program bantu *plaxis* analisa dapat dilakukan pada kedua sisi talud sehingga data koordinat tidak perlu dicerminkan. Pemodelan talud yang sesuai dengan koordinat pada tabel 4.11 dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Pemodelan Geometri Lereng *Tower T.11* Segoromadu – Lamongan, Gresik

4.4 Data Reaksi Tower

Pada analisa *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik juga diperlukan data untuk gaya – gaya yang terjadi, seperti beban mati dari *tower* itu sendiri, gaya dari kabel, beban angin pada kawat, dan beban angin sendiri yang terjadi pada kawat dan *tower* tersebut. Sehubungan dengan tidak didapatkannya data – data untuk *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan dari pihak PLN, maka data gaya – gaya yang digunakan merupakan data ekuivalensi dari data dengan jenis *tower* yang sama

Tabel 4.12 Reaksi Pondasi *Tower* SUTT 150 kV untuk Beban Sementara.

Reaksi 1 Kaki Akibat	Beban Mati (Ton)	Gaya Kabel (Ton)	Angin pada Kawat (Ton)	Angin pada Tower (Ton)	Total (Ton)
Rtekan Maksimum	10,24	4,5	1,711	89.425W	16.4502+563.5W
Rtarik Maksimum	10,24	-4,5	-1,711	-89.425W	10.377+563.5W

Sumber (Adhi Kusnadi, 2008)

$$R_{H \max} = \sqrt{(1.568+1.5908+0.1328)^2 + (2.2408+2.218)^2}$$

$$= 10,648 \text{ ton}$$

Pada program bantu *dxstable*, *geoslope*, dan *plaxis* untuk input data beban dan gaya – gaya yang terjadi pada *tower* adalah jumlah beban merata

Tabel 4.13 Beban Merata yang Terjadi pada *Tower*

Panjang sisi	Luasan	Beban Angin	Total Beban Vertikal	Beban Vertikal Untuk satu kaki		Beban Merata	
				Ton	KN	Ton	KN
m	m ²	T/ m ²	Ton	Ton	KN	Ton	KN
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
5,386	29,006	0,04	38,99	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 m²

c = Beban angin jauh dari pantai
= 40 kg/cm² = 0.04 t/m² (PBI 71)

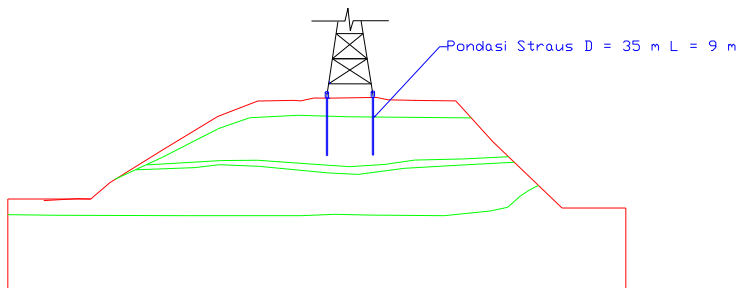
d = Beban vertikal
= 16.4502 + (563.5 x 0.04)
= 38.990 ton

e = Beban vertikal per satu kaki
= Beban vertikal (d) : 4
= 38.990 : 4
= 9.748 ton

f = Beban merata
= Total beban vertikal (d) : luasan (b)
= 38.990 : 29.006
= 1.344 ton/m²

4.5 Data Pondasi Dibawah *Tower*

Pondasi yang digunakan pada kaki – kaki *tower* adalah pondasi strauss. Dari hasil penelitian dilapangan, diketahui kedalaman tiang pondasi strauss adalah 9 meter dengan diameter 35 cm.



Gambar 4.12 Sketsa Pondasi Strauss *Tower* T.11 Segoromadu – Lamongan , Gresik

Pada Gambar 4.12 menunjukkan posisi pondasi strauss yang dipasang dibawah kaki tower. Dimana ujung pondasi terletak pada lapisan tanah kedua

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISA KESTABILAN TALUD DAN PERENCANAAN ALTERNATIF PERKUATAN TALUD

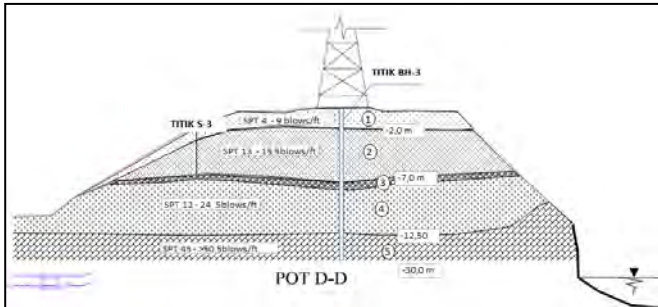
5.1 Umum

Tower T.11 Segoromadu – Lamongan yang berada di Desa Sekar Kurung, Kecamatan kebonmas, Gresik, pada awalnya kaki *tower* berada sejajar dengan tanah disampingnya namun karena adanya galian dari pihak PT. Semen Gresik yang menyebabkan adanya beda tinggi antara tanah lapis tanah di bawah kaki *tower* dengan sekitarnya, keadaan ini diperparah juga dengan adanya kolam yang berada di bawah kaki *tower*. Dikarenakan *tower* ini adalah salah satu *tower* induk yang menghubungkan aliran listrik Pulau Jawa maka *tower* ini tidak boleh terganggu kestabilannya. Hal ini yang menyebabkan pihak PLN khawatir akan terjadi kelongsoran dan merasa perlu diteliti tingkat kestabilan lereng dan *talud* di sekitar *tower* tersebut. Analisa kestabilan ini dilakukan menggunakan program bantu *dxstable*, *geoslope*, dan *plaxis*.

5.2 Analisa Kestabilan Talud

Analisa kestabilan talud dilakukan dengan menggunakan program bantu *dxstable*, *geoslope*, dan *plaxis*, dan data –data yang digunakan adalah data tanah, data pengukuran, dan reaksi pada kolom *tower* sehingga dapat mengetahui besarnya faktor keamanan yang terjadi pada lereng saat *over allstability* maupun *internalstability*.

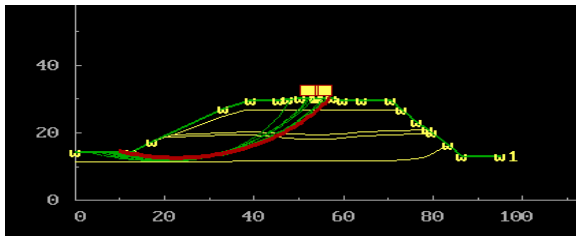
Sebelum melakukan analisa stabilitas, berdasarkan hasil pengukuran topografi dan hasil penyelidikan tanah, maka lapisan tanah di lokasi tersebut secara garis besar berdasarkan harga N-SPT dapat dibagi menjadi 5 lapisan, dan jenis lapisan tanahnya didominasi oleh lapisan tanah lempung kepasiran dan mengandung tanah lanau. Pembagian lapisan tanah dan beban akibat reaksi kolom *tower*, dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Keadaan *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan

5.2.1 Analisa Stabilitas Lereng Menggunakan Program Bantu *Dxstable*

Pada Geometri pemodelan lereng *tower* dengan bantuan program *dxstable* setinggi 30 meter dengan bidang kelongsoran kiri dan kanan dengan menggunakan metode irisan Bishop. Pada pemodelan ini dilakukan analisa dimana muka air tanah dalam keadaan tinggi pada lapisan tanah paling atas yang diasumsikan saat hujan deras air menetes pada lapisan atas tanah dan masuk kedalam pori pori tanah sehingga pemodelan lereng ini dianggap terendam oleh air. Seperti yang terlihat pada Gambar 5.2



Gambar 5.2 Posisi Muka Air Pada Permukaan Lapisan Tanah Pada Talud Sisi Kiri

Untuk data paramater yang digunakan dapat dilihat pada tabel 5.1

Tabel 5.1 Data parameter tanah untuk analisa kelongsoran dengan program bantu *dxstable*

Lapisan tanah ke-	γ_t (t/m^3)	γ_{sat} (t/m^3)	Cu (t/m^2)	Θ (derajat)
1	1,6	1,8	3,8	0
2	1,6	1,7	4,9	0
3	1,7	1,8	1,5	20
4	1,7	1,8	5,6	0
5	1,7	1,8	32,8	0

Keterangan :

γ_t = Berat volume tanah basah

γ_{sat} = Berat volume tanah jenuh

Cu = Kohesi tanah

ϕ = Sudut geser dalam tanah

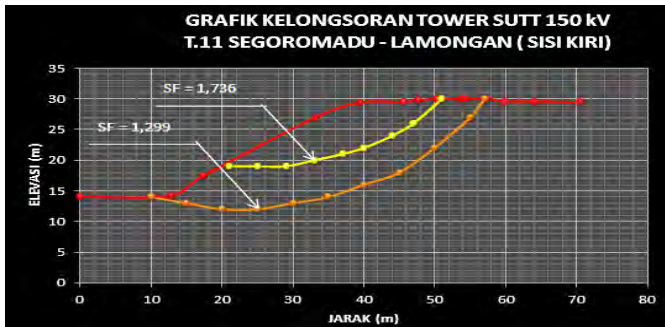
Sedangkan untuk Bidang kelongsoran yang dianalisa dengan program bantu *dxstable* adalah mencakup keseluruhan bagian badan dan lereng dari bagian yang paling atas sampai bagian yang paling bawah dengan nilai faktor keamanan terkritis (*overall stability*) dan bidang kelongsoran bagian lereng dan bagian paling atas (*Internal stability*) yang dilakukan dengan 3 kali percobaan dengan hasil secara keseluruhan bidang lereng bagian kanan maupun keseluruhan bidang lereng bagian kiri.

Tabel 5.2 Nilai Faktor Keamanan Hasil Analisa Kestabilan Lereng dengan *Dxstable*

Percobaan ke-	KIRI		KANAN	
	<i>Overall</i>	<i>Internal</i>	<i>Overall</i>	<i>Internal</i>
	<i>Stability</i>	<i>Stability</i>	<i>Stability</i>	<i>Stability</i>
1	1,299	1,736	1,351	1,720
2	1,381	1,777	1,42	1,874
3	1,498	1,881	1,48	1,912

(Sumber: Hasil Analisa)

Hasil dari analisa kelongsoran talud di sekitar *tower* untuk sisi bagian kiri dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut

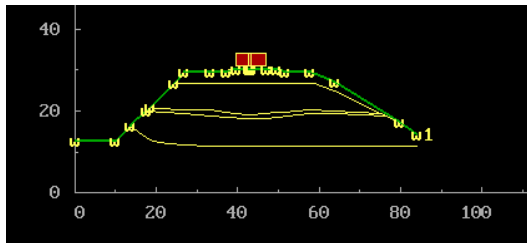


Gambar 5.3 Kelongsoran *talud* di sekitar *Tower* Sisi Kiri
(Sumber: Hasil Analisa)

Pada Gambar 5.3 menunjukkan hasil analisa kestabilan talud pada *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik bagian kiri terlihat faktor keamanan terkecil mencapai 1,299 terjadi pada *overall stability*.

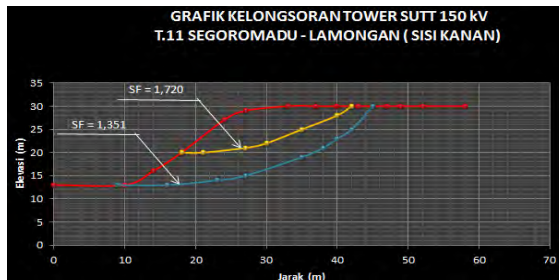
Analisa selanjutnya dilakukan pada talud di sisi bagian kanan dimana muka air berada sama dengan muka air pada saat analisa sisi bagian kiri yaitu diasumsikan dalam keadaan tinggi

pada permukaan lapisan tanah paling atas seperti yang terlihat pada Gambar 5.4



Gambar 5.4 Posisi Muka Air pada Permukaan Lapisan Tanah Talud Sisi Kanan

Hasil dari analisa kelongsoran talud di sekitar *tower* untuk sisi bagian kanan dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut:



Gambar 5.5 Kelongsoran *Taluddi* Sekitar *Tower* Sisi Kanan

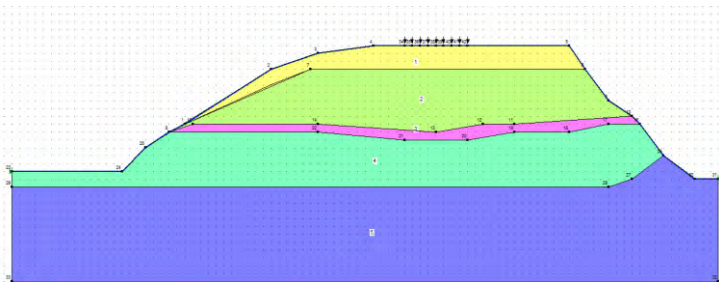
Pada Gambar 5.5 menunjukkan hasil analisa kestabilan talud pada *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik bagian kanan terlihat faktor keamanan terkecil mencapai 1,351 terjadi pada *overall stability*.

Dari hasil Tabel 5.2 untuk analisa kestabilan talud *Tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik terlihat bahwa angka keamanan terkecil untuk program bantu *dxstable* berada pada sisi

bagian kiri sebesar 1,299 yang lebih besar dari syarat untuk SF terkecil adalah 1,25. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi talud di sekitar *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik untuk bagian kanan maupun bagian kiri tidak mengalami kelongsoran.

5.2.2 Analisa Stabilitas Lereng Menggunakan Program Bantu *Geoslope*

Sama halnya seperti analisa menggunakan program bantu *dxstable*, analisa menggunakan program bantu *geoslope* juga bertujuan mendapatkan hasil angka keamanan. Sama dengan asumsi pemodelan muka air di *dxstable*, pada *geoslope* dilakukan analisa dimana muka air tanah diasumsikan dalam keadaan tinggi pada lapisan tanah paling atas, saat hujan deras air menetes pada lapisan atas tanah dan masuk kedalam pori - pori tanah sehingga pemodelan lereng ini dianggap terendam oleh air. Pada analisa *geoslope*, beban *tower* diasumsikan menjadi beban merata. Berbeda dengan pemodelan pada *dxstable* yang harus menganalisa bagian kiri dan kanan. Pada program *geoslope* keseluruhan talud dapat langsung dianalisa. pemodelan taluddianalisa setinggi 30 meter dengan metode *slope/w* seperti yang terlihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.6 Pemodelan Talud Disekitar Lereng dengan Program *Geoslope*

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

Lapisan tanah ke-	γ_t (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	Cu (t/m ²)	θ (derajat)
1	1,6	1,8	3,8	0
2	1,6	1,7	4,9	0
3	1,7	1,8	1,5	20
4	1,7	1,8	5,6	0
5	1,7	1,8	32,8	0

Keterangan :

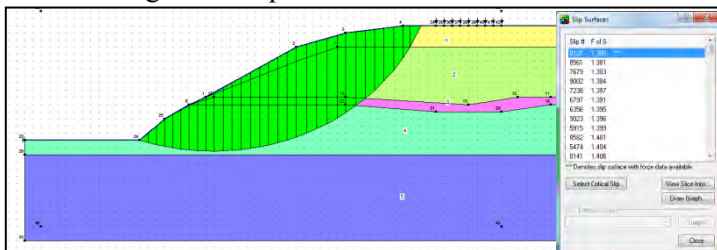
γ_t = Berat volume tanah basah

γ_{sat} = Berat volume tanah jenuh

Cu = Kohesi tanah

θ = Sudut geser dalam tanah

Pada program *geoslope* bidang kelongsoran lereng yang dianalisis langsung ditunjukkan dengan bidang kelongsoran yang paling kritis setelah dimasukkan parameter dan beban yang diperlukan, seperti yang terlihat pada Gambar 5.6. Hasil analisa dengan bantuan program *geoslope* adalah hasil secara keseluruhan bidang lereng bagian kanan maupun bagian kiri yang dilakukan dengan 3 kali percobaan.



Gambar 5.7 Hasil Pemodelan dengan Menggunakan Program *Geoslope*

Tabel 5.4 Nilai Faktor Keamanan Hasil Analisa Kestabilan Lereng dengan Menggunakan *Geoslope*

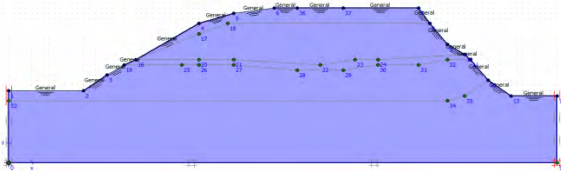
Percobaan ke-	KIRI	KANAN
1	1,380	1,798
2	1,530	1,809
3	1,611	1,867

(Sumber: Hasil Analisa)

Dari hasil Tabel 5.4 untuk analisa kestabilan talud pada *Tower T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik* terlihat bahwa angka keamanan terkecil untuk program bantu *geoslope* pada sisi kiri sebesar 1,380 dan sisi kanan adalah 1,798 dimana SF untuk sisi kanan maupun sisi kiri lebih besar dari syarat untuk SF terkecil yaitu 1,25. Maka dapat disimpulkan bahwa kondisi talud pada *tower T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik* baik sisi bagian kanan maupun bagian kiri, keduanya tidak mengalami kelongsoran atau cukup aman

5.2.3 Analisa Stabilitas Lereng Menggunakan Program Bantu *Plaxis*)

Sama halnya dengan program bantu *dxstable*, maupun program bantu *geoslope*. Program bantu menggunakan *plaxis* ini juga bertujuan untuk mendapat nilai angka keamanan dengan asumsi permukaan air merendam talud seperti halnya asumsi pada program sebelumnya. Untuk beban yang digunakan pada program bantu *plaxis* adalah dengan asumsi beban merata.

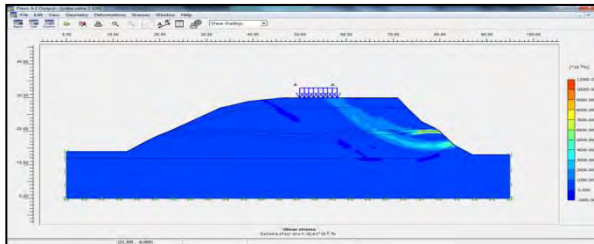


Gambar 5.8 Pemodelan lereng *plaxis* pada tower T.11 Segoromadu – Lamongan

Tabel 5.5 Data Parameter Tanah yang Digunakan untuk Analisa dengan Program Bantu *Plaxis*

Parameter	Nama		Satuan
Model material	Model	Mohr – Coulumb	-
Jenis perilaku material	Jenis	Undrained	-
Berat volume kering	γ_{unsat}	(tabel 5.1)	kN/m ³
Berat volume basah	γ_{sat}	(tabel 5.1)	kN/m ³
Permeabilitas arah horisontal	kx	0	mm/hari
Permeabilitas arah vertikal	ky	0	mm/hari
Modulus Young	Eref	(tabel 4.3)	kN/m ³
Angka Poisson	v	(tabel 5.1)	-
Kohesi	Cu	(tabel 5.1)	kN/m ³
Sudut geser	ϕ	(tabel 5.1)	°

Pada program bantu *plaxis*, pemodelan dibagi menjadi 2 fase yaitu fase pertama merupakan fase pada kondisi tanah plastis. Kondisi ini merupakan kondisi tanah initial ketika diberi beban. Fase kedua adalah fase *phi/c reduction* yaitu kondisi dimana parameter tanah diperhitungkan. Hasil dari analisa kelongsoran talud disekitar tower untuk kedua fase dapat dilihat pada gambar 5.9, yang menunjukkan pola bidang kelongsoran lereng yang paling kritis dengan faktor keamanan **1,320**.



Gambar 5.9 Hasil pola kelongsoran lereng menggunakan program *Plaxis*

Calculation information			
Multipliers Additional Info Step Info			
Step Info			
Step	104 of 104	Extrapolation factor	0,500
PLASTIC STEP		Relative stiffness	0,000
Multipliers			
	Incremental Multipliers	Total Multipliers	
Prescribed displacements	Mdisp: 0,000	Σ -Mdisp:	1,000
Load system A	MloadA: 0,000	Σ -MloadA:	1,000
Load system B	MloadB: 0,000	Σ -MloadB:	1,000
Soil weight	Mweight: 0,000	Σ -Mweight:	1,000
Acceleration	Maccel: 0,000	Σ -Maccel:	0,000
Strength reduction factor	Msf: 0,000	Σ -Msf:	1,320
Time	Increment: 0,000	End time:	0,000
Dynamic Time	Increment: 0,000	End time:	0,000

Gambar 5.10 Informasi perhitungan program *plaxis*

Informasi perhitungan yang telah dilakukan dengan program *Plaxis*, nilai faktor keamanan dapat dilihat baris Σ Msf seperti yang terlihat pada Gambar 5.10. Kondisi stabilitas *talud* disekitar *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan , Gresik dengan menggunakan program bantu *Plaxis* nilai SF yang didapat lebih besar daripada syarat SF terkecil yaitu 1,25. Maka dapat disimpulkan bahwa kondisi *talud* pada *tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, Gresik tidak mengalami kelongsoran atau cukup aman.

Dari hasil analisa faktor keamanan dengan menggunakan ketiga software yaitu *dxstable*, *geoslope*, dan *plaxis* diperoleh nilai faktor keamanan *sliding* terkecil dibagian kiri bidang lereng maupun kanan bidang lereng dengan meninjau *over all stability* maupun *internal stability* didapat besaran faktor keamanan untuk masing – masing analisa sebagai berikut :

Tabel 5.6 Hasil Perbandingan Nilai Faktor Keamanan dengan Ketiga Program Bantu

PROGRAM	SF			
BANTU	KIRI		KANAN	
DXSTABLE	<i>Overall</i>	<i>Internal</i>	<i>Overall</i>	<i>Internal</i>
	<i>Stability</i>	<i>Stability</i>	<i>Stability</i>	<i>Stability</i>
	1,299	1,736	1,351	1,730
GEOSLOPE	1,380		1,798	
PLAXIS	1,320			

(Sumber: Hasil Analisa)

Dari tabel 5.6 dapat disimpulkan bahwa nilai faktor keamanan paling terkecil ditunjukkan dengan menggunakan program bantu *dxstable* dengan nilai SF sebesar 1,299 lebih besar dari SF minimum sebesar 1,25 yang artinya stabilitas talud di sekitar *tower* T. 11 Segoromadu – Lamongan, Gresik 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 Rencana 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.11 Segoromadu – Lamongan 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.11 Segoromadu – Lamongan Gresik*. Alternatif perkuatan tanah lain adalah *Ground Anchor* dengan type *Tie Back Grouting*. Untuk pelaksanaan *ground anchor*, lereng yang dibor dan tidak mengganggu kestabilan dan bentuk geometri lereng di sekitar *tower*. *Ground anchor* tidak memerlukan penggunaan alat berat dan pekerja sebanyak pemasangan alternatif perkuatan tanah lain sehingga jika ditinjau dari segi biaya akan lebih ekonomis. Oleh karena itu, alternatif *Ground Anchor Tie Back Grouting* merupakan alternatif perkuatan tanah paling sesuai untuk talud di sekitar *Tower SUTT T.11 Segoromadu – Lamongan Gresik* dibandingkan dengan alternatif lainnya.

5.3.2 Perubahan Parameter Tanah Akibat Terjadinya Pelapukan

Hasil analisa perhitungan faktor keamanan dengan menggunakan program bantu *dxstable*, *geoslope*, dan *plaxis*. Dari ketiga *software* yang digunakan menunjukkan faktor terkecil sebesar 1,299 yang nilai tersebut lebih besar daripada syarat SF terkecil yaitu 1,25. Pada kondisi *eksisting* yang ada dilapangan

memang keadaan *tower* tidak mengalami kelongsoran dengan nilai $SF > 1,25$ namun dikhawatirkan kondisi tersebut tidak akan bertahan lama, karena beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi *tower* tersebut antara lain faktor alam maupun faktor manusia. Rencana perkuatan lereng difungsikan sebagai kestabilan terhadap erosi terhadap kelongsoran akibat adanya pengaruh air hujan dan pelapukan yang berlangsung terus menerus sepanjang tahun. Hujan lebat yang terjadi mengakitbatkan muka air tanah naik dan berada pada lapisan paling atas *talud*. Air hujan kemudian menyerap ke tanah yang retak sehingga pori tanah terisi air dan mengalami pelapukan.(Mochtar, 2014). Kondisi tersebut tidak dapat diketahui manusia secara pasti oleh karena itu lapisan tanah itu lapisan tanah diasumsikan terjadi sebagian atau berubah menjadi pasir sehingga parameter tanah berubah menjadi sebagai berikut :

Tabel 5.7 Perubahan Parameter Tanah Akibat Terjadinya Pelapukan

Lapisan tanah ke-	γ_t (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	Cu (t/m ²)	Θ (derajat)
1	1,6	1,8	0	30
2	1,6	1,7	0	30
3	1,7	1,8	15	20
4	1,7	1,8	56	0
5	1,7	1,8	328	0

Keterangan :

- γ_t = Berat volume tanah basah
- γ_{sat} = Berat volume tanah jenuh
- Cu = Kohesi tanah (UU test)
- ϕ = Sudut geser dalam tanah

Pada Tabel 5.7 menunjukkan tabel perubahan harga parameter tanah akibat terjadinya pelapukan sebagian. Tampak bahwa pada semua lapisan pertama dan kedua berubah dianggap menjadi pasir. Harga kohesi tanah berubah yang semula untuk lapis 1 harga $C_u = 3.8 \text{ t/m}^2$, setelah terjadi pelapukan berubah menjadi 0 t/m^2 , dan sudut geser dalam dari 0° berubah menjadi 25° . Untuk lapisan tanah ke 2, yang semula harga $C_u = 4.9 \text{ t/m}^2$, berubah menjadi 0 t/m^2 , sementara sudut geser dalam yang semula 0° , berubah menjadi 30° . Untuk lapisan tanah ke 3, yang semula harga $C_u = 1,5 \text{ t/m}^2$ dan sudut geser dalam yang semula 0° , berubah menjadi 30° . Sedangkan parameter untuk lapisan keempat dan kelima tetap. Perubahan nilai parameter tanah untuk C_u dan sudut geser berdasarkan anggapan bahwa lempung berlaku sebagai pasir (*behaving like sand*) (Mochtar 2014). Nilai sudut geser 30° didapat dari hasil *trial dan error* pada program bantu *dxstable* agar didapat nilai SF minimal 1 ($< 1,25$) yang berarti tanah telah lapuk sebagian menjadi pasir.

Dengan perubahan parameter akan dianalisa menggunakan program bantu *dxstable* dengan parameter tanah baru yang dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan tergambar pada Gambar 5.11

Tabel 5.8 Perubahan Parameter tanah akibat terjadinya pelapukan

	SF	x	y	R	MR
		(m)	(m)	(m)	(KNm)
Kiri	1,094	23,00	38,29	26,31	50040
	1,169	21,92	32,41	20,37	34130
	1,200	21,72	31,32	19,37	31990
Kanan	1,297	18,40	31,12	15,53	19410
	1,300	18,75	31,26	15,68	19980
	1,346	19,46	33,92	18,01	24840

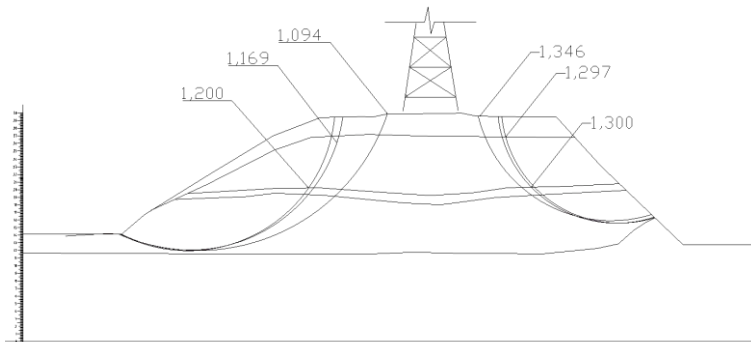
Keterangan:

SF = Faktor keamanan *sliding*

x,y = Koordinat pusat lingkaran *sliding* (meter)

- R = Jari – jari lingkaran *sliding* (meter)
M = Momen penahan (KN-m)

Dari hasil yang didapat menggunakan program bantu *dxstable* didapat nilai faktor keamanan (Tabel 5.8). Pada Gambar 5.11 menunjukkan bidang kelongsoran *talud* di sekitar *tower* akibat pelapukan dan perubahan parameter. Analisa *talud* dilakukan dengan 3 (tiga) kali percobaan di sisi bagian kiri maupun kanan bidang lereng. *Tower* SUTT T.11 Segoromadu - Lamongan, Gresik pada potongan D – D.



Gambar 5.11 Bidang Kelongsoran Talud Setelah Terjadi Pelapukan

Dari hasil analisa menggunakan program bantu *dxstable* terlihat bahwa SF terkecil pada sisi kiri dengan nilai SF = 1,094. Nilai SF tersebut lebih kecil daripada nilai SF yang direncanakan = 1,250 yang berarti *talud* tidak aman dan mengalami pelapukan sebagian. Untuk menanggulangi kelongsoran lereng akibat pelapukan yang terjadi akibat perubahan parameter tersebut, alternatif perkuatan tanah yang dipilih adalah *ground anchor* jenis *tie back dengan grouting* dengan penahan berupa beton dan *head anchor* berupa balok penahan beton. Alternatif tersebut dipilih karena merupakan alternatif perbaikan tanah yang paling tepat untuk tanah lempung. Walaupun asumsi perhitungan berdasarkan

parameter tanah pasir setelah terjadi pelapukan, tetapi pemasangan perkuatan dilakukan pada tanah *initial* yaitu tanah lempung.

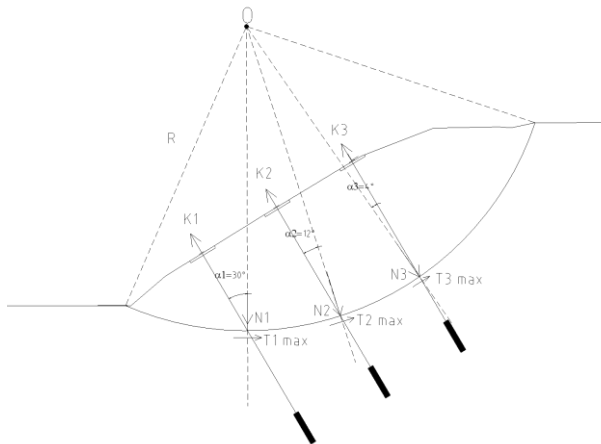
5.3.3 Perhitungan *Ground Anchor Tie Back Grouting*

1. Perhitungan Gaya Normal *Anchor*

Digunakan nilai gaya normal yang terjadi pada SF terkecil,

$$SF = 1,094$$

$$SF_{rencana} = 1,25$$



Gambar 5.12 Gaya – Gaya yang Terjadi pada Perkuatan Talud di Sekitar *Tower* SUTT T.11 Segoromadu – Lamongan

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)

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

Momen Penahan = SF * Momen Penggerak

Persamaan yang terjadi dengan

$$SF = 1.094$$

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

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

Dimana:

$$\begin{aligned} \Delta MR &= \text{Momen Penahan} \\ &= R \times \sum T_{\max} \end{aligned}$$

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

Nilai Tmax yang terjadi dihitung pada setiap angkur:

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

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

dimana:

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

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

- Nilai Tmax pada angkur 1:

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

$$N_1 = K_1 \cos \alpha_1$$

- Nilai Tmax pada angkur 2:

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

$$N_2 = K_2 \cos \alpha_2$$

- Nilai Tmax pada angkur 3:

$$T_{3\max} = N_3 \tan \phi$$

$$N_3 = K_3 \cos \alpha_3$$

Dari program bantu *DxStable*, didapat output Momen Resistant (MR) untuk SF 1.094 sebesar,

$$MR = 50040 \text{KNm} = 5004 \text{ Tm}$$

Sehingga, $MR = 1.094 * Mov$

$$Mov = \frac{MR}{1.094}$$

$$Mov = \frac{5004}{1.094}$$

$$Mov = 4574,04 \text{ Tm}$$

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

$$\Delta MR = (1.25 - 1.094) * Mov$$

$$\Delta MR = (1.25 - 1.094) * 4574,04$$

$$\Delta MR = 713,55 \text{ Tm}$$

Dari nilai ΔMR didapat nilai Tmax dengan hubungan rumus:

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

$$713,55 = 26,31 \times \Sigma T_{\max}$$

$$\Sigma T_{\max} = 27,12 \text{ Ton}$$

Jadi, T_{\max} untuk masing – masing anchor adalah

$$T_{\max} = \frac{\Sigma T_{\max}}{3}$$

$$T_{max} = \frac{27,12}{3}$$

$$T_{max} = 9,04 \text{ Ton}$$

Nilai Gaya Normal Angkur Tegak Lurus pada Bidang Longsor

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

$$9,04 = N \tan 30^\circ$$

$$N = 9,04 * \tan 30^\circ$$

$$N = 5,21 \text{ Ton}$$

Nilai Gaya Tarik Angkur yang Tegak Lurus pada Bidang Lereng

Untuk Angkur 1 (Atas)

$$N_1 = K_1 \cos \alpha_1$$

$$5,21 = K_1 \cos 30^\circ$$

$$K_1 = \frac{5,21}{\cos 30^\circ}$$

$$K_1 = 6,03 \text{ Ton}$$

Untuk Angkur 2 (Tengah)

$$N_2 = K_2 \cos \alpha_2$$

$$5,21 = K_2 \cos 12^\circ$$

$$K_2 = \frac{5,21}{\cos 12^\circ}$$

$$K_2 = 5,33 \text{ Ton}$$

Untuk Angkur 3 (Bawah)

$$N_3 = K_3 \cos \alpha_3$$

$$5,21 = K_3 \cos 4^\circ$$

$$K_3 = \frac{5,21}{\cos 4^\circ}$$

$$K_3 = 5,22 \text{ Ton}$$

Total besaran gaya tarik angkur (K) sebesar .

$$K_{\text{Total}} = K_1 + K_2 + K_3$$

$$K_{\text{Total}} = 6,03 \text{ Ton} + 5,33 \text{ Ton} + 5,22 \text{ Ton}$$

$$K_{\text{Total}} = 16,58 \text{ Ton}$$

Nilai Resultan Gaya Tarik *anchor* (ΣN) dengan asumsi pemasangan *anchor* per satuan jarak.

- Dipasang per 2 meter

$$\begin{aligned} \Sigma N &= 2 \times K \\ &= 2 \times 16,58 \text{ Ton} \\ &= 33,16 \text{ T} \end{aligned}$$
- Dipasang per 8 meter

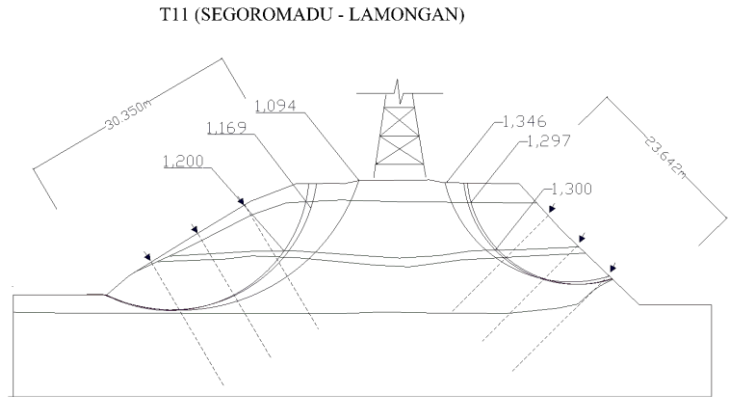
$$\begin{aligned} \Sigma N &= 8 \times K \\ &= 8 \times 16,58 \text{ Ton} \\ &= 132,64 \text{ Ton} \end{aligned}$$
- Dipasang per 15 meter

$$\begin{aligned} \Sigma N &= 15 \times K \\ &= 15 \times 16,58 \text{ Ton} \\ &= 248,7 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari hasil analisa didapat nilai gaya tarik angkur sebesar 16,58 Ton. Nilai tersebut dipakai dalam perhitungan jarak pemasangan anchor.

2. Perhitungan dimensi *grouting* beton pada anchor

Dalam perhitungan dimensi *grouting* beton pada *anchor*, dipakai nilai kohesi (C_u) dan sudut geser pada keadaan tanah *initial*. Sesuai kondisi tersebut, maka untuk perhitungan *grouting* beton pada *anchor* dipakai rumus untuk tanah lempung (Braja M. Das, 1984).



Gambar 5.13 Bidang Kelongsoran dan Rencana Pemasangan *Anchor*

a. Perhitungan dimensi *grouting* beton pada *anchor*, untuk menahan gaya normal tarik:

1) Perencanaan ke-1 dengan asumsi pemasangan per 2 meter.

Cu yang digunakan adalah Cu pada tanah *initial* di kedalaman 19 m yang merupakan panjang rencana *anchor*.

$$\Sigma N \text{ maksimum} = 33,16 \text{ Ton}$$

$$C_u = 27,56 \text{ t/m}^2$$

$$\Sigma N = C_u \times \pi \times D \times L$$

(Braja M. Das, 1984)

Dimana : D = diameter straus

L = Panjang straus

- Apabila diasumsikan pemasangan 3 *anchoor* per 2 meter, maka gaya yang dapat ditahan untuk 1 *anchorr* per meter sebesar:

$$K = \frac{\sum N}{3}$$

$$K = \frac{33,16}{3}$$

$$K = 11,05 \text{ ton}$$

- Direncanakan menggunakan diameter *grouting* = 0.20 meter, maka panjang *grouting*:

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

$$11,05 \text{ ton} = 27,56 \times \pi \times 0.2 \times L$$

$$11,05 \text{ ton} = 27,56 \times \pi \times 0.2 \times L$$

$$11,05 \text{ ton} = 17,32 \times L$$

$$L = 0,64 \text{ meter}$$

$$\approx \text{diambil } 1 \text{ meter}$$

- Untuk kestabilan seluruh *talud* sekitar *tower*, maka keempat sisi diberikan *anchor*
 Jarak pemasangan anchor = 2 meter
 Jumlah anchor yang dipasang persisi = 52 buah

- 2) Perencanaan ke-2 dengan asumsi pemasangan per 8 meter.

C_u yang digunakan adalah C_u pada tanah *initial* di kedalaman 19 m yang merupakan panjang rencana *anchor*.

$$\begin{aligned}\Sigma N \text{ maksimum} &= 132,64 \text{ ton} \\ Cu &= 27,56 \text{ t/m}^2 \\ \Sigma N &= Cu \times \pi D \times L\end{aligned}$$

(BrajaM.Das,1984)

Dimana : D = diameter straus

L = Panjang straus

- Apabila diasumsikan pemasangan 3 *anchoor* per 8 meter, maka gaya yang dapat ditahan untuk 1 *anchorr* per meter sebesar:

$$K = \frac{\Sigma N}{3}$$

$$K = \frac{132,64}{3}$$

$$K = 44,21 \text{ ton}$$

- Direncanakan menggunakan diameter *grouting* = 0.20 meter, maka panjang *grouting*:

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

$$44,21 \text{ Ton} = 27,56 \times \pi \times 0.2 \times L$$

$$44,21 \text{ Ton} = 27,56 \times \pi \times 0.2 \times L$$

$$44,21 \text{ Ton} = 17,32 \times L$$

$$L = 2,55 \text{ meter}$$

≈ diambil 3 meter

- Untuk kestabilan seluruh talud sekitar *tower*, maka keempat sisi diberikan *anchor*
Jarak pemasangan anchor 8 meter
Jumlah anchor yang dipasang persisi 12 buah

3) Perencanaan ke-3 dengan asumsi pemasangan per 15 meter.

Cu yang digunakan adalah Cu pada tanah *initial* di kedalaman 19 m yang merupakan panjang rencana *anchor*.

$$\Sigma N \text{ maksimum} = 248,7 \text{ ton}$$

$$Cu = 27,56 \text{ t/m}^2$$

$$\Sigma N = Cu \times \pi \times D \times L$$

(Braja M. Das, 1984)

Dimana : D = diameter straus

$$L = \text{Panjang straus}$$

- Apabila diasumsikan pemasangan 3 *anchoor* per 19 meter, maka gaya yang dapat ditahan untuk 1 *anchorr* per meter sebesar:

$$K = \frac{\Sigma N}{3}$$

$$K = \frac{248,7}{3}$$

$$K = 82,9 \text{ Ton}$$

- Direncanakan menggunakan diameter *grouting* = 0.20 meter, maka panjang *grouting*:

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

$$82,90 \text{ Ton} = 27,56 \times \pi \times 0.2 \times L$$

$$82,90 \text{ Ton} = 27,56 \times \pi \times 0.2 \times L$$

$$82,90 \text{ Ton} = 17,32 \times L$$

$$L = 4,78 \text{ meter}$$

≈ diambil 5 meter

- Untuk kestabilan seluruh talud sekitar *tower*, maka keempat sisi diberikan *anchor*
Jarak pemasangan anchor 15 meter
Jumlah anchor yang dipasang persisi : 7 buah

4) Perhitungan Biaya

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

- Harga *grouting* = 1.5 juta/m³ (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)
Diketahui σ ijin angkur = 1850 kg/cm²
Untuk jarak pemasangan per 2 meter
K = 11,05 Ton = 11050 kg
$$\sigma \text{ ijin} = \frac{K}{A}$$
$$1850 \text{ kg cm}^2 = \frac{11050 \text{ kg}}{A}$$
$$A = 5,97 \text{ cm}^2$$
$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$
$$5,97 \text{ cm}^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$
$$d_{\text{baja}} = 2,81 \text{ cm}$$
$$\approx 30 \text{ mm}$$
$$\rho \text{ baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$
maka,

$$\begin{aligned}\text{Berat baja} &= \rho \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right) \times L \\ &= 7850 \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0.030^2\right) \times 19 \\ &= 105,43 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Panjang grouting} = 2,5 \text{ meter}$$

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

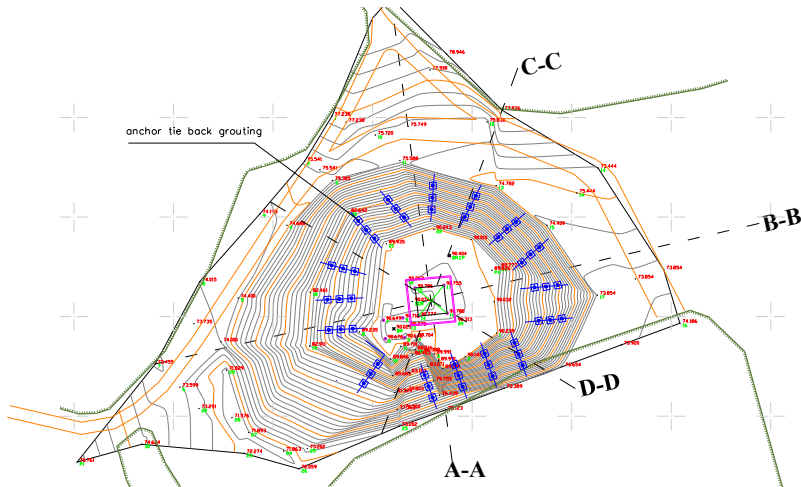
- Harga 1 titik anchor
 - = (Vol grouting x harga grouting) + (Berat baja ankur x harga baja ankur)
 - = $\left[\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0.2^2 \times 1\right) \times 1500000\right] + (105,43 \times 200000)$
 - = Rp.21.132.708,-
- Harga buah anchor
 - = 52 x Rp.21.132.708,-
 - = Rp. 1.098.900.836,-

Tabel 5.11 Perbandingan analisa harga per jarak pemasangan *anchorr*

Jarak Per Anchor	Dimensi Grouting		Jumlah Anchor per sisi	Harga per anchor	Harga anchor per sisi
	D (m)	L (m)			
2	0,2	2,5	52	Rp21.203.394	Rp1.102.576.499
8	0,2	5	12	Rp84.577.957	Rp1.014.935.489
15	0,2	15,5	7	Rp150.672.354	Rp1.054.706.481

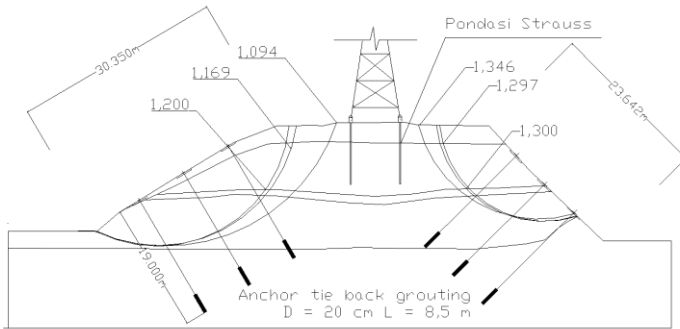
Pada Tabel 5.11 menunjukkan nilai perbandingan harga untuk asumsi pemasangan *anchor* per satuan jarak. Dari Hasil analisa didapat pemasangan *anchor* dengan jarak per *anchor* 8 meter memiliki nilai harga yang lebih ekonomis dibandingkan dengan pemasangan *anchor* per 2 meter maupun 15 meter. Harga tersebut belum termasuk harga pengeboran yang mencapai kira – kira 150 hingga 200 juta per titik pengeboran. Oleh karena itu, perubahan kenaikan harga paling berpengaruh dari jumlah titik. Maka dapat

disimpulkan pemasangan *anchor* di sekitar talud sebanyak 3 *anchor* per 8 meter atau 12 *anchor* per sisi dengan panjang *anchor* 19 meter dengan dimensi *grouting* diameter 0,20 meter dengan panjang *grouting* 5 meter. Denah perencanaan perletakkan *ground anchor* dapat dilihat pada Gambar 5.14



Gambar 5.14 Perencanaan Pemasangan *anchor tie back grouting*

Untuk pemasangan pada potongan talud dapat dilihat pada Gambar 5.15. *Grouting* direncanakan pada kedalaman 19 meter dari lapisan atas bidang miring dengan diameter 20 cm dan panjang *grouting* 5 meter.



Gambar 5.15 Potongan Perencanaan Pemasangan *Ground anchor tie back Grouting*.

b. Perhitungan balok beton pondasi:

Untuk perhitungan pondasi data - data yang digunakan adalah data – data yang telah diasumsikan setelah terjadi pelapukan (tabel 5.9)

1. Perhitungan balok beton penahan *anchor*

Perhitungan balok beton penahan *anchord* daya dukung pondasi telapak bujur sangkar :

$$q_{ult} = 1.3 C' N_c' + q N_q' + 0.4 \gamma' B N_{\gamma}'$$

(Barja M. Da, 1984)

Keterangan :

C' = Kohesi tanah lapisan atas, $C' = C_u$

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

γ' = Berat volume efektif

B = Lebar pondasi

q_{ult} = Daya dukung ultimate

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

SF = diambil 3 (Braja M.Das, 1984)

N_c' , N_q' dan N_γ' = Faktor daya dukung

2. Diasumsikan :

Kohesi tanah (C_u) Lapisan atas = 0 t/m²
 Lebar pondasi B = 1,5 meter
 Tinggi pondasi H = 1,5 meter
 Ketebalan dari permukaan ke dasar = 0,2 meter
 Sudut geser dalam $\phi = 30^\circ$,
 maka harga ,
 $N_c' = 37.16$,
 $N_q' = 22.46$
 $N_\gamma' = 19.13$

$$q_{ult} = 1.3 C' N_c' + q N_q' + 0.4 \gamma' B N_\gamma'$$

$$q_{ult} = 1.3 C' N_c' + \gamma' D_f N_q' + 0.4 \gamma' B N_\gamma'$$

$$q_{ult} = 1.3 \times 0,4 \times 37.16 + (1.8-1) \times 0,2 \times 22.46 + 0.4 \times (1.8-1) \times 1,5 \times 19.13$$

$$q_{ult} = 19,323 + 3,594 + 9,182 \text{ t/m}^2.$$

$$q_{ult} = 32,459 \text{ t/m}^2.$$

$$q_{ijin} = \frac{32,459}{3} = 10,819 \text{ t/m}^2$$

3. Luasan Balok Penahan Tegangan

$$\sigma = \frac{K}{A}, \text{ dimana } A = \frac{K}{\sigma},$$

$$A = \frac{16,58}{10,819} = 1,532 \text{ meter}$$

Karena Balok beton berbentuk Bujur sangkar maka didapat

$$A = s^2$$

$$s = \sqrt{1,532}$$

$$s = 1,24 \text{ m ,}$$

diambil $s = 1,3 \text{ meter}$

syarat:

$$N = \sigma \cdot A$$

$$N = 10,819 \times 1,3 \times 1,3$$

$$N = 18,28 \text{ ton} > 16,58 \text{ ton ... ok}$$

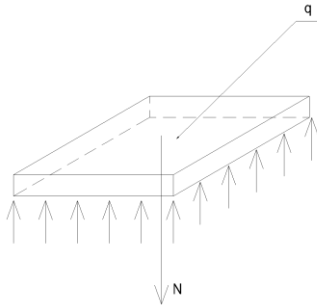
4. Menghitung Tulangan *block* penahan:
Adapun data – data perencanaan untuk penulangan blok penahan adalah :



Gambar 5.16 Dimensi Balok Beton Penahan
Direncanakan :

- 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 : 300 Mpa
- Mutu Beton : K300 (25 Mpa)
- $\beta = 0,85$
- $d = 200 - 20 - \frac{1}{2} (12) = 174 \text{ mm}$
- $d' = 200 - 170,5 = 26 \text{ mm}$

- Perhitungan momen blok penahan :



Gambar 5.17 Beban dan tegangan yang terjadi pada Balok Penahan

- Perhitungan Beban Merata Balok Penahan

$$q = \frac{K}{A}$$

$$q = \frac{16,58}{1,3 \times 1,3}$$

$$q = 9,811 \text{ T/m}^2$$

- Perhitungan Tulangan Balok Penahan

$$\rho_b = 0,85 \times \frac{\beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,85 \times \frac{0,85 \times 25}{300} \times \left(\frac{600}{600 + 300} \right)$$

$$= 0,0401$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0401 \\ &= 0,0301\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \\ &= 0,0047\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ &= \frac{300}{0,85 \times 25} \\ &= 14,118\end{aligned}$$

- Momen Ultimate Balok penahan

$$\begin{aligned}M_u &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 \\ M_u &= \frac{1}{8} \times 9,811 \times \frac{1,3^2}{2} \\ &= 2,073 \text{ tm}\end{aligned}$$

- Momen Nominal pada Balok penahan

$$M_n = \frac{2,073 \text{ t}}{0,8} = 2,591 \text{ tm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{2,591 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 174^2} \\
 &= 1,069 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Rasio Penulangan

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14,118} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,118 \times 1,069}{300}} \right) \\
 &= 0,00366
 \end{aligned}$$

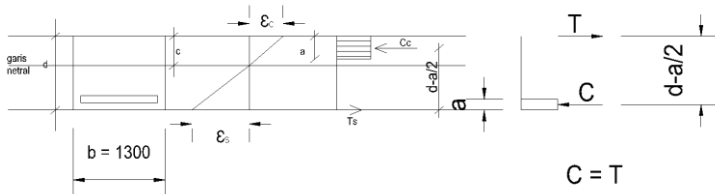
syarat :

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

$$0,0047 > 0,00366$$

maka nilai ρ yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0047$

- Direncanakan digunakan Tulangan tunggal



Gambar 5.18 Diagram Tegangan Tulangan Tunggal

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

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

$$M_n = (0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$2,591 \times 10^7 = (0,85 \cdot 25 \cdot 1300 \cdot a) \left(174 - \frac{a}{2} \right)$$

$$2,591 \times 10^7 = 27625a \left(174 - \frac{a}{2} \right)$$

$$2,591 \times 10^7 = 4806750a - 13812,5a^2$$

$$13812,5a^2 - 4806750a + 2,591 \times 10^7 = 0$$

dimisalkan :

$$A = 13812,5$$

$$B = -480675$$

$$C = 2,591 \times 10^7$$

jadi , $Aa^2 - Ba + C = 0$
 dengan menggunakan rumus persamaan ABC

$$a_{1,2} = \frac{-480675 \pm \sqrt{-480675^2 - 4 \cdot (13812,5) \cdot 2,591 \times 10^7}}{2 \cdot (13812,5)}$$

didapat nilai $a_1 = 5,48$ mm

$$a_2 = 342,52$$
 mm

nilai a yang digunakan adalah 5,48 mm

- Perhitungan T

$$T_s = C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$T_s = 0,85 \cdot 25 \text{ Mpa} \cdot 5,48 \text{ mm} \cdot 1300 \text{ mm}$$

$$T_s = 151385 \text{ N}$$

- Perhitungan Luasan Tulangan

$$T_s = f_y \cdot A_s,$$

$$A_s = \frac{T_s}{f_y}$$

$$A_s = \frac{151385 \text{ N}}{300 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_s = 504,62 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan Jumlah Tulangan

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

$$504,62 \text{ mm}^2 = n \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \right)$$

$$504,62 \text{ mm}^2 = n \times 113,097 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{504,62}{113,097} = 4,46 \approx 5 \text{ buah}$$

- Perhitungan Jarak Pemasangan

$$\text{Jarak pemasangan} = \frac{1300}{5} = 260 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Syarat spasi tulangan :

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

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.3)

$$\text{Jarak pemasangan} = 250 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \text{ok}$$

- Tulangan yang dipasang

$$\text{Jumlah tulangan pasang} = \frac{1300}{250} = 5,2 \text{ buah} \approx 6 \text{ Buah}$$

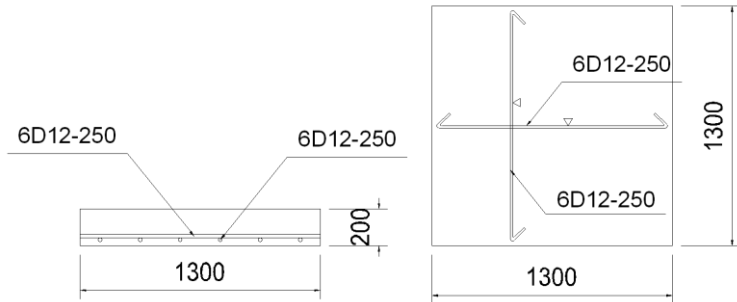
Diambil jumlah pemasangan tulangan pasang 6buah

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tarik pasang}} &= 6 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \right) \\ &= 678,584 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dipasang tulangan tarik 6D12 – 250

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

dipasang tulangan tekan 6D12 – 250



Gambar 5.19 Penulangan pada balok penahan

- Kontrol kuat leleh

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5,48}{0,85} = 6,48 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{0,003} = \frac{d-c}{\epsilon_s}$$

$$\epsilon_s = \frac{(d-c)0,003}{c}$$

$$= \frac{(174-6,48)0,003}{6,48}$$

$$= 0,078$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{300}{200000} = 0,0015$$

Syarat leleh :

$$\epsilon_s > \epsilon_y$$

$$0,078 > 0,0015 \text{ok leleh}$$

5.2 Analisa DayaDukung Lateral Pondasi *Strauss*

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

- Kedalaman tiang pondasi *strauss* = 9,00 meter
- Diameter tiang *strauss* = 35 cm
- e, ujung pondasi yang muncul = 60 cm
- asumsi nilai Efisiensi = 80%
- Dari perhitungan struktur, reaksi pondasi *tower* SUTT 150 kV didapat $H_{max} = 10,648$ ton (Tabel 4.8)
- Dari Tabel 4.2, nilai C_u pada saat kedalaman tiang 9,00 meter :

$$C_u \text{ saat 5 meter} = 4,87 \text{ t/m}^2$$

$$C_u \text{ saat 10 meter} = 6,74 \text{ t/m}^2$$

$$C_u \text{ 9 meter} = 6,37 \text{ t/m}^2 \text{ (interpolasi)}$$

Dengan $\Phi = 0$ maka digunakan perhitungan daya dukung lateral tanah kohesif kepala tertutup (Djoko Untung, 2013).

- $e/D = 0,6/0,35 = 1,71$
- $L/D = 9/0,35 = 25,71$, dari grafik Gambar 2.4 (Grafik untuk menghitung daya dukung lateral tiang pendek pada tanah lempung (cohesive soil) didapat

$$H_u/c_u B^2 = 55$$

- $H_u = 55 \times C_u \times D^2$
 $= 45 \times 6,37 \times 0,35^2$
 $= 42,92 \text{ ton}$

- $H_{all} = EI \times H_u$
 $= 0,8 \times 42,92$
 $= 34,34 \text{ ton} > 10,648 \text{ ton} \dots \text{OK}$

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

5.4 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-3 (lampiran)

$$P \text{ ijin tekan} = 108,99 \text{ Ton}$$

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

$$P_{\max} = 16.45 + 563.5 W \quad (\text{Tabel 4.12})$$

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

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 16.45 + 563.5 \times 0.04 \\ &= 38.99 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Syarat:

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

$$38.99 \text{ Ton} < 108,99 \text{ Ton} \dots \text{OK}$$

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

5.5 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-3 (lampiran)

$$P \text{ ijin tarik} = 60,92 \text{ Ton}$$

- Berat pondasi $= \frac{1}{4} \pi D^2 \times BJ \text{ Beton}$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times (0.35 \text{ m})^2 \times (2.4 \text{ T/m}^3)$
 $= 2.31 \text{ Ton}$
- Total daya dukung tarik = $60,92 + 2.31$
 $= 63,23 \text{ ton}$
- Dari data gaya dan beban *tower* ekuivalen untuk *Tower* SUTT 150 kV, didapat
 $P_{\max} = 10.377 + 563.5 \text{ W}$ (Tabel 4.12)
 Dimana beban angin, $W = 0.04 \text{ T/m}^2$ (PBI 71)
 $P_{\max} = 10.377 + 563.5 \times 0.04$
 $= 32.917 \text{ Ton}$

Syarat:

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

$32.917 \text{ Ton} < 63,23 \text{ Ton} \dots \text{OK}$

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

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 5 bagian, dan jenis lapisan tanahnya didominasi oleh lapisan tanah lempung kepasiran dan mengandung tanah lanau.
2. Lapis ke 1 dengan ketebalan rata-rata 2 meter, dengan harga SPT berkisar antara 4 – 9 pukulan/feet dengan jenis tanah lempung berlanau, lapis ke 2 dengan ketebalan rata-rata mencapai 4,00 meter dengan harga SPT berkisar antara 13 – 15 pukulan/feet, lapis ke 3 dengan ketebalan mencapai 7,00 meter dengan harga SPT berkisar antara 13 pukulan/feet, lapis ke 4 dengan ketebalan rata-rata mencapai 13,00 meter dengan harga SPT berkisar antara 12 – 24 pukulan/feet, dan lapis ke 5 terletak dibawah kedalaman 22,00 meter dari muka tanah, lapisan ini cukup keras, dan didapatkan sampai dengan kedalaman -30,00 meter dari muka tanah, dan harga SPT 45 - 50 pukulan/feet.
3. Berdasarkan hasil uji faktor keamanan dengan ketiga program bantu (*Dxstable*, *Geoslope*, *Plaxis*) didapat *SF* terkecil terdapat pada program bantu *Dxstable* dengan *SF* sebesar **1.299**. Dalam hal ini $SF = 1.299 > 1.25$ (*SF* minimum) artinya stabilitas talud di sekitar tower aman.
4. Pondasi tiang *strauss* kuat menahan beban lateral, vertikal tarik *tower*, vertikal tarik *tower*, sehingga *tower* aman dari ancaman pergeseran pondasi tiang *strauss*, penurunan pondasi, dan terangkatnya pondasi.

5. Pada masa yang akan datang , kondisi tanah pada sekitar *talud* pada *Tower* T.11 Segoromadu – Lamongan, 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. Untuk mengetahui nilai faktor keamanan dianalisa menggunakan program bantu *Dxstable*.
6. Untuk menanggulangi kelongsoran lereng akibat pelapukan yang terjadi karena perubahan parameter, upaya penyelamatan yang dipilih yaitu menggunakan *ground anchor* jenis *tie back grouting* dengan penahan berupa *grouting* beton dan *head anchor* berupa balok penahan beton dengan dimensi 1,3 x 1,3 x 0,2. Alternatif tersebut dipilih karena merupakan alternatif paling efisien, ekonomis dan tepat untuk tanah keras sedangkan dari segi pelaksanaannya lebih singkat dan tidak memerlukan penempatan material yang tidak terlalu banyak.
7. Perkuatan *ground anchor* memiliki nilai tarik angkur (K) sebesar 44,21 ton untuk menahan gaya tersebut dipasang *anchor tipe tie back grouting* dengan diameter 20 cm dan panjang *grouting* 5 meter pada kedalaman 19 meter. Perkuatan *ground anchor* dipasang 8 meter sebanyak 12 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 ekivalensikan dengan syarat kondisi dan type tower yang serupa.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”


```
*****
*           X S T A B L           *
*                               *
*      Slope Stability Analysis      *
*      using the                      *
*      Method of Slices              *
*                               *
*      Copyright (C) 1992 Å 97      *
*      Interactive Software Designs, Inc. *
*      Moscow, ID 83843, U.S.A.      *
*                               *
*      All Rights Reserved          *
*                               *
*      Ver. 5.202                    96 Å 1599 *
*****
```

Problem Description : ddkl

SEGMENT BOUNDARY COORDINATES

20 SURFACE boundary segments

Segment No.	x-left (m)	y-left (m)	x-right (m)	y-right (m)	Soil Unit Below Segment
1	.0	14.2	12.8	14.2	4
2	12.8	14.2	17.3	17.4	4
3	17.3	17.4	33.2	27.0	4
4	33.2	27.0	39.4	29.4	1
5	39.4	29.4	45.6	29.4	1

6	45.6	29.4	47.7	29.8	1
7	47.7	29.8	50.3	30.0	1
8	50.3	30.0	53.8	30.0	1
9	53.8	30.0	54.4	30.0	1
10	54.4	30.0	57.5	30.0	1
11	57.5	30.0	59.9	29.6	1
12	59.9	29.6	64.1	29.6	1
13	64.1	29.6	70.5	29.5	1
14	70.5	29.5	72.9	26.8	2
15	72.9	26.8	76.3	23.1	2
16	76.3	23.1	78.8	20.8	3
17	78.8	20.8	79.6	19.9	4
18	79.6	19.9	83.4	16.3	5
19	83.4	16.3	86.6	13.1	5
20	86.6	13.1	95.0	13.1	5

28 SUBSURFACE boundary segments

Segment No.	x-left (m)	y-left (m)	x-right (m)	y-right (m)	Soil Unit Below Segment
1	22.0	19.5	33.1	25.0	2
2	33.1	25.0	38.1	26.7	2
3	38.1	26.7	39.4	26.8	2
4	39.4	26.8	72.9	26.8	2
5	20.4	18.8	22.0	19.5	3
6	22.0	19.5	33.2	20.1	3
7	33.2	20.1	39.4	20.2	3
8	39.4	20.2	53.8	19.3	3
9	53.8	19.3	54.4	19.3	3
10	54.4	19.3	59.9	19.6	3
11	59.9	19.6	64.0	20.3	3
12	64.0	20.3	78.7	20.8	3
13	17.3	17.4	20.4	18.7	4

14	20.4	18.7	29.6	19.1	4
15	29.6	19.1	33.2	19.5	4
16	33.2	19.5	39.4	19.3	4
17	39.4	19.3	50.3	18.2	4
18	50.3	18.2	53.8	18.1	4
19	53.8	18.1	54.4	18.2	4
20	54.4	18.2	57.5	18.3	4
21	57.5	18.3	64.1	19.0	4
22	64.1	19.0	70.5	19.4	4
23	70.5	19.4	76.3	19.7	4
24	76.3	19.7	79.6	19.9	4
25	.0	11.6	70.5	11.7	5
26	70.5	11.7	76.3	12.4	5
27	76.3	12.4	78.6	12.9	5
28	78.6	12.9	83.4	16.3	5

ISOTROPIC Soil Parameters

5 Soil unit(s) specified

Water Surface No.	Soil	Unit Weight	Cohesion	Friction	Pore Pressure		
	Unit Moist	Sat. Intercept	Angle	Parameter	Constant		
	No. (kN/m3)	(kN/m3)	(kPa)	(deg)	Ru	(kPa)	

1	16.0	18.0	38.0	.00	.000	.0	1
2	16.0	17.0	49.0	.00	.000	.0	1
3	17.0	18.0	15.0	20.00	.000	.0	1
4	17.0	18.0	56.0	.00	.000	.0	1
5	17.0	18.0	328.7	.00	.000	.0	1

1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 9.81 (kN/m³)

Water Surface No. 1 specified by 21 coordinate points

PHREATIC SURFACE,

Point No.	x-water (m)	y-water (m)
1	.00	14.20
2	12.80	14.20
3	17.30	17.40
4	33.20	27.00
5	39.40	29.40
6	45.60	29.50
7	47.70	29.80
8	50.30	30.00
9	53.80	30.00
10	54.40	30.00
11	57.50	30.00
12	59.90	29.60
13	64.10	29.60
14	70.50	29.50
15	72.90	26.80
16	76.30	23.10
17	78.80	20.80
18	79.60	19.90

19	83.40	16.30
20	86.60	13.10
21	95.00	13.10

BOUNDARY LOADS

1 load(s) specified

Load No.	x-left (m)	x-right (m)	Intensity (kPa)	Direction (deg)
1	50.3	57.5	13.4	.0

NOTE - Intensity is specified as a uniformly distributed force acting on a HORIZONTALLY projected surface.

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified.

225 trial surfaces will be generated and analyzed.

15 Surfaces initiate from each of 15 points equally spaced along the ground surface between $x = \quad .0$ m
 and $x = 10.0$ m

Each surface terminates between $x = 40.0$ m
and $x = 57.0$ m

Unless further limitations were imposed, the minimum
elevation

at which a surface extends is $y = .0$ m

1.0 m line segments define each trial failure surface.

ANGULAR RESTRICTIONS

The first segment of each failure surface will be inclined
within the angular range defined by :

Lower angular limit := -45.0 degrees

Upper angular limit := (slope angle - 5.0) degrees

-- WARNING -- WARNING -- WARNING --
WARNING -- (# 48)

USER SELECTED option to maintain strength greater than
zero

Factors of safety have been calculated by the :

* * * * * SIMPLIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface
is specified by 54 coordinate points

Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)
1	10.00	14.20
2	10.96	13.90
3	11.92	13.63
4	12.89	13.38
5	13.86	13.16
6	14.84	12.95
7	15.82	12.77
8	16.81	12.62
9	17.80	12.49
10	18.80	12.38
11	19.79	12.29
12	20.79	12.23
13	21.79	12.20
14	22.79	12.19
15	23.79	12.20
16	24.79	12.24

17	25.79	12.30
18	26.78	12.38
19	27.78	12.49
20	28.77	12.62
21	29.76	12.78
22	30.74	12.96
23	31.72	13.16
24	32.69	13.39
25	33.66	13.64
26	34.62	13.91
27	35.58	14.21
28	36.53	14.53
29	37.47	14.87
30	38.40	15.23
31	39.32	15.62
32	40.23	16.03
33	41.13	16.46
34	42.03	16.91
35	42.91	17.39
36	43.78	17.88
37	44.63	18.40
38	45.48	18.93
39	46.31	19.49
40	47.13	20.06
41	47.93	20.66
42	48.72	21.27
43	49.49	21.91
44	50.25	22.56
45	50.99	23.23
46	51.72	23.92
47	52.43	24.62
48	53.12	25.34
49	53.80	26.08
50	54.45	26.83
51	55.09	27.60

52	55.71	28.39
53	56.31	29.19
54	56.89	30.00

**** Simplified BISHOP FOS = 1.299 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : ddk

Resisting Moment	FOS	Circle Center		Radius	Initial	Terminal
	(BISHOP)	x-coord	y-coord		x-coord	x-coord
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN-m)
1. 1.299 1.158E+05	22.78	53.76	41.57	10.00	56.89	
2. 1.327 1.159E+05	21.22	52.98	41.01	7.86	55.19	
3. 1.331 1.306E+05	21.25	56.21	44.31	7.14	56.98	
4. 1.357 9.938E+04	20.45	49.91	37.63	8.57	52.38	
5. 1.374 1.327E+05	20.23	59.12	46.60	7.86	56.60	
6. 1.381 1.070E+05	19.35	49.89	38.20	5.71	51.97	
7. 1.383 1.319E+05	19.80	58.51	46.08	7.14	56.00	

8.	1.392	19.12	53.07	41.12	5.71	53.16
1.166E+05						
9.	1.396	18.96	60.38	48.68	3.57	56.99
1.525E+05						
10.	1.401	19.24	51.06	38.79	7.14	51.81
1.041E+05						

*** END OF FILE ***

XSTABL File: AYUK14F 6-24-** 23:44

```
*****
*           X S T A B L           *
*                               *
*      Slope Stability Analysis      *
*      using the                      *
*      Method of Slices              *
*                               *
*      Copyright (C) 1992 Å 97      *
*      Interactive Software Designs, Inc. *
*      Moscow, ID 83843, U.S.A.      *
*                               *
*      All Rights Reserved          *
*                               *
*      Ver. 5.202                   96 Å 1599 *
*****
```

Problem Description : ayuk14f

SEGMENT BOUNDARY COORDINATES

20 SURFACE boundary segments

Segment No.	x-left (m)	y-left (m)	x-right (m)	y-right (m)	Soil Unit Below Segment
1	.0	14.2	12.8	14.2	4
2	12.8	14.2	17.3	17.4	4
3	17.3	17.4	33.2	27.0	4
4	33.2	27.0	39.4	29.4	1

5	39.4	29.4	45.6	29.4	1
6	45.6	29.4	47.7	29.8	1
7	47.7	29.8	50.3	30.0	1
8	50.3	30.0	53.8	30.0	1
9	53.8	30.0	54.4	30.0	1
10	54.4	30.0	57.5	30.0	1
11	57.5	30.0	59.9	29.6	1
12	59.9	29.6	64.1	29.6	1
13	64.1	29.6	70.5	29.5	1
14	70.5	29.5	72.9	26.8	2
15	72.9	26.8	76.3	23.1	2
16	76.3	23.1	78.8	20.8	3
17	78.8	20.8	79.6	19.9	4
18	79.6	19.9	83.4	16.3	5
19	83.4	16.3	86.6	13.1	5
20	86.6	13.1	95.0	13.1	5

28 SUBSURFACE boundary segments

Segment No.	x-left (m)	y-left (m)	x-right (m)	y-right (m)	Soil Unit Below Segment
1	22.0	19.5	33.1	25.0	2
2	33.1	25.0	38.1	26.7	2
3	38.1	26.7	39.4	26.8	2
4	39.4	26.8	72.9	26.8	2
5	20.4	18.8	22.0	19.5	3
6	22.0	19.5	33.2	20.1	3
7	33.2	20.1	39.4	20.2	3
8	39.4	20.2	53.8	19.3	3
9	53.8	19.3	54.4	19.3	3
10	54.4	19.3	59.9	19.6	3
11	59.9	19.6	64.0	20.3	3
12	64.0	20.3	78.7	20.8	3

13	17.3	17.4	20.4	18.7	4
14	20.4	18.7	29.6	19.1	4
15	29.6	19.1	33.2	19.5	4
16	33.2	19.5	39.4	19.3	4
17	39.4	19.3	50.3	18.2	4
18	50.3	18.2	53.8	18.1	4
19	53.8	18.1	54.4	18.2	4
20	54.4	18.2	57.5	18.3	4
21	57.5	18.3	64.1	19.0	4
22	64.1	19.0	70.5	19.4	4
23	70.5	19.4	76.3	19.7	4
24	76.3	19.7	79.6	19.9	4
25	.0	11.6	70.5	11.7	5
26	70.5	11.7	76.3	12.4	5
27	76.3	12.4	78.6	12.9	5
28	78.6	12.9	83.4	16.3	5

ISOTROPIC Soil Parameters

5 Soil unit(s) specified

	Soil	Unit Weight	Cohesion	Friction	Pore Pressure		
Water	Unit Moist	Sat. Intercept	Angle	Parameter	Constant		
Surface	No. (kN/m3)	(kN/m3)	(kPa)	(deg)	Ru	(kPa)	
No.							

1	16.0	18.0	.0	30.00	.000	.0	1
2	16.0	17.0	.0	30.00	.000	.0	1
3	17.0	18.0	15.0	20.00	.000	.0	1
4	17.0	18.0	56.0	.00	.000	.0	1

5 17.0 18.0 328.0 .00 .000 .0 1
1 Water surface(s) have been specified

Unit weight of water = 9.81 (kN/m³)

Water Surface No. 1 specified by 21 coordinate points

PHREATIC SURFACE,

Point No.	x-water (m)	y-water (m)
1	.00	14.20
2	12.80	14.20
3	17.30	17.40
4	33.20	27.00
5	39.40	29.40
6	45.60	29.50
7	47.70	29.80
8	50.30	30.00
9	53.80	30.00
10	54.40	30.00
11	57.50	30.00
12	59.90	29.60
13	64.10	29.60
14	70.50	29.50
15	72.90	26.80
16	76.30	23.10
17	78.80	20.80
18	79.60	19.90
19	83.40	16.30
20	86.60	13.10

21 95.00 13.10

BOUNDARY LOADS

1 load(s) specified

Load No.	x-left (m)	x-right (m)	Intensity (kPa)	Direction (deg)
1	50.3	57.5	13.4	.0

NOTE - Intensity is specified as a uniformly distributed force acting on a HORIZONTALLY projected surface.

A critical failure surface searching method, using a random technique for generating CIRCULAR surfaces has been specified.

225 trial surfaces will be generated and analyzed.

15 Surfaces initiate from each of 15 points equally spaced along the ground surface between $x = 12.0$ m and $x = 18.0$ m

Each surface terminates between $x = 38.0$ m

and $x = 48.0$ m

Unless further limitations were imposed, the minimum elevation

at which a surface extends is $y = .0$ m

1.0 m line segments define each trial failure surface.

ANGULAR RESTRICTIONS

The first segment of each failure surface will be inclined within the angular range defined by :

Lower angular limit := -45.0 degrees

Upper angular limit := (slope angle - 5.0) degrees

-- WARNING -- WARNING -- WARNING --
WARNING -- (# 48)

USER SELECTED option to maintain strength greater than
zero

Factors of safety have been calculated by the :

* * * * * SIMPLIFIED BISHOP METHOD * * * * *

The most critical circular failure surface
is specified by 45 coordinate points

Point No.	x-surf (m)	y-surf (m)
1	12.43	14.20
2	13.35	13.82
3	14.29	13.47
4	15.24	13.15
5	16.20	12.88
6	17.17	12.64
7	18.15	12.43
8	19.14	12.27
9	20.13	12.14
10	21.12	12.05
11	22.12	12.00
12	23.12	11.98
13	24.12	12.01
14	25.12	12.07
15	26.11	12.17
16	27.11	12.31
17	28.09	12.48
18	29.07	12.69
19	30.04	12.94
20	30.99	13.23
21	31.94	13.55
22	32.87	13.91

23	33.79	14.30
24	34.70	14.73
25	35.58	15.19
26	36.45	15.69
27	37.30	16.21
28	38.13	16.77
29	38.94	17.36
30	39.72	17.98
31	40.48	18.63
32	41.22	19.31
33	41.92	20.02
34	42.61	20.75
35	43.26	21.51
36	43.88	22.29
37	44.47	23.10
38	45.04	23.92
39	45.57	24.77
40	46.06	25.64
41	46.53	26.53
42	46.96	27.43
43	47.35	28.35
44	47.71	29.28
45	47.90	29.82

**** Simplified BISHOP FOS = 1.094 ****

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

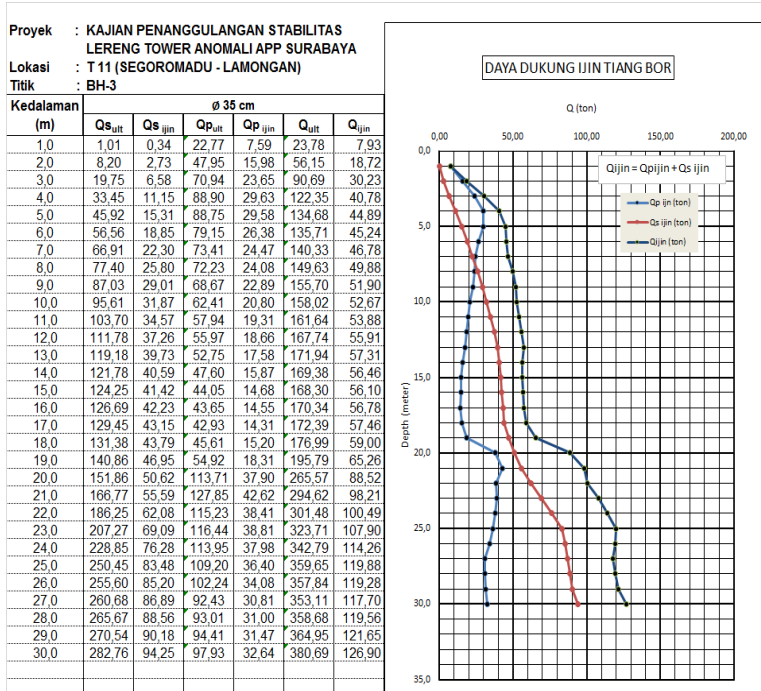
Problem Description : ayuk14f

Resisting Moment	FOS	Circle Center		Radius	Initial	Terminal
	(BISHOP)	x-coord	y-coord		x-coord	x-coord
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN-m)
1. 5.004E+04	1.094	23.00	38.29	26.31	12.43	47.90
2. 4.956E+04	1.103	22.04	40.14	27.48	12.86	47.48
3. 5.353E+04	1.110	21.36	42.16	29.36	12.43	48.00
4. 4.585E+04	1.112	24.27	36.27	24.34	13.29	47.74
5. 4.201E+04	1.117	22.55	35.11	23.23	12.43	45.06
6. 4.900E+04	1.117	21.53	39.31	26.85	12.00	46.56
7. 4.361E+04	1.120	23.48	36.42	24.13	13.29	46.62
8. 4.518E+04	1.126	21.20	38.53	25.87	12.43	45.40
9. 4.784E+04	1.127	21.11	39.31	26.72	12.00	45.95
10. 4.321E+04	1.136	24.93	35.10	23.15	13.71	47.44

*** END OF FILE ***

Perhitungan daya dukung tiang bor berdasarkan data bor dan SPT (beban Tetap)

(Sumber: Hasil Survey Laboratorium Mekanika Tanah ITS)



Keterangan :

ø cm = Diameter a cm

- Untuk ukuran bulat bisa dipakai tiang beton, bor pile, atau tiang baja.

- Untuk ukuran persegi hanya dipakai tiang beton.

-Sedangkan untuk kedalaman tiang pancang disesuaikan dengan beban yang ada.

Q_{S ult} - Daya dukung selimut ultimate (ton)

Q_{P ult} - Daya dukung ujung tiang (ton)

Q_{S ijin} = Q_{S ult}/SF

Q_{P ijin} = Q_{P ult}/SF

Q_{S ijin} - Daya dukung selimut yang diijinkan (ton)

Q_{P ijin} - Daya dukung ujung yang diijinkan (ton)

Q_{ijin} = Q_{S ijin} + Q_{P ijin}

Q_{ijin} = Daya dukung ijin untuk 1 tiang (single pile), (ton)

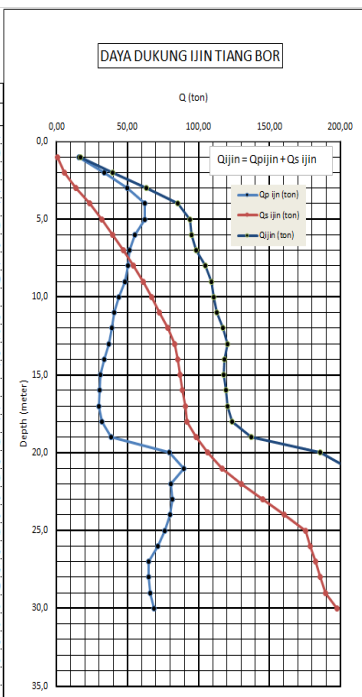
SF = Safety factor, diambil 3

Perhitungan daya dukung tiang bor berdasarkan data bor dan SPT (beban Sementara)

(Sumber: Hasil Survey Laboratorium Mekanika Tanah ITS)

Proyek : KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS
 LERENG TOWER ANOMALI APP SURABAYA
Lokasi : T 11 (SEGOROMADU - LAMONGAN)
Titik : BH-3

Kedalaman (m)	Ø 35 cm					
	Qs _{ult}	Qs _{ijin}	Qp _{ult}	Qp _{ijin}	Q _{ult}	Q _{ijin}
1,0	1,01	0,71	22,77	15,94	23,78	16,64
2,0	8,20	5,74	47,95	33,56	56,15	39,30
3,0	19,75	13,82	70,94	49,66	90,69	63,48
4,0	33,45	23,41	88,90	62,23	122,35	85,64
5,0	45,92	32,15	88,75	62,13	134,68	94,27
6,0	56,56	39,59	79,15	55,41	135,71	95,00
7,0	66,91	46,84	73,41	51,39	140,33	98,23
8,0	77,40	54,18	72,23	50,56	149,63	104,74
9,0	87,03	60,92	68,67	48,07	155,70	108,99
10,0	95,61	66,93	62,41	43,69	158,02	110,61
11,0	103,70	72,59	57,94	40,56	161,64	113,15
12,0	111,78	78,24	55,97	39,18	167,74	117,42
13,0	119,18	83,43	52,75	36,93	171,94	120,35
14,0	121,78	85,24	47,60	33,32	169,38	118,57
15,0	124,25	86,98	44,05	30,83	168,30	117,81
16,0	126,69	88,68	43,65	30,56	170,34	119,24
17,0	129,45	90,62	42,93	30,05	172,39	120,67
18,0	131,38	91,97	45,61	31,93	176,99	123,90
19,0	140,86	98,60	54,92	38,45	195,79	137,05
20,0	151,86	106,30	113,71	79,59	265,57	185,90
21,0	166,77	116,74	127,85	89,50	294,62	206,23
22,0	186,25	130,37	115,23	80,66	301,48	211,03
23,0	207,27	145,09	116,44	81,51	323,71	226,60
24,0	228,85	160,19	113,95	79,76	342,79	239,96
25,0	250,45	175,32	109,20	76,44	359,65	251,76
26,0	255,60	178,92	102,24	71,57	357,84	250,49
27,0	260,68	182,47	92,43	64,70	353,11	247,18
28,0	265,67	185,97	93,01	65,11	358,68	251,08
29,0	270,54	189,38	94,41	66,08	364,95	255,46
30,0	282,76	197,93	97,93	68,55	380,69	266,48



Keterangan :

Ø cm = Diameter a cm

- Untuk ukuran bulat bisa dipakai tiang beton, bor pile, atau tiang baja.

- Untuk ukuran persegi hanya dipakai tiang beton.

- Sedangkan untuk kedalaman tiang pancang disesuaikan dengan beban yang ada.

Qs_{ult} = Daya dukung selimut ultimate (ton)

Qp_{ult} = Daya dukung ujung tiang (ton)

Qs_{ijin} = Qs_{ult}/SF

Qp_{ijin} = Qp_{ult}/SF

Qs_{ijin} = Daya dukung selimut yang diijinkan (ton)

Qp_{ijin} = Daya dukung ujung yang diijinkan (ton)

Qijin = Qs_{ijin} + Qp_{ijin}

Qijin = Daya dukung ijin untuk 1 tiang (single pile), (ton)

SF = Safety factor, diambil 1,428 (φ = 0,7)



BOR LOG BOR DANGKAL

KLIEN : PT. PLN (PERSERO)

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

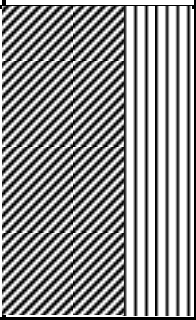

LOKASI : T-11 (SEGOROMADU - LAMONGAN)

TITIK BOR : BD-6

TANGGAL : 26 OKTOBER 2013

MASTER BOR : OSIAS CS

LABORAN : HARNO

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

KETERANGAN :

PASIR



LEMPUNG



LANAU



KULIT KERANG



BATU / KERIKIL



UNDISTURBED SAMPLE



TIMBUNAN



GWL



MUKA AIR BANJIR MAKSIMUM :

MUKA AIR TANAH : - meter

CATATAN



BOR LOG BOR DANGKAL

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

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

KETERANGAN :

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

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



DRILLING LOG

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

Scale in m	Ground Water Surface (GWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Penetration Test			N - Value			
									Depth in m	Sample	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm					
														15 cm	15 cm		15 cm		
0.00	0.00																		
START OF BORING																			
1.00	-1.00					ABU-ABU KECOKLATAN					-1.50								
2.00	-2.00										-2.00	SPT 1	9	3	4	5			9
3.00	-3.00					LEMPUNG BERLANAU BERPASIR		STIFF	SPT 9 s/d 12		-3.50								
4.00	-4.00										-4.00	SPT 2	13	4	6	7			13
5.00	-5.00					ABU-ABU TERANG					-5.00								
6.00	-6.00										-5.50	UD 01							
7.00	-7.00					LEMPUNG BERBATU					-6.00	SPT 3	12	3	5	7			12
8.00	-8.00					ABU-ABU TERANG					-7.50								
9.00	-9.00										-8.00	SPT 4	15	4	6	9			15
10.00	-10.00					LEMPUNG BERLANAU		STIFF	SPT 14 s/d 15		-9.50								
11.00	-11.00										-10.00	SPT 5	14	4	6	8			14
12.00	-12.00										-10.50	UD 02							
13.00	-13.00										-11.50								
14.00	-14.00										-12.00	SPT 6	15	4	7	8			15
15.00	-15.00										-13.50								
16.00	-16.00					LANAU BERPASIR		STIFF TO VERY STIFF	SPT 12 s/d 17		-14.00	SPT 7	12	3	5	7			12
17.00	-17.00					ABU-ABU KECOKLATAN					-15.00								
18.00	-18.00										-15.50	UD 03							
19.00	-19.00										-16.00	SPT 8	12	4	5	7			12
20.00	-20.00										-17.50								
21.00	-21.00										-18.00	SPT 9	17	4	6	11			17
22.00	-22.00					LEMPUNG BERLANAU		VERY STIFF	SPT 24 s/d 49		-19.50								
23.00	-23.00										-20.00	SPT 10	24	6	9	15			24
24.00	-24.00					ABU-ABU TERANG					-20.50	UD 04							
25.00	-25.00										-21.50								
26.00	-26.00										-22.00	SPT 11	45	14	19	26			45
27.00	-27.00										-23.50								
28.00	-28.00										-24.00	SPT 12	49	16	20	29			49
29.00	-29.00					LANAU BERPASIR		HARD	SPT >50		-25.00								
30.00	-30.00										-25.50	UD 05							
											-26.00	SPT 13	> 50	18	25	18/5			> 50
											-27.50								
											-28.00	SPT 14	> 50	20	29	15/5			> 50
						LEMPUNG BERLANAU		HARD	SPT = 49		-29.50								
											-30.00	UD 06							
											-30.00	SPT 15	49	11	21	28			49



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-3

PROYEK : KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG

TANGGAL : 19 OKTOBER 2013

TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv

CHECKED BY : Ir. GANI MT

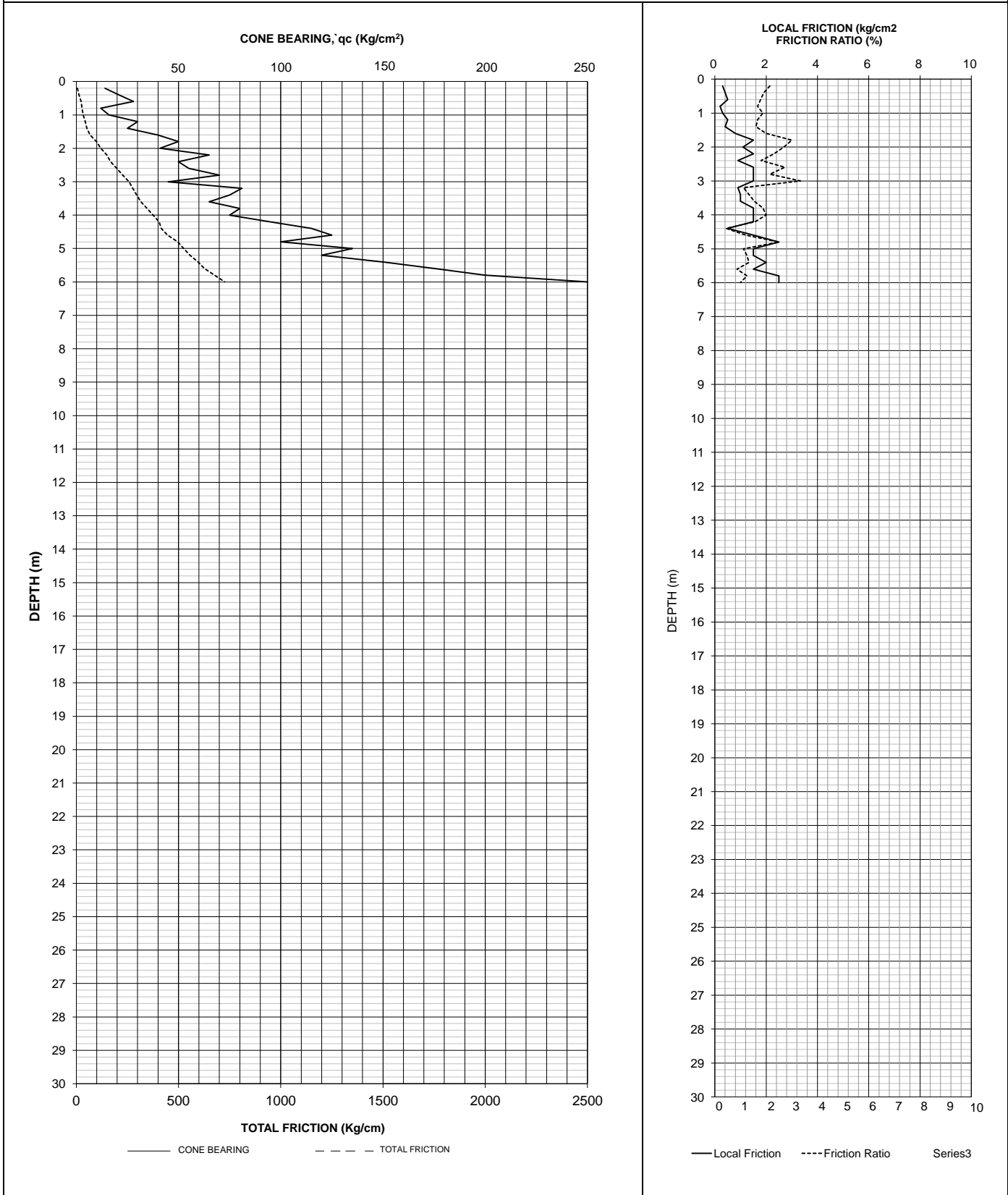
LOKASI : T-11 (SEGOROMADU - LAMONGAN)

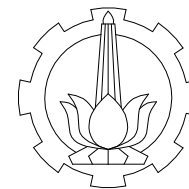
KEDA-LAMAN	Harga Konus minimum	Qp.= Qujung (kg)	Qs1 = Qs(0..8D) kg	Qs2 = Qs(8D..L) kg	$\Sigma Q_s = Qs1 + Qs2$ (Qs1+Qs2) kg	P _{ijin} satu tiang (ton) P _{ijin} = (b+e)/3
(m)	a	b	c	d	e	f
4.00	75.00	98,446.87	15,718.94	8,150.15	23,869.09	40.77
5.00	135.00	135,078.49	15,718.94	19,624.31	35,343.26	56.81
6.00	166.67	169,683.14	15,718.94	33,098.46	48,817.40	72.83



Cone Penetrometer Test (CPT)

KLIEN	: PT. PLN (PERSERO)				
PROYEK	: KAJIAN PENANGGULANGAN STABILITAS LERENG TOWER ANOMALI PLN APP SURABAYA SUTT 150 Kv				
Titik	: S-3	Master Sondir	: OSIAS CS		
Lokasi	: T-11 (SEGOROMADU - LAMONGAN)	Tanggal	: 19 OKTOBER 2013		





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

JUDUL GAMBAR

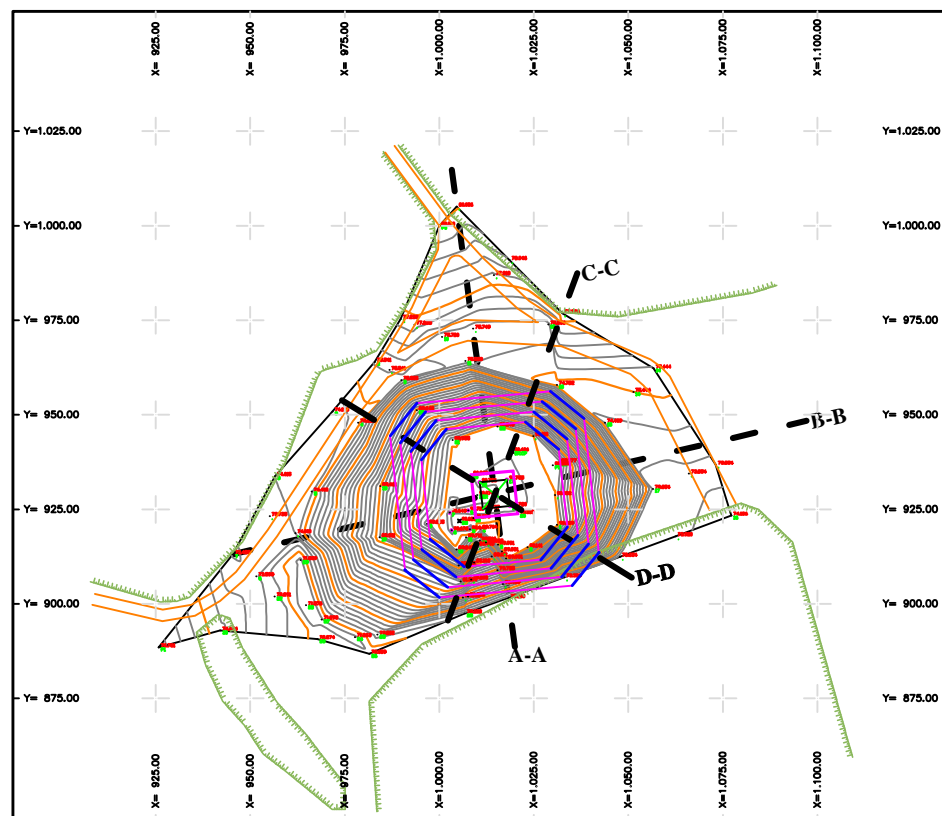
Denah Tower T.11
SEGOROMADU-LAMONGAN

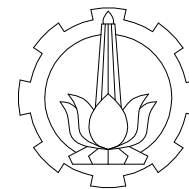
DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWI

Sekar Ayu Kuncaravita.





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

JUDUL GAMBAR

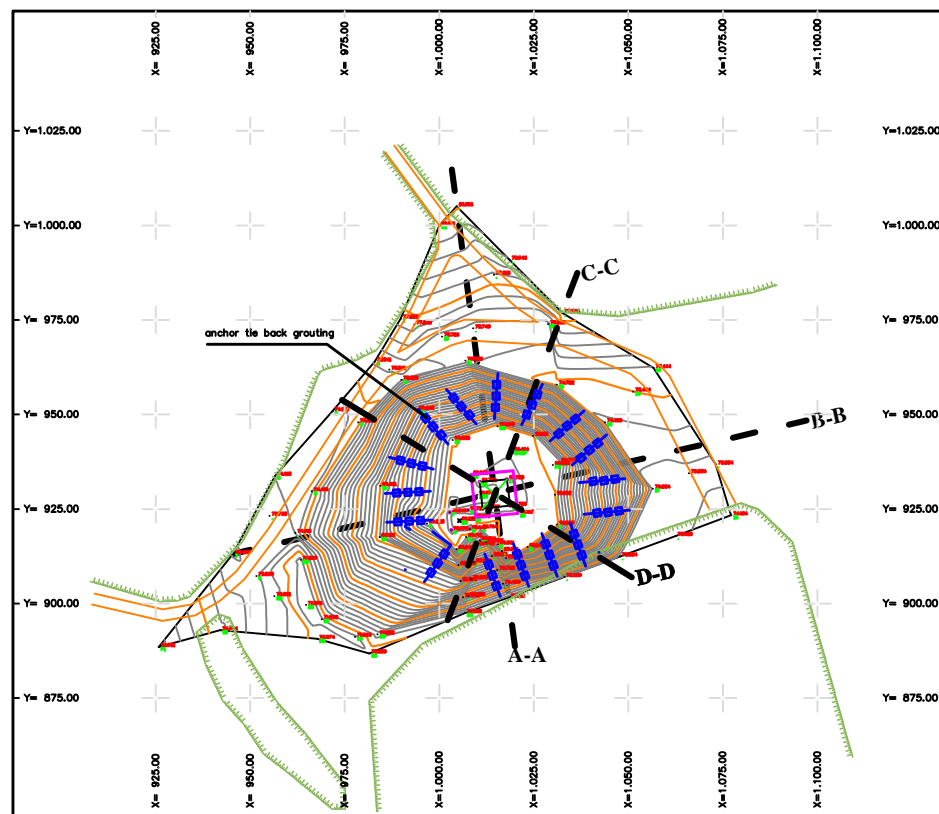
Denah Perletakan *Ground
Anchor Tie Back Grouting*

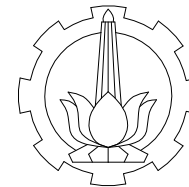
DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWI

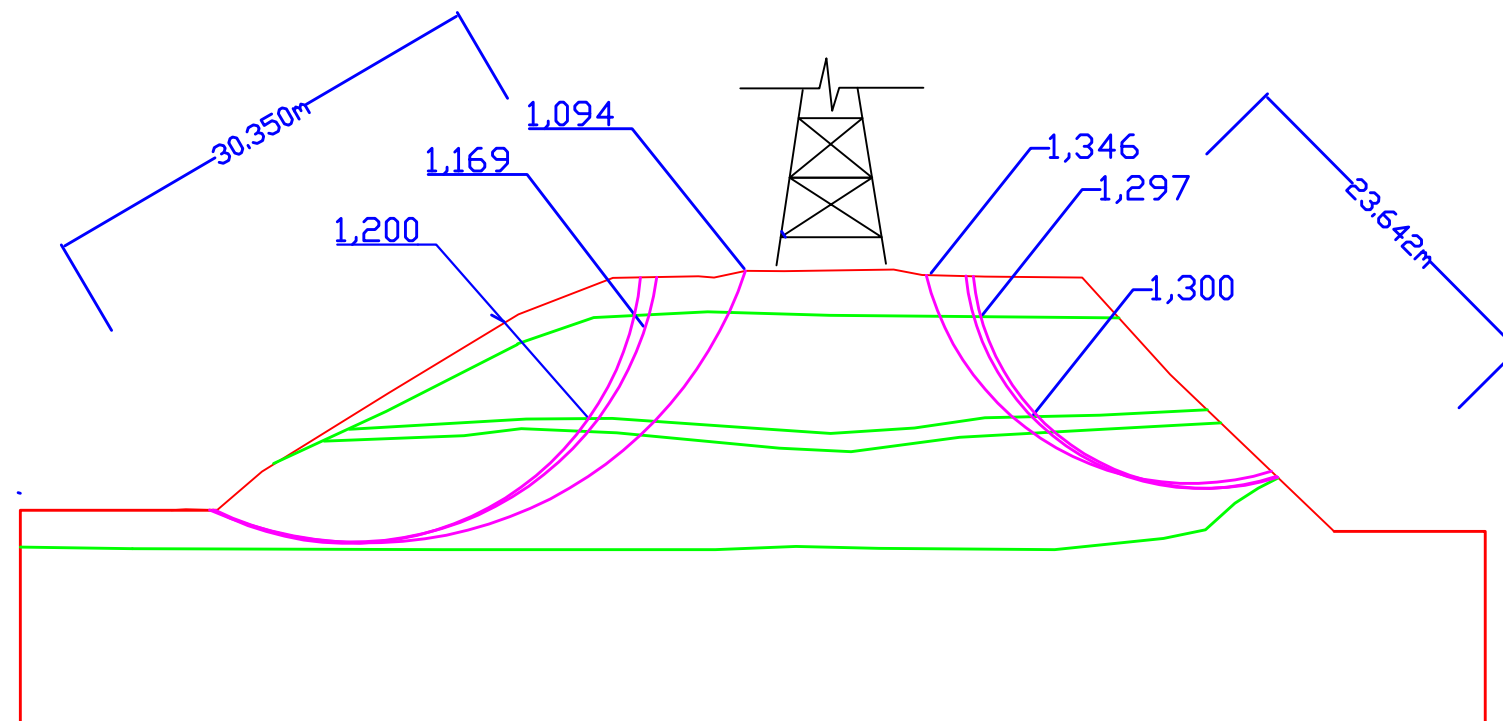
Sekar Ayu Kuncaravita.





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

T11 (SEGOROMADU - LAMONGAN)



JUDUL GAMBAR

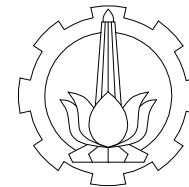
Potongan Garis Kelongsoran

DOSEN PEMBIMBING

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

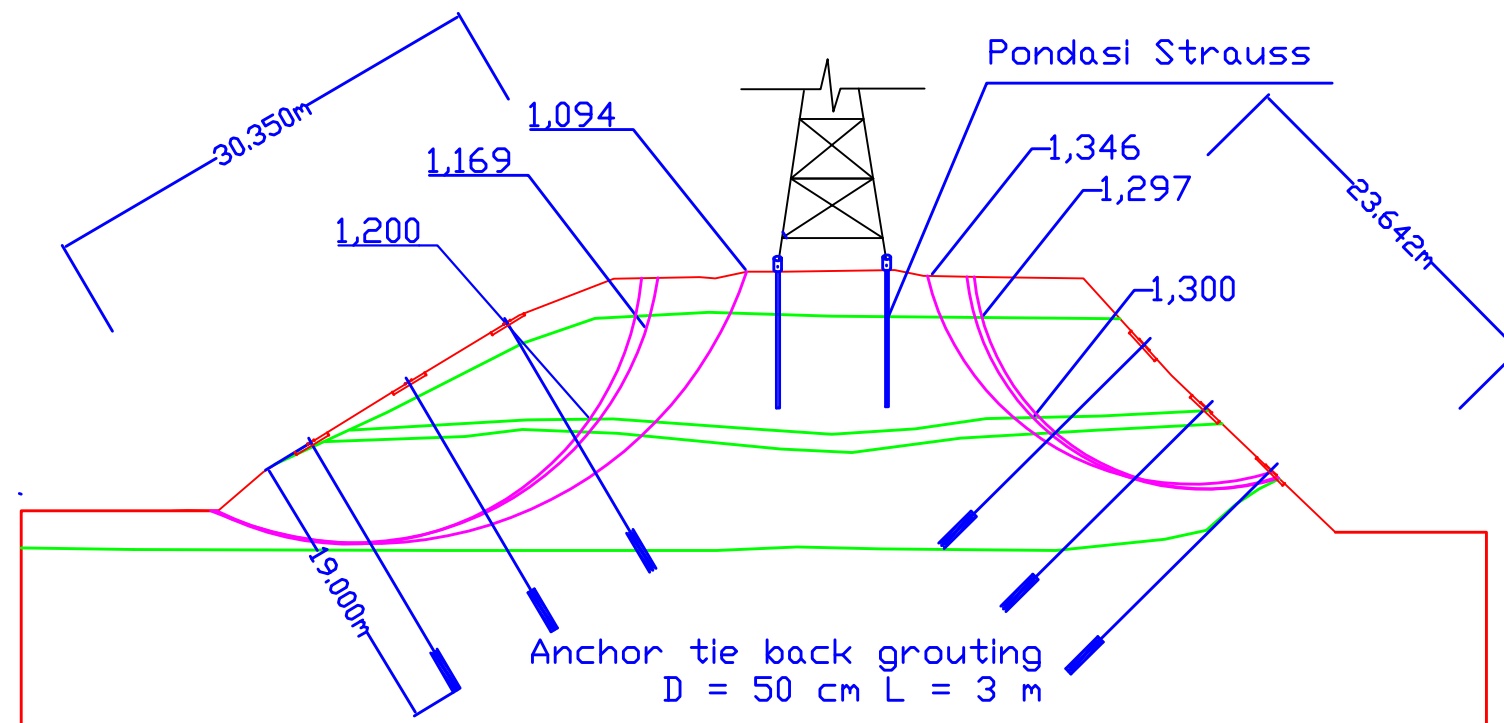
NAMA MAHASISWI

Sekar Ayu Kuncaravita.



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

T11 (SEGOROMADU - LAMONGAN)



JUDUL GAMBAR

Potongan Pemasangan Anchor
Tipe Tie Back Grouting

DOSEN PEMBIMBING

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

NAMA MAHASISWI

Sekar Ayu Kuncaravita.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Magelang , 19 Desember 1990 merupakan anak ke-2 dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Pertiwi Sawangan - Magelang , SD Negeri 1 Secang , SMP Negeri 1 Temanggung, SMA Negeri 1 Temanggung, dan Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. Pada tahun 2012, Penulis mengikuti ujian Lintas Jalur dan di Institute Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dan terdaftar dengan NRP 3112105031.

Di Jurusan Teknik Sipil ITS, pada semester delapan penulis mengambil bidang minat Geoteknik. Selama pendidikan, di luar kampus penulis mencari pengalaman bekerja sebagai *owner* penjualan Bali ratih area Surabaya dengan tujuan mencoba mandiri dan menambah pengalaman hidup. Bila ingin berkorespondensi atau berbagi informasi dengan penulis bisa melalui email : ayukuncaravita@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”