

ANALISA STABILITAS KELONGSORAN PADA MASA KONSTRUKSI DI PROYEK PEMBANGUNAN TURAP SHEETPILE DENGAN METODE LIMIT EQUILIBRIUM

oleh :

Sutanto

Wika Beton Emrail KSO

email : tantosutanto65@gmail.com

Abstrak : Dinding penahan tanah atau turap dapat dikatakan aman apabila faktor keamanan terhadap kelongsoran adalah mencukupi. Pembangunan turap di area IPAL (Instalasi Pengolahan Air limbah) sebagai upaya untuk menghindari resiko kelongsoran yang sebelumnya sudah terjadi, oleh sebab itu perlu dilakukan analisa stabilitas lereng/Kelongsoran agar diketahui faktor keamanan. Metode analisa stabilitas lereng yang pada umumnya menggunakan metode kesetimbangan walaupun pada saat ini mulai menggunakan analisa elemen hingga. Pada analisa ini, menyajikan analisa stabilitas kelongsoran pada saat konstruksi sheetpile dengan ketinggian kantilever 4m dan kedalaman pancang 7m dengan menggunakan metode kesetimbangan cara fellinius yang sudah diprogram kedalam perangkat lunak Rocscience dan dibuktikan dengan perhitungan manual. Data yang digunakan adalah data sondir (q_c , hambatan lekat dan rasio lekatan) di lokasi yang di dekati menjadi data parameter tanah seperti nilai c_u , Φ , E , ν dan klasifikasi dari berbagai referensi. Hasil analisa metode kesetimbangan dengan menggunakan perangkat lunak Rocscience, menunjukkan nilai faktor keamanan terhadap stabilitas kelongsoran sebesar 2,25. Hasil analisa dengan perhitungan manual didapatkan nilai keamanan sebesar 2,55. Disimpulkan bahwa turap tersebut aman dari bahaya longsor dan faktor keamanan relatif sama antara perhitungan perangkat lunak dan perhitungan manual.

Kata kunci : Dinding panahan tanah, stabilitas lereng, keseimbangan batas

Abstract : Retaining wall can be said to be safe if the safety factor to the slope is sufficient. Construction of plaster in the area of WWTP (Installation of Wastewater Treatment) as an effort to avoid the risk of sliding that has already happened, therefore it is necessary to analyze the stability of the slope / sliding to know the safety factor. Slope stability analysis methods which generally use the limit equilibrium method even though at present begin to use finite element Method. In this analysis, it presents a stalemate stability analysis at sheetpile construction with 4m cantilever height and 7m depth of pitch using the fellinius equilibrium method already programmed into Rocscience software and proven by manual calculation. The data used are sondir data (q_c , tensile strength and tensile ratio) in near location to soil parameter data such as c_u , Φ , E , ν and classification of various references. The result of the equilibrium method analysis by using Rocscience software, shows the value of safety factor to the stability of the sliding rate of 2.25. Result of analysis with manual calculation got security value equal to 2,55. It was concluded that the plaster was safe from landslide hazards and relatively equal safety factors between software calculations and manual calculations.

Keywords : Retaining Wall, Slope stability, Limit Equilibrium

Pendahuluan

Pembangunan dinding penahan tanah/talud / turap dengan sheetpile di Kolam penampungan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) merupakan salah satu upaya

perusahaan menghindari longsor yang sebelumnya sudah terjadi di area tersebut. Kondisi tersebut wajib diperhatikan karena dapat menimbulkan kerugian seperti kerusakan infrastruktur penunjang pabrik

di sekitar area IPALserta yang lebih penting lagi yaitu dapat mengakibatkan korban jiwa. Untuk itu kestabilan suatu lereng perlu dianalisis agar kekuatan geser dari lereng dan faktor keamanannya diketahui.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan kajian ataupun analisa kestabilan lereng di lokasi tersebut. Ada beberapa metode untuk memprediksi kelongsoran dan mengukur faktor keselamatan pada lereng salah satu nya yaitu dengan menggunakan analisa metode limit equilibrium dengan perhitungan program dan perhitungan manual. Metode limit equilibrium adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metode analisa ini mengasumsikan bidang kelongsoran yang dapat terjadi.

Identifikasi Masalah

1. Apakah turap beton mampu menahan kelongsoran terjadi?
2. Apakah dengan bantuan perangkat lunak mampu memprediksi kelongsoran dengan tepat dan cepat?

Rumusan Masalah

Dengan menggunakan perangkat lunak, Apakah pembangunan turap aman terhadap bahaya kelongsoran?

Pembatasan Masalah

Untuk membatasi lingkup permasalahan dan mempermudah pembahasan dalam penelitian ini, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Lokasi studi kasus adalah Proyek Pembangunan Turap didalam kolam IPAL di daerah Pulogadung Jakarta Timur.
2. Analisa Stabilitas kelongsoran dengan metode limit equilibrium menggunakan perangkat lunak yaitu Rocscience Slide

6.0 dan perhitungan manual metode *Fellinius* .

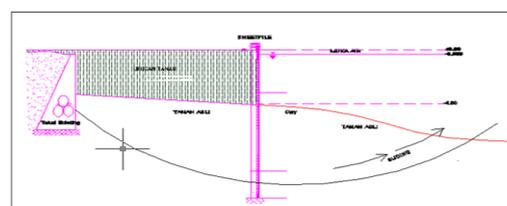
3. Jenis turap yang digunakan adalah turap beton Corugate sheetpile type W450 dengan lebar 1000 mm dan ketebalan 120 mm.
4. Panjang turap sheet-pile beton 11 m, tertanam dalam tanah 7 m dan free sebagai kantilever 4 m.
5. Paramater data tanah menggunakan data sondir (Nilai qc), karena dianggap paling mewakili.
6. Analisa pada kondisi air kering.

Tujuan dan Maksud Penelitian

1. Memperkirakan pola-pola bidang kelongsoran global konstruksi sheetpile didalam kolam IPAL, sekaligus analisa faktor keamanannya dengan metode *Fellinius* .
2. Memanfaatkan perangkat lunak *Rocscience Slide 6.0* untuk menghitung memperkirakan potensi kelongsoran dan faktor keamanan, agar dapat dipastikan selama pelaksanaan konstruksi tidak terjadi kegagalan.

Pemodelan

Dalam analisa dilakukan pemodelan sebagai berikut Pemodelan kelongsoran.



Gambar 1. Pemodelan kelongsoran

Hipotesis Penelitian

1. Perhitungan dengan metode *Fellinius* adalah aman dari kelongsoran
2. Hasil analisa metode limit equilibrium yang didapatkan dari perhitungan

software Rocscience dan perhitungan manual adalah berbeda

Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan endapan endapan yang relative lepas 9 (loose), yang terletak diatas batuan dasar (bedrock)..

Berdasarkan ukuran partikelnya, tanah dapat terdiri dari: Kerikil, Pasir, Lanau, Lempung. Berdasarkan campuran butiran ; Tanah berbutir kasar dan tanah berbutir kasar. Berdasarkan sifat lekatannya Tanah kohesif dan tanah non kohesif.

Dinding Penahan Tanah (Turap)

Turap (sheet pile wall) adalah dinding menerus yang dibuat dengan cara menghubungkan potongan-potongan/section yang saling mengunci baja, beton atau kayu) yang bertujuan untuk :(a) Menahan tekanan horisontal akibat tanah dan air, (b) Menghasilkan stabilitas terhadap tekanan horisontal dari tanah yang dipancang, (c) Menghasilkan sokongan horisontal yang bersumber dari anchor.

Terdapat beberapa jenis tiang turap yang biasa digunakan: (a) tiang turap kayu, (b) tiang urap beton pracetak (precast concrete sheet piles), dan (c) tiang turap baja.

Pada prinsipnya, perencanaan dinding turap dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:(a) dinding cantilever (cantilver walls) dan (b) dinding berjangkar (anchored walls).

Stabilitas Lereng

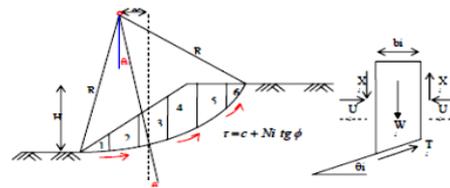
Permukaan tanah yang tidak datar, yaitu memiliki kemiringan tertentu terhadap bidang horisontal dapat menyebabkan komponen berat tanah yang sejajar dengan kemiringan bergerak kearah bawah. Bila komponen berat tanah tersebut cukup besar

kelongsoran tanah dapat terjadi. Dengan kata lain, gaya dorong (driving force) melampaui gaya yang berlawanan dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor Secara lebih umum, faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng dapat diklasifikasikan sebagai berikut;(a) Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan. (b)Faktor-faktor yang menyebabkan turunnya kekuatan.

Analisa Stabilitas lereng cara *Fellinius*

Analisis stabilitas lereng cara Fellinius (1927) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya. Faktor keamanan didefinisikan sebagai :

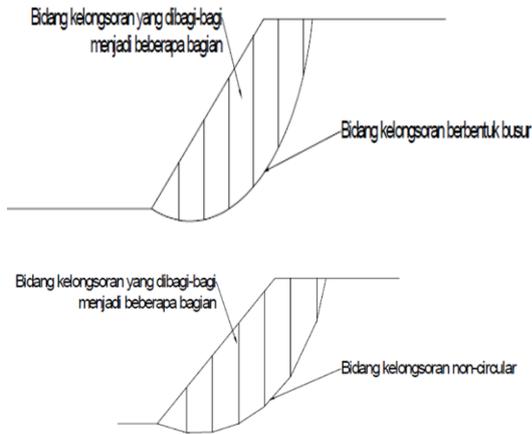
$$F_k = \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat masa tanah yang longsor}}$$



Gambar 2. Gaya dan asumsi bidang tiap pias bidang longsor

Metode *Limit Equilibrium*

Metode Limit Equilibrium adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metode analisis ini pertama tama mengasumsikan bidang kelongsoran yang terjadi. Terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu : bidang kelongsoran circular dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk non-circular (bias juga planar).



Gambar 3. Bidang kelongsoran

Berbagai solusi yang berbeda untuk metode irisan ini telah dikembangkan selama bertahun-tahun, dimulai dari Fellinius, Taylor, Bishop dan sebagainya. Perbedaan antara cara yang satu dengan yang lain tergantung pada persamaan kesetimbangan batas dan asumsi gaya kekuatan antar irisan yang diperhitungkan.

Tabel 1. kesetimbangan yang diperhitungkan pada masing-masing cara

Cara	Kesetimbangan momen	Kestimbangan gaya
Fellinius	Ya	Tidak
Bishop	Ya	Tidak
Janbu	Tidak	Ya
Morgenstern	Ya	Ya
Spencer	Ya	Ya
Sarma	Ya	Ya

Tabel 2. Gaya antar irisan yang bekerja masing-masing cara

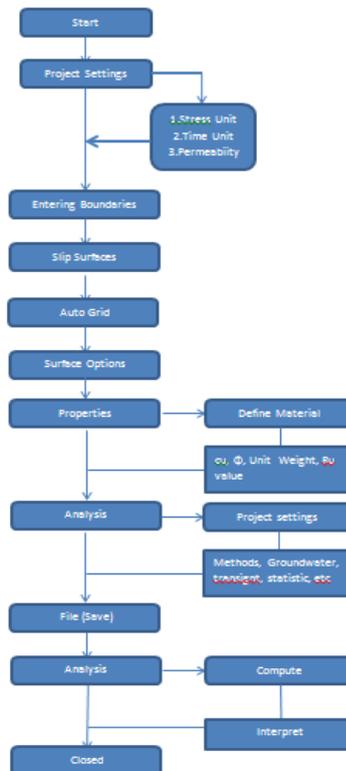
Method	Gaya normal antar irisan	Gaya geser antar irisan	Kemiringan resultant X/E dan hubungan antar X-E
Fellinius	Tidak	Tidak	Tidak ada gaya irisan
Bishop	Ya	Tidak	Horizontal
Janbu	Ya	Tidak	Horizontal
Morgenstern	Ya	Ya	Variabel user function
Spencer	Ya	Ya	Konstan
Sarma	Ya	Ya	X = c+E tan ϕ

Program Komputer Rocscience Slide 6.0

Slide adalah salah satu bagian pada Rocscience software, analisis stabilitas kemiringan yang paling lengkap seperti

analisis rembesan tanah analisis sensitivitas dan probabilitas, dan desain pendukung. Semua jenis tanah dan lereng batu, tanggul, bendungan tanah, dan dinding penahan dapat dianalisis. Slide adalah satu-satunya perangkat lunak stabilitas lereng dengan analisis rembesan tanah hingga elemen hingga yang tersedia untuk kondisi tetap atau kondisi sementara. Arus, tekanan dan gradien dihitung berdasarkan kondisi batas hidrolik yang ditentukan pengguna. Analisis rembesan terintegrasi penuh dengan analisis stabilitas lereng.

Secara umum langkah analisis kestabilan lereng dengan Rocscience Slide adalah pemodelan, identifikasi metode dan parameter perhitungan, identifikasi material, penentuan bidang gelincir, running/ kalkulasi, dan interpretasi nilai FK dengan perangkat lunak komplemen.



Gambar 4. Diagram alir Software

Tinjauan Umum

Pelaksanaan penyusunan tugas akhir dimulai dari pengumpulan data dari proyek

turap tersebut dan kemudian dianalisa dengan perangkat lunak. Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data parameter tanah dan spesifikasi struktur turap sheetpile yang diperlukan untuk perencanaan.
2. Studi pustaka sebagai landasan teori dalam melakukan analisa.
3. Survey lokasi untuk mengukur dimensi-dimensi konstruksi, mengamati metode pelaksanaan konstruksi dan mendapatkan data data primer maupun sekunder terkait dimensional struktur secara keseluruhan.

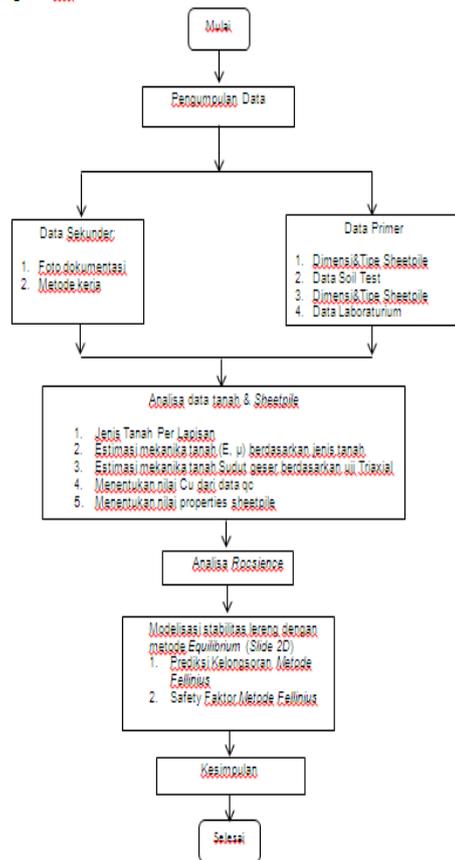
Pengumpulan Data

Untuk mendukung penulisan dan sebagai keperluan analisa data, maka penulis mengambil sejumlah data pendukung yang berasal dari dalam maupun dari luar proyek.

1. Data Primer adalah data-data pendukung yang dapat dijadikan input dan referensi dalam melakukan analisis. Data sekunder, seperti ,data soil test (nilai qc), Dimensi dan tipe sheetpile, data CBR Laboraturium (Uji Triaxial)
2. Data Sekunder adalah data-data utama dalam penyusunan skripsi ini yang dapat berupa foto dokumentasi, survey metode kerja dan literature terkait.

Pengumpulan Data

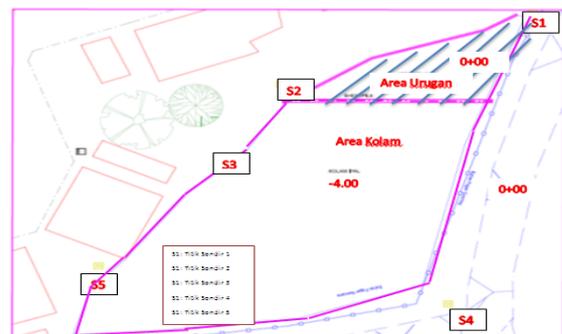
Data-data parameter mekanik tanah diatas digunakan sebagai input parameter yang diperlukan untuk analisa metode limit equilibrium. Dengan input data-data diatas diharapkan permodelan analisa turap dan analisa kelongsoran mendapatkan hasil yang realistis.



Gambar 5. Diagram Alir

Data Sondir

Pada tugas akhir ini menggunakan data penyelidikan tanah (soil investigation) dari lokasi proyek, Dari layout maka ditentukan data sondir S1,S2,S3,S5 yang dianggap paling mewakili



Gambar 6. Layout Uji Sondir

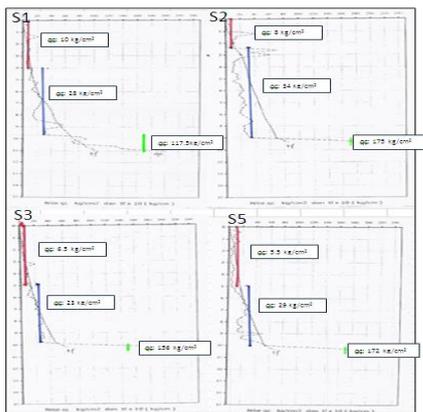
Tabel 3. Rekapitulasi data sondir

Titik Sondir	No	Ketebalan lap tanah (m)	Nilai qc rata2 (Kg/cm2)	Nilai f rata2 (Kg/cm2)	Nilai f/qc rata2 (Kg/cm2)
S1	1	0.00 - 2.60	8	0.29	3.54
	2	2.60 - 4.00	5	0.25	4.44
	3	4.00 - 8.40	17	0.78	4.41
	4	8.40 - 9.60	39	1.65	4.52
	5	9.60 - 10.40	79	2.58	3.32
	6	10.40 - 11.00	156	3.25	2.06
S2	1	0.00 - 1.00	6	0.3	4.64
	2	1.00 - 2.00	12	0.6	5.11
	3	2.00 - 2.40	6	0.4	6.96
	4	2.40 - 3.00	55	1.49	2.83
	5	3.00 - 8.20	18	0.6	3.5
	6	8.20 - 10.00	29	0.88	3.07
	7	10.00 - 10.40	175	4.47	2.64
S3	1	0.00 - 2.80	4	0.23	5
	2	2.80 - 4.80	9	0.39	4.05
	3	4.80 - 9.80	23	0.67	2.99
	4	9.80 - 10.20	150	3.04	3.04
S4	1	0.00 - 3.00	5	0.34	5.89
	2	3.00 - 7.60	20	0.79	4.17
	3	7.60 - 8.60	44	1.02	2.43
	4	8.60 - 9.60	90	1.57	1.88
S5	1	0.00 - 1.20	11	0.63	5.48
	2	1.20 - 5.00	5	0.28	5.52
	3	5.00 - 8.00	19	0.68	3.76
	4	8.80 - 10.00	39	0.89	2.67
	5	10.00 - 10.40	172	3.86	2.27
S5	1	0.00 - 1.20	15	0.55	3.72
	2	1.20 - 2.60	5	0.31	5.54
	3	2.60 - 9.60	18	0.59	3.67
	4	9.60 - 10.00	48	0.85	1.8
	5	10.00 - 10.60	86	2.16	2.61
	6	10.60 - 11.00	175	4.06	2.37

Menentukan data lapisan tanah

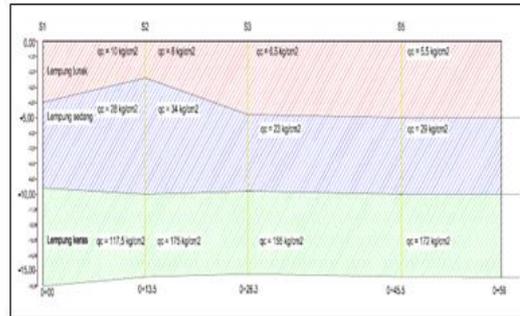
Penentuan jenis lapisan tanah diperoleh dari data sondir, adapun tahapan penentuan jenis lapisan tanah sebagai berikut :

1. Menggunakan data sondir S1, S2, S3 dan S5
2. Menentukan idealisasi qc (Daya dukung tanah) berdasarkan keseragaman nilai nilai qc dalam rentang tertentu,
3. Selanjutnya dibuat penampang memanjang profil qc. Dari data sondir di bagi menjadi 3 lapisan saja. Dari nilai rata rata data sondir yang ada.



Gambar 7. Idelisasi data daya dukung tanah

4. Berdasarkan data data sondir tersebut maka dapat dibuat profil penampang lapisan tanah yang diambil untuk analisa, sebagai berikut

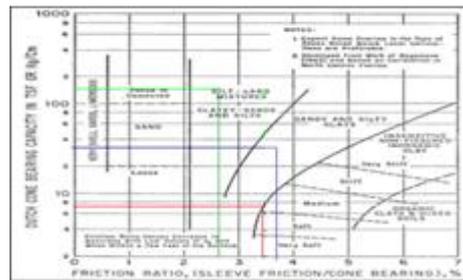


Gambar 8. Long Profile & data sondir

Menentukan klasifikasi tanah

Tahapan menentukan klasifikasi, sebagai berikut

1. Menggunakan nilai rata rata qc (Nilai daya dukung tanah) dari setiap lapisan, seperti terlihat di gambar
2. Menggunakan nilai rata rata friksi (angka banding geser) dari grafik sondir.
3. Dicari jenis tanah sesuai dari grafik



Gambar 9. Perbandingan *friction ratio* dan nilai qc

Klasifikasi tanah untuk layer ditentukan sebagai berikut:

Dari nilai qc rata2 layer 1 diperoleh dari data sondir S1, S2, S3, S5 (Gambar 8) qc 1 = 10 kg/cm²; qc 2 = 8 kg/cm²; qc 3 = 6.5 kg/cm² ;qc 5= 5.5 kg/cm², Diperoleh rata qc = 7.5 kg/cm²

Rata rata nilai friction ratio diperoleh : 3.5, Sehingga terlihat dari gambar jenis tanah adalah : *Sand and silty clay*.

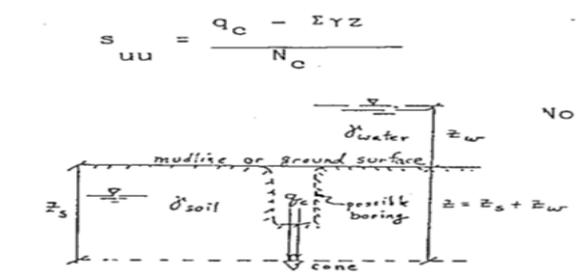
Begitu pula selanjutnya sampai lapis 2 diperoleh jenis tanah *Sand and silty clay*. dan lapis 3 *Clay –sand silty* (Tanah keras).

Data Parameter Tanah

Data Parameter digunakan untuk melakukan perhitungan limit equilibrium

1. Nilai Kohesi (C_u)

Berdasar nilai q_c pada uji sondir maka dicari nilai kohesi tanah (C_u) berdasarkan dari *CPT Performance and Design*, sebagai berikut :



Gambar 10. Korelasi q_c , titik berat dan daya dukung tanah terhadap nilai kohesi.

Dimana

C_u (S_{uu}) = Kohesi Undrained

q_c = Nilai tekanan konus rata rata

γ_{yz} = Titik berat lapisan

N_c = Daya dukung tanah

Dari rumus diperoleh nilai kohesi lapisan 1 : 36,76 Kpa; Lapisan 2 : 282,35 kpa; lapisan 3 : 959.8 kpa.

2. Data sudut geser dalam (Φ)

Diperoleh dari uji Triaxial UU di lokasi area tersebut, seperti sebagai berikut :

Tabel 4. Data Uji Triaxial UU

Kedalaman Tanah (m)	Triaxial		Unconfined	
	C (kg/cm ²)	Φ (Deg)	q_{uu} (kg/cm ²)	Sr
0.00 - 2.00	0.04	5.41		
	0.045	6.31		
2.00 - 4.00	0.05	6.6		
	0.07	7.79		
4.00 - 9.60	0.07	6.01	0.53	1.96
	0.09	6.9		
9.60 - 10.00			5.07	
10.00 - 15.00			3.96	

Dari data triaxial UU ditentukan sudut geser dalam lapis 1&2 sebesar 6,31 dan lapis 3 sebesar 0.

Data parameter sheetpile

Mekanik propertis Concrete Sheet Pile W450 A1000 sebagai berikut

Tabel 5. Data Sheetpile

Type Sheetpile	Panjang	
	Total	Tertanam
W-450 A1000	11 m	7 m

Rekapitulasi parameter data

Dari data laboratorium dan referensi terkait maka di peroleh data sebagai berikut

Tabel 6. Rekapitulasi data parameter mekanika tanah

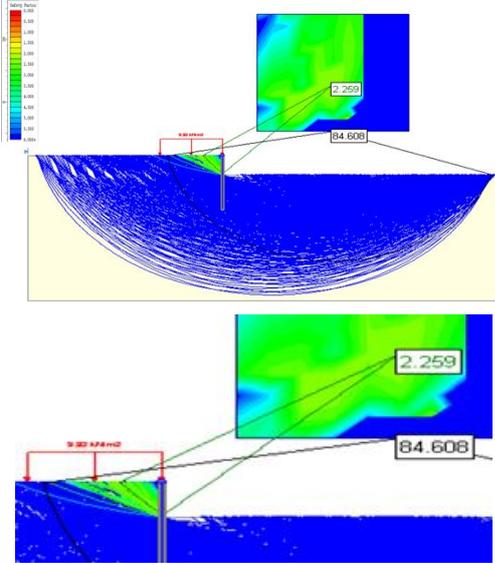
Titik	No	Ketebalan lap tanah (m)	Nilai q_c rata2 (Kg/cm ²)	Deskripsi	Modulus Elastis (Kn/m ²)	Poisson Ratio	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (Φ)
S1	1	0.00 - 4.00	10	Sand and silty clay	30000	0.2	0.375	6.31
	2	4.00 - 9.60	28	Sand and silty clay	35000	0.25	2.88	6.31
	3	9.60 - 16.00	117.5	Clay –sand silty (Tanah keras)	40000	0.3	9.79	0
S2	1	0.00 - 2.40	8	Sand and silty clay	30000	0.2	0.375	6.31
	2	2.40 - 10.00	34	Sand and silty clay	35000	0.25	2.88	6.31
	3	10.00 - 16.00	175	Clay –sand silty (Tanah keras)	40000	0.3	9.79	0
S3	1	0.00 - 4.80	6.5	Sand and silty clay	30000	0.2	0.375	6.31
	2	4.80 - 9.80	23	Sand and silty clay	35000	0.25	2.88	6.31
	3	9.80 - 16.00	156	Clay –sand silty (Tanah keras)	40000	0.3	9.79	0
S5	1	0.00 - 5.00	5.5	Sand and silty clay	30000	0.2	0.375	6.31
	2	5.00 - 10.00	29	Sand and silty clay	35000	0.25	2.88	6.31
	3	10.00 - 16.00	172	Clay –sand silty (Tanah keras)	40000	0.3	9.79	0

Analisa Data

Setelah data terkumpul selanjutnya dilakukan analisa data dengan metode *limit equilibrium* dengan perangkat lunak dan perhitungan manual untuk mengetahui prediksi kelongsoran factor keamanan

Analisa Perhitungan dengan Perangkat Rocscience

Dalam melakukan analisa kelongsoran metode limit equilibrium menggunakan perangkat lunak Slide 6.0 pada Rocscience.



Gambar 11. Output hasil Rocscience

Dari analisa software Rocscience Slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan (SF) terkecil dari seluruh prediksi kelongsoran senilai 2.25 , nilai tersebut memenuhi nilai keamanan lebih dari 2.

Dan sebagai nilai faktor keamanan untuk membandingkan dengan perhitungan manual diambil nilai prediksi kelongsoran 84:60.

Analisa Perhitungan manual

Dalam analisa juga dilakukan dengan perhitungan manual untuk membandingkan dengan perhitungan software Rocscience, Titik ataupun kordinat yang ditinjau berdasarkan output program Rocscience Slide. Kemudian agar data yang diperoleh akurat digunakan bantuan program autocad untuk mendapatkan nilai sudut dan luasan yang tepat.

Data property tanah:

Kemiringan lereng = 1H:1V

Kedalaman = 4 m

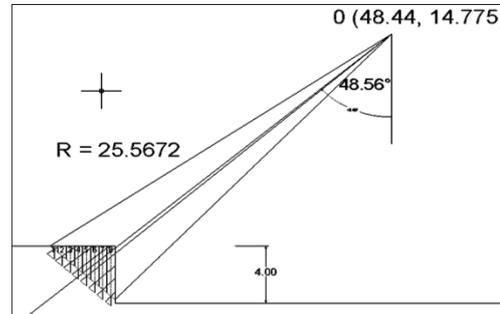
Berat Vol tanah = 14,8 Kn/m³

c' (Undrained) = 36,76 Kn/m²

Sudut Geser dalam = 6.31

Nilai R (Radius) = 25.5672 m

Sudut = 48.6442°



Gambar 12. gaya dan irisan

Tabel 7. perhitungan cara Fellinius

No	Y	Area	Berat (w) (Kn)	θ (Sudut)	W.Cos.θ (kN)	W.Sin.θ (kN)	W.Cos.θ-u.a (kN)
1	14.80	0.12	1.72	54.11	1.01	1.40	1.01
2	14.80	0.30	4.51	52.61	2.74	3.58	2.74
3	14.80	0.58	8.62	51.09	5.41	6.71	5.41
4	14.80	0.82	12.07	49.56	7.83	9.19	7.83
5	14.80	1.05	15.52	48.02	10.38	11.54	10.38
6	14.80	1.28	18.97	46.47	13.06	13.75	13.06
7	14.80	1.51	22.41	44.91	15.87	15.82	15.87
8	14.80	1.75	25.86	43.36	18.80	17.76	18.80
Total			109.69		75.11	79.74190	75.11

Tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi :

$$\sum c_i \cdot a_i = 36,76 \cdot 5.46 = 195.25$$

Tahanan terhadap longsor oleh komponen gesekan pada kedua lapisan :

$$(W \cdot \cos \theta - u \cdot a) \cdot \tan \theta$$

$$= 75.1131 \cdot 6.31$$

$$= 8.3058$$

Safety Faktor (SF)

$$= 195,25 + 8.3 / 79.74$$

$$= 2.55$$

Dan untuk perhitungan berikutnya pada faktor keamanan (SF) output software sebesar 84.05 diperoleh faktor keamanan (SF) sebesar 74.42.

Safety Faktor dan Prediksi Kelongsoran

Dari hasil analisa menggunakan perangkat lunak diperoleh nilai safety factor 2.259. Nilai tersebut diperoleh dan diprediksi oleh perangkat lunak Rocscience Slide dan diambil safety faktor terkecil dari keseluruhan prediksi kelongsoran. Dan hasil perhitungan manual sebagai pembanding perhitungan software diperoleh nilai safety factor 2.56. Dengan nilai SF minimal sebesar 2, maka kontruksi turap sheetpile dapat dikatakan aman terhadap bahaya sliding ataupun longsor. Pada analisa metode limit equilibrium perhitungan software Rocscience dapat dibuktikan dengan perhitungan manual metode Fellinius dan selisih perhitungan tidak terlalu jauh. Sebagai pembuktian perhitungan software di ambil 2 titik prediksi kelongsoran, sebagai berikut

Tabel 8. Hasil analisa slope stability (kelongsoran) *limit equilibrium*

Analisa	Safety Factor	
	1	2
Software	2.25	84.05
Perhitungan Manual	2.55	74.42

Kesimpulan

Dari kesuluruhan pembahasan tentang analisa stabilitas kelongsoran pada proyek pembangunan turap IPAL, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Analisa kelongsoran
Berdasarkan perhitungan software dengan metode Fellinius bahwa turap tersebut dapat menahan kelongsoran dengan memiliki faktor keamanan (FK) yang baik.
2. Perbandingan antara perhitungan manual dan software Rocscience didapatkan hasil yang hampir sama, ditinjau dari dua titik yang berbeda.

3. Standart kesalahan antara perhitungan manual dan Software adalah 88.23 % dan 88.54 %

Akhirnya, secara umum dapat disimpulkan bahwa turap tersebut mampu kelongsoran. Dan perangkat lunak dapat membantu engineering untuk melakukan analisa dengan tepat dan cepat, dengan tetap memperhatikan dasar dan kaidah engineering.

Daftar Pustaka

- Field Test Report Soil Investigation, PT Wahana Cipta. Jakarta, 2013
- Hari Cristady Hardiyatmo, "Mekanika Tanah 1" Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, 2012
- Hari Cristady Hardiyatmo, "Mekanika Tanah 2" Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, 2015
- Hari Cristady Hardiyatmo, "Analisa dan Perancangan Pondasi II" Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, 2010
- "Brosur Jaya Beton Indonesia" 2015
- Ir. V Sunggono kh, "Buku Teknik Sipil" ACI 207-1R-96. American Concrete Institute Comitte, 1996
- Rocscience Tutorial, www.rocscience.com, 2016
- "Kerangka Acuan Kerja Pembangunan Turap", 2015
- Rina yuliet, Abdul Hakam, Yones R " Analisa Stabilitas Turap Beton Pada Tepi Sungai Anai Kab. Padang Pariaman, 2014
- Cendana Putri N, Eko Andi S, Yulvi Zaika "Analisa stabilitas lereng embung dengan menggunakan kombinasi dinding penahan kantilever dan tiang(pile) dengan bantuan perangkat lunak",
- Ir Gouw Tjie Liong, M.Eng, ChFC "Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium VS

Finite Element Methode” Fakultas
Teknik Sipil, Universitas Bina
Nusantara.

I Wayan Giatmajaya “Analisa settlement cara
analitis dan metode finite element
pada tanah lunak dengan software alat
bantu”

“Cone Penetration Test- Performance
Design” US Department Of
Transportation, 1977