

Perencanaan Perkuatan Lereng dan Pelapisan Permukaan Kolam TPA di Desa Babadan, Kecamatan Ngajum, Gunung Kawi, Malang

Dewa Bagus Angga Pradnyana, Prof. Ir. Indrasurya B.M, MSc., Ph.D, Prof. Ir. Noor Endah, MSc, Ph.D
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: byanggapred@gmail.com

Abstrak - Pada perencanaan kolam TPA di Desa Babadan ini, terdapat kondisi lereng pada salah satu lokasi borehole yang memiliki tanah lunak yang memiliki kemampuan *very soft*. Hal tersebut bisa mengakibatkan kelongsoran pada lereng kolam TPA. Maka diperlukan perkuatan pada lereng untuk mencegah terjadinya kelongsoran pada lereng pembangunan kolam TPA tersebut.

Sampah yang tercampur dengan air hujan yang sering kita kenal dengan air lindi (*leachate*) memungkinkan akan merembes masuk ke dalam tanah asli dibawahnya dan akan menyebabkan tercemarnya kondisi air tanah asli maka perlu adanya perkuatan pelapis tanah dasar.

Dalam hal perkuatan tanah dasar kolam, digunakan perkuatan *geomembrane*. Setelah analisa dan perhitungan, tebal *geomembrane* yang dipakai adalah 0.5 mm dan ditambah pemasangan pipa *leachate collection*.

Untuk perkuatan pada lereng digunakan 4 alternatif perkuatan. Alternatif pertama yaitu perkuatan dengan *geotextile*. Alternatif kedua yaitu perkuatan dengan *minipile* sebagai cerucuk. Alternatif ketiga yaitu perkuatan dengan *sheetpile* sebagai cerucuk. Alternatif keempat dengan *ground anchor*.

Dipilih perkuatan *minipile* sebagai cerucuk dikarenakan memiliki biaya paling murah sebesar Rp9.612.252,00

BAB I PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Di Indonesia, terdapat banyak proyek pembangunan reaktor biogas yang salah satunya adalah pembangunan kolam sebagai tempat pemrosesan akhir (TPA) untuk menguraikan kandungan bahan pencemar organik yang masih mengandung senyawa organik karbon. Salah satunya terdapat di desa Babadan, Kecamatan Ngajum, Gunung Kawi, Kabupaten Malang. Pada Gambar 1.1 menjelaskan letak lokasi dari desa Babadan tersebut. Desa Babadan ini terletak sekitar 15 km dari kota Malang. Proyek dari PT. Asiabiogas Indonesia ini direncanakan memiliki dua buah kolam TPA dengan kedalaman lereng yang cukup tinggi. Kolam pertama memiliki kedalaman lereng mencapai 12 meter dan kolam kedua memiliki kedalaman lereng mencapai 11,5 meter.

PT Teknindo Geosistem Unggul mendapatkan permintaan untuk menginvestigasi keadaan tanah tersebut. Dengan menggunakan metode bor dalam di 3 titik bor (*bore hole*) hingga kedalaman 10 meter

Dari ketiga hasil titik *bore hole* didapatkan kesimpulan bahwa tanah dasar pada BH-3 terdapat tanah lunak dengan kemampuan *very soft* yang bisa mengakibatkan kelongsoran.

Maka diperlukan perkuatan lereng untuk mencegah terjadinya kelongsoran pada lereng perencanaan kolam TPA.

Kelongsoran bukan hanya satu-satunya masalah yang akan terjadi dalam perencanaan pembangunan kolam ini. Air lindi (*leachate*) yang sudah ditampung di dalam kolam memungkinkan terjadinya rembesan ke dalam air tanah dibawahnya, yang dimana dapat menyebabkan tercemarnya air tanah dibawahnya.

Dalam hal perkuatan tanah dasar kolam, digunakan perkuatan bahan geosintetik yaitu berupa pemasangan *geomembrane*.

Untuk perkuatan lereng pada proyek pembangunan kolam ini terdapat 3 alternatif perkuatan. Alternatif Pertama adalah penggunaan *geotextile*. Alternatif kedua adalah perkuatan dengan cerucuk dengan menggunakan *minipile*. Alternatif ketiga adalah perkuatan dengan cerucuk dengan menggunakan *sheetpile*. Alternatif keempat adalah perkuatan dengan *ground anchor* atau yang lebih dikenal dengan metode penjangkaran tanah.

RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana stabilitas lereng pada lokasi studi sesudah dilakukan pelaksanaan *cut and fill* pada awal konstruksi dan sebelum area diisi sampah
2. Berapa jumlah lembar, panjang dan tipe *geotextile* yang akan dipasang untuk perkuatan lereng, jika digunakan alternatif perkuatan lereng dengan menggunakan *geotextile*
3. Berapa jumlah, panjang serta jarak pemasangan *minipile* yang direncanakan untuk perkuatan lereng, jika digunakan alternatif perkuatan lereng dengan menggunakan *minipile* sebagai cerucuk
4. Berapa jumlah, panjang serta jarak pemasangan *sheetpile* yang direncanakan untuk perkuatan lereng, jika digunakan alternatif perkuatan lereng dengan menggunakan *sheetpile* sebagai cerucuk
5. Berapa jumlah, panjang dan kekuatan tarik *anchor* yang direncanakan untuk perkuatan lereng, jika digunakan alternatif perkuatan lereng dengan menggunakan perkuatan *ground anchor*
6. Alternatif perkuatan lereng yang tepat untuk dilakukan, dalam hal biaya
7. Bagaimana design *geomembrane* yang dipakai atau dibutuhkan dalam pelapisan permukaan dasar kolam
8. Bagaimana design perencanaan perpipaan pengumpul lindi di dasar permukaan TPA
9. Bagaimana detail konstruksi dasar kolam TPA yang telah diberikan pelapisan permukaan tanah dasar

TUJUAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah dapat merencanakan dan menentukan alternatif mana yang tepat pada perkuatan lereng kolam TPA dari segi biaya pembelian dan pemasangan dan merencanakan design serta detail konstruksi *geomembrane* pada pelapisan permukaan tanah dasar kolam TPA agar air lindi tidak mencemari air tanah dibawah.

BATASAN MASALAH

Dalam penulisan tugas akhir ini, terdapat beberapa batasan masalah yang akan dibahas yaitu :

1. Data yang digunakan dalam perencanaan merupakan data sekunder yang didapat dari Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS
2. Diasumsikan bahwa lahan tersebut adalah lahan kolam TPA dan didaerah sekelilingnya tidak terdapat bangunan yang mengganggu
3. Perhitungan analisis stabilitas lereng akan dilakukan dengan program bantu XSTABL

MANFAAT

Perencanaan dalam Tugas Akhir ini dimaksudkan dapat menjadi alternatif perencanaan perkuatan lereng dan pelapisan permukaan tanah dasar pada proyek pembangunan kolam TPA di Desa Babadan, Kecamatan Ngajum, Gunung Kawi, Malang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Konsep Perencanaan Perkuatan Geotextile

1. Mencari nilai momen dorong (M_D)

$$M_{dorong} = \frac{M_{resisten}}{SF}$$
2. Mencari nilai $M_{resisten}$ rencana dengan angka keamanan rencana ($SF = 1,5$)

$$M_{resisten\ rencana} = M_{dorong} \times SF_{rencana}$$
3. Mencari nilai tambahan Momen penahan (ΔMR) dari FS rencana

$$\Delta MR = M_{resisten\ rencana} - M_{resisten\ yang\ terjadi}$$
4. Mencari Kekuatan dari bahan geotekstil
Rumus kekuatan bahan geotextile adalah persamaan :

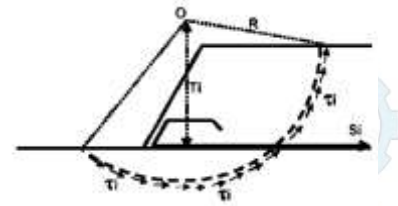
$$T_{allow} = \frac{1}{T_{ult} \times (FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd})}$$
5. Menentukan jumlah geotekstil yang dibutuhkan

$$\Delta MR < T_{allow} \times \sum R_i$$
6. Menghitung panjang geotekstil di belakang bidang longsor (Le)

$$Le = \frac{T_{all} \times SF}{(\tau_{atas} + \tau_{bawah}) \times E}$$

$$\tau_i = Cu_i + \sigma_v \tan \theta$$
7. Menghitung panjang geotekstil di depan bidang longsor
Panjang geotextile ini dihitung dengan bantuan output dari program bantu AUTOCAD.

Kondisi Overall Stability

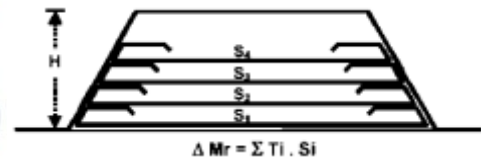


Gambar 2.15 Overall Stability

Dengan geotekstil :
Momen penahan (M_r)

$$= R \times \sum \tau_i \times l_i + T_i \times S_i$$

$$= M_r + \Delta MR$$



Gambar 2.16 Geotekstil

Konsep Perencanaan Perkuatan Pelapis Tanah Dasar

Pada sebuah lahan urug atau lahan untuk pemakaian TPA yang baik biasanya dibutuhkan sistem pelapis dasar, yang bertujuan mengurangi mobilitas lindi ke dalam air tanah.

- Lapisan bahan liner untuk mencegah migrasi cemaran keluar lahan urug
- Sistem pengumpul lindi

Komponen utama sistem liner paling tidak terdiri dari 3 jenis, yaitu:

1. Lapisan kedap : lapisan terbawah yang berfungsi sebagai penahan resapan leachate ke lapisan tanah di bawahnya.
2. Lapisan kerikil atau pasir : lapisan yang berfungsi sebagai tempat pengaliran lindi (*leachate*) menuju ke saluran pengumpul
3. Lapisan tanah pelindung : berfungsi sebagai pelindung lapisan kedap dari pelintasan kendaraan dan gangguan-gangguan lainnya

Konsep Perencanaan Perkuatan Cerucuk

Menghitung Gaya Horizontal yang Mampu Ditahan Satu Tiang

$$P_{max}(1cerucuk) = \frac{Mp_{max} 1cerucuk}{T \times F_M}$$

$$Mp_{max} = \frac{\sigma_{all} \times I}{y}$$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Menentukan Jumlah Cerucuk

Jumlah cerucuk yang dibutuhkan dapat diperoleh dari rumus berikut:

$$n = \frac{\Delta M_R}{R \times P_{\max 1 \text{ cerucuk}}}$$

Konsep Perencanaan Perkuatan Ground Anchor

Perencanaan jangkar

Untuk keperluan perencanaan jangkar suatu penyelidikan tanah adalah sangat penting dan jenis lapisan tanah serta tingkat, kepadatannya perlu diselidiki benar-benar.

1. Mencari gaya tahanan dan dorong (untuk bidang longsor berupa garis lingkaran)

- Mencari nilai T max dari perkuatan *ground anchor*

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

Yang dimana nilai T max adalah nilai maksimum yang akan dipikul oleh anchor itu sendiri, selanjutnya nilai T max tersebut dikalikan dengan jari-jari dari bidang longsor lingkaran tersebut, maka didapatkanlah berupa nilai momen dari *anchor* yang nantinya dibandingkan dengan nilai ΔM_r

$$\Delta M_r = N \tan \delta \times R$$

$$\Delta M_r = N \tan \delta \times R$$

$$N = \Delta M_r / \tan \delta \times R$$

Perhitungan Panjang Grouting pada sistem perkuatan Ground Anchor

Panjang grouting ialah panjang yang akan menahan gaya *stressing* yang melewati garis bidang longsor. Perhitungan panjang grouting adalah :

$$N \times SF = C \times \pi \times L \times D$$

Dimana ,

N = kekuatan tarik jangkar

C = Kekuatan Geser

D = Tebal Pelat

L = Panjang Grouting

SF = 2,5 (untuk permanen)

Perhitungan Daya Dukung Pelat Penahan Anchor

Perhitungan daya dukung pelat untuk menahan gaya tarik anchor adalah sebagai berikut :

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

Dimana :

C = Kekuatan Geser

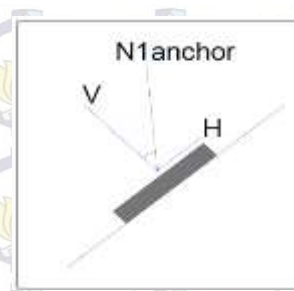
q = $\gamma \times D$

γ' = Berat Volume Tanah

B = Lebar Pondasi atau Pelat

N_c' , N_q' , N_{γ}' = Faktor Daya Dukung

Perhitungan Tegangan Untuk Daya dukung Pelat Penahan (Untuk gaya tidak tegak lurus pelat penahan)

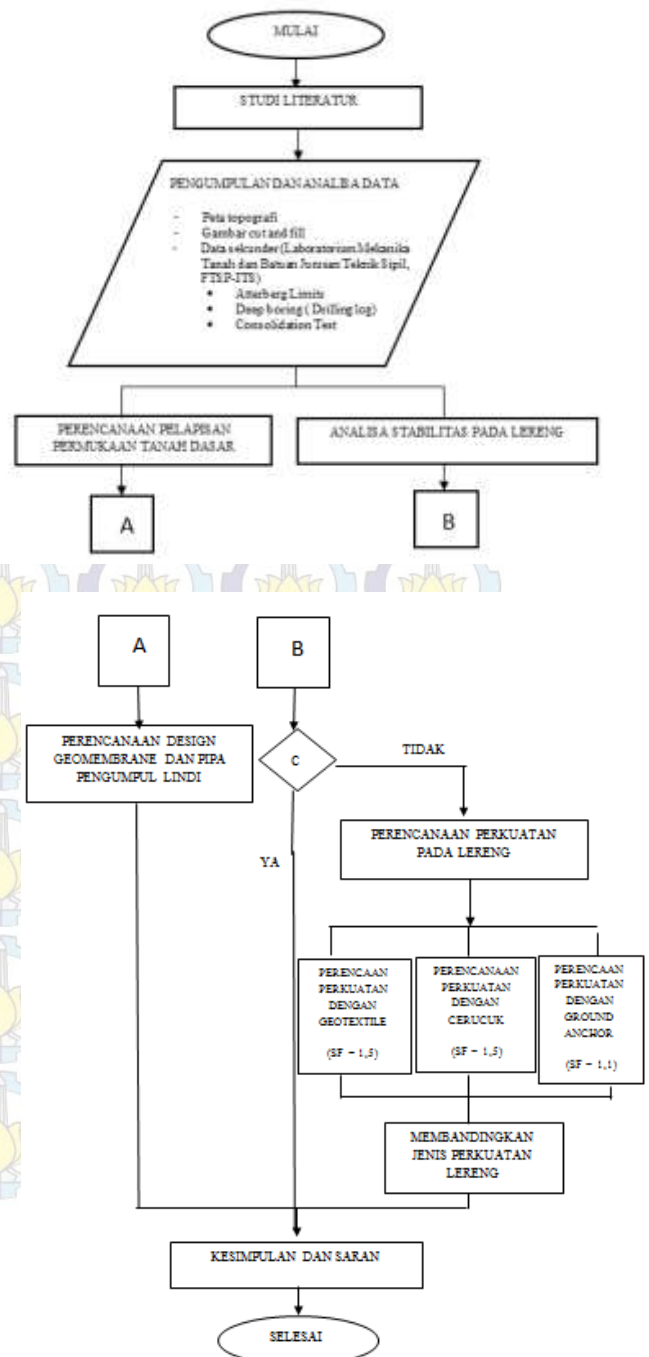


Gambar 2.28 Gaya N1 anchor yang diubah kedalam gaya V dan H

$$Q_t = \frac{P}{A} + \frac{M y}{I}$$

$$Q_t = \frac{V}{A} + \frac{(H \times D) \times y}{I}$$

BAB III METODOLOGI



BAB IV DATA DAN ANALISA DATA

Hasil dari penyelidikan *sample* yang telah diambil dari ketiga titik bor dalam tersebut, yaitu berupa hasil keseluruhan data tanah meliputi *specific gravity* (Gs), *wet density* (γ_t), *dry density* (γ_d), *water content* (Wc), *arterberg limit*, *soil classification*, *cohesion undrain* (Cu).

Borehole No.	BH-1			BH-2			BH-3		
Elevation	88.5			89.5			94.5		
Sample depth (m)	-4.00	-7.00	-10.00	-4.00	-7.00	-10.00	-4.00	-7.00	-10.00
Specific Gravity (Gs)	2.624	2.638	2.591	2.64	2.662	2.693	2.671	2.734	2.618
Void Ratio (e)	1.325	1.266	2.591	2.64	2.662	2.693	2.671	2.734	2.618
Degree of saturation (SR) %	100	100	100	90.06	100	100	94.37	97.36	100
Wet Density (γ_t) gr/cc	1.698	1.723	1.707	1.724	1.809	1.787	1.755	1.807	1.837
Water Content (Wc) %	50.5	47.99	48.24	37.93	39.59	42.7	39.92	39.6	25.68
Dry Density (γ_d) gr/cc	1.13	1.16	1.15	1.25	1.3	1.25	1.25	1.29	1.35
Saturated Density (γ_{sat}) gr/cc	1.698	1.723	1.707	1.777	1.809	1.787	1.785	1.821	1.837
Liquid limit (LL) %	44.82	43.1	48.24	43.73	42.31	48.24	47.49	48.62	48.73
Plastic Index (PI) %	18	15.98	30.18	1.42	13.98	15.57	17.38	15.1	14.38
Cohesion Undrained (Cu) kg/cm ²	0.275	0.3275	0.389	0.325	0.629	0.461	0.105	0.096	0.435
Compression Index (Cc) Lap.	0.501	1.122	0.72	1.47	-	-	0.8	1.06	-
Coefficient Consolidation (Cv) cm ² /dt	0.00108	0.00108	0.0011	0.00111	-	-	0.0014	0.00108	-

Gambar 4.2 Hasil keseluruhan dari penyediaan *sample* tanah

BAB V PERENCANAAN PERKUATAN LERENG DAN PELAPISAN PERMUKAAN KOLAM TPA

Perhitungan Stabilitas Lereng

Analisa stabilitas lereng longsor diawali dengan pemeriksaan terhadap angka keamanan lereng, yaitu dengan melakukan perhitungan tegangan geser yang terjadi disepanjang permukaan retak yang paling kritis. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan program bantu komputer yaitu XSTABLE versi 5.202.

Perhitungan Perkuatan dengan Geotextile

Perhitungan Perkuatan Geotextile pada kolom 1

Berikut adalah hasil dari perhitungan ΔM_r dan jumlah lapis geotextile yang dibutuhkan dengan perhitungan kuat tarik ijin geotextile.

SF terkritis yang dipakai adalah 1.056. Maka didapat nilai ΔM_R yaitu nilai momen yang akan dipikul oleh geotextile, menggunakan persamaan 2.13 :

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= M_{\text{resisten rencana}} - M_{\text{resisten yang terjadi}} \\ \Delta M_R &= 27244 \text{ kNm} - 19180 \text{ kNm} \\ \Delta M_R &= 8064 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Pada bab 4 telah ditentukan Geotextile yang dipakai adalah tipe Stablenka dengan kekuatan ultimate 200 kN/m. Untuk menentukan kekutan tarik ijin dari geotextile menggunakan persamaan 2.14 :

$$\begin{aligned}T_{\text{allow}} &= T_{\text{ult}} \times \left(\frac{1}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \right) \\ T_{\text{allow}} &= 200 \text{ kN/m} \times \left(\frac{1}{1,3 \times 1,8 \times 1,3 \times 1,1} \right) \\ T_{\text{allow}} &= 59,77 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Menentukan jumlah layer dari geotextile menggunakan persamaan 2.15. Dengan ΔM_R sebesar 8064 kNm maka dibutuhkan jumlah lapis geotextile sebesar :

$$\begin{aligned}\Delta M_R &< T_{\text{allow}} \times \sum R_i \times \text{jumlah lapis} \\ 8064 \text{ kNm} &< 59,77 \text{ kN/m} \times \sum 8,01 \text{ m} \times 2 \\ 8064 \text{ kNm} &< 957,504 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Persamaan diatas dilakukan berulang-ulang sampai nilai momen yang dipikul geotextile lebih besar dari ΔM_R ,

Maka didapat nilai momen geotextile sebesar 8244 kNm > 8064 kNm dan jumlah layer yang digunakan adalah 19 layer dengan 5 layer berlapis 2 dan 14 layer berlapis 1

Perhitungan Perkuatan Geotextile pada kolom 2

Dengan persamaan dan perhitungan yang sama dengan kolom 1. Untuk perencanaan perkuatan geotextile pada kolom 2 digunakan perencanaan perkuatan pada lereng sebelah kanan dikarenakan memiliki ΔM_r yang lebih besar. Maka jumlah layer yang dipakai adalah 17 layer dengan 8 layer 2 lapis dan 9 layer 1 lapis.

Perhitungan Perkuatan dengan Minipile sebagai cerucuk Perhitungan Perkuatan Minipile sebagai cerucuk pada kolom 1

Berikut adalah hasil dari perhitungan ΔM_r dan jumlah minipile yang dibutuhkan dengan mutu minipile yaitu memakai kelas B dengan diameter D= 450 mm dan momen ijin yaitu 11 ton.m

SF terkritis yang dipakai adalah 0.590 dikarenakan nilai SF terkecil dari yang lainnya. Maka didapat nilai ΔM_R yaitu nilai momen yang akan dipikul oleh cerucuk, menggunakan persamaan 2.13 :

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= M_{\text{resisten rencana}} - M_{\text{resisten yang terjadi}} \\ \Delta M_R &= 13423 \text{ kNm} - 5280 \text{ kNm} \\ \Delta M_R &= 8143 \text{ kN}\end{aligned}$$

Maka P_{maks} (1cerucuk) sebesar :

$$\begin{aligned}P_{\text{maks}} (1\text{cerucuk}) &= \frac{M_{p_{\text{maks}}} 1\text{cerucuk} \times F_k}{T \times F_M} \\ P_{\text{maks}} (1\text{cerucuk}) &= \frac{11\text{ton.m} \times 1.14}{1.86\text{m} \times 0.9}\end{aligned}$$

$$P_{\text{maks}} (1\text{cerucuk}) = 7.499\text{ton}$$

Maka mencari jumlah minipile sebagai cerucuk yang dibutuhkan dengan nilai $\Delta M_R = 8143 \text{ kNm}$ menggunakan persamaan 2.26:

$$\begin{aligned}n &= \frac{\Delta M_R}{R \times P_{\text{maks}} 1\text{cerucuk}} \\ n &= \frac{8143\text{kN.m}}{15.99\text{m} \times 74.99\text{kN}} \\ n &= 6.68 = 7\text{buah}\end{aligned}$$

Perhitungan Perkuatan Minipile sebagai cerucuk pada kolom 2

Dengan Persamaan dan perhitungan yang sama, untuk perkuatan minipile sebagai cerucuk pada lereng kolom kedua didapat 6 buah minipile per meter dengan dimensi diameter 45 cm.

Perhitungan Perkuatan dengan Sheetpile sebagai cerucuk

Perhitungan Perkuatan Sheetpile sebagai cerucuk pada kolom 1

Berikut adalah hasil dari perhitungan ΔM_r dan jumlah sheetpile yang dibutuhkan dengan tipe sheetpile yaitu FSP-V , $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$, Momen Inersia (I) == 63000 cm⁴ dan memiliki $M_{p_{\text{maks}}} = 2625000\text{kg.cm} = 26.25 \text{ ton.m}$

SF terkritik yang dipakai adalah 0.590. Maka didapat nilai ΔMR yaitu nilai momen yang akan dipikul oleh sheetpile, menggunakan persamaan 2.13 :

$$\begin{aligned}\Delta MR &= M_{\text{resisten rencana}} - M_{\text{resisten yang terjadi}} \\ \Delta MR &= 13423 \text{ kNm} - 5280 \text{ kNm} \\ \Delta MR &= 8143 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Maka P_{maks} (1cerucuk) sebesar :

$$\begin{aligned}P_{\text{maks}} (1\text{cerucuk}) &= \frac{M_{\text{maks}} 1\text{cerucuk}}{T \times F_M} \\ P_{\text{maks}} (1\text{cerucuk}) &= \frac{26.25 \text{ ton} \cdot \text{m}}{2.27 \text{ m} \times 0.9}\end{aligned}$$

$$P_{\text{maks}} (1\text{cerucuk}) = 12.836 \text{ ton}$$

Maka mencari jumlah sheetpile sebagai cerucuk yang dibutuhkan dengan nilai $\Delta MR = 8143 \text{ kNm}$ menggunakan persamaan 2.26 :

$$\begin{aligned}n &= \frac{\Delta M_R}{R \times P_{\text{maks} 1\text{cerucuk}}} \\ n &= \frac{8143 \text{ kN} \cdot \text{m}}{15.99 \text{ m} \times 128.36 \text{ kN}} \\ n &= 3.90 = 4\text{buah}\end{aligned}$$

Perhitungan Perkuatan Sheetpile sebagai cerucuk pada kolom 2

Dengan Persamaan dan perhitungan yang sama, untuk perkuatan sheetpile sebagai cerucuk pada lereng kolam kedua didapat 4 buah minipile per meter dengan tipe FSP V.

Perhitungan Perkuatan dengan Ground Anchor Perhitungan Perkuatan dengan Ground Anchor pada kolom 1

Pada kolam 1 direncanakan jarak pemasangan ground anchor yaitu jarak 3 meter yang dimana direncanakan 3 buah ground anchor

SF terkritik yang dipakai adalah 0.590. Maka didapat nilai ΔMR yaitu nilai momen yang akan dipikul oleh ground anchor, menggunakan persamaan 2.13 :

$$\begin{aligned}\Delta MR &= M_{\text{resisten rencana}} - M_{\text{resisten yang terjadi}} \\ \Delta MR &= 9844 \text{ kNm} - 5280 \text{ kNm} \\ \Delta MR &= 4564 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Dikarenakan ground anchor direncanakan setiap 3 meter maka nilai momen yang dipikul ground anchor harus dikali 3 :

$$\begin{aligned}\Delta MR &= 4564 \text{ kNm} \times 3 \\ \Delta MR &= 13692 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Perhitungan N (gaya prategang tegak lurus bidang longsor) dengan menggunakan persamaan 2.34 :

$$\begin{aligned}N_{\text{anchor}} &= \frac{\Delta MR}{R \times \tan \delta} \\ N_{\text{anchor}} &= \frac{13692 \text{ kNm}}{16.27 \text{ m} \times \tan 40} \\ N_{\text{anchor}} &= 1002,9 \text{ kN} = 100,2 \text{ ton}\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai N, maka dicari nilai P yaitu gaya prategang yang tegak lurus lereng yang dimana memiliki nilai $\beta = 30^\circ$, maka nilai P :

$$\begin{aligned}P_{\text{anchor}} &= \frac{N_{\text{anchor}}}{\cos \beta} \\ P_{\text{anchor}} &= \frac{1002,9 \text{ kN}}{\cos 21} \\ P_{\text{anchor}} &= 1074 \text{ kN} = 107,4 \text{ ton}\end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan 3 buah anchor, maka ΔMR dibagi 3 untuk mendapatkan gaya tiap 1 anchor :

$$\begin{aligned}P1_{\text{anchor}} &= \frac{N_{\text{anchor}}}{3} \\ P1_{\text{anchor}} &= \frac{107,4 \text{ ton}}{3}\end{aligned}$$

$$P1_{\text{anchor}} = 35,8 \text{ ton} = 40 \text{ ton}$$

Menentukan panjang grouting yaitu dengan menggunakan persamaan 2.36 dengan nilai SF = 2.5 dan nilai C = 14.66 t/m² :

$$P \times SF = C \times \pi \times D \times L$$

$$L = \frac{P \times SF}{C \times \pi \times D}$$

$$L = \frac{35,8 \text{ ton} \times 2,5}{14,66 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \times \pi \times 0,2 \text{ m}}$$

$$L = 9,72 = 10 \text{ meter}$$

Dengan menggunakan daya dukung pondasi dangkal yaitu dengan persamaan 2.37 direncanakan pelat dengan tebal 0.4 meter, dimensi pelat 2 x 2 meter, C = 4,35 t/m² dan sudut geser = 0°. Dikarenakan nilai sudut geser = 0 maka nilai $N_c = 5,41$, $N_q = 1$ dan $N_\gamma = 0$ dan $q = \gamma'$ tanah x tebal dengan SF = 2,5 :

$$Q_{\text{ult}} = C \times N_c + q \times N_q + 0,4 \gamma' B N_\gamma$$

$$Q_{\text{ult}} = 22.679 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{\text{ijin}} = 9,0716 \text{ t/m}^2$$

Untuk mencari tegangan yang dihasilkan gaya prategang P anchor menggunakan persamaan 2.38 :

$$Q_t = \frac{P}{A}$$

$$Q_t = \frac{35,8 \text{ ton}}{(2 \text{ m} \times 2 \text{ m})}$$

$$Q_t = 8,952 \text{ t/m}^2$$

Jadi dipasang anchor dengan P = 40 ton dengan panjang grouting = 10 meter dan pelat beton penahan dengan tebal 0,4 meter dan dimensi 2 x2 meter bisa digunakan dikarenakan $Q_{\text{ijin}} = 9,071 \text{ t/m}^2 > Q_t = 8,952 \text{ t/m}^2$ (OK)

Perhitungan Perkuatan dengan Ground Anchor pada kolom 2

Dengan persamaan dan perhitungan yang sama diperoleh perkuatan ground anchor pada kolam kedua sebelah kiri dipasang anchor dengan P = 25 ton dengan panjang grouting = 6,1 meter dan pelat beton penahan dengan tebal 0,4 meter dan dimensi 2 x2 meter bisa digunakan dikarenakan $Q_{\text{ijin}} = 6,81 \text{ t/m}^2 > Q_t = 5,574 \text{ t/m}^2$. Untuk lereng sebelah kanan didapat anchor dengan P = 20 ton dengan panjang grouting = 4 meter dan pelat beton penahan dengan tebal 0,4 meter dan dimensi 2 x2 meter bisa digunakan dikarenakan $Q_{\text{ijin}} = 6,81 \text{ t/m}^2 > Q_t = 4,367 \text{ t/m}^2$

Perencanaan Pelapis Permukaan Kolam TPA Perhitungan tebal geomembrane

Pelapis Permukaan kolam TPA berfungsi sebagai penghalang masuknya air lindi (*leachate*) agar air tanah asli dibawah tidak tercemar. Untuk Lapisan penghalang digunakan bahan geosintetik yaitu HDPE geomembrane yang memiliki sifat kedap air, berikut adalah perhitungan tebal yang diperlukan :

$$t = \frac{P}{\cos \beta} \times \frac{x}{\sigma_{\text{ijin}}} \times (\tan \delta_u + \tan \delta_L)$$

$$t = \frac{5735 \text{ kg/m}^2}{\cos 20} \times \frac{0.254 \text{ m}}{1969057 \text{ kg/m}^2} \times (\tan 18 + \tan 18)$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai $t = 0.39$ milimeter. Maka dipakai HDPE Geomembrane dengan tebal 0,5 milimeter

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

1. Stabilitas lereng setelah pelaksanaan cut dan fill pada kolam 1 dan kolam 2 :
 - Stabilitas lereng dengan kondisi setelah pelaksanaan *cut* dan *fill* pada kolam 1 untuk perkuatan geotextile memiliki nilai SF terkritis = 0,59 dan untuk perkuatan cerucuk dan ground anchor nilai SF terkritis = 0,802
 - Stabilitas lereng dengan kondisi setelah pelaksanaan *cut* dan *fill* pada kolam 2 untuk perkuatan geotextile memiliki nilai SF terkritis = 0,878 dan untuk perkuatan cerucuk dan ground anchor nilai SF terkritis = 0,902
2. Dibutuhkan perkuatan lereng pada kolam 1 dikarenakan memiliki $SF < 1$. Terdapat 4 alternatif yang direncanakan yaitu :

PERKUATAN DENGAN GEOTEXTILE	
Jumlah layer =	5 Layer Lapis 2
	14 Layer Lapis 1
Jarak Pemasangan =	0,3 meter
PERKUATAN DENGAN MINIPILE SEBAGAI CERUCUK	
Jumlah minipile per meter =	7 Buah
Kelas Mutu Minipile =	B
Dimensi Minipile =	D - 450mm
PERKUATAN DENGAN SHEETPILE SEBAGAI CERUCUK	
Jumlah sheetpile per meter =	4 Buah
Tipe Sheetpile =	FSP-V
PERKUATAN DENGAN GROUND ANCHOR	
Jumlah anchor per 3 meter =	3 buah
Gaya prategang 1 buah anchor =	40 ton
Diameter grouting =	0,2 meter
Panjang Grouting =	10 meter
Dimensi Pelat Beton Penahan =	(2 x 2 x 0,4) meter

3. Dibutuhkan perkuatan lereng pada kolam 2 dikarenakan $SF < 1$. Terdapat 4 alternatif yang direncanakan yaitu :

PERKUATAN DENGAN GEOTEXTILE	
Jumlah layer =	8 Layer Lapis 2
	9 Layer Lapis 1
Jarak Pemasangan =	0,3 meter
PERKUATAN DENGAN MINIPILE SEBAGAI CERUCUK	
Jumlah minipile per meter =	6 Buah
Kelas Mutu Minipile =	B
Dimensi Minipile =	D - 450mm
PERKUATAN DENGAN SHEETPILE SEBAGAI CERUCUK	
Jumlah sheetpile per meter =	4 Buah
Tipe Sheetpile =	FSP-V
PERKUATAN DENGAN GROUND ANCHOR	
Lereng sebelah kiri	
Jumlah anchor per 5 meter =	3 buah
Gaya prategang 1 buah anchor =	25 ton
Diameter grouting =	0,2 meter
Panjang Grouting =	6,1 meter
Dimensi Pelat Beton Penahan =	(2 x 2 x 0,4) meter
Lereng sebelah kanan	
Jumlah anchor per 5 meter =	3 buah
Gaya prategang 1 buah anchor =	20 ton
Diameter grouting =	0,2 meter
Panjang Grouting =	4 meter
Dimensi Pelat Beton Penahan =	(2 x 2 x 0,4) meter

4. Digunakan dan dipilih sistem perkuatan lereng yaitu perkuatan dengan minipile sebagai cerucuk dikarenakan biaya yang paling murah jika dibandingkan dengan alternatif lainnya.

5. Dibutuhkan Pelapis permukaan kolam TPA dengan menggunakan *pipa leachate collection* dengan pemasangan HDPE geomembrane dengan tebal 0,5 mm

SARAN

Setelah dilakukan analisa dan perhitungan oleh penulis, didapat saran mengenai perencanaan kolam TPA tersebut adalah :

1. Perencanaan harus membutuhkan pemasangan subdrain yang tepat dikarenakan data yang didapat dari lapangan hanya data muka air pada musim kemarau, penulis mengasumsikan muka air pada saat kondisi hujan
2. Pemasangan proses *cutting* tanah yang cukup sulit dikarenakan kedalam kolam mencapai 12 meter dan 11,5 meter .Proses cutting harus direncanakan dengan benar oleh perencana yang sudah berpengalaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Mochtar, Noor Endah. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dangkal*. Surabaya: ITS.
- Koerner, Robert M 1989. *Designing Geosynthetics Second Edition*.
- Tchobanoglous, George 1993. *Integrated Solid Waste Management*.