

BAB VI

ANALISIS GEOTEKNIK

Perbaikan tebing sungai dapat dilakukan dengan metode non-struktur dan metode struktur. Metode non-struktur seperti : pengelolaan DAS, pengaturan tata guna lahan, peramalan banjir, peringatan bahaya banjir, asuransi, dll, sedangkan metode struktur seperti bendungan (dam), pembuatan *check dam* (penangkap sedimen) bangunan pengurang kemiringan sungai, *revetment* (perkuatan lereng), *grounsill*, dll. Pendekatan non-struktural dalam banyak hal dimana keterbatasan fisik maupun sumberdaya (waktu, lahan, dan biaya), dalam hal ini yang dapat dilakukan adalah melakukan penanganan dengan membiasakan para pelaku pemanfaat sungai menyesuaikan diri dengan fenomena sungai itu sendiri, sedangkan pendekatan strktural dalam penanganan sungai merupakan pengenalan bangunan sipil dengan usaha mengurangi dampak negatif sungai. Pada kasus sungai kayan penanganan yang tepat untuk dapat menampung dan mengurasi erosi, dilakukan penanganan *revetment* (penguatan lereng) (Kodoatie dan Sjarief, 2010).

Revetment (penguatan lereng) bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap, kayu atau tumpukan batu ataupun beberapa jenis *revetment* yang di produksi oleh pabrik. Penulis memilih 5 bangunan pelindung tebing sungai untuk di pilih satu berdasarkan penilaian dari beberapa kriteria.

A. Matriks Pemilihan Bangunan Tebing Sungai

Berikut ini adalah matriks pemilihan bangunan pelindung sungai yang biasa digunakan dan penilaian berikut ini untuk wilayah Kalimantan Utara.

Tabel 6.1 Matriks penilaian bangunan tebing sungai

Matriks Penilaian	T1	T2	T3	T4	T5
1. Kemudahan Konstruksi	5	4	4	2	2
2. Dampak Sosial	3	2	2	1	1
3. Biaya Kontruksi	3	2	2	4	4
4. Estetika	2	3	4	4	5
5. Material Konstruksi	1	3	3	2	2
Skor	14	14	15	13	14

Keterangan :

T1 = *Sheet Pile*

T2 = *Gravity Wall*

T3 = *Cantilever Wall*

T4 = *Riprap (Bronjong)*

T5 = *Geotexstil*

Spesifikasi skor 1-5 :

1 = Tidak memenuhi

2 = Kurang memenuhi

3 = Cukup memenuhi

4 = Sangat memenuhi

5 = Amat sangat memenuhi

Pada proses penilaian matriks diatas berdasarkan pribadi perencana dengan melihat keadaan disekitar dan dari jumlah skor yang terbanyak diperoleh pada T3 (*Cantilever Wall*), sehingga pada perancangan bangunan pengaman tebing sungai ini menggunakan *Cantilever Wall*.

Cantilever Wall adalah dinding penahan dengan balok kantilever tersusun dari suatu dinding memanjang, dinding ini menahan massa yang berada dibelakang dinding dari kemiringan alami yang terjadi, berlaku sebagai balok kantilever dan kestabilan dari dinding didapatkan dengan berat badannya sendiri dan berat tanah diatas tumit plat lantai.

B. Pemodelan GeoSlope

1. Estimasi Jenis Tanah

Data sondir yang diperoleh seperti Q_c (perlawanan ujung konis), f_s (tahanan gesek selimut konis), T_f (tahanan gesek total pada kedalaman ke- i), F_r (perlawanan gesek) dll, dan untuk menentukan estimasi tanah digunakan dari data sondir, berdasarkan nilai F_r dengan nilai Q_c .

Tabel 6.2 Data sondir

Depth (m)	Qc (kg/cm ²)	Qc+f (kg/cm ²)	f (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs tiap 20 cm (kg/cm ¹)	Tf (kg/cm ¹)	Fr (%)	Estimasi Jenis Tanah (menurut Robertson dkk)
0	0	0	0	0	0	0		
0,2	1	2	1	0,1	2	2	10	<i>Organic</i>
0,4	1	2	1	0,1	2	4	10	<i>Organic</i>
0,6	3	6	3	0,3	6	10	10	<i>Organic</i>
0,8	5	8	3	0,3	6	16	6	<i>Clay</i>
1	5	8	3	0,3	6	22	6	<i>Clay</i>
1,2	10	15	5	0,5	10	32	5	<i>Clay</i>
1,4	10	17	7	0,7	14	46	7	<i>Clay</i>
1,6	9	15	6	0,6	12	58	7	<i>Clay</i>
1,8	10	15	5	0,5	10	68	5	<i>Clay</i>
2	25	30	5	0,5	10	78	2	<i>Clayey Silt</i>
2,2	25	28	3	0,3	6	84	1	<i>Clayey Silt</i>
2,4	30	36	6	0,6	12	96	2	<i>Clayey Silt</i>
2,6	30	35	5	0,5	10	106	2	<i>Clayey Silt</i>
2,8	25	30	5	0,5	10	116	2	<i>Clayey Silt</i>
3	30	40	10	1	20	136	3	<i>Clayey Silt</i>
3,2	42	51	9	0,9	18	154	2	<i>Clayey Silt</i>
3,4	40	50	10	1	20	174	3	<i>Clayey Silt</i>
3,6	50	60	10	1	20	194	2	<i>Clayey Silt</i>
3,8	65	70	5	0,5	10	204	1	<i>Sand to Silty</i>
4	70	80	10	1	20	224	1	<i>Sand to Silty</i>
4,2	70	80	10	1	20	244	1	<i>Sand to Silty</i>
4,4	90	100	10	1	20	264	1	<i>Sand to Silty</i>
4,6	110	120	10	1	20	284	1	<i>Sand to Silty</i>
4,8	120	130	10	1	20	304	1	<i>Sand to Silty</i>
5	130	140	10	1	20	324	1	<i>Sand to Silty</i>
5,2	130	140	10	1	20	344	1	<i>Sand to Silty</i>
5,4	145	155	10	1	20	364	1	<i>Sand Drained</i>
5,6	180	200	20	2	40	404	1	<i>Sand Drained</i>

Sumber : PT.Bhawana Prasasta

2. *Cross Section* Daerah yang Dilindungi

Pada gambar layout desa Long Bia terdapat 20 *cross section*, dan sebagai acuan desain yang digunakan ialah *cross section* yang di anggap sangat rawan dan harus dilindungi, maka penulis menjadikan *cross section* 14 sebagai acuan desain *cross section* lainnya. Berikut ini adalah data dari *cross section* 14 :

Tabel 6.3 *Cross section* 14

No	Stasiun	Elevasi
1	0	62,90
2	34,70	61,19
3	39,02	60,95
4	65,48	58,21
5	84,84	57,10
6	134,84	54,11
7	184,84	51,64
8	234,84	54,40
9	278,65	57,69
10	310,18	66,42
11	321,89	70,13
12	330,93	73,00
13	345,35	77,54

Sumber : PT.Bhawana Prasasta

3. Stratifikasi Lapisan Tanah

Pengelompokan tanah berdasarkan data estimasi jenis tanah dan diperoleh sebagai berikut :

Tabel 6.4 Pengelompokkan tanah berdasarkan kedalaman dari data sondir

No	Kedalaman (m)	Stratifikasi Tanah
1	0.00 – 0.60	Organik
2	0.80 – 1.80	Lempung
3	2.00 – 3.60	Lanau berlempung
4	3.80 – 5.20	Pasir berlanau
5	5.40 – 5.60	Pasir lolos air

4. Data yang Digunakan pada Pemodelan

Data material dari setiap lapisan tanah di anggap sama, dikarenakan hanya terdapat satu data sondir pada daerah Long Bia tersebut, dan dari hasil pengujian laboratorium terdapat 2 pengujian tanah dan digunakan pada simulasi data laboratorium yang terdekat dari daerah Long Bia. Berikut ini adalah data laboratorium yang digunakan pada semua stratifikasi tanah pada simulasi ini :

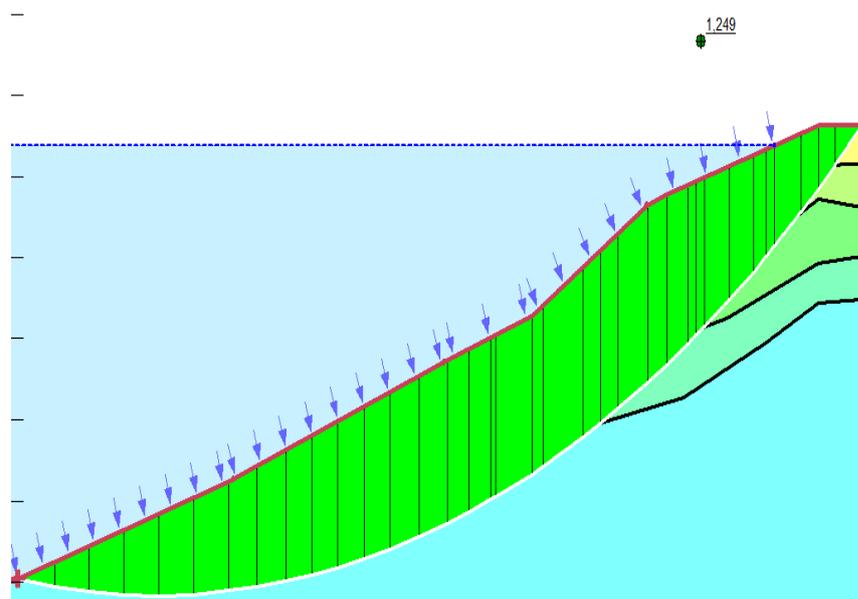
Tabel 6.5 Data material dari hasil uji tanah dilaboratorium

No	Data Basic	
1	<i>Model</i>	Mohr-Coulomb
2	<i>Unit Weight, (γ)</i>	18.436 kN/m ³
3	<i>Cohesion, (c)</i>	1.96132 kPa
4	<i>Phi', (ϕ)</i>	18.83°

Sumber : PT.Bhawana Prasasta

5. Hasil Simulasi Eksisting

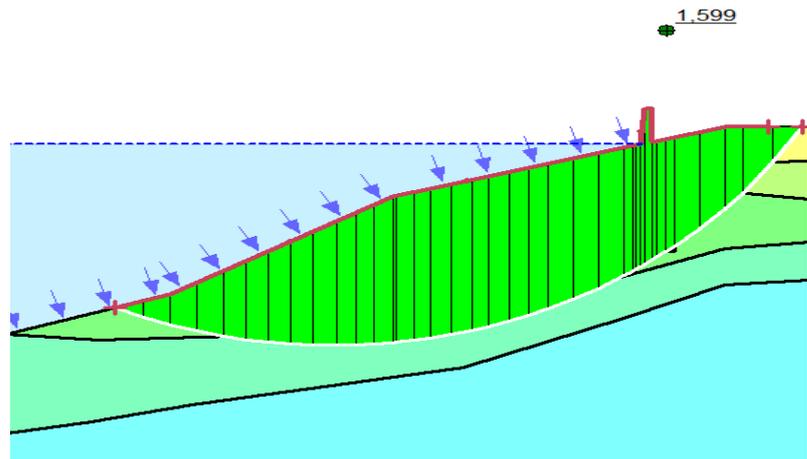
Hasil dari simulasi eksisting ini adalah simulasi dimana kondisi awal sungai sebelum mendapatkan penanganan dan hasil eksisting diperoleh nilai *Factor of Safety* sebesar 1.249.



Gambar 6.1 Hasil analisis stabilitas kondisi eksisting lereng

6. Hasil Simulasi dengan Bangunan Pengaman Tebing Sungai

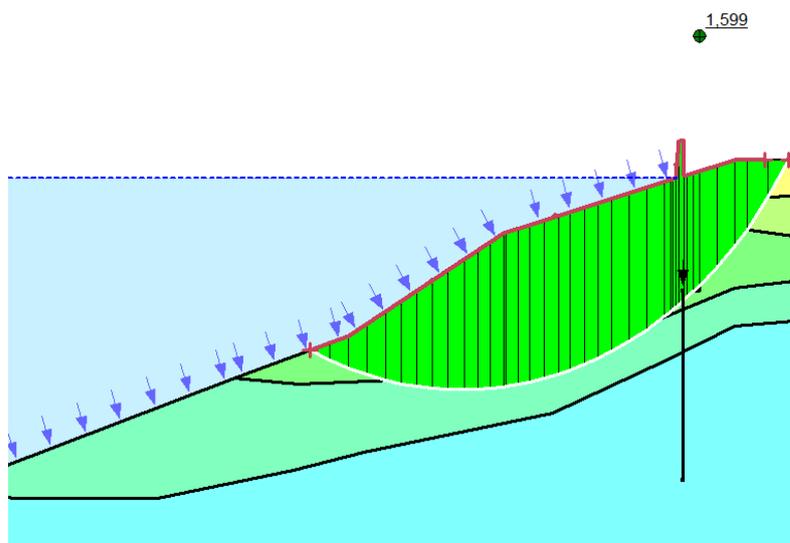
Simulasi struktur dinding penahan tanah sebelum diberi pondasi diperoleh nilai *Factor of Safety* sebesar 1.599.



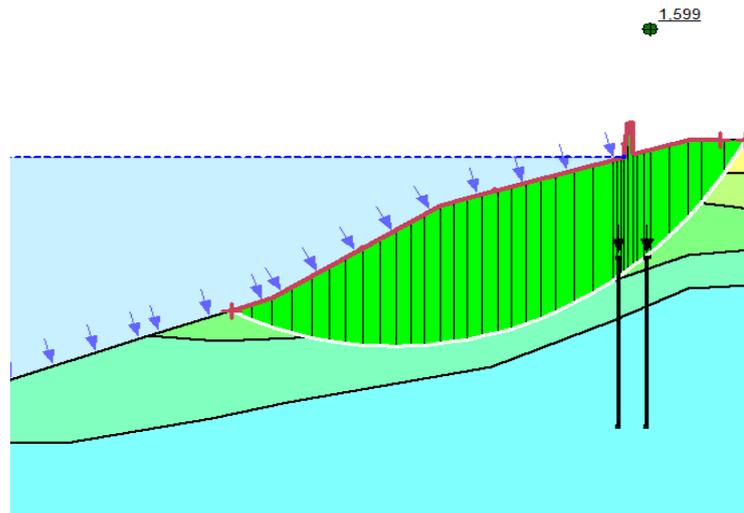
Gambar 6.2 Hasil analisis lereng setelah diberi dinding penahan tanah

7. Hasil Simulasi Bangunan Pengaman Tebing Sungai dengan Pondasi

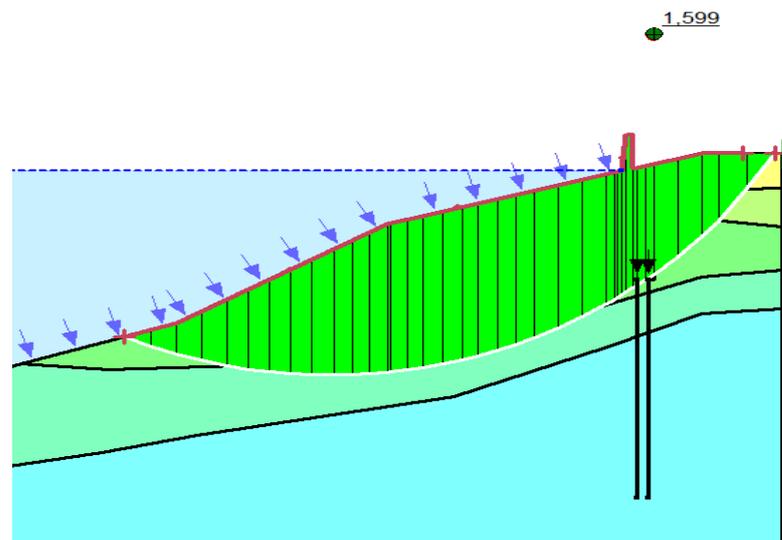
Hasil dari simulasi ini adalah simulasi dimana dibuat dengan penambahan pondasi pada kondisi air normal dan diperoleh nilai *Factor of Safety* yang sama dari 1 trial sebesar 1.599 dan sama dengan nilai FS sebelum diberi pondasi.



Gambar 6.3 Hasil analisis lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi trial 1



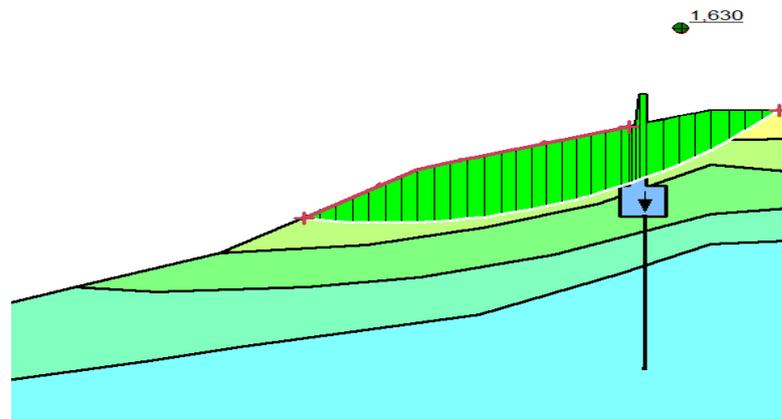
Gambar 6.4 Hasil analisis lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi trial 2



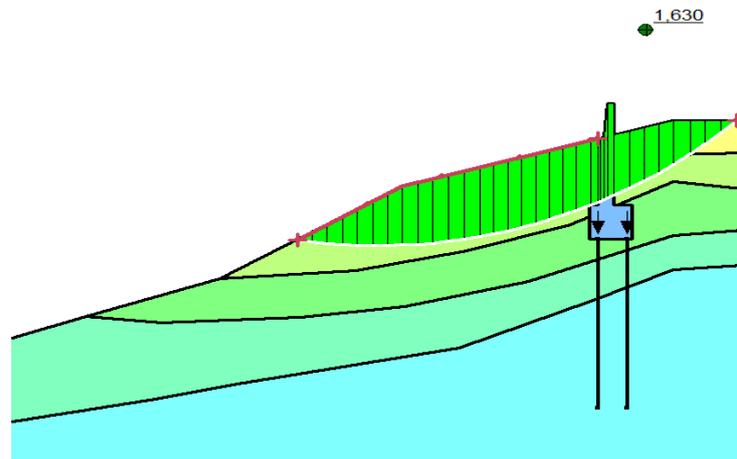
Gambar 6.5 Hasil analisis lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi trial 3

8. Hasil Simulasi Bangunan Pengaman Tebing Sungai dengan Pondasi pada Kondisi Air Kosong atau *Rapid Drawdown*

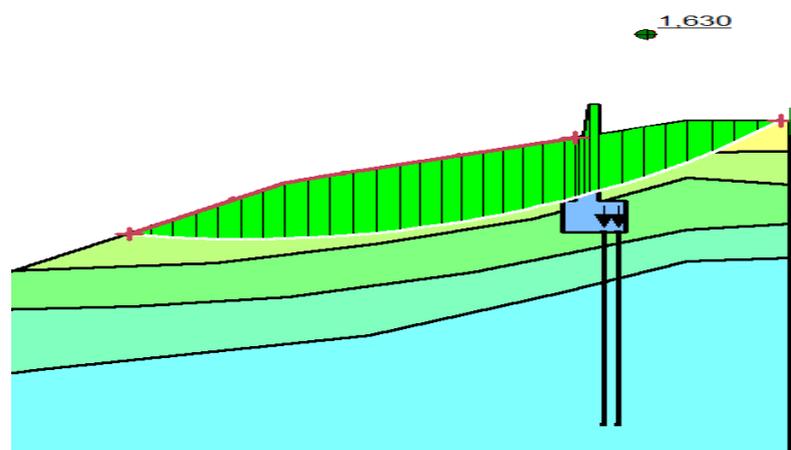
Hasil dari simulasi ini dibuat dengan penambahan pondasi dan saat kondisi air kosong atau penurunan muka air tiba-tiba (*rapid drawdown*) diperoleh nilai *Factor of Safety* sebesar 1.630 nilai FS di tiap trial sama.



Gambar 6.6 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi pada kondisi air kosong trial 1



Gambar 6.7 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi pada kondisi air kosong trial 2

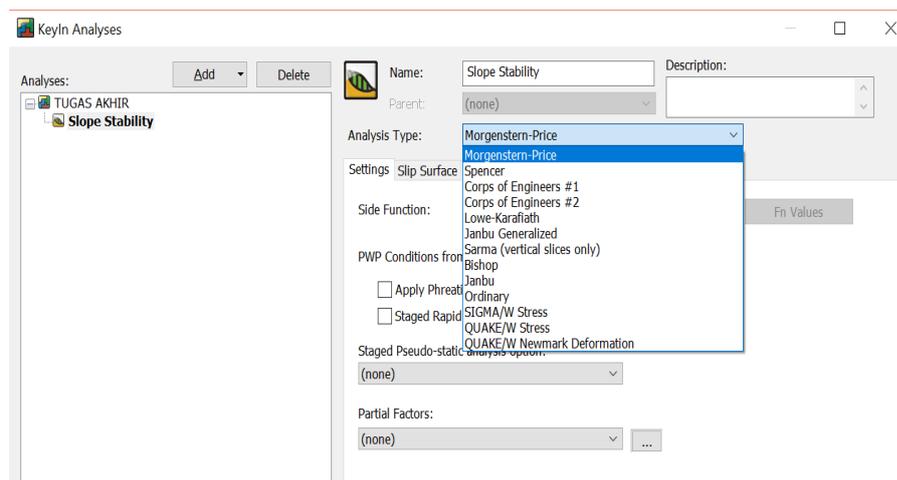


Gambar 6.8 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi pada kondisi air kosong trial 3

9. Langkah-Langkah Pengerjaan *GeoStudio/Slope Stability*

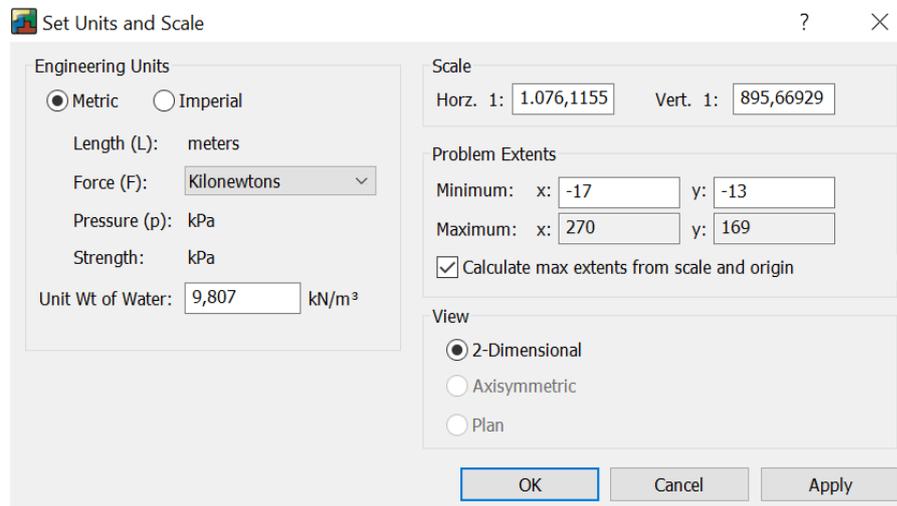
Pada *slope stability analysis* menggunakan *limit equilibrium* :

- a. *KeyIn Analyses*, menggunakan *analysis type* : *Morgenstern-Price*.



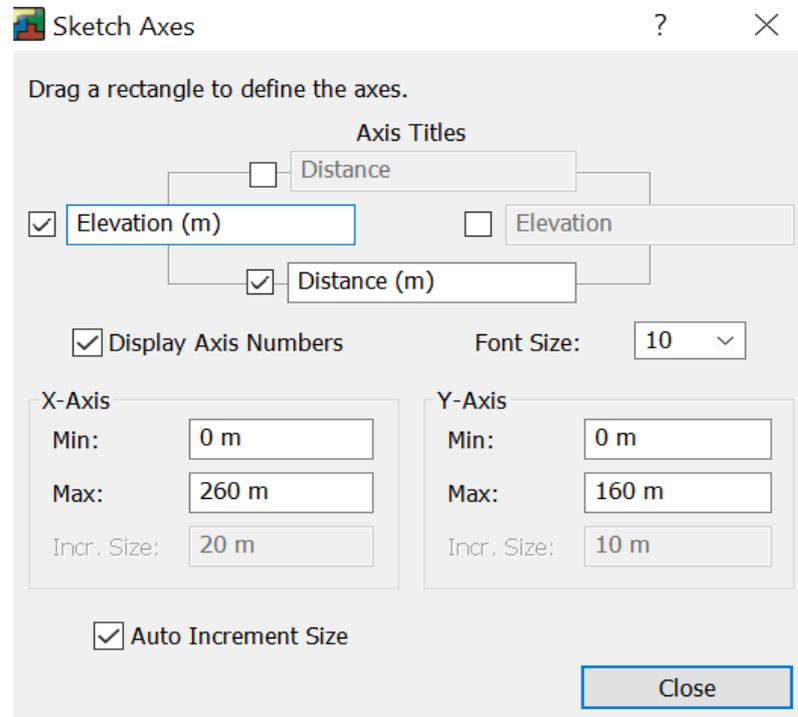
Gambar 6.9 Tampilan *keyin analyses* pada *slope/w*

- b. Pengaturan *units and scale*.



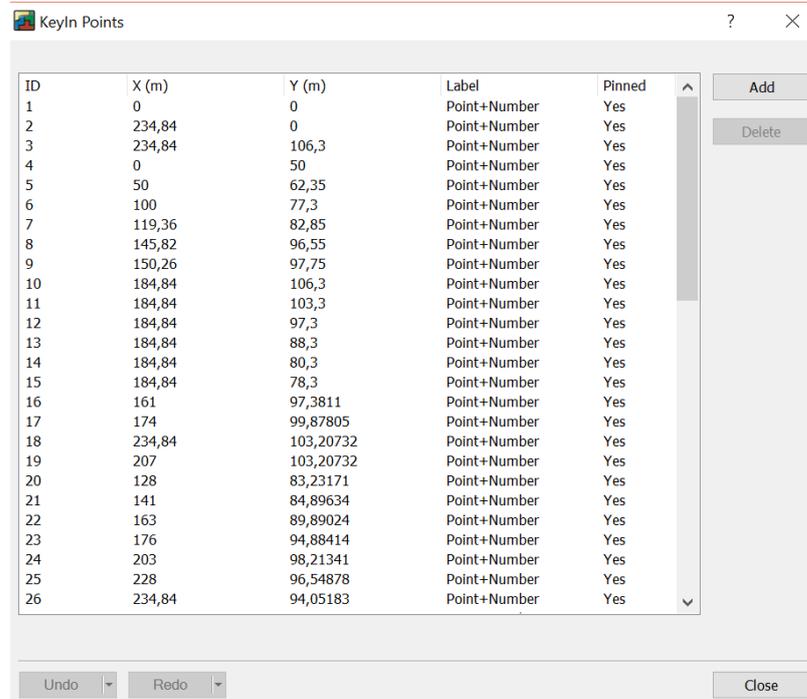
Gambar 6.10 Tampilan *set units and scale* pada *slope/w*

- c. Mengatur *sketch axes* yaitu memasukan sumbu X dan sumbu Y, kemudian mengatur nilai maksimum dan minimum sumbu X dan sumbu Y.



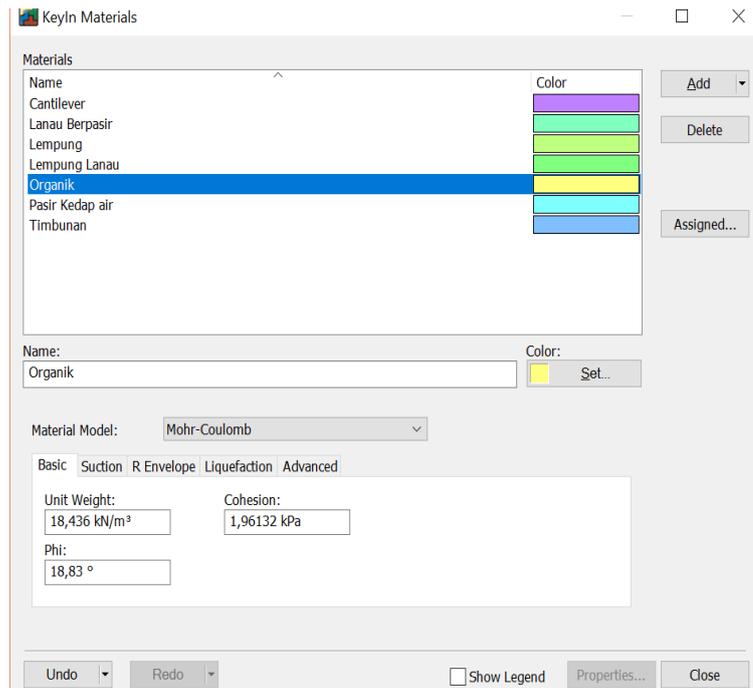
Gambar 6.11 Tampilan *sketch axes* pada *slope/w*

- d. Membuat *region*, dengan *keyin point* berdasarkan jarak dan elevasinya kemudian menyambungkan setiap *point* menggunakan *draw region*.



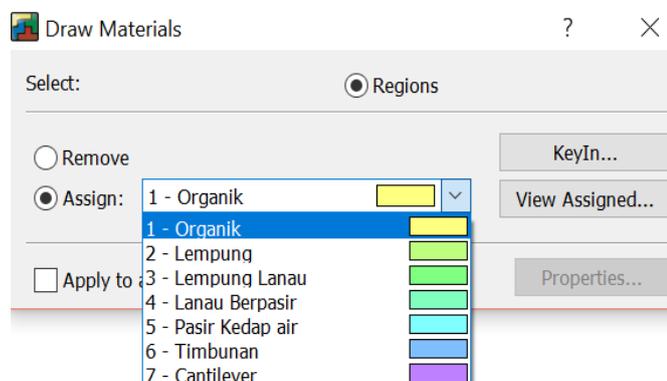
Gambar 6.12 Tampilan *keyin point* pada *slope/w*

- e. Memasukkan data setiap lapisan pada tanah, dengan *keyin materials* mengisi nama material sesuai dengan jenis tanahnya dan material model menggunakan *Mohr-Coulomb* dengan memasukkan nilai unit *weight*, *phi* dan *cohesion*.



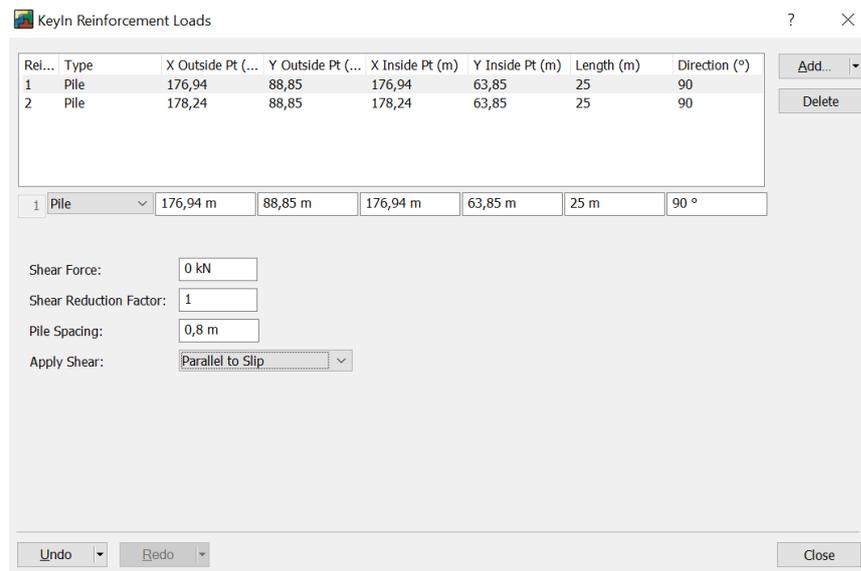
Gambar 6.13 Tampilan *keyin materials* pada *slope/w*

- f. Memasukkan jenis material kedalam *region*, begitu pula material untuk dinding kantilever.



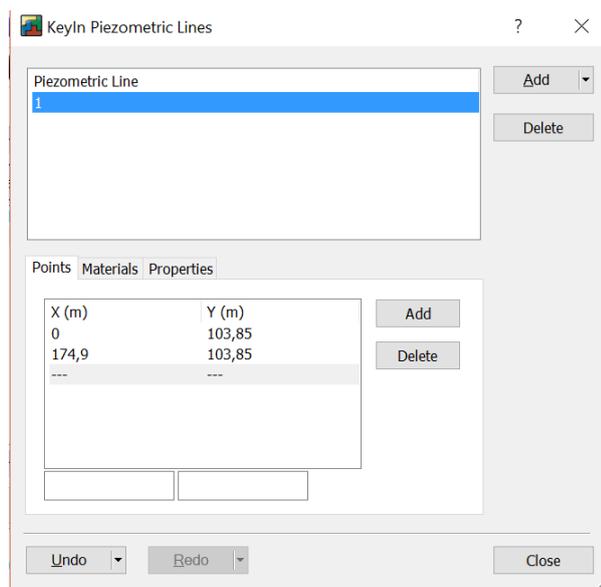
Gambar 6.14 Tampilan *draw materials* pada *slope/w*

- g. Untuk pondasi, menggunakan *pile* dibuat dengan *keyin reinforcement loads* menggunakan *type pile*, dengan memasukkan data *outside* dan *inside* sumbu X dan sumbu Y, kemudian data *pile spacing* dan *parallel to slip*.



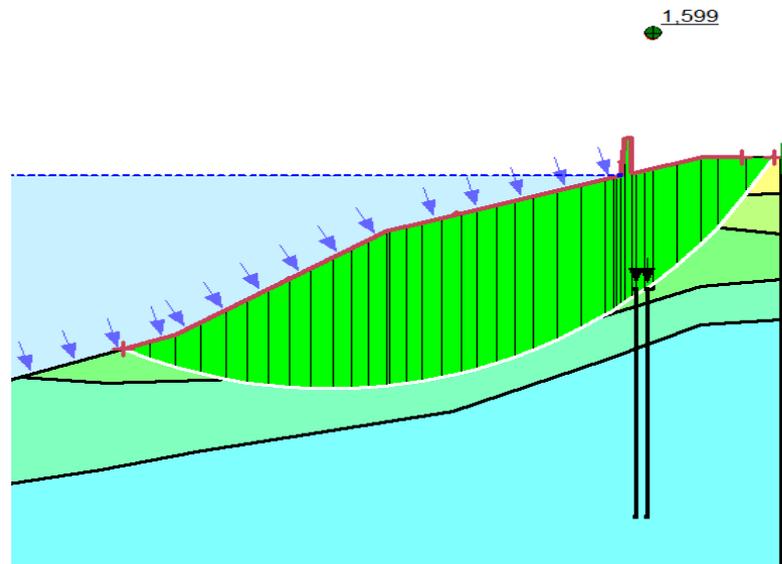
Gambar 6.15 Tampilan *keyin reinforcement loads* pada *slope/w*

- h. Membuat simulasi air dengan *keyin piezometric line* dengan data sumbu X dan sumbu Y, sesuai simulasi rencana.



Gambar 6.16 Tampilan *keyin piezometric lines* pada *slope/w*

- i. Selanjutnya menganalisis hasil dari simulasi yang sudah dibuat, dan dapat dilihat angka aman dari simulasi.



Gambar 6.17 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi

C. Pemodelan GEO5

Stabilitas lereng adalah potensi lereng tanah untuk menahan dan menjalani gerakan. GEO5 adalah program yang dirancang untuk memecahkan berbagai permasalahan geoteknik, program bantu ini dikhususkan untuk menghitung dan menganalisis masalah-masalah yang berkaitan dengan pekerjaan tanah, salah satunya dinding penahan tanah.

GEO5 dapat menghitung dan menganalisis stabilitas lereng, stabilitas dinding penahan tanah, menganalisis keamanan dari dimensi dinding penahan tanah yang telah dibuat, dan lain sebagainya.

1. Hasil Simulasi Eksisting

Ini adalah hasil dari simulasi eksisting menggunakan GEO5, dimana kondisi awal sungai sebelum mendapatkan penanganan dan hasil eksisting diperoleh nilai *Factor of Safety* sebesar 1.14, analisis stabilitas lereng menggunakan GEO5 ini dibuat semirip mungkin dengan bentuk lereng pada Geoslope hanya

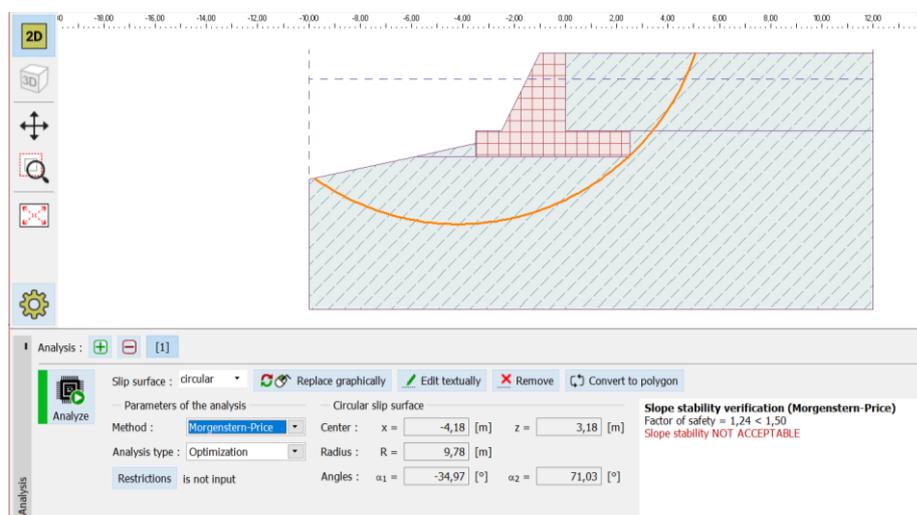
saja pada GEO5 panjang sumbu x pada GEO5 memiliki keterbatasan hanya bisa digunakan maksimal 30 m.



Gambar 6.18 Hasil *analysis* lereng sebelum diberi dinding penahan tanah menggunakan GEO5

2. Hasil Simulasi dengan Bangunan Pengaman Tebing Sungai

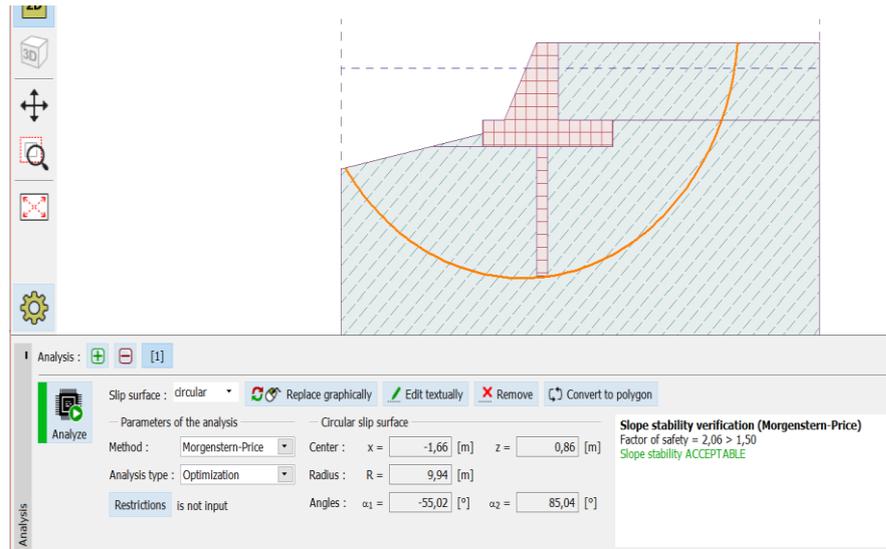
Simulasi struktur dinding penahan tanah sebelum diberi pondasi diperoleh nilai *Factor of Safety* sebesar 1.24 simulasi pada GEO5 ini struktur tanpa pondasi masih dalam keadaan tidak aman.



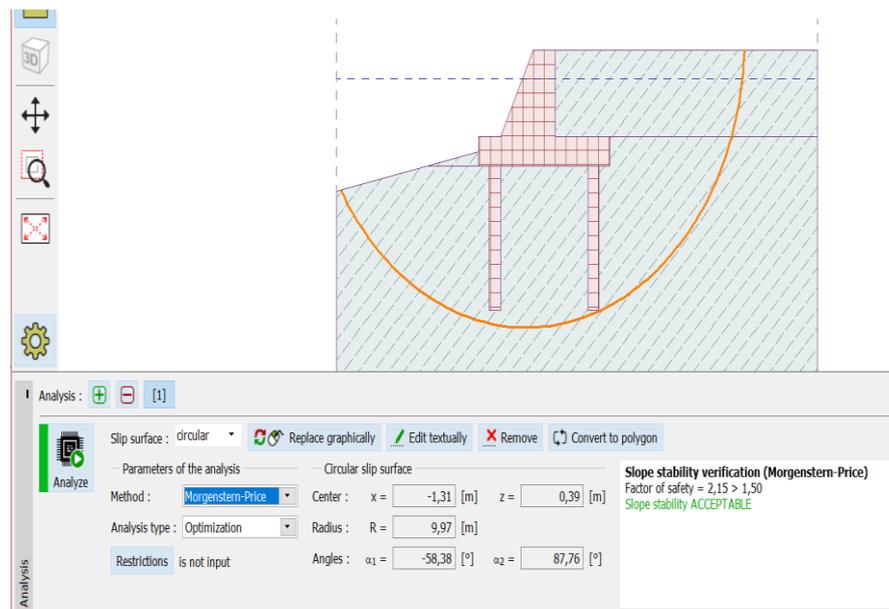
Gambar 6.19 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah menggunakan GEO5

3. Hasil Simulasi Bangunan Pengaman Tebing Sungai dengan Pondasi

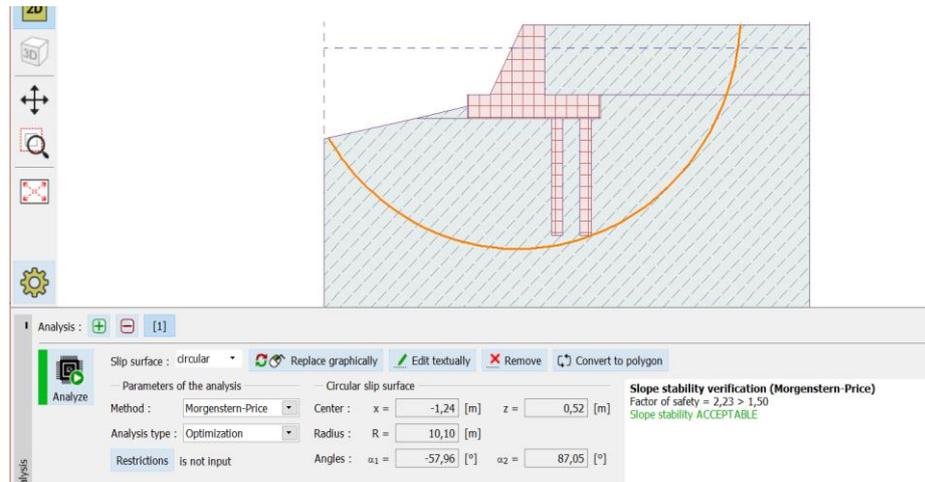
Hasil dari simulasi dimana dibuat dengan penambahan pondasi dalam kondisi air normal kemudian dilakukan trial dan diperoleh nilai *Factor of Safety* sebesar 2.06 pada trial 1, 2.15 pada trial 2 dan 2.23 pada trial 3.



Gambar 6.20 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi trial 1 menggunakan GEO5



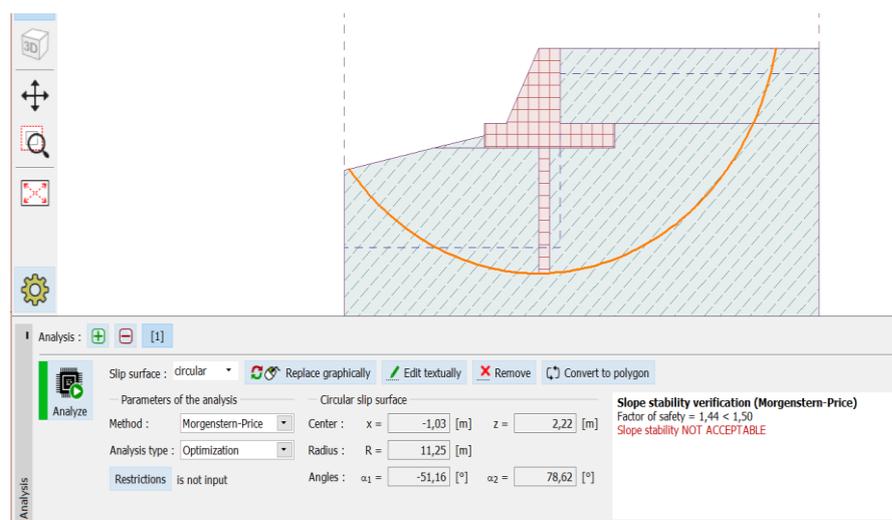
Gambar 6.21 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi trial 2 menggunakan GEO5



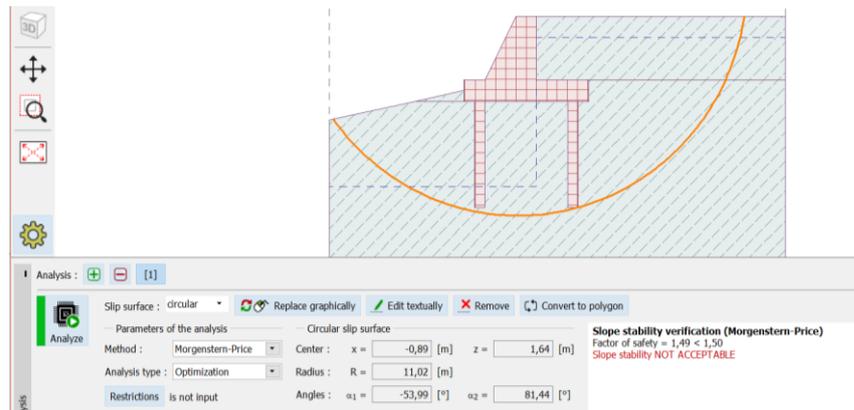
Gambar 6.22 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi trial 3 menggunakan GEO5

4. Hasil Simulasi Bangunan Pengaman Tebing Sungai dengan Pondasi pada Kondisi Air Kosong atau *Rapid Drawdown*

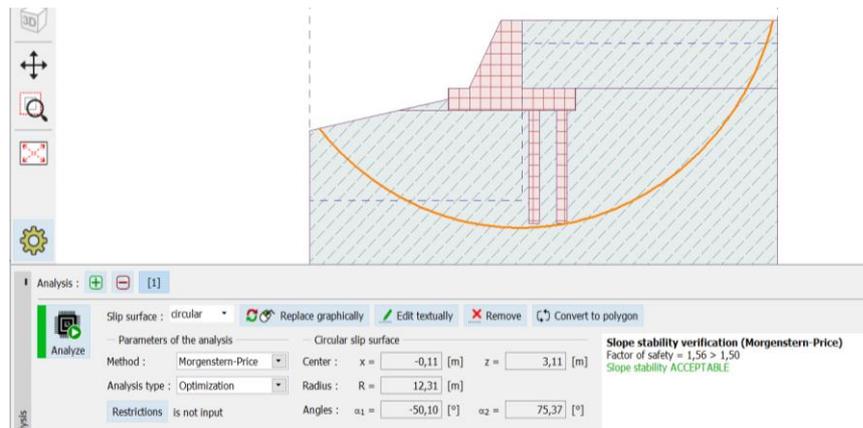
Hasil dari simulasi dimana dibuat dengan penambahan pondasi pada kondisi air kosong atau penurunan muka air tiba-tiba (*Rapid Drawdown*) dan saat kondisi air kosong dicari yang teraman dari beberapa trial yang dilakukan diperoleh nilai *Factor of Safety* sebesar 1.44 pada trial 1, 1.49 pada trial 2, 1.56 pada trial 3.



Gambar 6.23 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi pada kondisi air kosong trial 1 menggunakan GEO5



Gambar 6.24 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi pada kondisi air kosong trial 2 menggunakan GEO5

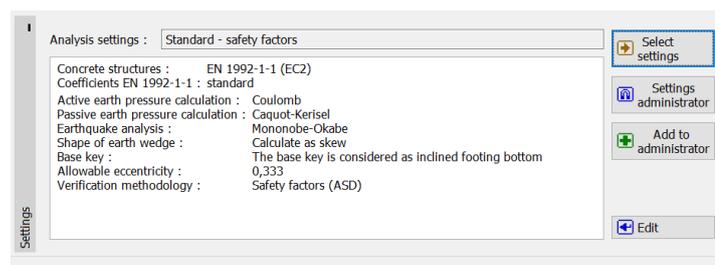


Gambar 6.25 Hasil *analysis* lereng setelah diberi dinding penahan tanah dan pondasi pada kondisi air kosong trial 3 menggunakan GEO5

5. Langkah-Langkah Pengerjaan GEO5

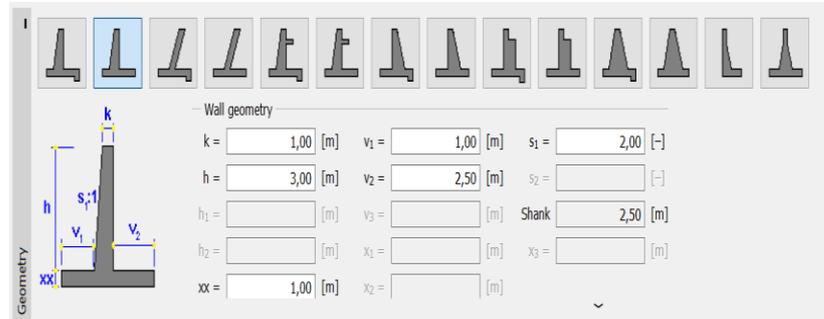
Simulasi pada GEO5 menggunakan program *cantilever wall* :

a. Memilih *analysis setting*.



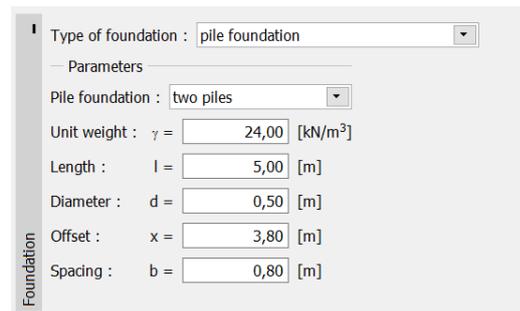
Gambar 6.26 Tampilan *analysis settings* pada GEO5

- b. Memilih bentuk dinding penahan serta memasukkan dimensi bangunan.



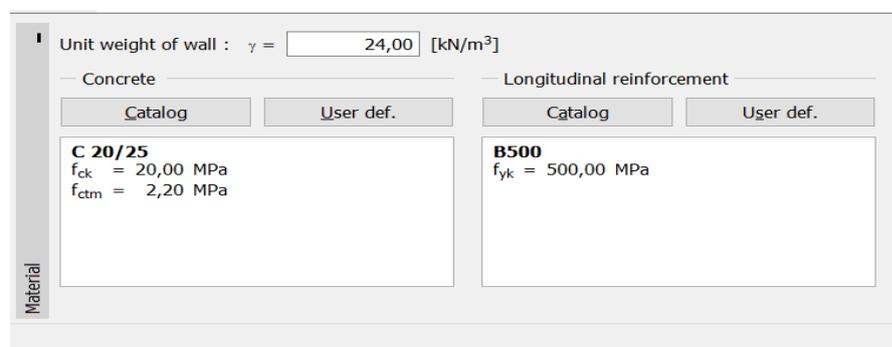
Gambar 6.27 Tampilan geometri pada GEO5

- c. Memilih penggunaan pondasi serta memasukkan diameter dan jarak antara pondasi.



Gambar 6.28 Parameter pondasi yang digunakan

- d. Memasukkan karakteristik material.



Gambar 6.29 Karakteristik material dinding kantilever pada GEO5

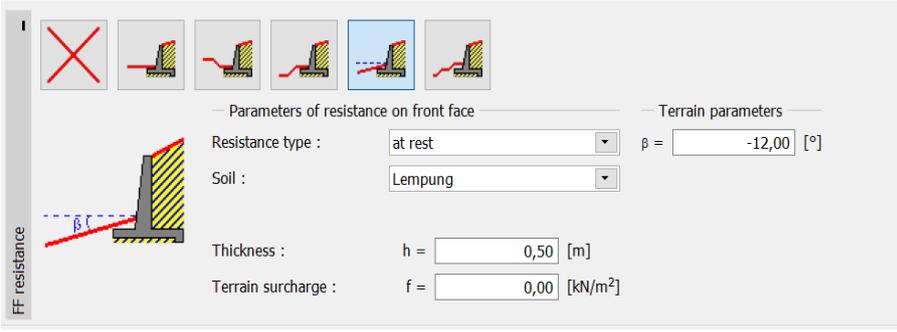
e. Menentukan parameter tanah.

Lempung	
Unit weight :	$\gamma = 18,44 \text{ kN/m}^3$
Stress-state :	effective
Angle of internal friction :	$\varphi_{ef} = 18,83^\circ$
Cohesion of soil :	$c_{ef} = 1,96 \text{ kPa}$
Angle of friction struc.-soil :	$\delta = 18,00^\circ$
Soil :	cohesionless
Saturated unit weight :	$\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$



Gambar 6.30 Data tanah yang digunakan pada simulasi

f. Memilih bentuk *FF resistance*.



Parameters of resistance on front face

Resistance type : at rest

Soil : Lempung

Thickness : $h = 0,50 \text{ [m]}$

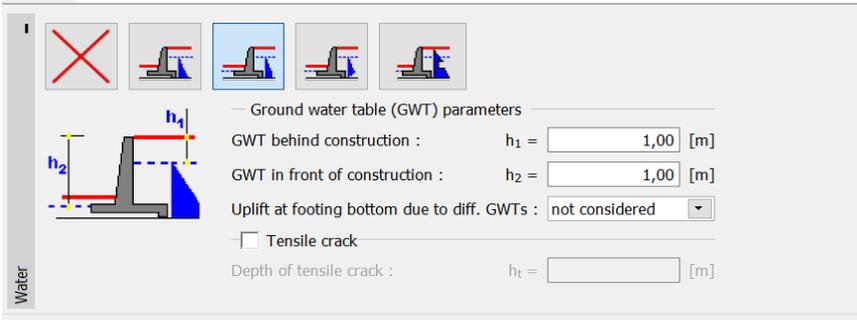
Terrain surcharge : $f = 0,00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

Terrain parameters

$\beta = -12,00 \text{ [}^\circ\text{]}$

Gambar 6.31 Tampilan *FF resistance* pada GEO5

g. Menentukan tinggi muka air tanah.



Ground water table (GWT) parameters

GWT behind construction : $h_1 = 1,00 \text{ [m]}$

GWT in front of construction : $h_2 = 1,00 \text{ [m]}$

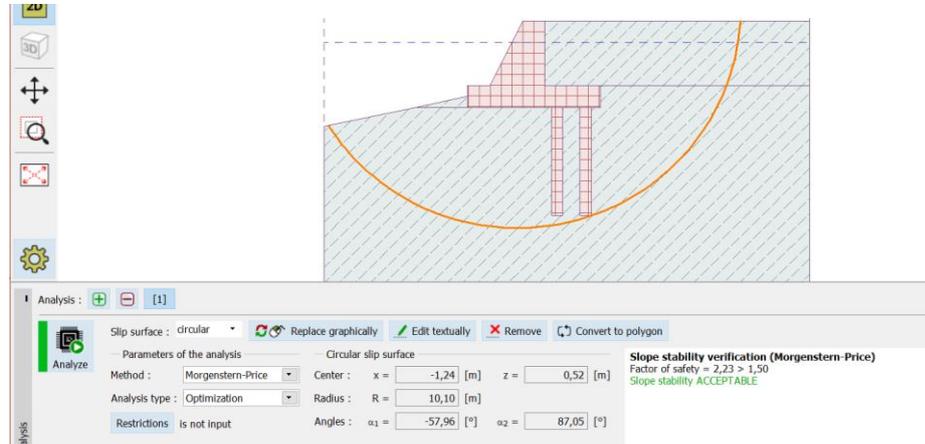
Uplift at footing bottom due to diff. GWTs : not considered

Tensile crack

Depth of tensile crack : $h_t = \text{ [m]}$

Gambar 6.32 Tampilan pengaturan muka air pada GEO5

h. Menganalisis stabilitas dinding penahan tanah.



Gambar 6.33 Hasil *analysis* stabilitas lereng setelah diberi dinding penahan tanah

D. Hasil Simulasi GeoSlope dan GEO5

Analisis stabilitas lereng sungai menggunakan 2 aplikasi yang berbeda dan berikut ini adalah hasil analisis menggunakan aplikasi Geoslope/Slope/W dan GEO5 :

Tabel 6.6 Nilai *factor of safety*

Nilai FS dari stabilitas lereng	GeoSlope/Slope/W	GEO5
Kondisi awal dengan air sungai normal	1.249	1.14
Dinding kantilever tanpa pondasi dengan air sungai normal	1.599	1.24
Dinding kantilever dengan pondasi pada air sungai normal trial 1	1.599	2.06
Dinding kantilever dengan pondasi pada air sungai normal trial 2	1.599	2.15
Dinding kantilever dengan pondasi pada air sungai normal trial 3	1.599	2.23
Dinding kantilever dengan pondasi pada kondisi penurunan muka air tiba-tiba (<i>rapid drawdown</i>) trial 1	1.630	1.44
Dinding kantilever dengan pondasi pada kondisi penurunan muka air tiba-tiba (<i>rapid drawdown</i>) trial 2	1.630	1.49
Dinding kantilever dengan pondasi pada kondisi penurunan muka air tiba-tiba (<i>rapid drawdown</i>) trial 3	1.630	1.56

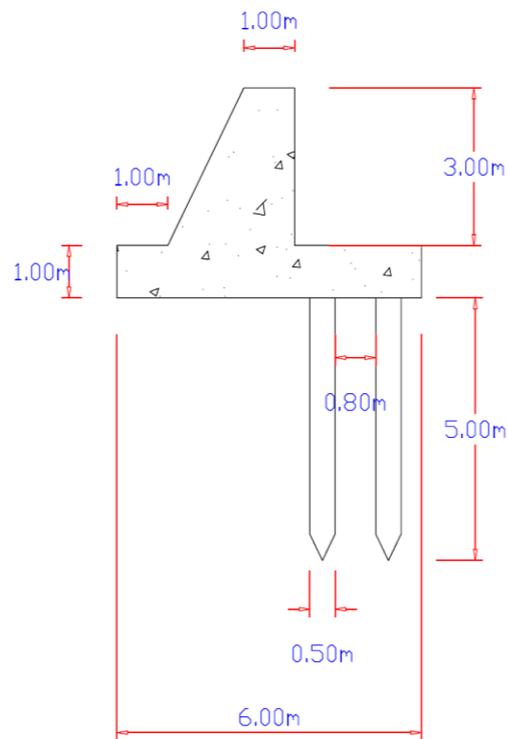
Dapat dilihat dari hasil analisis stabilitas lereng kondisi awal (eksisting) dan stabilitas lereng setelah diberi dinding penahan tanah pada GeoSlope lebih besar dan kondisi dinding kantilever tanpa pondasi atau dengan pondasi nilai FS sama dikarenakan pada aplikasi GeoSlope penginputan data pondasi *pile* tidak memasukkan data diameter dan berat satuan pondasi, sehingga nilai FS hanya berdasarkan keamanan dinding penahan tanah tanpa pondasi.

Sedangkan hasil analisis menggunakan GEO5 pada kondisi awal dibuat kemiringan dan bentuk sungai semirip mungkin secara manual dikarenakan pada aplikasi GEO5 analisis stabilitas maksimum jarak hanya 30 m, dan pada aplikasi GEO5 pondasi diperhitungkan sebelum diberi pondasi lereng dalam keadaan tidak aman, dan setelah ditambahkan parameter pondasi stabilitas lereng sudah dalam kondisi aman, kemudian di cek pada kondisi penurunan muka air tiba-tiba (*rapid drawdown*) dan dilakukan percobaan dengan coba-coba dimana pada kondisi trial 3 dinding penahan tanah sudah aman, sehingga *geometry* dan ukuran dari dinding penahan tanah dapat digunakan dan diaplikasikan di lapangan menggunakan dimensi dari dinding penahan tanah trial 3. Dari beberapa dinding penahan tanah yang sudah dibuat, maka dicek angka amannya terhadap gaya seperti berikut ini:

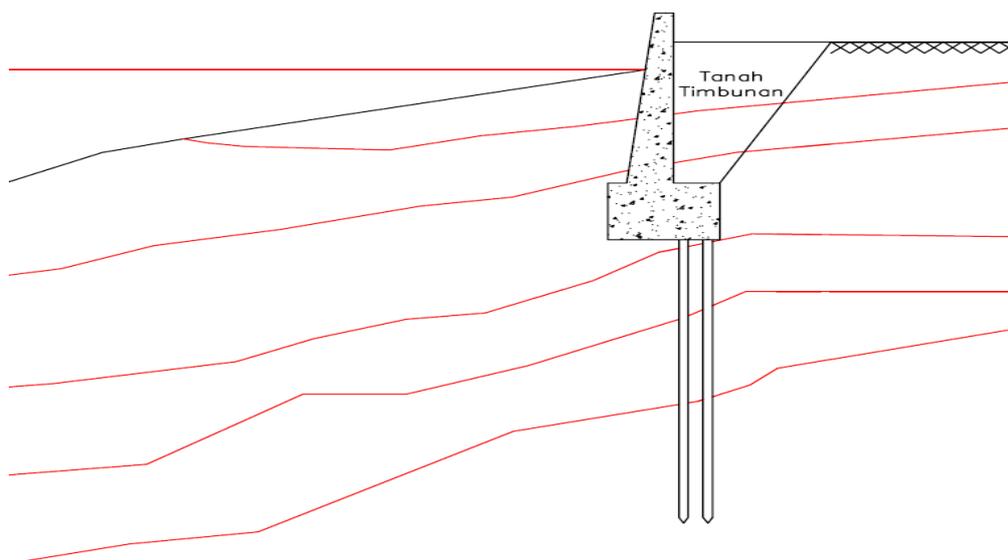
Tabel 6.7 Nilai *factor of safety* terhadap Gaya

Nilai FS	GEO5 tanpa pondasi	GEO5 dengan pondasi pada kondisi <i>Rapid drawdown</i>	GEO5 dengan pondasi pada kondisi air normal
<i>Overturing</i>	13.48	<i>Wall is satisfactory</i>	<i>Wall is satisfactory</i>
<i>Slip</i>	2.29		

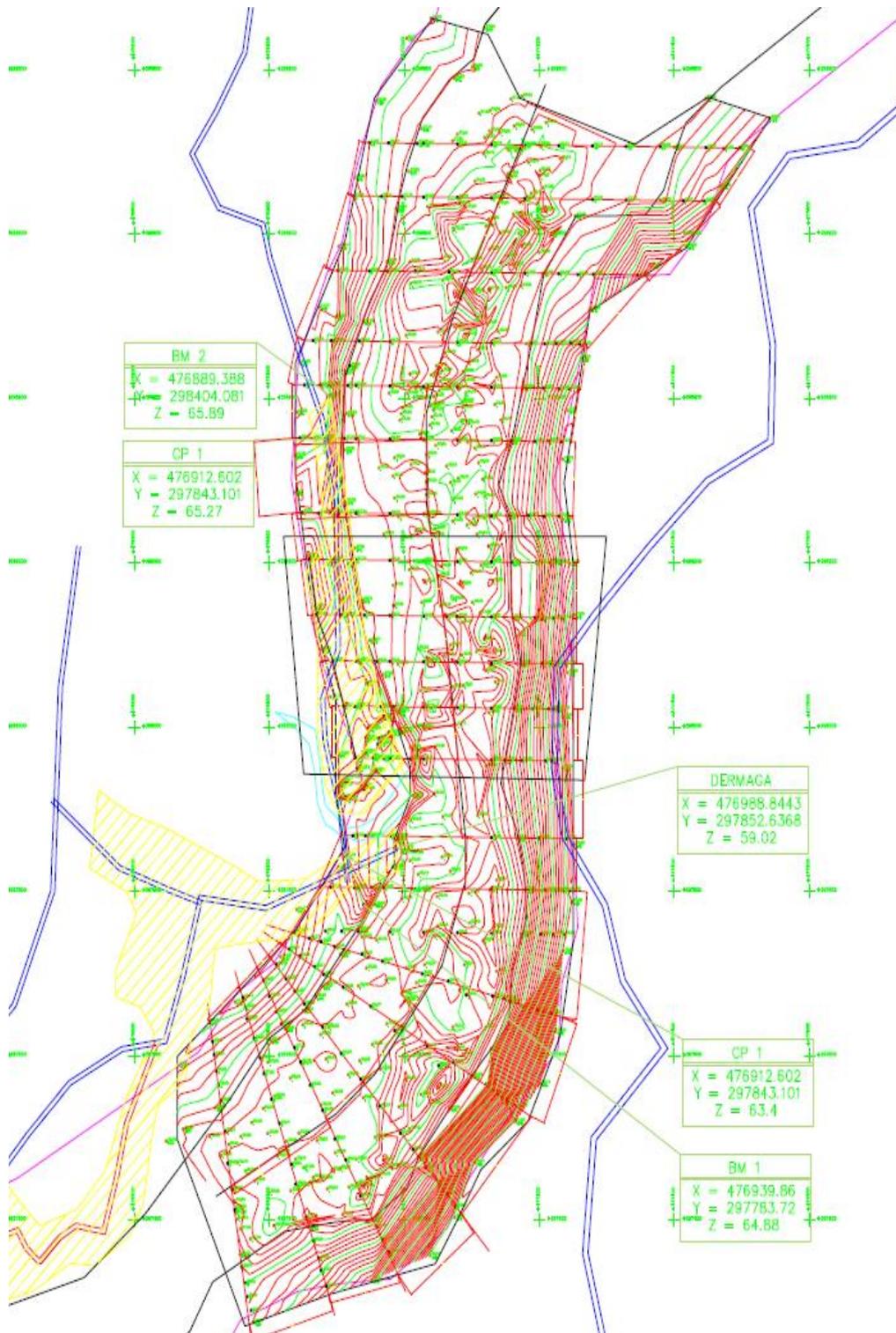
Dinding beton adalah dinding permanen untuk menahan tanah, pada bagian saluran dengan tingkat erosi yang tinggi. Dan dalam pemancangan mempertimbangkan level terendah gerusan lokal. Untuk pembangunan dinding penahan tanah dengan perencanaan sepanjang 305.25 m dibutuhkan sekitar 204 tiang pondasi. Berikut ini adalah *detail* dimensi dari dinding penahan tanah yang digunakan :



Gambar 6.34 Dimensi bangunan pengaman sungai



Gambar 6.35 Potongan melintang sungai dengan struktur pada *cross section* 14



Gambar 6.36 Daerah yang dilindungi menggunakan dinding penahan tanah