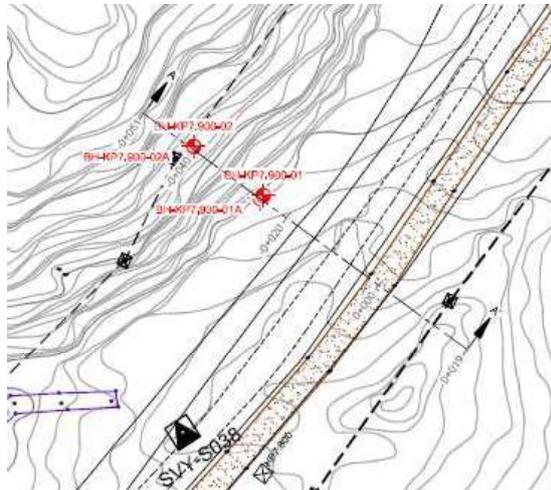


BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Geoteknik

Data tanah yang digunakan berupa data *Bor Log* pada titik BH-KP 7.9-01, BH-KP 7.9-02 . Data tersebut berada pada titik potong lereng yang akan dianalisis. Titik-titik pengambilan data tanah dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Titik *Borhole*
(Sumber : *TOTAL E&P INDONESIA*, 2016)

Hasil pengambilan data tanah (*Borlog*) dapat dilihat pada Lampiran 1. Pada Tabel 5.1 dapat dilihat data tanah yang telah diklasifikasikan sesuai jenis tanah dan nilai N-SPT sebagai berikut.

Tabel 5.1 Data Tanah

Lapisan	Kedalaman	Deskripsi Tanah	NSPT	Kadar Air (%)	Berat Volume Basah (kN/m ³)	Berat Volume Basah (kN/m ³)	Berat Jenis, Gs	Vane Shear Peak (kPa)	Vane Shear Residual (kPa)
1	0-4,4	<i>Sandy CLAY</i>	3,5	18,3	19,6	16,6	2,6	90,8	19,52
2	4,4-7	<i>Sandy CLAY</i>	9,5	19,37	19,75	16,32	2,6	147,6	51,90
3	7-8,95	<i>Silty SAND</i>	12,1	11,3	16,2	15,1	2,7	0,0	0,0
4	8,95-14	<i>Silty CLAY</i>	27,43	26,02	19,52	15,61	2,63	89,12	32,85
5	14-20	<i>Silty SAND</i>	22,1	15,6	20,7	18,0	2,6	0,0	0,0

5.1.1. Data Parameter Tanah

1. Perhitungan Berat Volume Tanah Jenuh (γ_{sat})

Dalam penelitian ini juga dilakukan analisis dengan kondisi tanah jenuh air, maka diperlukan perhitungan berat volume tanah dalam kondisi jenuh (*saturated*).

Perhitungan γ_{sat} untuk lapisan 1 menggunakan Persamaan 3.1 dan 3.2 sebagai berikut.

$$e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2,6 \times 10}{16,6} - 1 = 0,57$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_d + \left(\frac{e}{1 + e} \right) \gamma_w = 16,6 + \left(\frac{0,57}{1 + 0,57} \right) \times 10 = 20,19 \text{ kN/m}^3$$

Hasil perhitungan γ_{sat} untuk lapisan berikutnya dapat dilihat pada Tabel 5.2.

2. Perhitungan Sudut Geser Dalam (ϕ)

Parameter kuat geser pada lapisan tanah pasir belum diketahui pada data yang telah didapatkan, sehingga perlu adanya perhitungan nilai ϕ dengan persamaan korelasi dengan nilai *N-SPT*.

Perhitungan sudut geser dalam digunakan pada lapisan 3 dan lapisan 5. Lapisan 3 dan 5 mempunyai jenis tanah pasir berlanau. Perhitungan sudut

geser dalam menggunakan Persamaan 3.3 dan 3.4. Berikut adalah perhitungan sudut geser dalam untuk lapisan 3.

$$\phi_1 = \sqrt{12N} + 15 = \sqrt{12 \times 12,1} + 15 = 27,1^\circ$$

$$\phi_2 = 20 + 3,5\sqrt{N} = 20 + 3,5\sqrt{12,1} = 32,2^\circ$$

sudut geser dalam rata-rata adalah sebagai berikut

$$\phi = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} = \frac{27,1 + 32,2}{2} = 29,6^\circ$$

Hasil perhitungan ϕ untuk lapisan 5 dapat dilihat pada Tabel 5.2.

3. *Modulus Young dan Poisson's Ratio*

Nilai Modulus young dan nilai *poisson's ratio* ditentukan dengan mengacu pada Persamaan 3.6, 3.7 dan Tabel 3.1 sebagai berikut.

Lapisan 1

Lempung berpasir $\rightarrow \mu = 0,25$

$$E = 1000Su = 1000 \times 19,525 = 19525 \frac{kN}{m^2} = 19,525 \text{ Mpa}$$

Lapisan 2

Lempung berpasir $\rightarrow \mu = 0,25$

$$E = 1000Su = 1000 \times 51,9 = 51900 \frac{kN}{m^2} = 51,9 \text{ Mpa}$$

Lapisan 3

Pasir halus $\rightarrow \mu = 0,25$

$$E = 10 + (N + 15) = \frac{(10 + (12,1 + 15)) \times 4,882}{100} = 13,242 \text{ Mpa}$$

Lapisan 4

Lempung tak jenuh $\rightarrow \mu = 0,2$

$$E = 1000Su = 1000 \times 32,85 = 32850 \frac{kN}{m^2} = 32,85 \text{ Mpa}$$

Lapisan 5

Pasir halus $\rightarrow \mu = 0,25$

$$E = 10 + (N + 15) = \frac{(10 + (22,1 + 15)) \times 4,882}{100} = 18,112 \text{ Mpa}$$

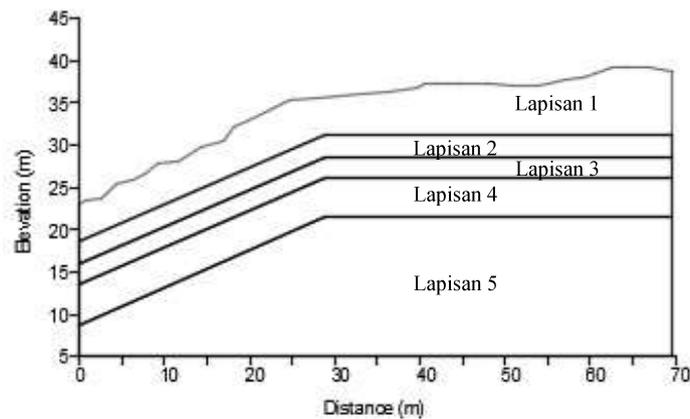
Rekapitulasi perhitungan nilai berat volume tanah terendam, nilai ϕ , *modulus young* dan *poisson's ratio* pada setiap lapisan tanah dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Perhitungan Data Parameter Tanah

Lapisan	Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah	γ_{sat} (kN/m ³)	ϕ_1	ϕ_2	ϕ	E (Mpa)	μ
1	0-4,4	Sandy CLAY	20,19	-	-	-	19,52	0,25
2	4,4-7	Sandy CLAY	20,04	-	-	-	51,9	0,25
3	7-8,95	Silty SAND	19,4	27,1	32,2	29,6	13,24	0,25
4	8,95-14	Silty CLAY	19,67	-	-	-	32,85	0,20
5	14-20	Silty SAND	21,15	31,3	36,5	33,9	18,11	0,25

5.2. Geometri Lereng

Geometri lereng didapatkan dari data laporan yang diberikan oleh *TOTAL E&P INDONESIA* yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Gambar geometri tersebut digambar ulang dengan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD 2015* dan disimpan dalam format .dxf. Potongan lereng yang ditinjau adalah potongan A-A' seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.a. dan tebal setiap lapisan yang dapat dilihat pada Tabel 5.2. Hasil dari penggambaran ulang di *AutoCAD 2015* dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Potongan Melintang A-A' Lereng

5.3. Analisis Stabilitas Lereng dengan Program

Analisis stabilitas lereng dengan program yang dilakukan meliputi, analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan dengan program *SLOPE/W*, analisis dan verifikasi perkuatan tiang dengan program *Slope Stability* dan *Anti Slide Pile*, dan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dengan program *SLOPE/W*. Metode yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng adalah metode *Spencer*.

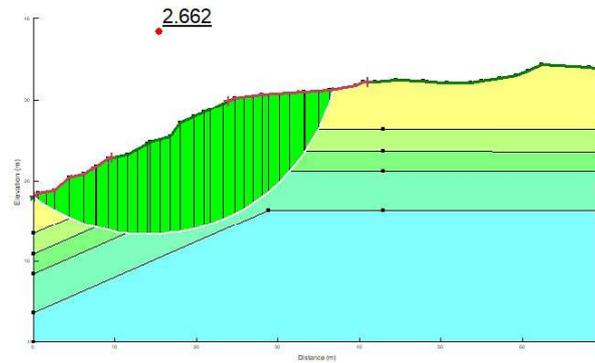
5.3.1. Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan menggunakan *SLOPE/W*

Analisis lereng tanpa perkuatan dengan variasi kuat geser, berat volume dan gaya gempa menghasilkan 8 kondisi seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 dengan parameter tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Kondisi Lapisan Tanah untuk Analisis dengan *SLOPE/W*

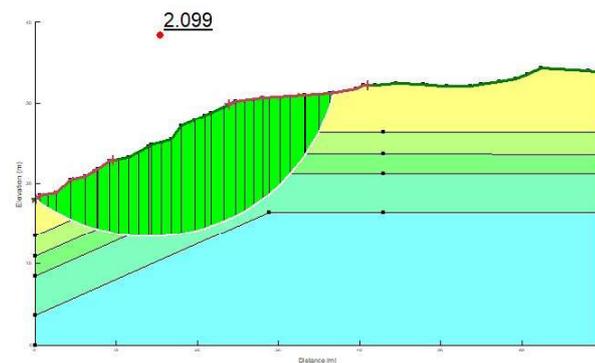
Lapisan	Material Model	Kondisi															
		1-2 (<i>Peak - Wet Density</i>)				3-4 (<i>Peak - Sat Density</i>)				5-6 (<i>Residual - Wet Density</i>)				7-8 (<i>Residual - Sat Density</i>)			
		γ	c	ϕ	γ	c	ϕ	γ	c	ϕ	γ	c	ϕ	γ	c	ϕ	
1	<i>Undrained</i>	19,64	90,77	-	20,19	90,77	-	19,64	19,53	-	20,19	19,53	-	20,19	19,53	-	
2	<i>Undrained</i>	19,75	147,60	-	20,04	147,60	-	19,75	51,90	-	20,04	51,90	-	20,04	51,90	-	
3	<i>Mohr-Coulomb</i>	16,23	0,00	$\frac{29,6}{2}$	19,41	0,00	$\frac{29,6}{2}$	16,23	0,00	29,62	19,41	0,00	29,62	0,00	29,62	29,62	
4	<i>Undrained</i>	19,52	89,12	-	19,67	89,12	-	19,52	32,85	-	19,67	32,85	-	19,67	32,85	-	
5	<i>Mohr-Coulomb</i>	20,73	0,00	$\frac{33,8}{7}$	21,15	0,00	$\frac{33,8}{7}$	20,73	0,00	33,87	21,15	0,00	33,87	0,00	33,87	33,87	

Parameter tanah pada Tabel 5.3 didefinisikan dalam program *SLOPE/W* dengan memasukkan geometri lereng terlebih dahulu. Dari analisis yang dilakukan dengan program *SLOPE/W* didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai 5.10 sebagai berikut.



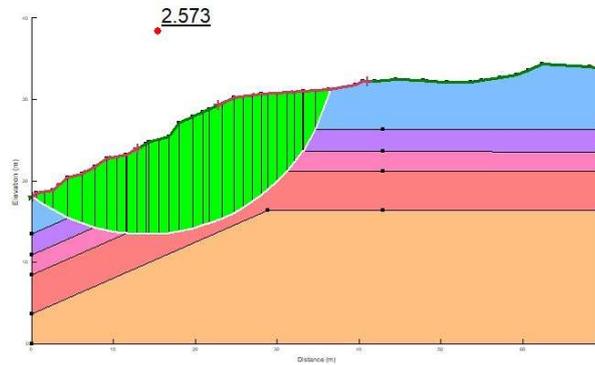
Gambar 5.3 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 1 Tanpa Perkuatan

Dari Gambar 5.3 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng tanpa perkuatan dengan kuat geser puncak, berat volume basah dan tanpa adanya beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,662.



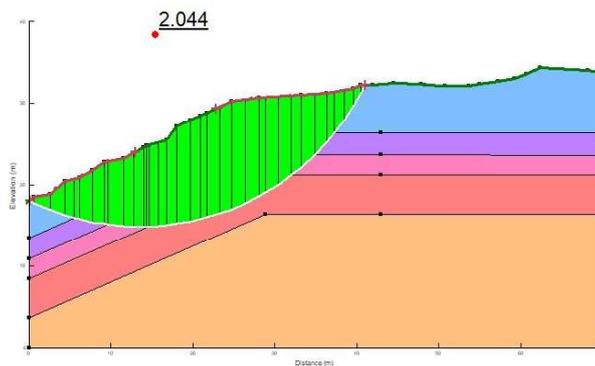
Gambar 5.4 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 2 Tanpa Perkuatan

Dari Gambar 5.4 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng tanpa perkuatan dengan kuat geser puncak, berat volume basah dan ada beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,099.



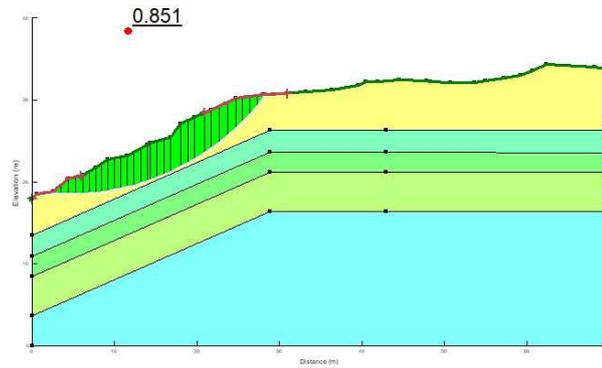
Gambar 5.5 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 3 Tanpa Perkuatan

Dari Gambar 5.5 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng tanpa perkuatan dengan kuat geser puncak, berat volume jenuh dan tanpa adanya beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,573.



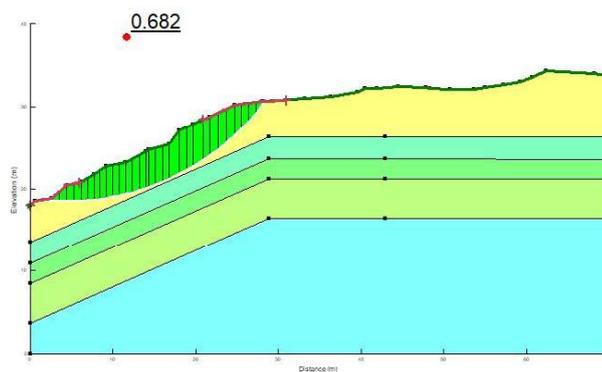
Gambar 5.6 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 4 Tanpa Perkuatan

Dari Gambar 5.6 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng tanpa perkuatan dengan kuat geser puncak, berat volume jenuh dan ada beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,044.



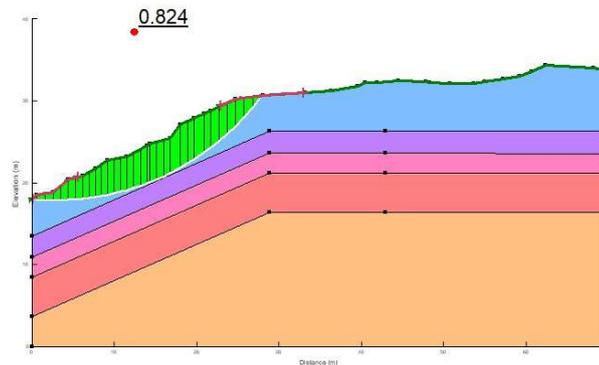
Gambar 5.7 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 5 Tanpa Perkuatan

Dari Gambar 5.7 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng tanpa perkuatan dengan kuat geser sisa, berat volume basah dan tanpa adanya beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 0,851.



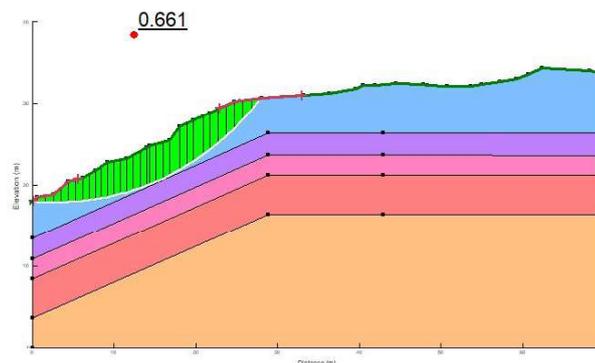
Gambar 5.8 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 6 Tanpa Perkuatan

Dari Gambar 5.8 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng tanpa perkuatan dengan kuat geser sisa, berat volume basah dan ada beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 0,682.



Gambar 5.9 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 7 Tanpa Perkuatan

Dari Gambar 5.9 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng tanpa perkuatan dengan kuat geser sisa, berat volume jenuh dan tidak adanya beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 0,824.



Gambar 5.10 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 8 Tanpa Perkuatan

Dari Gambar 5.10 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng tanpa perkuatan dengan kuat geser sisa, berat volume jenuh dan ada beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 0,661.

Faktor keamanan minimum yang didapatkan dari analisis stabilitas lereng pada 8 kondisi dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan Menggunakan *SLOPE/W*

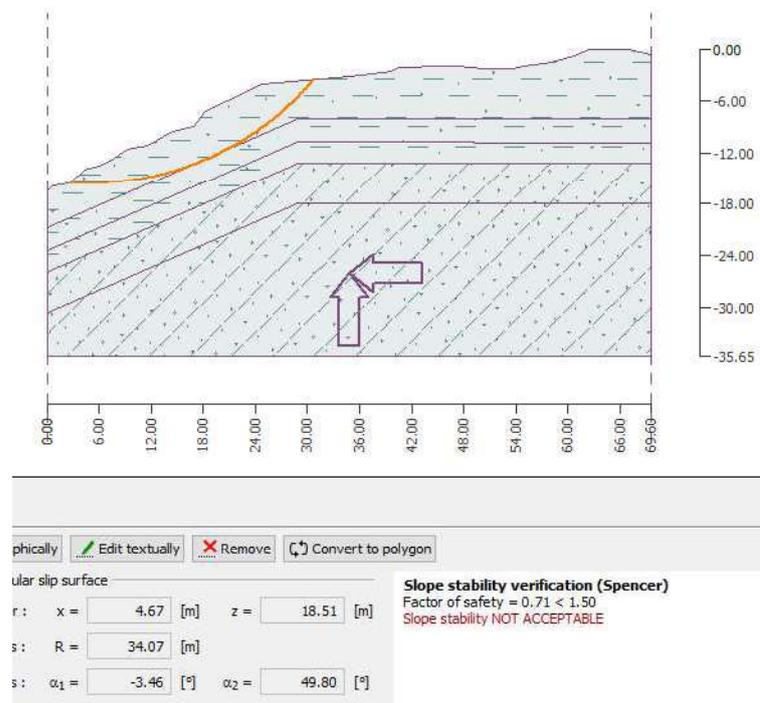
Kondisi	1	2	3	4	5	6	7	8
Faktor Keamanan	2,662	2,104	2,575	2,039	0,851	0,682	0,824	0,661

Dapat dilihat dari hasil analisis, bahwa nilai faktor keamanan terkecil adalah 0,661 pada kondisi ke-8 yang menggunakan *residual undrained shear strength*, berat volume jenuh dan adanya beban gempa.

5.3.2. Analisis Stabilitas Lereng dengan program *Slope Stability*

Analisis stabilitas untuk desain perkuatan digunakan kondisi 8 karena faktor keamanan yang dihasilkan paling kecil. Geometri, parameter tanah dan koefisien gempa dimasukkan ke dalam program. Prinsip dasar program ini sama dengan program *SLOPE/W* hanya saja tampilan yang berbeda. Geometri lereng dimasukkan dengan perintah *import format DXF to interfaces* dari data geometri yang telah dibuat dengan format *.dxf*. Parameter tanah didefinisikan dalam perintah *Soil* dan koefisien gempa dimasukkan dalam perintah *Earthquake*.

Didapatkan hasil stabilitas lereng tanpa perkuatan pada kondisi 8 pada Gambar 3.11 sebagai berikut.



Gambar 5.11 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 8 tanpa Perkuatan Menggunakan *Slope Stability*

Dari Gambar 5.11 dapat dilihat faktor keamanan lereng hasil analisis dengan program *Slope Stability* menghasilkan faktor keamanan sebesar 0,71. Nilai ini lebih tinggi daripada hasil analisis dengan program *SLOPE/W*.

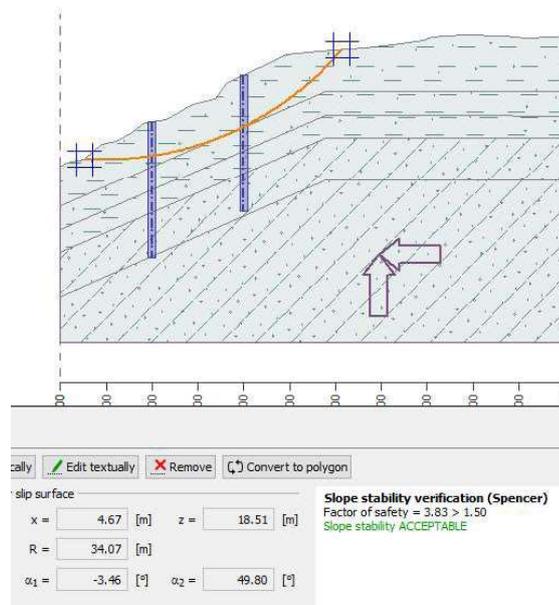
Tahap selanjutnya memasukkan perkuatan lereng berupa pile dengan perintah *Anti-Slide Piles*. Konfigurasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Konfigurasi Perkuatan dengan Tiang

No	Jarak x [m]	Panjang [m]	Jarak Antar Tiang [m]	Diameter [m]
1	20	15	1,2	0,8
2	10	15	1,2	0,8

Max. Bearing Capacity untuk semua tiang sementara dimasukkan sebesar 450 kN. Nilai ini akan diubah setelah dilakukan verifikasi perkuatan tiang.

Untuk melakukan analisis digunakan perintah *Analysis* dengan menggunakan metode *spencer* seperti pada *SLOPE/W*. Setelah dilakukan analisis didapatkan faktor keamanan sebesar 3,83 (lihat Gambar 5.12). Nilai ini lebih besar dari nilai yang disyaratkan oleh Das, yaitu angka keamanan lereng untuk desain sebesar minimal 1,5.

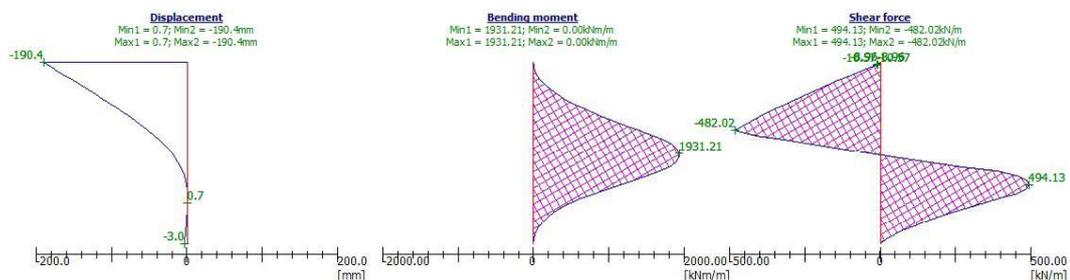


Gambar 5.12 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 8 dengan Perkuatan Menggunakan *Slope Stability*

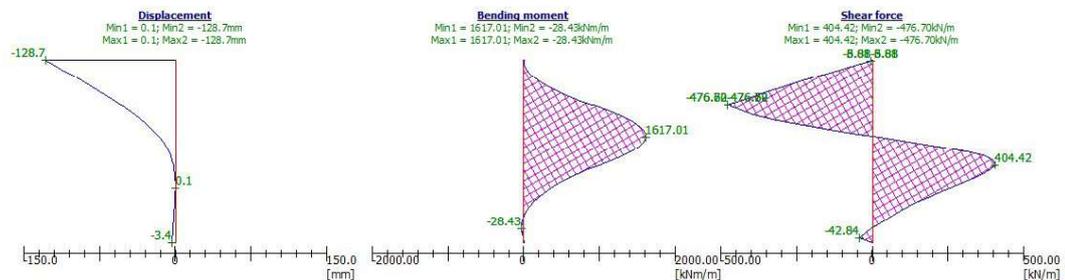
5.3.3. Analisis dan Verifikasi Perkuatan Tiang Menggunakan *Anti Slide Pile*

Dari analisis menggunakan program *Slope Stability* dapat dilanjutkan untuk analisis penampang tiang. Penampang tiang perlu diverifikasi untuk kekuatan momen dan geser yang dimiliki oleh tiang. Verifikasi dilakukan dengan menggunakan perintah *piles verification*. Verifikasi dilakukan satu per satu dengan memilih tiang yang akan diverifikasi dan selanjutnya dengan perintah *launch program Anti-Slide Piles*. Dalam tahap ini perlu ditambahkan spesifikasi kuat beton dan kuat baja yang digunakan dalam perintah *material*. Pada penelitian ini digunakan kuat tekan beton ($f'c$) sebesar 30 Mpa dan kuat tarik baja tulangan longitudinal sebesar 420 Mpa dan tulangan transversal 390 Mpa.

Dalam material tanah (perintah *soil*) perlu ditambahkan parameter *Modulus Elastic* dan *Poissons's ratio* yang dapat dilihat pada Tabel 5.2. Perintah *Analysis* digunakan untuk menjalankan perhitungan. Hasil perhitungan menunjukkan momen maksimal, gaya geser maksimal dan deformasi yang bekerja pada tiang 1 dan 2 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan 5.14 sebagai berikut.



Gambar 5.13 Diagram Momen, Gaya Geser dan Deformasi pada Tiang 1



Gambar 5.14 Diagram Momen, Gaya Geser dan Deformasi pada Tiang 2

Didapatkan konfigurasi penulangan tiang dengan cara *trial and error*. Hasil analisis penulangan pada tiang dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

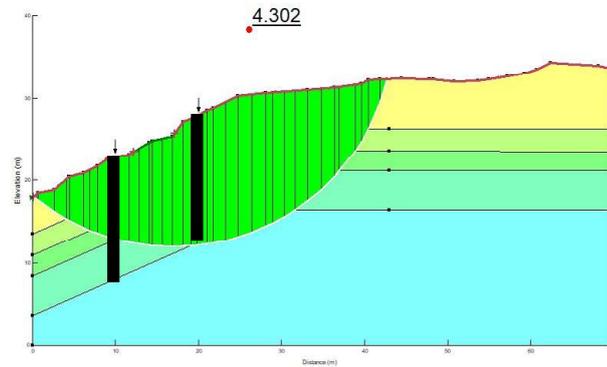
Tabel 5.6 Hasil Analisis Perkuatan Tiang

Tiang	Jarak Antar Tiang [m]	Diameter [m]	Panjang Tiang [m]	Momen Maksimum [kNm]	Gaya Geser Maksimum [kN]	Deformasi Maksimal [mm]	Kapasitas Momen [kNm]	Kapasitas Geser [kN]	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal
1	1,2	0,8	15	2280,46	583,01	190,4	2323,43	597,76	30D32	D13-200
2	1,2	0,8	15	1940,42	572,03	128,7	2058,77	597,76	26D32	D13-200

Momen terbesar yang diterima oleh tiang adalah 2280,46 kNm. Dengan melihat katalog tiang pancang dari PT. WIKA BETON, maka dapat tidak ada tiang pancang yang dapat memenuhi momen sebesar 2280,46 kNm. Tiang pancang pracetak dari PT. WIKA BETON tidak direkomendasikan sebagai alternatif perkuatan tiang pengganti tiang bor.

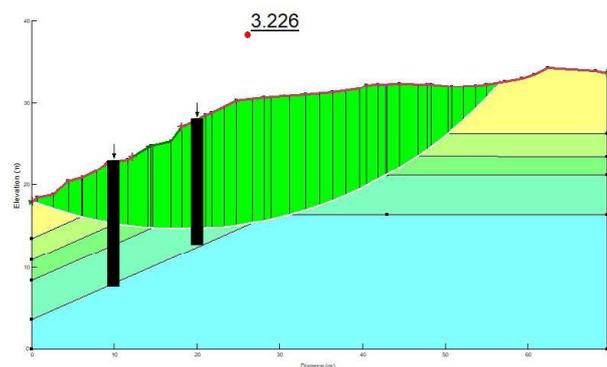
5.3.4. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan menggunakan *SLOPE/W*

Dari verifikasi menggunakan program *Anti Slide Pile* didapatkan kapasitas geser tiang sebesar 597,76 kN. Angka tersebut dimasukkan ke dalam program *SLOPE/W* menggunakan perintah *Reinforcement Load*. Selain kapasitas geser tiang dimasukkan juga dimensi dan letak perkuatan tiang seperti pada Tabel 5.5. Penambahan perkuatan tiang dilakukan pada seluruh kondisi yang telah dianalisis sebelumnya tanpa adanya perkuatan (kondisi 1-8). Dengan langkah yang sama seperti analisis sebelumnya didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 5.15 sampai dengan Gambar 5.22 sebagai berikut.



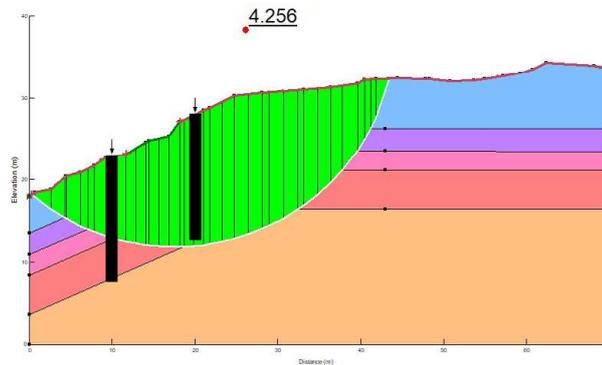
Gambar 5.15 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 1 Dengan Perkuatan

Dari Gambar 5.15 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng dengan perkuatan dengan kuat geser puncak, berat volume basah dan tanpa adanya beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 4,302.



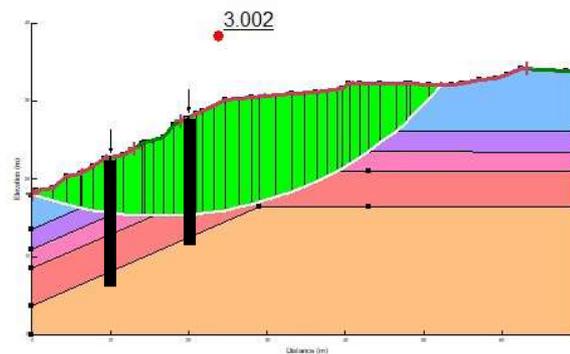
Gambar 5.16 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 2 Dengan Perkuatan

Dari Gambar 5.16 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng dengan perkuatan dengan kuat geser puncak, berat volume basah dan ada beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 3,226.



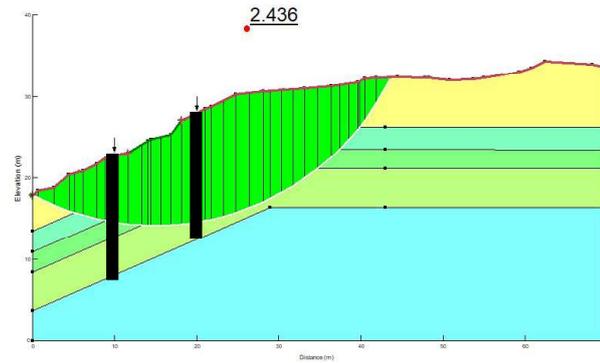
Gambar 5.17 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 3 Dengan Perkuatan

Dari Gambar 5.17 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng dengan perkuatan dengan kuat geser puncak, berat volume jenuh dan tanpa adanya beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 4,256.



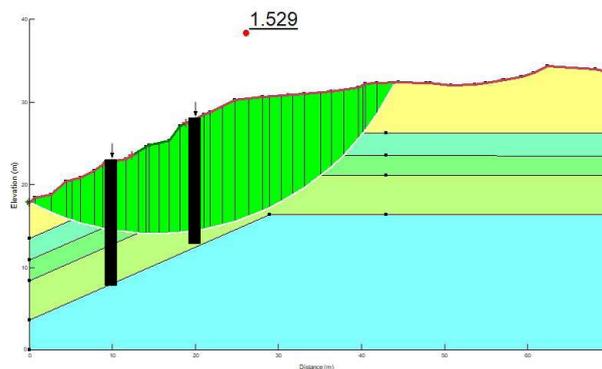
Gambar 5.18 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 4 Dengan Perkuatan

Dari Gambar 5.18 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng dengan perkuatan dengan kuat geser puncak, berat volume jenuh dan ada beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 3,002.



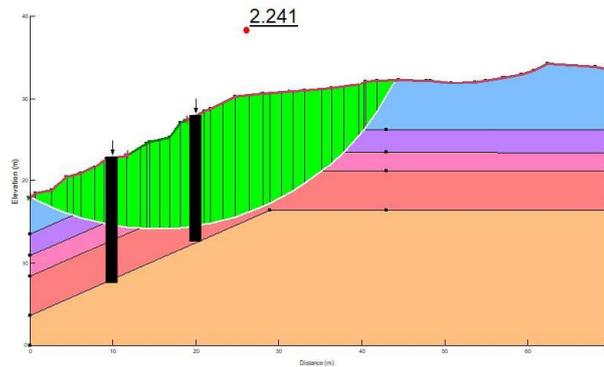
Gambar 5.19 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 5 Dengan Perkuatan

Dari Gambar 5.19 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng dengan perkuatan dengan kuat geser sisa, berat volume basah dan tanpa adanya beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,436.



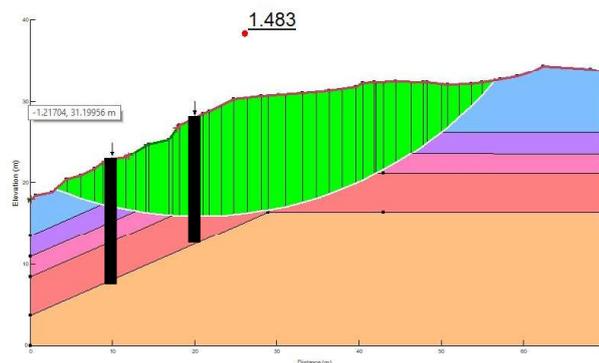
Gambar 5.20 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 6 Dengan Perkuatan

Dari Gambar 5.20 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng dengan perkuatan dengan kuat geser sisa, berat volume basah dan ada beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,529.



Gambar 5.21 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 7 Dengan Perkuatan

Dari Gambar 5.21 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng dengan perkuatan dengan kuat geser sisa, berat volume jenuh dan tidak adanya beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 2,241.



Gambar 5.22 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi 8 Dengan Perkuatan

Dari Gambar 5.22 dapat dilihat, bahwa kondisi lereng dengan perkuatan dengan kuat geser sisa, berat volume jenuh dan ada beban gempa menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,483.

Hasil analisis faktor keamanan stabilitas lereng dengan perkuatan dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Menggunakan *SLOPE/W*

Kondisi	1	2	3	4	5	6	7	8
Faktor Keamanan	4,302	3,226	4,256	3,002	2,436	1,529	2,241	1,483

5.4. Perhitungan Manual Kuat Geser Tiang

Dari perhitungan penulangan menggunakan program *Anti Slide Pile* didapatkan konfigurasi tulangan geser dengan diameter tulangan 13 mm dan jarak antar sengkang 200 mm. Perhitungan manual kuat geser menggunakan persamaan 3.17 sampai dengan 3.19 sebagai berikut.

diketahui :

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$D_s = 13 \text{ mm}$$

$$s = 200 \text{ mm}$$

$$D = 800 \text{ mm}$$

$$b_w = D = 800 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times D = 0,8 \times 800 = 640 \text{ mm}$$

$$A_s = 2 \times 0,25 \times \pi \times D_s^2 = 0,25 \times \pi \times 13^2 = 265,5 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w \times d = \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 800 \times 640 = 467,390 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{265,5 \times 390 \times 640}{200} = 331,344 \text{ kN}$$

$$V_u = (V_c + V_s) \times \phi = (467,390 + 331,344) \times 0,75 = 559,05 \text{ kN}$$

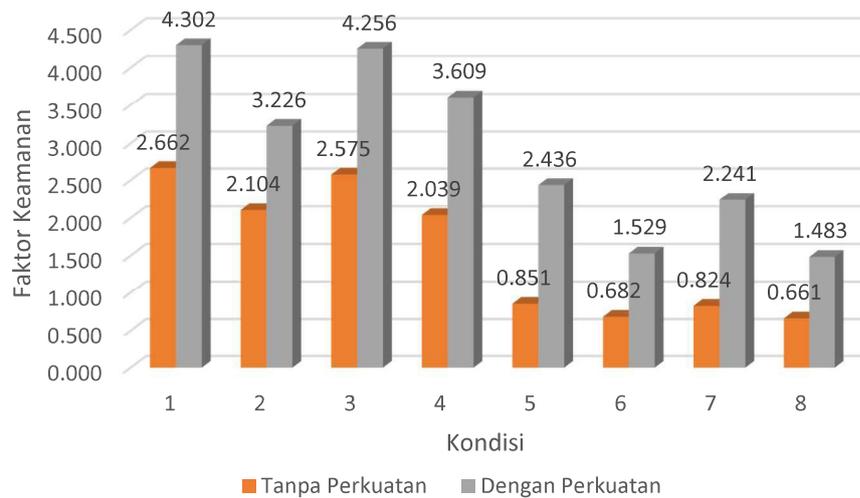
Hasil perhitungan kuat geser tiang manual mendekati hasil perhitungan dari program *Anti Slide Pile*.

5.5. Pembahasan

Pembahasan pada penelitian ini meliputi analisis faktor keamanan dalam 8 kondisi lereng yang telah ditetapkan sebelumnya menggunakan program *SLOPE/W* sebelum adanya perkuatan dan setelah adanya perkuatan, serta analisis dan verifikasi penampang tiang dengan program *Slope Stability* dan *Anti Slide Pile*.

5.5.1. Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan dengan Lereng dan Lereng dengan Perkuatan Tiang Bor

Hasil analisis faktor keamanan dengan program *SLOPE/W* dalam 8 kondisi menunjukkan adanya pengaruh kondisi penggunaan kuat geser pada tanah lempung, berat volume dan adanya pengaruh gaya gempa terhadap stabilitas tanah. Pada Gambar 5.23 dapat dilihat pengaruh dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 5.23 Perbandingan Faktor Keamanan Lereng Tanpa Perkuatan dan Dengan Perkuatan

Dari hasil analisis diatas dapat dilihat bahwa lereng tanpa perkuatan pada kondisi dengan parameter kuat geser sisa memiliki $FK < 1$. Hal ini menandakan bahwa lereng dalam keadaan tidak stabil atau telah terjadi longsor. Faktor keamanan terkecil yang didapat adalah pada kondisi parameter tanah yang digunakan adalah kuat geser sisa, berat volume kondisi jenuh dan adanya gempa.

Hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan menghasilkan angka faktor keamanan lebih dari 1,5 untuk seluruh kondisi simulasi analisis. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya perkuatan lereng dengan tiang bor, lereng menjadi lebih stabil.

Besarnya peningkatan faktor keamanan akibat adanya perkuatan tiang bor dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Peningkatan Faktor Keamanan Lereng Setelah Diperkuat dengan Tiang Bor

Kondisi	FK		% kenaikan FK	rata - rata % peningkatan FK
	tanpa perkuatan	dengan perkuatan		
1 (<i>peak-wet</i>)	2,662	4,302	38%	36%
2 (<i>peak-wet-quake</i>)	2,104	3,226	35%	
3 (<i>peak-sat</i>)	2,575	4,256	39%	
4 (<i>peak-sat-quake</i>)	2,039	3,002	32%	
5 (<i>res-wet</i>)	0,851	2,436	65%	60%
6 (<i>res-wet-quake</i>)	0,682	1,529	55%	
7 (<i>res-sat</i>)	0,824	2,241	63%	
8 (<i>res-sat-quake</i>)	0,661	1,483	55%	

Besarnya penurunan faktor keamanan akibat kenaikan berat volume basah menjadi berat volume jenuh dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Pengaruh Kenaikan Berat Volume Tanah terhadap Faktor Keamanan Lereng

Kondisi	FK tanpa perkuatan	% penurunan FK	rata-rata % penurunan FK	FK dengan perkuatan	% penurunan FK	rata-rata % penurunan FK
1 (<i>peak-wet</i>)	2,662	3,27%	3,18%	4,302	1,07%	4,01%
3 (<i>peak-sat</i>)	2,575			4,256		
2 (<i>peak-wet-quake</i>)	2,104	3,09%		3,226	6,94%	
4 (<i>peak-sat-quake</i>)	2,039			3,002		
5 (<i>res-wet</i>)	0,851	3,17%	3,13%	2,436	8,00%	5,51%
7 (<i>res-sat</i>)	0,824			2,241		
6 (<i>res-wet-quake</i>)	0,682	3,08%		1,529	3,01%	
8 (<i>res-sat-quake</i>)	0,661			1,483		

Besarnya penurunan faktor keamanan akibat adanya gaya gempa dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut.

Tabel 5.10 Pengaruh Gempa terhadap Faktor Keamanan Lereng

Kondisi	FK tanpa perkuatan	% penurunan FK	rata-rata % penurunan FK	FK dengan perkuatan	% penurunan FK	rata-rata % penurunan FK
1 (<i>peak-wet</i>)	2,662	20,96%	20,89%	4,302	25,01%	27,24%
2 (<i>peak-wet-quake</i>)	2,104			3,226		
3 (<i>peak-sat</i>)	2,575	29,46%		4,256		
4 (<i>peak-sat-quake</i>)	2,039			3,002		
5 (<i>res-wet</i>)	0,851	19,86%	19,82%	2,436	37,23%	35,53%
6 (<i>res-wet-quake</i>)	0,682	19,78%		1,529		
7 (<i>res-sat</i>)	0,824			2,241	33,82%	
8 (<i>res-sat-quake</i>)	0,661	1,483				

5.5.2. Analisis Perkuatan Tiang

Hasil analisis perkuatan tiang yang didapatkan dari program *Anti Slide Pile* menunjukkan bahwa diperlukan perkuatan 2 baris tiang dengan diameter 0,8 m, panjang tiang 15 m dan jarak antar tiang 1,2 m yang diletakkan sejauh 10 m dan 20 m dari kaki lereng. Perkuatan tiang 1 dengan tulangan longitudinal 30 buah dengan diameter 32 mm dan tulangan transversal berdiameter 13 mm dipasang dengan jarak 200 mm dan Perkuatan tiang 2 dengan tulangan longitudinal 26 buah dengan diameter 32 mm dan tulangan transversal berdiameter 13 mm dipasang dengan jarak 200 mm. Kuat geser maksimum yang dimiliki oleh tiang sebesar 597,76 kN.