

ANALISIS STABILITAS LERENG GALIAN DENGAN *SHEET PILE* PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL SEMARANG-SOLO RUAS SALATIGA-KARTASURA

Dewi Kartikasari¹, dan Muhammad Rifqi Abdurrozak²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: 14511271@students.uui.ac.id

² Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: 135111101@uui.ac.id

Abstract: *Construction activities in the Semarang-Solo Toll Road Salatiga-Kartasura Toll Road Construction Project have resulted in the formation of a quarry slope. Slopes with certain soil structures and slopes cause potential landslides that can endanger the safety of project workers and the community. In connection with this problem, it is necessary to analyze the potential of the slope of the excavation slopes in the Semarang-Solo Salatiga-Kartasura Toll Road Construction Project. By looking at slope safety factor and other factors that affect the stability of the excavation slope. Stability analysis of slope was carried out using Plaxis software version 8.6 and mathematically. The type of soil reinforcement used is sheet pile which is varied with counterweight to obtain optimal soil reinforcement result. On the new geometry slope trial 1 with sheet pile reinforcement, the SF value without earthquake load was 1.606 and the earthquake load was 1.422. Whereas for trial 2, SF values obtained without earthquake load were 1.645 and with earthquake load was 1.540. On the new geometry slope trial 1 with sheet pile and counterweight reinforcement SF values obtained without earthquake load were 1.717 and with earthquake loads were 1.586. Whereas for trial 2, SF value obtained without earthquake load was 1.782 and with earthquake load was 1.666. This shows that the trial 1 and 2 models are safe from landslides because the SF value is greater than 1.25.*

Keywords : *sheet pile, counterweight, Safety factor, Plaxis Program, Earthquake Load.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan Tol Semarang-Solo adalah jalan tol di Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Jalan Tol Semarang-Solo menghubungkan Kota Semarang, Salatiga, dan Surakarta serta melewati 3 kabupaten, yaitu Kabupaten Semarang, Kabupaten Boyolali dan Kabupaten Sukoharjo. Tol ini mulai dibangun tahun 2009 oleh Jasa Marga dengan total lintasan sepanjang 72,64 km. Akibat kegiatan penggalian pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura terbentuklah sebuah lereng galian. Lereng dengan struktur tanah dan kemiringan tertentu menimbulkan potensi longsor yang dapat membahayakan keselamatan pekerja proyek maupun masyarakat yang nantinya akan menggunakan jalan tol tersebut.

Sehubungan dengan masalah tersebut, maka perlu dilakukan analisis potensi kelongsoran lereng galian dengan melihat faktor keamanan (*safety factor*) lereng dan faktor lain yang mempengaruhi stabilitas lereng galian tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan penelitian yang diperoleh berdasarkan permasalahan di atas.

1. Mengetahui klasifikasi tanah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura.
2. Mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura.
3. Mengetahui angka aman lereng tanpa perkuatan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura.
4. Mengetahui angka aman lereng dengan perkuatan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura.
5. Mengetahui pengaruh beban gempa dan beban lereng itu sendiri terhadap masing-masing kondisi 3 dan 4.

1.3 Batasan Penelitian

Berikut ini adalah batasan-batasan masalah pada penelitian ini.

1. Data *bor log* tanah yang digunakan terdapat pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura sta. 53+841.
2. Analisis pemodelan lereng galian menggunakan program software Plaxis Versi 8.6 dengan kelongsoran lereng disepanjang permukaan bidang longsor dianggap masalah dua dimensi.

3. Pemodelan menggunakan bentuk dua dimensi (*plain strain*) dengan metode Mohr-Coulumb.
4. Beban gempa diperhitungkan.
5. Beban lalu lintas dan perkerasan *rigid pavement* tidak diperhitungkan.

2. LANDASAN

2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan ASTM

Sistem klasifikasi tanah yang dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah adalah sistem USCS (Unified Soil Classification System). Sistem USCS digunakan oleh ASTM (American Society for Testing and Materials). Sistem ini mengklasifikasikan tanah menjadi dua kategori, yaitu tanah kasar dan tanah halus.

2.2 Sifat Fisik Tanah

Hardiyatmo (2003) menyatakan bahwa sifat fisik tanah adalah sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan massa tanah. Istilah pasir, lempung, lanau, atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran-ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Sifat fisik tanah dapat diketahui berdasarkan hasil pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, analisis ukuran butiran, dan batas-batas *Atteberg*.

2.3 Sifat Mekanik Tanah

Hardiyatmo (2006) menyatakan bahwa sifat mekanis tanah merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah pada dikenai suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis mekanis. Salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik tanah adalah *direct shear test*.

2.4 Data Tanah

Data primer dalam penelitian ini yaitu data hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanis tanah sedangkan data sekunder dalam penelitian ini yaitu *Borlog* pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura. Data-data lain yang belum dimiliki dan dibutuhkan dalam analisis menggunakan Plaxis Versi 8.6 ditetapkan dengan korelasi berdasarkan jenis tanah pada grafik *borlog* sta.53+841. Dalam melakukan analisis stabilitas lereng galian, lereng galian dimodelkan dengan beban gempa statik berdasarkan data Puskim sebesar 0,333 sedangkan data tanah *counterweight* diperoleh dari data tanah pada Proyek Tol Solo-Kertosono Paket III. Rekapitulasi data tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rekapitulasi Data Tanah

No	Keterangan	Satuan	Jenis Tanah		
			Lanau Berpasir	Lanau Berpasir	Lempung Kelanauan
1	Berat jenis		2,685	2,65	2,615
2	Angka pori		1,699	1,165	1,9
3	γ _{unsat}	kN/m ³	9,759	12,008	8,846
4	γ _{sat}	kN/m ³	15,934	17,286	15,273
5	k _x	m/hari	4,0E-05	4,0E-05	4,0E-04
6	k _y	m/hari	4,0E-05	4,0E-05	4,0E-04
7	E _{ref}	kN/m ²	11000	11000	6750
8	Angka Poison		0,33	0,33	0,25
9	Kohesi	kN/m ³	12,749	7	11
10	Sudut geser dalam		23,95	27	25

2.5 Safety Factor

Tujuan analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor yang potensial. Faktor keamanan (*safety factor*) didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. *Safety factor* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d}$$

dengan:

- SF = faktor keamanan (*safety factor*),
- τ = kuat geser tanah yang dapat dikerahkan, dan
- τ_d = tegangan geser tanah yang timbul akibat gaya berat tanah yang akan mengalami kelongsoran

Lereng yang labil merupakan lereng yang sering terjadi longsor, ditandai dengan nilai faktor aman (SF) dibawah 1,07. Lereng kritis merupakan lereng yang pernah terjadi longsor, ditandai dengan nilai faktor aman (SF) antara 1,07 hingga 1,25. Sedangkan lereng yang relatif stabil merupakan lereng yang jarang terjadi longsor dan tergolong lereng yang aman, ditandai dengan nilai faktor aman (SF) diatas 1,25.

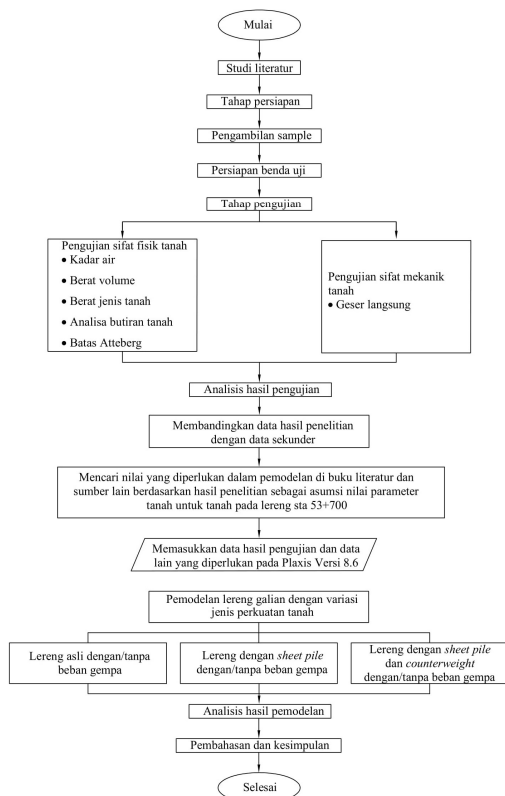
2.6 Analisis stabilitas lereng dengan program Plaxis Versi 8.6

Plaxis (*Finite element code for soil and rock analysis*) adalah program pemodelan dan postprocessing metode elemen hingga yang mampu melakukan analisa masalah-masalah geoteknik dalam perencanaan geoteknik dalam perencanaan sipil. Plaxis Versi 8.6 menyediakan berbagai analisa teknik tentang displacement, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, dan lain-lain. Program ini dirancang untuk dapat melakukan pembuatan geometri yang akan dianalisa.

Dalam analisis menggunakan Plaxis teori yang digunakan adalah teori Mohr Coulumb. Teori ini didasarkan pada hipotesa bahwa tegangan normal dan tegangan geser yang bekerja pada permukaan rupture dimana tegangan normal sama besarnya, sehingga bidang yang paling lemah adalah bidang dengan tegangan geser paling besar.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

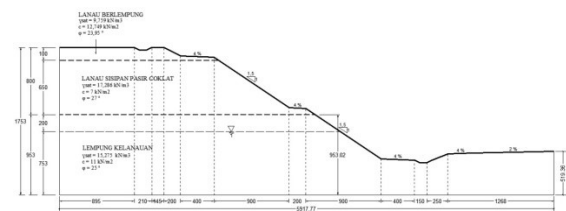


Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

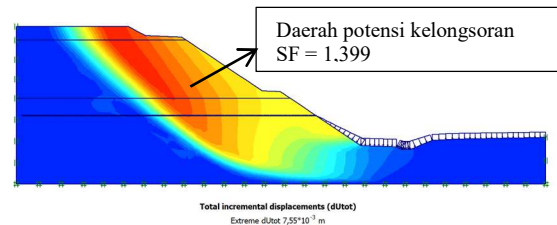
3.1 Lereng Asli

Kondisi lereng tanah asli pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura, tepatnya pada sta. 53+700 memiliki kedalaman kurang lebih 17,5 meter dengan lebar lereng kurang dari 25 meter. Lapisan tanah pada lokasi ini didominasi oleh tanah lanau dengan indeks plastisitas rendah, hal ini terlihat dari hasil pengujian sampel pada sta. 53+700 dan grafik *borlog*, sedangkan pada tanah lapisan di bawahnya merupakan lapisan tanah lempung kelanauan. Gambar geometri lereng sta. 53+700 dapat dilihat pada Gambar 2.

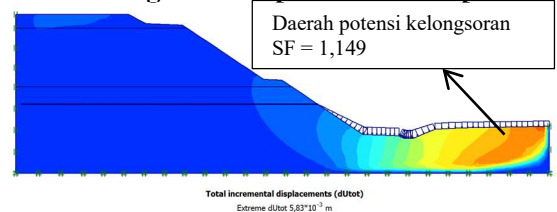


Gambar 2 Geometri Lereng sta. 53+700

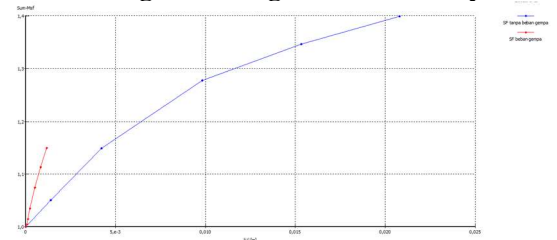
Potensi kelongsoran tanah pada lereng asli tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 3 dan dengan beban gempa pada Gambar 4. Kurva SF dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3 Potensi Kelongsoran Tanah Lereng Asli Tanpa Beban Gempa



Gambar 4 Potensi Kelongsoran Tanah Lereng Asli Dengan Beban Gempa



Gambar 5 Kurva Safety Factor Lereng Asli

Berdasarkan hasil pemodelan lereng asli di atas, diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk lereng asli tanpa beban gempa sebesar 1,399 dan dengan beban gempa sebesar 1,149.

Hal ini menunjukkan bahwa pada lereng asli tanpa beban gempa $SF > 1,25$ maka lereng sudah aman dari kelongsoran karena lereng sudah relatif stabil. Sedangkan pada lereng asli dengan beban gempa $SF < 1,25$ maka lereng belum aman dari kelongsoran.

Dalam analisis stabilitas lereng pada tugas akhir ini, permasalahan lereng sta. 53+700 akan diatasi dengan beberapa variasi diantaranya adalah mengubah geometri lereng, perkuatan lereng menggunakan *sheet pile*, dan menambahkan *counterweight* (timbunan).

Perkuatan Menggunakan *Sheet Pile*

Dinding penahan tanah (*sheet pile*) yang digunakan dalam analisis program Plaxis versi 8.6 adalah dinding penahan tanah dengan dimensi sebagai berikut:

1. jenis material = Beton
2. tipe = U-section
3. ketebalan = 300 mm
4. E = $2,30 \times 10^7$ kN/m²
5. lebar struktur = 1000 mm
6. γ struktur = 24 kN/m²
7. γ tanah = 15,618 kN/m²

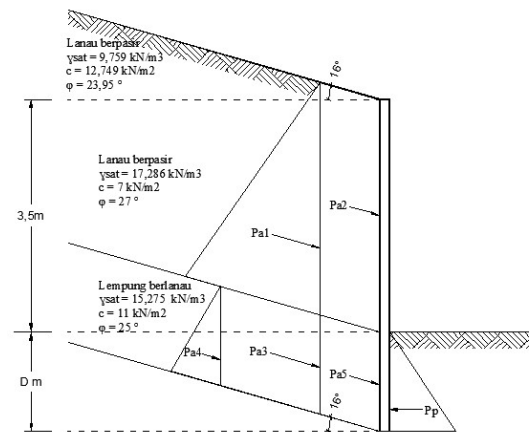
Berdasarkan nilai di atas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai parameter struktur *sheet pile*, yaitu *normal stiffness* (EA), *flexural rigidity* (EI), dan berat struktur (w).

$$\begin{aligned} EA &= E \times h \times b \\ &= (2,3 \times 10^{10}) \times 0,3 \times 1 \\ &= 6,9 \times 10^6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI &= E \frac{h^3 \times b}{12} \\ &= (6,9 \times 10^6) \frac{0,3^3 \times 1}{12} \\ &= 15525 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= (\gamma_{struktur} - \gamma_{tanah}) \times h \\ &= (24 - 15,273) \times 0,3 \\ &= 2,618 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menurut Redana (2010), secara praktis perhitungan panjang *sheet pile* sangat rumit, maka dari itu diusulkan metode *simplified* yang jauh lebih mudah. Metode *simplified* mangasumsikan tekanan aktif dan pasif menyebar sampai ke dasar *sheet pile*. Gambar 6 memperlihatkan distribusi tekanan lateral pada *sheet pile*. Tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif diperhitungkan seutuhnya.



Gambar 6 Distribusi Tekanan Lateral pada Sheet Pile

Perhitungan dilakukan secara manual, sehingga angka-angka yang tertulis apabila dihitung menggunakan program *Microsoft Office Excel* akan menghasilkan angka yang tidak 100% sama.

1. Menghitung koefisien tekanan tanah aktif dan pasif

Lapisan tanah pada lereng sta. 53+700 terbagi menjadi dua lapisan. Lapis pertama merupakan lapisan tanah lanau berpasir dan lapisan kedua merupakan tanah lempung berlanau. Perhitungan koefisien tekanan tanah aktif dan pasif dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini dengan $Ka1$ mewakili koefisien tekanan tanah aktif lapis pertama, $Ka2$ mewakili koefisien tekanan tanah aktif lapis kedua, dan Kp mewakili koefisien tekanan tanah pasif.

$$\begin{aligned} Ka1 &= \cos \beta \left(\frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right) \\ &= \cos 16 \left(\frac{\cos 16 - \sqrt{\cos^2 16 - \cos^2 27}}{\cos 16 + \sqrt{\cos^2 16 - \cos^2 27}} \right) \\ &= 0,437 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ka2 &= \cos \beta \left(\frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right) \\ &= \cos 16 \left(\frac{\cos 16 - \sqrt{\cos^2 16 - \cos^2 25}}{\cos 16 + \sqrt{\cos^2 16 - \cos^2 25}} \right) \\ &= 0,481 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kp &= \tan \left(45 + \frac{\cos \phi}{2} \right) 2 \\ &= \tan \left(45 + \frac{\cos 25}{2} \right) 2 \\ &= 2,464 \end{aligned}$$

2. Menghitung tekanan tanah aktif dan pasif
Tekanan tanah aktif adalah tekanan tanah lateral minimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menjauhi tanah dibelakangnya. Rumus yang digunakan dalam perhitungan tekanan tanah aktif adalah Persamaan 3.9

sedangkan tekanan tanah pasif menggunakan Persamaan 3.10. Rekapitulasi hasil perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif pada lereng sta. 53+700 dapat dilihat pada Tabel 5.24.

3. Menghitung momen *sheet pile*

Rekapitulasi perhitungan momen *sheet pile* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rekapitulasi Perhitungan Momen *Sheet Pile*

Tekanan Tanah	Rumus	Gaya	Lengan Momen	Momen ke dasar
		kN	m	kN.m
Pa1	$0,5 \cdot Ka_1 \cdot \gamma_1 \cdot H_1^2$	45,924	D+7	$321,470+45,924D$
Pa2	$-2.c.\sqrt{ka_1}$	18,502	D+3.5	$-64,758+(-18,502D)$
Pa3	$Ka_2 \cdot \gamma_1 \cdot H_1 \cdot H_2$	28,889	0.5D	$14,445D^2$
Pa4	$0,5 \cdot Ka_2 \cdot \gamma_2 \cdot H_2^2$	3,614	D/3	$1,205D^3$
Pa5	$-2.c.\sqrt{ka_2}$	-6,933	D/4	$-1,733D^2$
Pp	$0,5.Kp \cdot \gamma_2 \cdot H_2^2$	18,526	D/3	$6,175 D^3$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan nilai momen pada *sheet pile*.

$$\begin{aligned} \Sigma M &= 0 \\ 256,712 + 7,422D + 12,711D^2 - 4,971D^3 &= 0 \\ D &= 5,373 \text{ m} \approx 6 \text{ m} \\ H_{\text{total}} &= 3,5 + 6 \\ &= 9,5 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Kontrol kekuatan *sheet pile*

Setelah mendapatkan nilai D, maka perhitungan dapat dilanjutkan dengan mensubstitusikan nilai D ke persamaan Pa dan Pp untuk mendapatkan nilai gaya-gaya dan momen sebenarnya yang bekerja pada *sheet pile*. Rekapitulasi perhitungan gaya pada *sheet pile* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Perhitungan Gaya *Sheet Pile*

Tekanan Tanah	Rumus	Gaya
		kN
Pa1	$0,5 \cdot Ka_1 \cdot \gamma_1 \cdot H_1^2$	45,924
Pa2	$-2.c.\sqrt{ka_1}$	-18,502
Pa3	$Ka_2 \cdot \gamma_1 \cdot H_1 \cdot H_2$	173,3359
Pa4	$0,5 \cdot Ka_2 \cdot \gamma_2 \cdot H_2^2$	130,1177
Pa5	$-2.c.\sqrt{ka_2}$	-41,5995
Pp	$0,5.Kp \cdot \gamma_2 \cdot H_2^2$	666,9418

$$\begin{aligned} \Sigma Pa &= Pa_1+Pa_2+Pa_3+Pa_4+Pa_5 \\ &= 45,924+(-18,502)+173,336+130,118+(-41,599) \\ &= 289,276 \text{ kN} \\ \Sigma Pp &= 666,942 \text{ kN} \end{aligned}$$

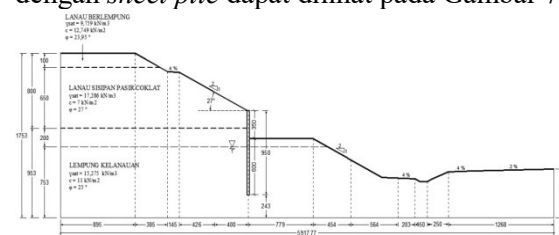
Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai Pa total sebesar 289,276 kN sedangkan nilai Pp total sebesar 666,942 kN. Nilai Pa merupakan nilai gaya yang dibutuhkan agar lereng tidak longsor sedangkan nilai Pp adalah gaya yang dimiliki oleh lereng dengan perkuatan *sheet pile*. Nilai Pp lebih besar dari nilai Pa maka desain *sheet pile* dapat digunakan dalam pemodelan. Rekapitulasi hasil perhitungan parameter struktur *sheet pile* dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 4 Rekapitulasi Data *Sheet Pile*

No	Parameter Struktur	Simbol	Satuan	<i>Sheet Pile</i>
1	Tebal	h	m	0.3
2	Lebar	b	m	1
3	Panjang	L	m	9,5
4	Modulus young	E	kN/m ²	2,30E+07
5	Normal stiffness	EA	kN/m	6,90E+06
6	Flexural rigidity	EI	kNm	51750
7	Berat struktur	w	kN	2,618052
8	Angka poisson	v		0,3

3.2 Lereng Geometri Baru *Trial 1* dengan *Sheet Pile*

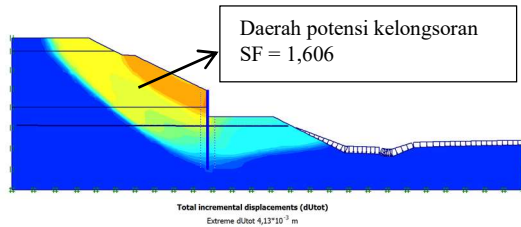
Pada *trial* ini sudut kemiringan lereng dibuat lebih landai menjadi 27° dan lereng dibuat 3 trap. Desain lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile* dapat dilihat pada Gambar 7.



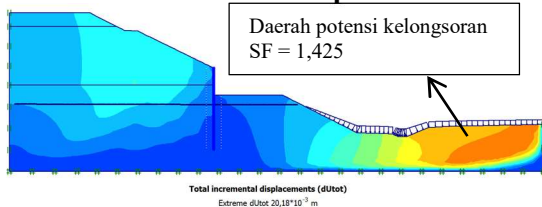
Gambar 7 Desain Geometri Baru *Trial 1* dengan *Sheet Pile*

Potensi kelongsoran pada lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile* lebih kecil dibandingkan lereng asli, hal ini ditandai dengan warna merah yang membentuk garis keruntuhan lereng pada lereng asli berubah

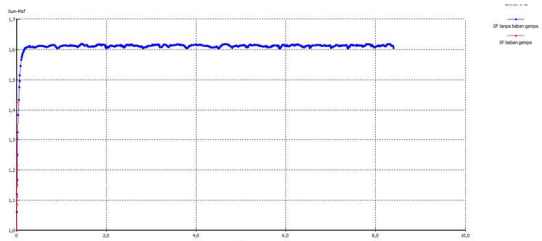
menjadi warna kuning pada lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile*. Potensi kelongsoran tanah pada lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 8 dan dengan beban gempa pada Gambar 9. Kurva SF dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 8 Potensi Kelongsoran Geometri Baru *Trial 1* dengan *Sheet Pile* Tanpa Beban Gempa



Gambar 9 Potensi Kelongsoran Geometri Baru *Trial 1* dengan *Sheet Pile* Dengan Beban Gempa

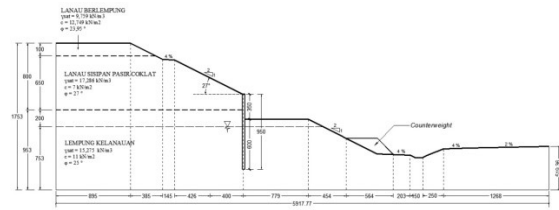


Gambar 10 Kurva *Safety Factor* Geometri Baru *Trial 1* dengan *Sheet Pile*

Berdasarkan hasil pemodelan lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile* di atas, diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile* tanpa beban gempa sebesar 1,606 dan dengan beban gempa sebesar 1,425.

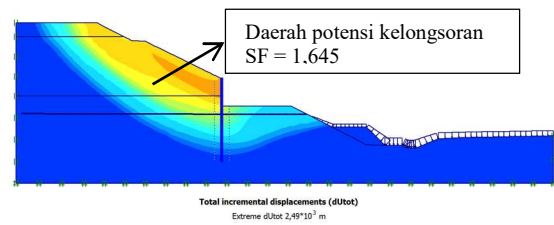
3.3 Lereng Geometri Baru *Trial 1* dengan *Sheet Pile* dan *Counterweight*

Desain lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile* dan *counterweight* dapat dilihat pada Gambar 11.

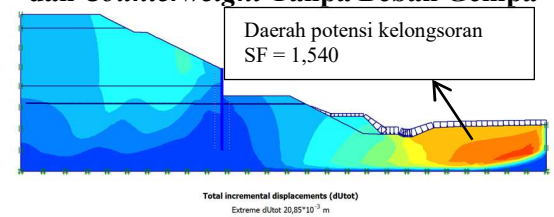


Gambar 11 Desain Geometri Baru *Trial 1* dengan Perkuatan *Sheet Pile* dan *Counterweight*

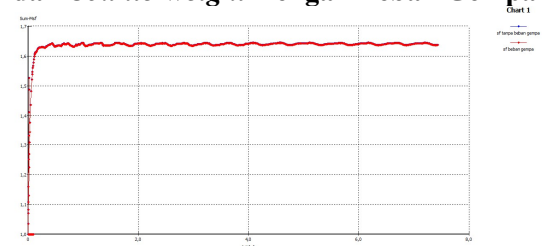
Potensi kelongsoran tanah pada lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile* dan *counterweight* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 12 dan dengan beban gempa pada Gambar 13. Kurva SF dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 12 Potensi Kelongsoran Geometri Baru *Trial 1* dengan Perkuatan *Sheet Pile* dan *Counterweight* Tanpa Beban Gempa



Gambar 13 Potensi Kelongsoran Geometri Baru *Trial 1* dengan Perkuatan *Sheet Pile* dan *Counterweight* Dengan Beban Gempa

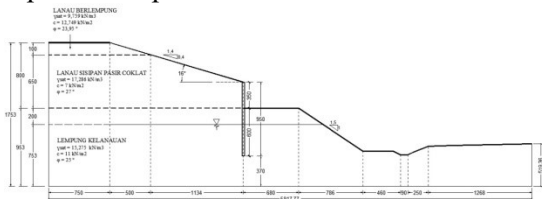


Gambar 14 Kurva *Safety Factor* Geometri Baru *Trial 1* dengan Perkuatan *Sheet Pile* dan *Counterweight*

Berdasarkan hasil pemodelan lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile* dan *counterweight* di atas, diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk lereng geometri baru *trial 1* dengan *sheet pile* tanpa beban gempa sebesar 1,645 dan dengan beban gempa sebesar 1,540.

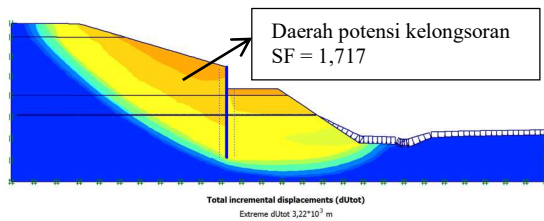
3.4 Lereng Asli Geometri Baru Trial 2 dengan Sheet Pile

Desain geometri baru trial 2 dengan *sheet pile* dapat dilihat pada Gambar 15.

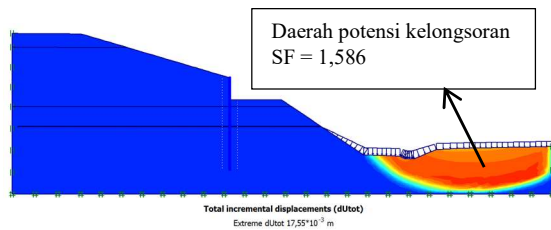


Gambar 15 Desain Geometri Baru Trial 2 dengan Perkuatan Sheet Pile

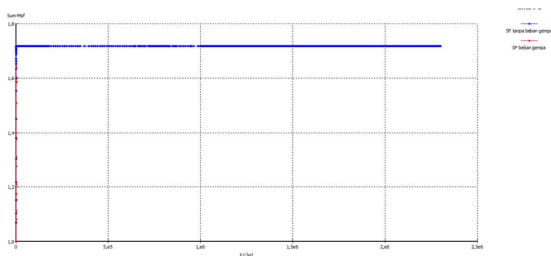
Potensi kelongsoran tanah pada lereng geometri baru trial 2 dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 16 dan dengan beban gempa pada Gambar 17. Kurva SF dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 16 Potensi Kelongsoran Geometri Baru Trial 2 dengan Perkuatan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa



Gambar 17 Potensi Kelongsoran Geometri Baru Trial 2 dengan Perkuatan Sheet Pile Dengan Beban Gempa

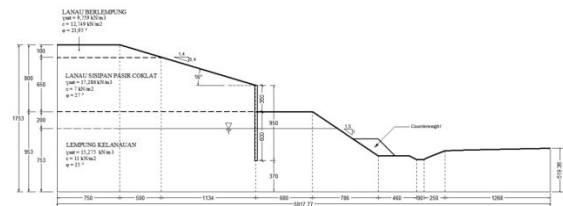


Gambar 18 Kurva Safety Factor Geometri Baru Trial 2 dengan Perkuatan Sheet Pile

Berdasarkan hasil pemodelan lereng baru trial 2 dengan *sheet pile* di atas, diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk lereng trial 2 tanpa beban gempa sebesar 1,717 dan dengan beban gempa sebesar 1,586.

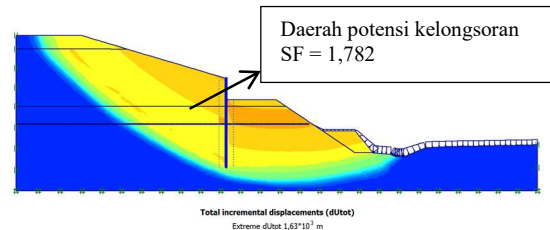
3.5 Geometri Baru Trial 2 dengan Sheet Pile dan Counterweight

Desain geometri baru Trial 2 dengan *sheet pile* dan *counterweight* dapat dilihat pada Gambar 5.67.

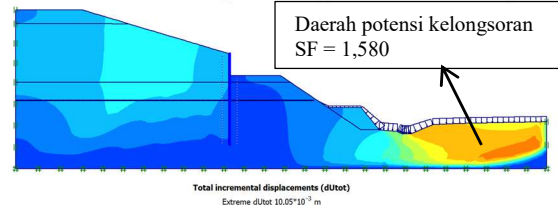


Gambar 5.67 Desain Geometri Baru Trial 2 dengan Perkuatan Sheet Pile dan Counterweight

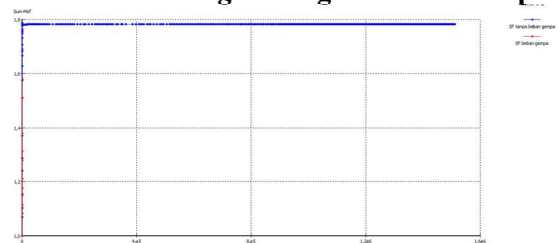
Potensi kelongsoran tanah pada lereng geometri baru trial 1 dengan *sheet pile* dan *counterweight* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 19 dan dengan beban gempa pada Gambar 20. Kurva SF dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 19 Potensi Kelongsoran Geometri Baru Trial 2 dengan Perkuatan Sheet Pile dan Counterweight Tanpa Beban Gempa



Gambar 20 Potensi Kelongsoran Geometri Baru Trial 2 dengan Perkuatan Sheet Pile dan Counterweight Dengan Beban Gempa



Gambar 21 Kurva Safety Factor Geometri Baru Trial 2 dengan Perkuatan Sheet Pile dan Counterweight

Berdasarkan hasil pemodelan lereng baru trial 2 dengan *sheet pile* dan *counterweight* di atas,

diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk lereng *trial* 2 tanpa beban gempa sebesar 1,782 dan dengan beban gempa sebesar 1,666.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Pada pengujian sampel tanah asli dengan berpedoman pada peraturan ASTM Standard D2487, diperoleh klasifikasi jenis tanah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura termasuk jenis tanah lanau.
2. Tanah asli pada sta. 53+700 memiliki sifat fisik antara lain memiliki kadar air 41,72%; berat volume 1,699 gr/cm³; berat jenis 2,68; persen tanah lolos saringan 200 sampel 1 88,90% dan sampel 2 87,90%; dan indeks plastisitas (IP) 6,181%. Sedangkan sifat mekanik antara lain sudut geser dalam sampel 1 dan 2 adalah 26,18° dan 25,73°; kohesi sampel 1 dan 2 adalah 0,08 kg/cm² dan 0,12 kg/cm².
3. Nilai SF hasil analisis lereng asli menggunakan Plaxis versi 8.6 tanpa beban gempa adalah 1,399 dan dengan beban gempa adalah 1,149.
4. Pada lereng geometri baru *trial* 1 dengan perkuatan *sheet pile* diperoleh nilai SF tanpa beban gempa adalah 1,606 dan dengan beban gempa adalah 1,422. Sedangkan untuk *trial* 2 diperoleh nilai SF tanpa beban gempa adalah 1,645 dan dengan beban gempa adalah 1,540. Pada lereng geometri baru *trial* 1 dengan perkuatan *sheet pile* dan *counterweight* diperoleh nilai SF tanpa beban gempa adalah 1,717 dan dengan beban gempa adalah 1,586. Sedangkan untuk *trial* 2 diperoleh nilai SF tanpa beban gempa adalah 1,782 dan dengan beban gempa adalah 1,666. Hal ini menunjukkan bahwa pemodelan *trial* 1 dan 2 aman dari kelongsoran karena nilai SF lebih besar dari 1,25.
5. Nilai angka aman yang didapat untuk lereng dengan perkuatan *sheet pile* tanpa beban gempa maupun lereng dengan perkuatan *sheet pile* dan *counterweight* tanpa beban gempa lebih besar dari nilai angka aman pada lereng dengan perkuatan *sheet pile* tanpa beban gempa maupun lereng dengan perkuatan *sheet pile* dan *counterweight* tanpa beban gempa, hal ini menunjukkan bahwa beban gempa merupakan salah satu faktor pemicu

kelongsoran lereng karena mampu meningkatkan gaya-gaya yang mendorong pada lereng sehingga dapat mengurangi nilai SF lereng tersebut.

SARAN

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat disampaikan penulis untuk mengembangkan penelitian ini.

1. Lereng geometri baru dengan perkuatan *sheet pile* maupun lereng dengan perkuatan *sheet pile* dan *counterweight* lebih disarankan sebagai alternatif untuk mencegah kelongsoran pada lereng sta. 53+700 karena tidak harus merombak ulang geometri lereng asli sehingga lebih efektif dan efisien dibandingkan lereng geometri baru dengan perkuatan *sheet pile* maupun lereng geometri baru dengan perkuatan *sheet pile* dan *counterweight*.
2. Pada analisis stabilitas lereng sta. 53+700 ini pengaruh rembesan air maupun faktor eksternal lain seperti air hujan dan beban ringan seperti beban pejalan kaki tidak diperhitungkan, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya pada lereng sta. 53+700 lebih memperhitungkan hal tersebut.
3. Pada analisis stabilitas lereng sta. 53+700 ini nilai parameter tanah sebagian besar didapatkan dari beberapa referensi, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya pada lereng sta. 53+700 data parameter yang digunakan adalah data parameter sampel tanah asli pada setiap lapisan tanah yang telah diuji di laboratorium.
4. Perlu dilakukan analisis dengan menggunakan program lain yang hasilnya dapat digunakan sebagai perbandingan, seperti Geoslope/w dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H.C. 2001. *Teknik Fondasi I*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- PT. Solo Ngawi Jaya. 2016. DED Proyek Jalan Tol Solo-Kertosono.
- PT. Solo Ngawi Jaya. 2016. Dokumen Pengadaan Proyek Jalan Tol Solo-Kertosono.