



**ANALISIS STABILITAS LERENG DAN ALTERNATIF PENANGANANNYA
(STUDI KASUS LONGSORAN JALAN ALTERNATIF TAWANGMANGU
STA 3+150 – STA 3+200, KARANGANYAR)**

Rahmawan Bagus Pratama, Imam Muslih Muhibbi, Indrastono Dwi A.^{*)}, Siti Hardiyati^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Tugas akhir ini berisi tentang stabilitas tanah dan penanggulangannya pada ruas jalan alternatif Tawangmangu-Plaosan STA 3+150 – STA 3+200, Karanganyar. Dengan kondisi bentang alam yang cukup curam dan kondisi tanah yang kurang stabil, menjadikan tanah disini merupakan tanah yang berpotensi longsor. Berdasarkan hasil pengujian bor tanah yang dilakukan secara manual, lapisan tanah yang terdapat pada daerah tersebut adalah lanau-kerikil, lanau-pasir, dan batu. Analisa dilakukan dengan metode Fellenius dan program Plaxis V.8.2. Berdasarkan perhitungan metode Fellenius didapatkan nilai faktor keamanan lereng sebesar 1,4701 dan dengan software Plaxis diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,3476. Nilai faktor keamanan tersebut masih kurang dari persyaratan kestabilan lereng yaitu 1,5, sehingga kondisi lereng tersebut berpotensi terjadi longsor. Usulan Alternatif Penanganan ada dua, yaitu menggunakan Counterfort wall dari Proyek ditambah bored piles 10 meter dan yang kedua menggunakan bored piles 11 meter. Perkuatan lereng yang dipilih adalah menggunakan bored piles. Alternatif ini dipilih dengan alasan lebih ekonomis dibandingkan Counterfort wall dalam hal kebutuhan volume beton. Bored Piles terletak pada elevasi +1191,50 dengan diameter 0,8 m dan berjarak 16 meter dari As jalan. Hasil analisa menunjukkan bahwa alternatif penanganan ini meningkatkan nilai faktor keamanan menjadi 1,6383.

kata kunci : longsor, stabilitas lereng, Fellenius, Plaxis, Bored piles, Counterfort wall

ABSTRACT

This final project provides soil stability and the handling on alternative roads between Tawangmangu-Plaosan STA 3+150-STA 3+200, Karanganyar. The landscape in this area is rather steep and unstable, making the soil here has a high potential landslides. Based on the results of the drill testing which has done manually in this area, the soil contains gravelly-silt, sandy-silt and silt-stone. The analysis was done with Fellenius method and Plaxis v.8.2. Based on Fellenius method calculation, the safety factor value of the slope is 1,4701, while with Plaxis software, the safety factor value is 1,3476. Those values above are less than minimal safety requirement value of slope which is 1,5, so this landscape has a great potential of landslide. There are two alternative suggestions to

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

handle this situation. The first one is adding 10 meters of Bored Piles into Counterfort wall. The other method is using 11 meters of Bored Piles. The chosen method for this project was using 11 meters of Bored piles. Bored Piles was chosen because it need lesser concrete volumes than Counterfort wall. Those bored piles has diameters of 0,8 meters. It was placed at the +1191,50 above the ground and 16 meters from the centerline. The results show that this alternative increase the value of safety factor up to 1,6383.

keywords: *landslide, slope stability, fellenius, Plaxis, Bored piles ,Counterfort wall*

PENDAHULUAN

Tawangmangu mempunyai kondisi topografi berupa daerah berbukit-bukit. Tata guna lahan sekitar kebanyakan digunakan untuk *villa* dan perkebunan campuran yang didominasi tanaman yang siap dipasok ke pasar Tawangmangu. Melihat makin banyaknya peningkatan jumlah pengunjung di daerah Tawangmangu ini, sarana dan prasarana jalan harus ditingkatkan kualitasnya. Lokasi yang kami tinjau adalah jalan alternatif penghubung antara Jawa Tengah – Jawa Timur. Jalan alternatif tersebut dibangun mengingat jalan utama Tawangmangu – Plaosan memiliki kelandaian yang cukup terjal, sehingga diharapkan dengan adanya jalan ini, akses menuju perbatasan Jawa Timur dapat lebih mudah bagi kendaraan yang melewatinya. Dalam kasus Tugas Akhir ini, terjadi longsor akibat curah hujan yang tinggi dalam kurun waktu sehari-hari pada lokasi tersebut tepatnya Ruas Tawangmangu – Plaosan di STA 3+150 s/d STA 3+200, sehingga menyebabkan longsor pada salah satu sisi jalan.

PENYEBAB LONGSOR

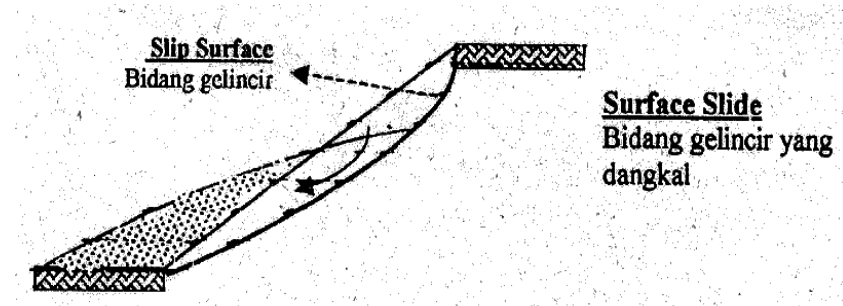
Musim kering yang berkepanjangan menyebabkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadinya rekahan dan retakan pada tanah permukaan sehingga ketika intensitas curah hujan mengalami peningkatan, air akan masuk melalui bagian tanah yang mengalami retakan dan akan terakumulasi di bagian lereng sehingga menimbulkan gerakan lateral.

Selain meningkatnya intensitas curah hujan, lereng atau tebing yang terjal juga dapat menyebabkan terjadinya longsor tanah karena mampu memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Jenis tanah di daerah itu didominasi tanah jenis lanau bercampur kerikil dan lanau bercampur pasir. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.

Jenis tata lahan suatu daerah juga berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor. Hal ini sering terjadi pada daerah dengan tata lahan persawahan, perladangan dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada daerah persawahan akar tanaman kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh air sehingga mudah mengalami kelongsoran. Sedangkan pada daerah perladangan, akar pohon di daerah tersebut tidak mampu menembus bidang longsor yang dalam.

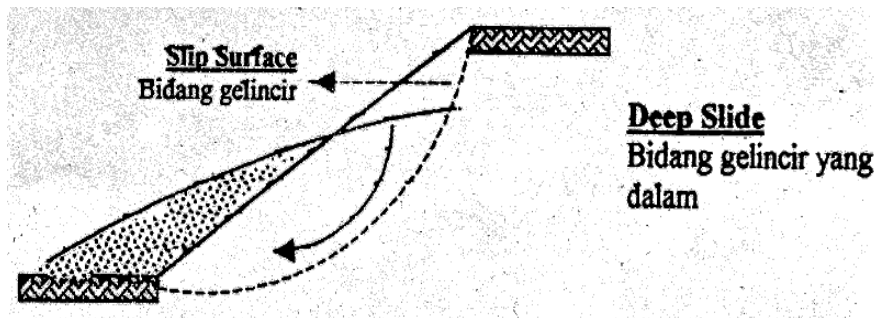
JENIS LONGSORAN

1. *Surface slide*, longSORAN ini terjadi sepanjang bidang gelincir yang masih terletak dalam batas lereng, seperti pada Gambar 1.



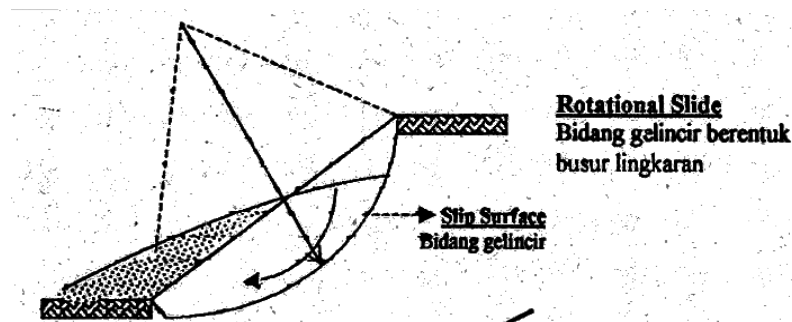
Gambar 1. *Surface slide*

2. *Deep slide*, terjadi jika bidang gelincirnya terletak jauh di bawah permukaan tanah, seperti pada Gambar 2.



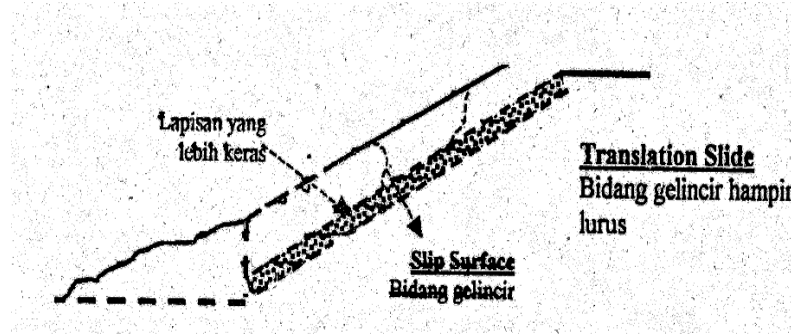
Gambar 2. *Deep slide*

3. *Rotational slide*, jika bidang longSORAN mempunyai bentuk seperti busur derajat, *log spiral* dan bentuk lengkung yang tidak teratur. Pada umumnya kelongsoran ini berhubungan dengan kondisi tanah yang homogen seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. *Rotational slide*

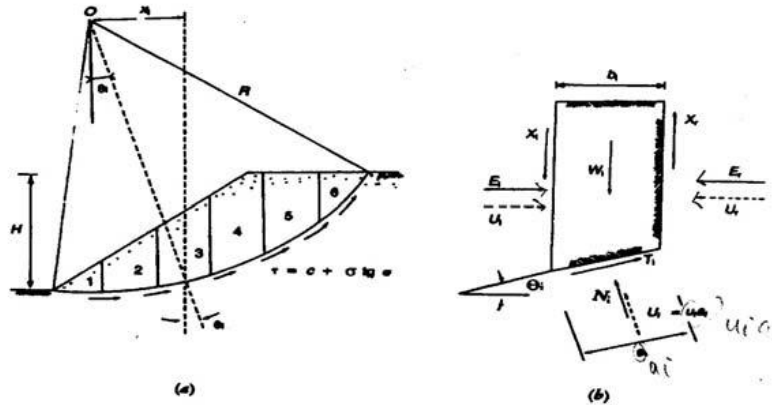
4. *Translation slide*, terjadi bila bentuk permukaan runtuh dipengaruhi oleh adanya kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Translation slide

ANALISIS STABILITAS LERENG (METODE FELLENIUS)

Analisis stabilitas lereng dengan metode ini menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya. Metode ini yang menjadi dasar digunakan dalam program Plaxis. Gaya-gaya dan asumsi bidang pada tiap pias bidang longsor seperti terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Gaya-Gaya dan Asumsi Bidang pada tiap Pias Bidang Longsor

Berdasarkan asumsi gaya-gaya tersebut, maka faktor keamanan lereng dihitung dengan Persamaan 1.

$$F = \frac{\sum c a_i + (\sum W_i \cos \theta_i - \sum \mu_i a_i) \operatorname{tg} \phi}{\sum W_i \sin \theta_i}$$

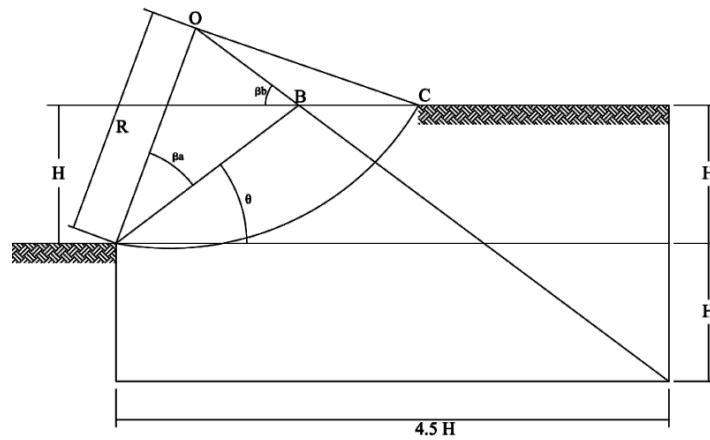
Dimana :

- | | | |
|----------------|--|---|
| F | = Faktor keamanan | c = kohesi (kN/m ²) |
| φ | = sudut gesek dalam tanah (o) | a _i = lengkungan irisan ke-i (m) |
| W _i | = berat irisan tanah ke-i (kN) | μ _i = tekanan air pori ke-i (kN) |
| θ _i | = sudut antara jari-jari lengkung dengan garis kerja massa tanah | |
| a _i | = $\frac{\text{Sudut } \theta \text{ yang terbentuk karena pias } i \times 2\pi r}{360}$ | |

Menentukan Lokasi Titik Pusat Bidang Longsor

Untuk memudahkan usaha *trial and error* terhadap stabilitas lereng maka titik-titik pusat bidang longsor yang berupa busur lingkaran harus ditentukan dahulu melalui suatu

pendekatan. Fellenius memberikan petunjuk-petunjuk untuk menentukan lokasi titik pusat busur longsor kritis yang melalui tumit suatu lereng pada tanah kohesif (*c-soil*) seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Lokasi Pusat Busur Longsor Kritis pada Tanah Kohesif

Tabel 1. Sudut-sudut Petunjuk Menurut Fellenius

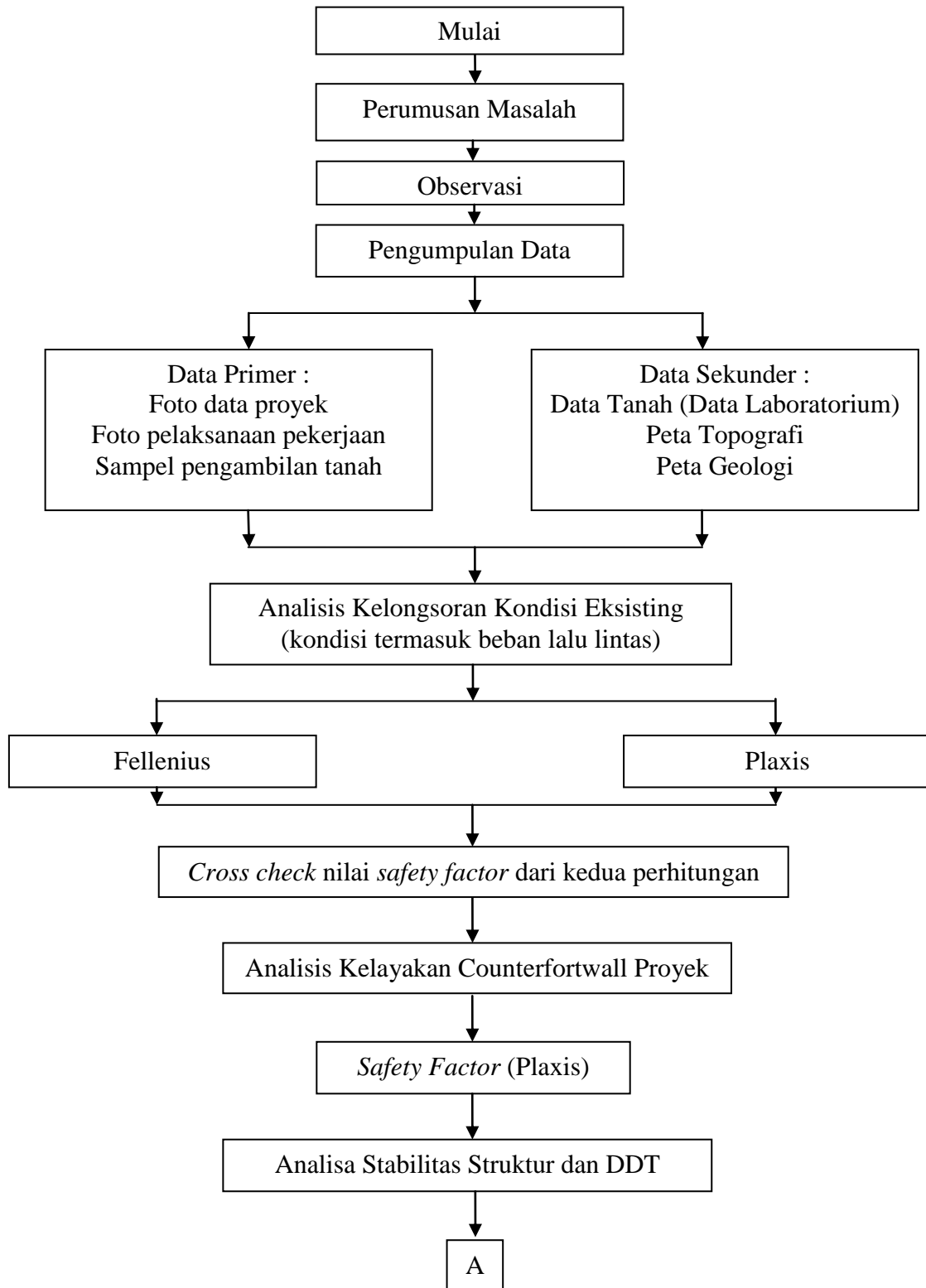
Lereng 1:n	Sudut Lereng (ϕ) ($^{\circ}$)	Sudut-sudut petunjuk	
		Ba	Bb
$\sqrt{3}:1$	60°	$\sim 29^{\circ}$	$\sim 40^{\circ}$
1:1	40°	$\sim 28^{\circ}$	$\sim 38^{\circ}$
1:1,5	$33^{\circ}41'$	$\sim 26^{\circ}$	$\sim 35^{\circ}$
1:2	$25^{\circ}34'$	$\sim 25^{\circ}$	$\sim 35^{\circ}$
1:3	$18^{\circ}26'$	$\sim 25^{\circ}$	$\sim 35^{\circ}$
1:5	$11^{\circ}19'$	$\sim 25^{\circ}$	37°

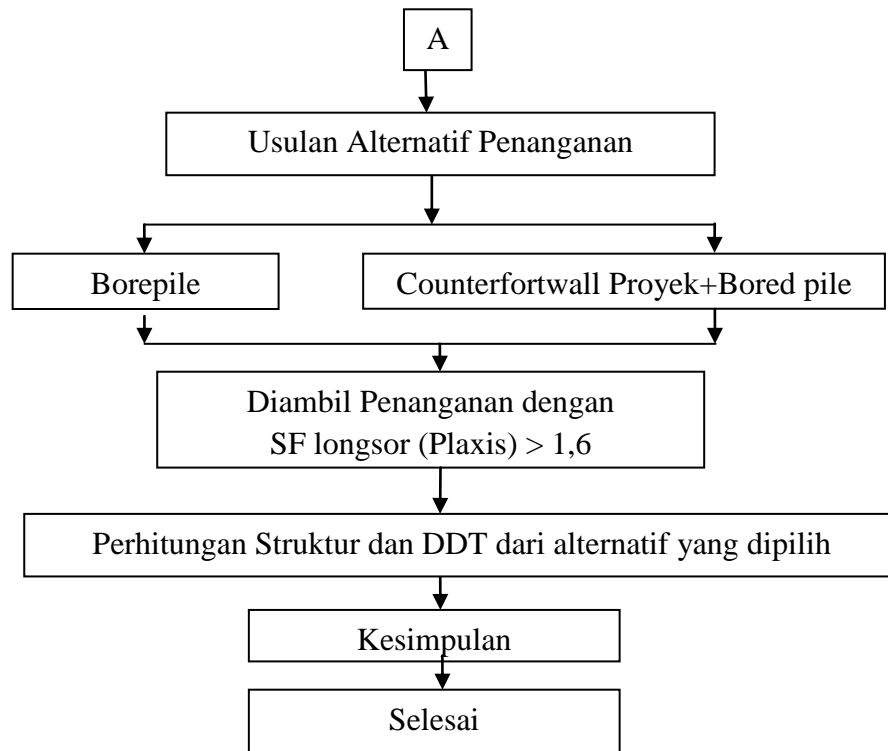
METODOLOGI PENELITIAN

Dalam analisa geoteknik pada evaluasi kelongsoran ruas jalan alternatif Tawangmangu-Plaosan STA 3+150 – STA 3+200, kabupaten Karanganyar ini, dilakukan dengan beberapa tahap. Dimulai dari pekerjaan persiapan, mengidentifikasi kebutuhan data, mengidentifikasi masalah, menyiapkan studi pustaka yang akan dipakai, melakukan analisa dan pembahasan sehingga diperoleh hasil dan kesimpulan. Seperti *flowchart* pada Gambar 7 berikut.

ANALISIS DATA

Berdasarkan penyelidikan tanah data bor log 1, terdapat lapisan lanau-kerikil dengan ketebalan 1,3 meter, lapisan lanau-pasir dengan tebal lapisan 1,95 meter dan seterusnya berupa lapisan batu (*silt stone*). Tabel 2 adalah tabel parameter tanah yang digunakan dalam perhitungan stabilitas lereng dan Gambar 8 merupakan pemodelan lerengnya.





Gambar 7. Flowchart Penyusunan Laporan

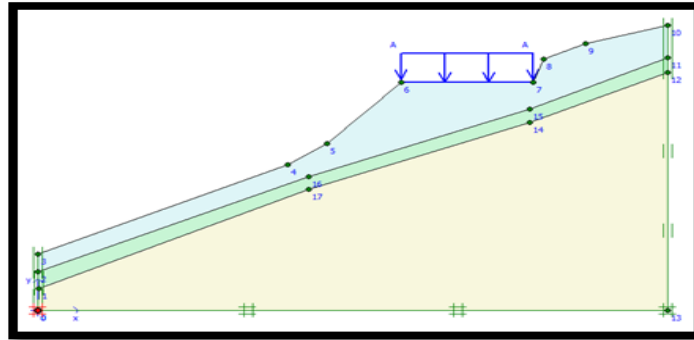
Tabel 2. Parameter desain material pada simulasi kelongsoran

Properties		lanau kerikil	lanau pasir	batu (siltstone)
Material model	Model	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>
Type of material behaviour	Type	undrained	undrained	undrained
Soil unit weight above phreatic level	γ_{dry} (kN/m ³)	10,679	9,477	12
Soil unit weight below phreatic level	γ_{sat} (kN/m ³)	16,476	16,677	18
Young's modulus (constant *)	E_{eff} (kN/m ²)	8000	5000	15000
Poisson's ratio	ν	0,3	0,3	0,3
Cohesion (constant **)	c_{eff} (kN/m ²)	15	15	90
Friction angle **)	ϕ (°)	18	20	25
Permeability ***)	k_x, k_y (m/day)	$8,64 \times 10^{-4}$	$8,64 \times 10^{-5}$	$8,64 \times 10^{-6}$

*) : Bowles, 1997

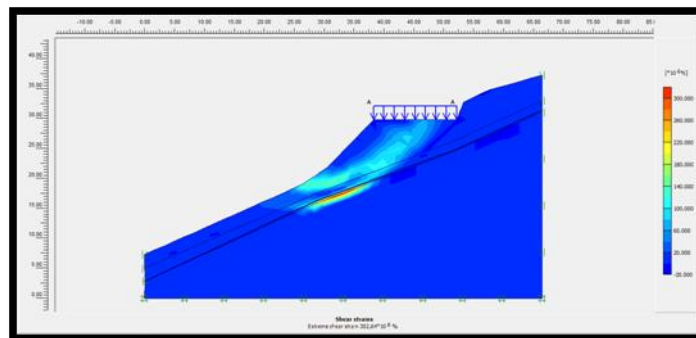
**) : Burt Look 7.9

***) : Burt Look 8.1



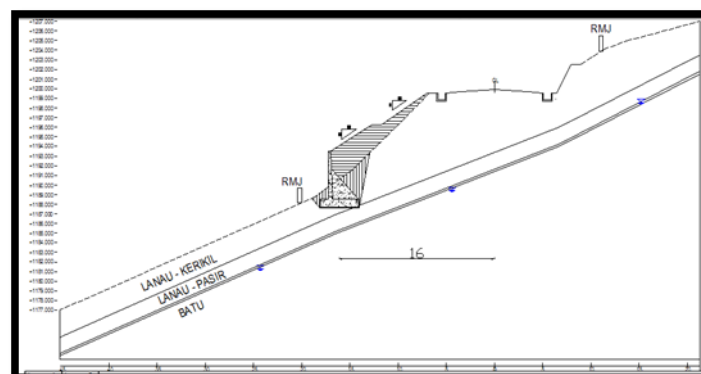
Gambar 8. Pemodelan Lereng Plaxis

Hasil perhitungan menggunakan program Plaxis V.8.2 dengan pemodelan lereng seperti Gambar 8, diperoleh nilai faktor keamanan lereng sebesar 1,3234. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil analisis perhitungan manual dengan metode Fellenius yaitu sebesar 1,4701. Karena nilai faktor keamanan yang diperoleh kurang dari faktor keamanan lereng yang disyaratkan ($FK \geq 1,5$), maka dapat dikatakan bahwa lereng tersebut sangat rentan terhadap kelongsoran. Berikut adalah Gambar 9 yang merupakan *Incremental Shear Strain* kondisi eksisting dari hasil perhitungan Plaxis V.8.2.

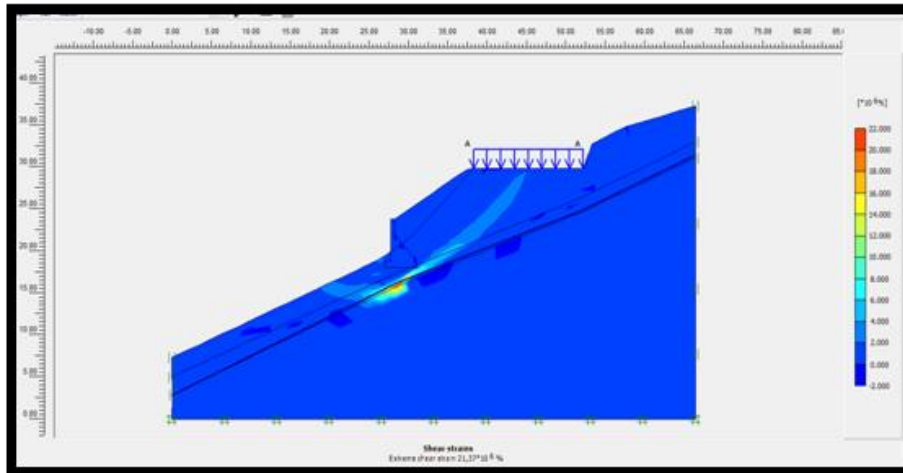


Gambar 9. *Incremental Shear Strain* Kondisi Eksisting

Penanganan yang dilakukan dari proyek adalah menggunakan *counterfortwall* sesuai Gambar 10. Dalam Laporan tugas akhir ini kami akan memulai perhitungan dengan menganalisa keamanan dan kelayakan *counterfortwall* yang digunakan dalam proyek. Hasil perhitungan Plaxis menunjukkan dengan pola bidang gelincir yang terjadi sesuai Gambar 11 berikut.



Gambar 10. Desain dan Penempatan *Counterfort wall* dari proyek



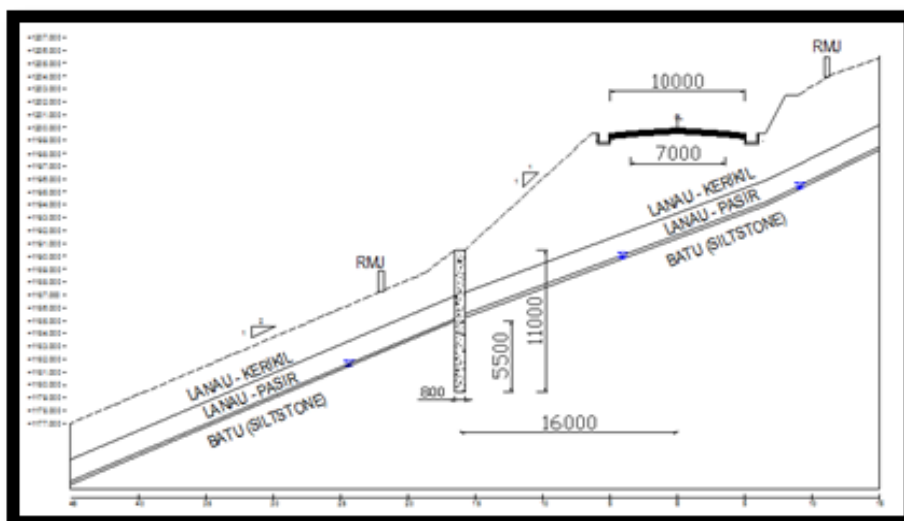
Gambar 11. Pola bidang gelincir / *shear shadings*

Dari hasil simulasi Plaxis V8.2 dapat disimpulkan bahwa penanganan proyek menggunakan counterfortwall dengan posisi tersebut belum memenuhi syarat keamanan suatu lereng. Hal ini dibuktikan dengan Nilai Safety Factor yang didapat yaitu $1,2159 < 1,5$. Kesimpulannya bahwa dengan penanganan tersebut counterfortwall makin menambah beban suatu lereng dan penempatannya masih belum tepat.

ALTERNATIF PENANGANAN KELONGSORAN

Bore Pile

Alternatif pertama yang kami lakukan adalah dengan menempatkan *borepile* memotong bidang gelincir. Ujung atas bore pile pada elevasi +1191,50. *Bore pile* dipakai diameter 0,8 m dan berjarak 16 meter dari as jalan sesuai Gambar 12 berikut. Input data Plaxis ditunjukkan Tabel 3.

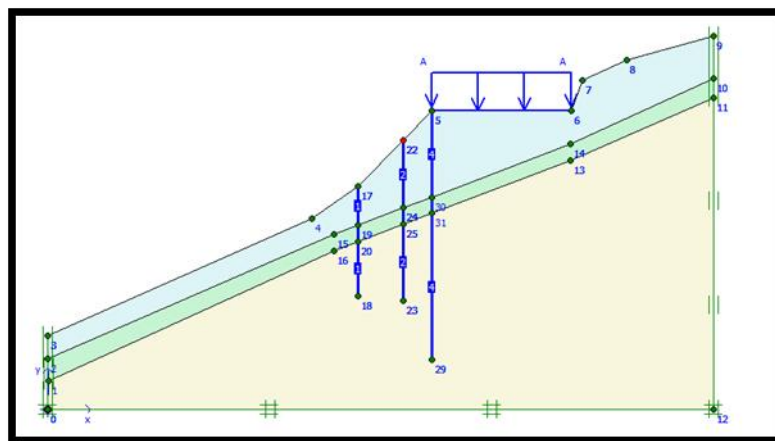


Gambar 12. Desain dan Penempatan *borepile*

Tabel 3. Input Material Tanah dan Borepile 11 m

Properties	lanau kerikil	lanau pasir	batu (siltstone)	Borepile
Model	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	-
Type	undrained	undrained	undrained	-
γ_{unsat} (kN/m ³)	10,679	9,477	12	-
γ_{sat} (kN/m ³)	16,476	16,677	18	-
E_{ref} (kN/m ² *)	8000	5000	15000	-
ν	0,3	0,3	0,3	0,15
c_{ref} (kN/m ² **)	15	15	90	-
ϕ (°) **)	18	20	25	-
EA ***)	-	-	-	1,057E+07
EI ***)	-	-	-	4,228E+05
w ***)	-	-	-	1,328E+02

Pemodelan geometri lereng dengan beberapa alternatif penempatan *bored pile* ditunjukkan Gambar 13 berikut.

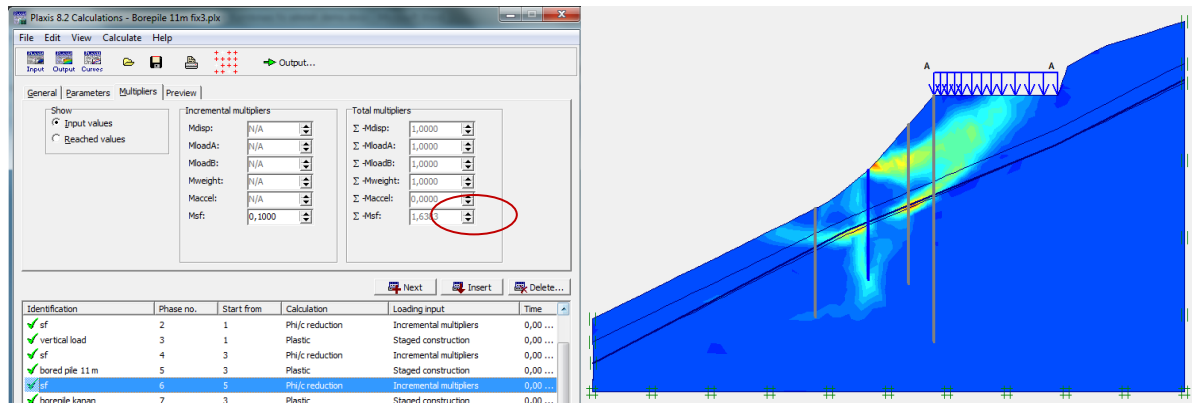


Gambar 13. Model Geometri Lereng di Lokasi Longsor Cemorosewu

Tabel 4. Hasil Analisis Beberapa Percobaan *Bored Pile*

Percobaan	Alternatif Penanganan	SF
1	Bore Pile 11 m	1,6383
2	Bore Pile 25 m	1,6028
3	Bore Pile 15 m	1,5488
4	Gabungan Bore Pile 11 m & 25 m	1,6095
5	Gabungan Bore Pile 11 m & 15 m	1,4694
6	Gabungan 3 Bore Pile	1,4023

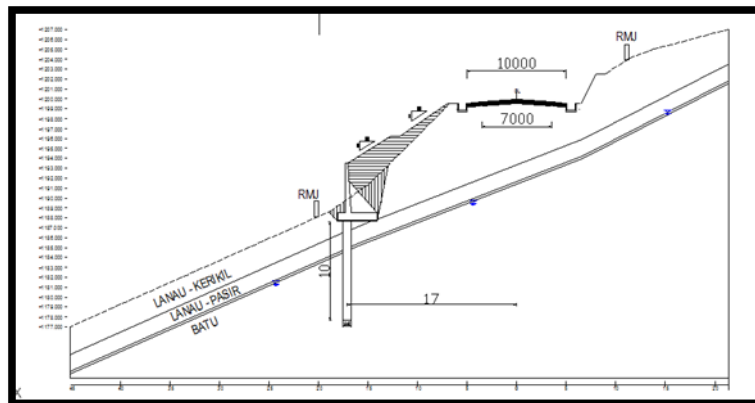
Dari fase-fase yang ada, dipilih *Bored pile* dengan kedalaman 11 meter dengan alasan karena mempunyai nilai *Safety Factor* yang terbesar, yaitu 1,6383 ditunjukkan pada Gambar 14.



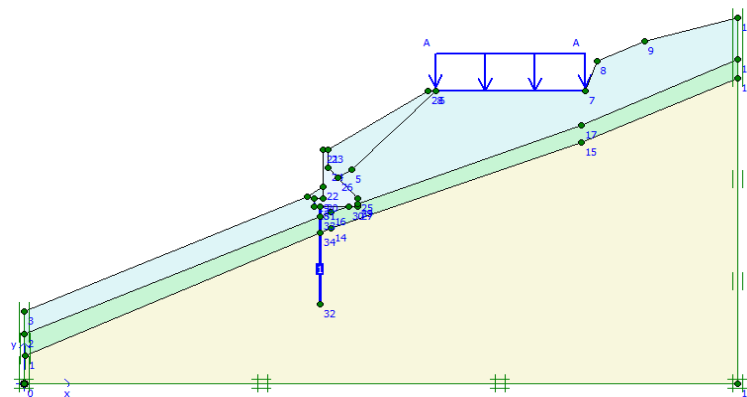
Gambar 14. Nilai FK= 1,6383 dari Alternatif Penanganan *Bore Pile* 11 m

Counterfort Wall

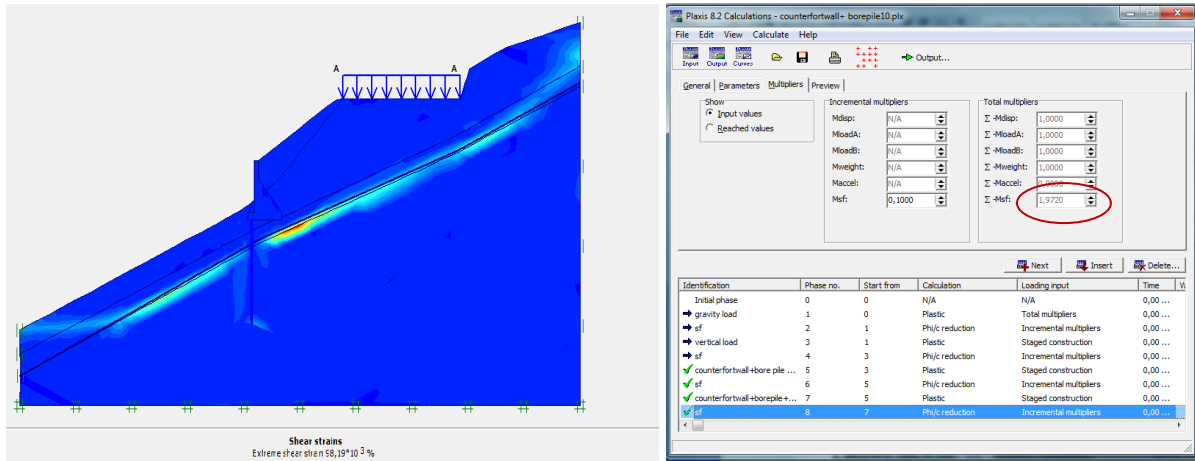
Penanganan kedua yang kami lakukan adalah dengan menambah *bored pile* pada *counterfort wall* proyek seperti Gambar 15. Posisi *borepile* memotong bidang gelincir kondisi setelah penanganan proyek atas *Bore pile* pada elevasi 1187,70, berjarak 17 m dari As jalan. *Borepile* dipakai diameter 0,8 m. Pemodelan geometri lereng dengan alternatif penambahan *bored pile* pada *counterfort wall* proyek ditunjukkan pada Gambar 16. Hasil perhitungan Plaxis menunjukkan pola bidang gelincir dan SF pada Gambar 17 berikut.



Gambar 15 Desain dan Penempatan Alternatif *Counterfortwall* + *Bore Pile* 10 m



Gambar 16 Model Geometri Lereng di Lokasi Longsor Cemorsewu



Gambar 17. Nilai FK = 1,9720 dari Alternatif Penanganan Counterfortwall + Bore Pile 10 meter

KESIMPULAN

Hasil kedua alternatif penanganan terangkum dalam tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Resume Hasil Alternatif Penanganan Longsor

No.	Alternatif Penanganan	SF	Vertical Displacement (cm)	Horizontal Displacement (cm)
1	Bored Pile 11 m	1,6383	10,128	4,604
2	Counterfort wall + Bore pile 10 m	1,9720	2,483	1,07

Dari Tabel 5 di atas, berdasarkan syarat kekuatan, efisiensi pelaksanaan dan faktor ekonomis maka dapat dipilih alternatif penanganan dengan *bore pile*. Alternatif pertama ini dipilih sebab :

1. Memiliki nilai *safety factor* $1,6383 > 1,5$.
2. Secara pelaksanaan dan biaya, alternatif pertama lebih ekonomis daripada alternatif kedua. Hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan volume beton berikut :

Volume beton per meter, untuk alternatif 1 :

$$= 0,25 * (22/7) * 0,8^2 * 11 = 5,529 \text{ m}^3$$

Volume beton per meter, untuk alternatif 2 :

$$= (((0,3+0,6)*5/2)+(0,6*4)) * 1 + (0,25*(22/7)*0,8^2*10) = 9,674 \text{ m}^3$$

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 3415-2008. Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT.
- Bowles, E. Joseph. 1991. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Chen, F.H. 1975. Foundation on Expansive Soils, Development in Geotechnical Engineering 12, Elsevier Scientific Publishing Company. New York.
- Das, B.M. 1995. Mekanika Tanah Jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- Das, B.M. 1998. Mekanika Tanah Jilid 1. Erlangga. Jakarta.

- Das, B.M. dan Mochtar N.E. 1989. Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C.. 2001. Teknik Pondasi Jilid 2. Gramedia. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2003. Mekanika Tanah II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Lambe, T. C., and Whitman, R. V. 1969. Soil Mechanics. John Wiley & Sons. New York.
- Meyerhoff. 1976. Principle of Geotechnical Engineering. PWS Publisher. New York.
- Prakash, Shamsheer. 1990. Pile Foundations in Engineering Practice. Willey & Sons, Inc. New York.
- Pusat Litbang Prasarana Transportasi. 2001. Pd T-09-2005-B, Pedoman Rekayasa Lereng untuk Jalan.
- <http://www.ebookteknik002.blogspot.com/p/id1001-1050.html>, 25 Juni 2013
- <http://www.esdm.go.id/batubara/docdownload/489-pengenalan-gerakan-tanah.html>, 20 Juli 2013
- Apoji, D., Susila, E. Penentuan Kuat Geser Clay Shale Terdegradasi Menggunakan Metode Elemen Hingga: Studi Kasus Stabilitas Lereng di Balikpapan. Development of Geotechnical Engineering in Civil Works and Geo-Environment 10-11 February 2011 Yogyakarta.
- Look, Burt.G. 2007. Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables. Taylor & Francis Group. London, UK.