



ANALISIS LONGSORAN RUAS JALAN CENING KECAMATAN SINGOROJO KABUPATEN KENDAL JAWA TENGAH

Daniel Aprinando Hutahaean, Tri Sumirat Kartiko, Sri Prabandiyani^{*)}, Bambang Pardoyo^{*)}

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 Cening Kecamatan Singorojo Kabupaten Kendal Jawa Tengah. Jalan ini melintasi perbukitan dimana kondisi tanahnya yang kurang stabil. Berdasarkan hasil pengujian bor tanah, lapisan tanah yang terdapat pada daerah tersebut adalah lempung, batu lempung (menyerpih), dan batu lempung clay shale. Tugas akhir ini menganalisa besarnya nilai faktor keamanan lereng yang meliputi kondisi dimana terjadinya pergerakan tanah pada lereng yang disebabkan oleh lereng yang tidak stabil akibat degradasi lapisan tanah, perhitungan manual stabilitas lereng menggunakan metode Fellenius dan program komputer Plaxis V.8. Berdasarkan perhitungan manual menggunakan metode Fellenius, diperoleh nilai faktor keamanan lereng sebesar 1,074 dan menggunakan software Plaxis diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,081. Nilai faktor keamanan tersebut masih kurang dari persyaratan kestabilan lereng yaitu 1,5, sehingga kondisi lereng tersebut berpotensi mengalami longsor. Hasil analisis menunjukkan bahwa perkuatan lereng menggunakan bored pile dengan diameter 0,55 meter pada kedalaman lima meter yang diletakkan pada bagian bawah lereng adalah alternatif penanganan yang memiliki peningkatan nilai faktor keamanan yang paling besar dimana nilai faktor keamanan kondisi eksisting semula sebesar 1,081 menjadi 1,812.

kata kunci : *longsor, stabilitas lereng, fellenius, Plaxis, dinding penahan tanah, bored pile*

ABSTRACT

This Final Project contained about land stability and it countermeasures on roads Cening Sub-district of Singorojo District of Kendal Central Java. This road crosses the hills with unstable soil conditon. Based on the soil drilling test result, it's contain of clay, clay stone (splinter), and clay stone (clay shale) layers. This Final Project analyzes value of the slope safety factor that included a condition when occured of the movement of soil slopes which is caused by instability on slopes due to degdradation of soil layers, manual calculation of slope stability using Fellenius method and Plaxis V.8.2 computer program. Based on the to manual calculation of slope stability using Fellenius method,it's obtained value of the slope safety factor equal to 1,074 and use Plaxis software obtained value of

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

the slope safety factor equal to 1,081. Those values of the slope safety factor are still less than slope stability regulation equal to 1,5, with the result that the slope condition is prone to landslide. The Analysis result indicate that reinforcement slope with bored pile with diameter of 0,55 m in depth of five meters which is placed at the bottom of the slope, it's the alternative handling had increased the value of the safety factor with the factor of safety of the existing condition which is from 1,081 become 1,812.

keywords: *landslide, slope stability, fellenius, Plaxis, retaining walls, bored pile.*

PENDAHULUAN

Ruas jalan Cening Kecamatan Singorojo Kabupaten Kendal Jawa Tengah merupakan jalan kabupaten yang mempunyai peranan penting dalam perkembangan ekonomi regional maupun nasional. Mengingat pentingnya hal itu, maka perkembangan arus lalu lintas pada daerah tersebut harus diikuti dengan tingkat pelayanan jalan yang sesuai agar tidak mengganggu kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan. Sepanjang ruas jalan Cening Kabupaten Kendal yang menghubungkan jalan Limbangan menuju Singorojo menghadapi masalah stabilitas, kemudian terjadi kelongsoran pada badan jalan dan lereng jalan sehingga jalan tersebut harus ditutup untuk mengantisipasi longsoran yang lebih parah. Masalah keamanan jalan juga patut diperhitungkan, kelongsoran tahap keduaupun mungkin saja terjadi apabila langkah-langkah efektif tidak diambil untuk mengatasi permasalahan tersebut.

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.

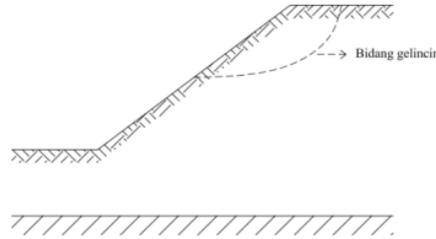
Selain meningkatnya intensitas curah hujan, lereng atau tebing yang terjal juga dapat menyebabkan terjadinya longsoran tanah karena mampu memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin.

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 meter dan sudut lereng lebih dari 220. 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 longsoran yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsoran lama.

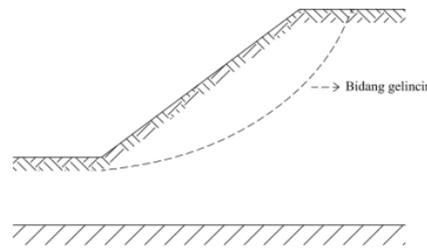
Jenis Longsoran

Kelongsoran muka, longsoran ini terjadi sepanjang bidang gelincir yang masih terletak dalam batas lereng, seperti pada Gambar 1.



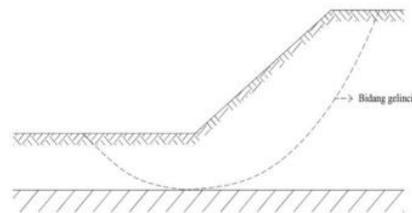
Gambar 1. Kelongsoran Muka

Kelongsoran dasar, bila bidang gelincir longsoran melewati ujung bawah lereng, seperti pada Gambar 2.



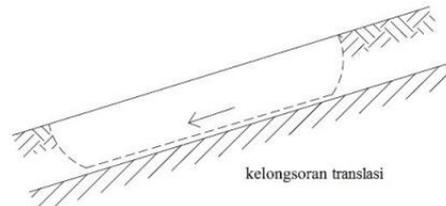
Gambar 2. Kelongsoran Dasar

Kelongsoran ujung kaki, bila bidang gelincir longsoran terletak pada ujung bawah lereng, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Kelongsoran Ujung Kaki

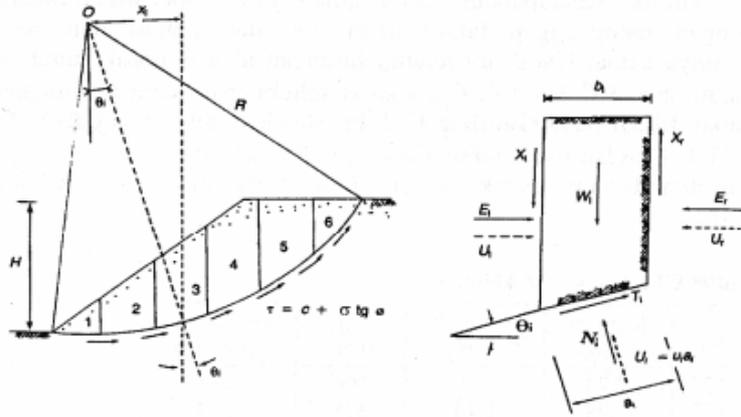
Kelongsoran translasi, terjadi bila bentuk permukaan runtuh dipengaruhi oleh adanya kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kelongsoran Translasi

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.



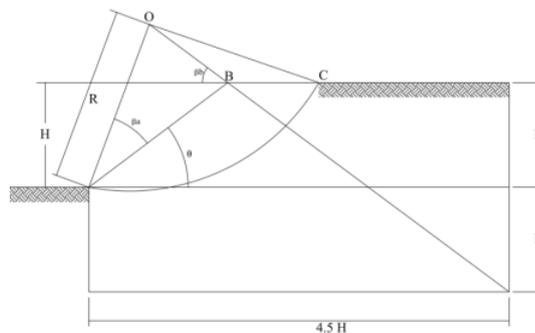
Gambar 5. Gaya-Gaya dan Asumsi Bidang pada tiap Pias Bidang Longsor

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

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c a_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \phi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

Dimana c merupakan kohesi tanah, ϕ sudut geser tanah, a_i panjang bagian lingkaran pada irisan ke- i , N_i adalah gaya yang bekerja tegak lurus bidang longsor irisan ke- i , W_i merupakan berat isi tanah ke- i . θ_i sudut yang didefinisikan pada gambar diatas.

Untuk mempermudah cara trial and error terhadap stabilitas lereng, maka titik-titik pusat bidang longsor yang berupa busur lingkaran harus ditentukan dahulu melalui suatu pendekatan seperti Gambar 6. Fellenius memberikan petunjuk untuk menentukan lokasi titik pusat busur longsor kritis yang melalui tumit suatu lereng pada tanah kohesif (c -soil) seperti pada Tabel 1.

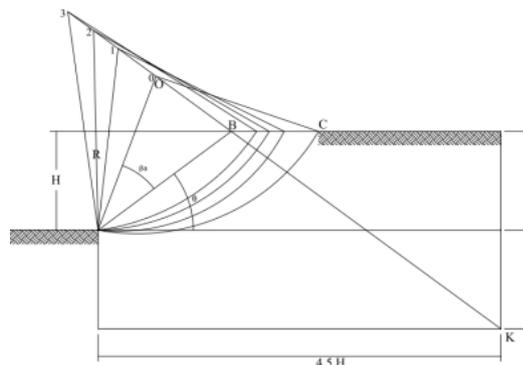


Gambar 6. Lokasi Pusat Busur Longsor Kritis pada Tanah Kohesif

Tabel 1. Sudut-Sudut Petunjuk Menurut Fellenius

Lereng 1:n	Sudut Lereng (\emptyset) ($^{\circ}$)	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°

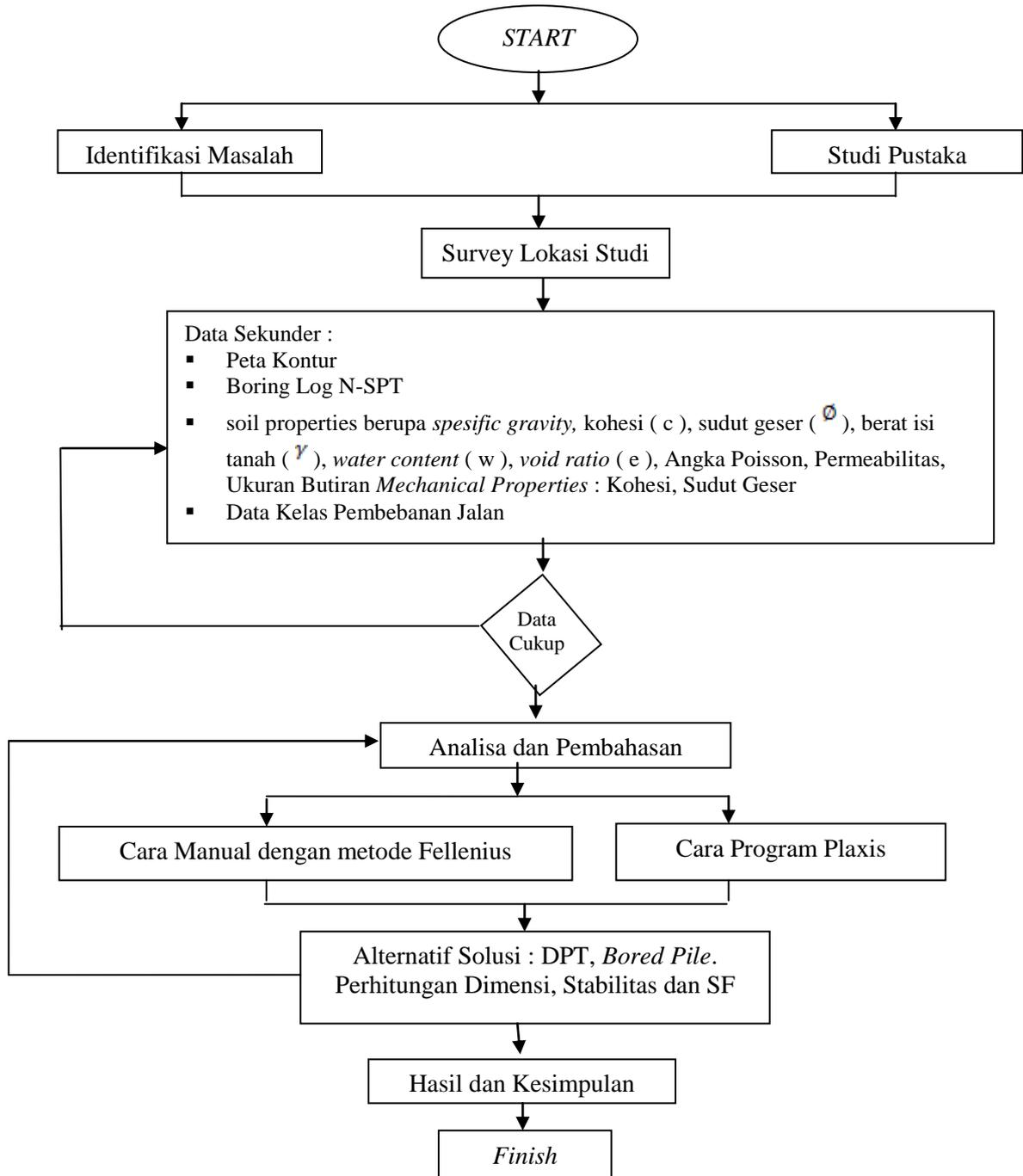
Pada tanah \emptyset -c untuk menentukan letak titik pusat busur lingkaran sebagai bidang longsor yang melalui tumit lereng dilakukan secara coba-coba dimulai dengan bantuan sudut-sudut petunjuk Fellenius untuk tanah kohesif ($\emptyset = 0$). Grafik Fellenius menunjukkan bahwa dengan meningkatnya nilai sudut geser \emptyset maka titik pusat longsor akan bergerak naik dari O_0 yang merupakan pusat busur longsor tanah c ($\emptyset=0$) sepanjang garis O_0 -K yaitu $O_1, O_2, O_3, \dots O_n$. Titik K merupakan koordinat pendekatan dimana $X=4,5 H$, dan pada sepanjang garis O_0 -K inilah diperkirakan terletak titik pusat bidang longsor. Dan dari busur longsor tersebut dianalisa masing-masing angka keamanannya untuk memperoleh nilai n yang paling minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Posisi Titik Pusat Busur Longsor pada Garis $O(n) - K$

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam analisa geoteknik pada evaluasi kelongsoran ruas jalan Cening Kecamatan Singorojo Kabupaten Kendal 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 pada Gambar 7.a yang menunjukkan alur analisa penelitian.



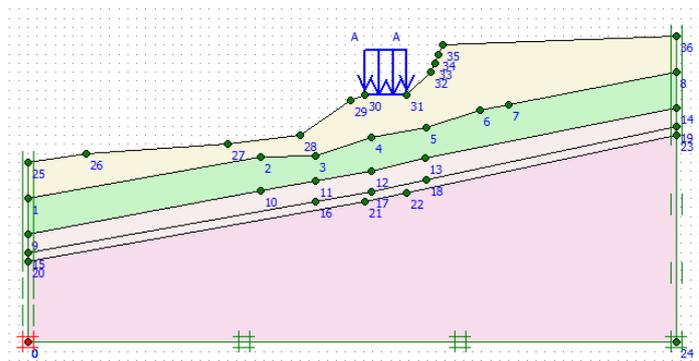
Gambar 7a. *Flowchart* Analisa

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penyelidikan tanah data bor log, terdapat lapisan lempung dengan ketebalan 4 meter, lapisan batu lempung (menyerpih) dengan tebal lapisan 6 meter dan lapisan batu lempung (*clay shale*) dengan ketebalan 10 meter. Tabel 2 adalah tabel parameter tanah yang digunakan dalam perhitungan stabilitas lereng dan Gambar 8 merupakan pemodelan lerengnya.

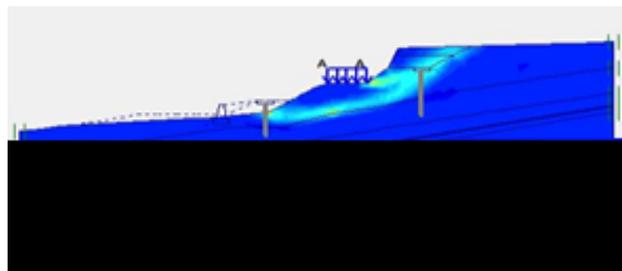
Tabel 2. Parameter Tanah

Lapisan	γ (kN/m^3)	C_u (kN/m^2)	ϕ_u ($^\circ$)	C' (kN/m^2)	ϕ' ($^\circ$)	E (kN/m^2)
Lempung	17,264	20	12	7	17	10000
Batu Lempung (Menyerpih)	17,566	25	20	40	25	25000
Batu Lempung (Menyerpih) terdegradasi	17,566	10	0	0,2	17	25000
Batu Lempung (<i>clay shale</i>) terdegradasi	18,264	10	0	0,2	17	45000
Batu Lempung (<i>clay shale</i>)	18,264	31	19	50	30	45000



Gambar 8. Pemodelan Lereng

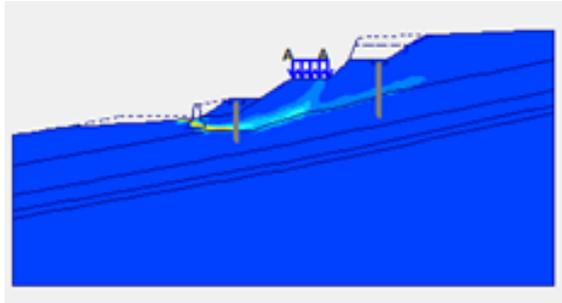
Hasil perhitungan menggunakan program Plaxis V.8.2 dengan pemodelan lereng seperti Gambar 8, diperoleh nilai faktor keamanan lereng sebesar 1,081. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil analisis perhitungan manual dengan metode Fellenius yaitu sebesar 1,074. Karena nilai faktor keamanan yang 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

Untuk mengatasi hal tersebut, maka diberikan beberapa alternatif penanganan yaitu melakukan pemotongan bukit dan penimbunan pada bagian bawah lereng guna melandaikan lereng. Hasil perhitungan dengan program Plaxis V.8.2 diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,416. Hasil faktor keamanan dengan alternatif penanganan ini mengalami peningkatan dari kondisi eksisting. Meskipun mengalami peningkatan, tetapi lereng tersebut masih dapat dikatakan belum stabil (tidak aman) karena nilai faktor

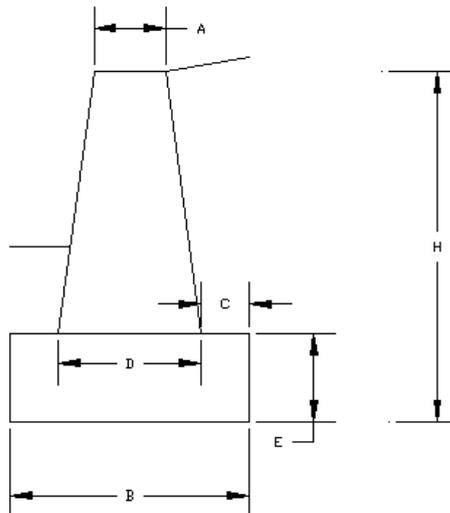
keamanan yang diperoleh masih kurang dari nilai faktor keamanan lereng yang disyaratkan yaitu 1,5. Berikut adalah Gambar 10 yang merupakan *Incremental Shear Strain* kondisi penanganan pertama.



Gambar 10. *Incremental Shear Strain* Tahap Pemotongan Bukit dan Penimbunan Tanah

Dari hasil *Incremental Shear Strain* dapat dilihat bahwa posisi bidang gelincir berubah dari kondisi eksisting. Semula bidang gelincir dimulai dari lereng bagian atas hingga kaki lereng sedangkan kondisi penanganan pertama bidang gelincir memendek yang dimulai dari bagian atas jalan hingga kaki lereng.

Untuk menambah perkuatan lereng, dilakukan pemasangan dinding penahan tanah pada bagian kaki lereng dengan tinggi 3 meter dan lebar dasar 2 meter seperti pada Gambar 11.

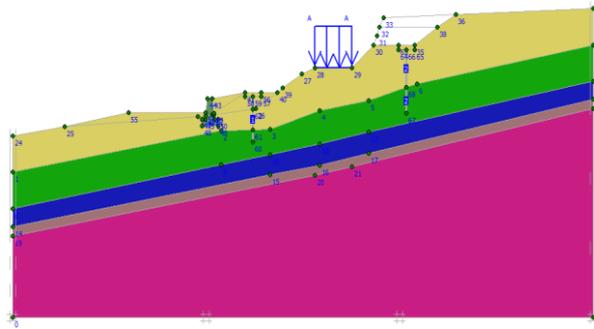


Gambar 11. Dimensi Dinding Penahan Tanah

Dengan tinggi (H) 3 meter, lebar (B) 2 meter, lebar puncak (A) 0,6 meter, Tinggi kaki (E) 0,75 meter, dan lebar toe and heel (C) 0,4 meter.

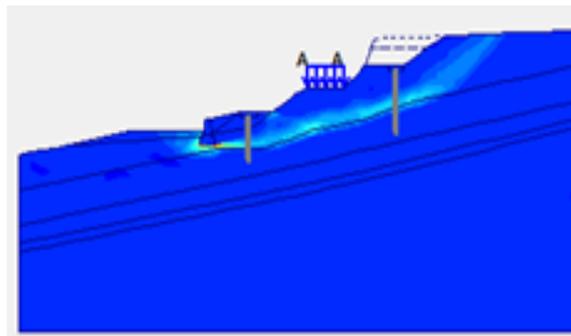
Hasil perhitungan stabilitas dinding penahan tanah secara manual diperoleh faktor keamanan terhadap guling sebesar 3,58. $FK > 2$ maka dinding penahan tanah dapat dikatakan aman dari bahaya guling. Sedangkan hasil perhitungan terhadap stabilitas geser, diperoleh nilai FK sebesar 1,56. $FK > 1,5$ maka dinding penahan tanah dapat dikatakan aman terhadap bahaya geser.

Gambar 12 adalah pemodelan lereng dengan perkuatan pemotongan bukit, penimbunan tanah, dan dinding penahan tanah.



Gambar 12. Perkuatan Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan perhitungan menggunakan program Plaxis V.8.2, diperoleh nilai faktor keamanan (FK) 1,503. Nilai ini mendekati nilai faktor keamanan lereng yang disyaratkan yaitu sebesar 1,5. *Incremental shear strain* dari perkuatan ini dapat dilihat pada Gambar 13.

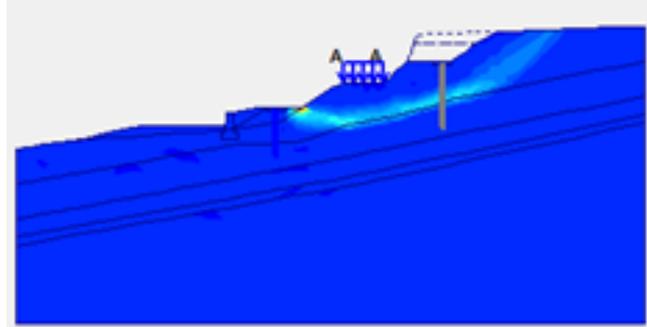


Gambar 13. *Incremental Shear Strain* Perkuatan Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + DPT

Kemudian ditambah perkuatan dengan *bored pile* dengan diameter 0,55 meter pada lereng bagian tengah dengan kedalaman 5 meter. Berdasarkan perhitungan Plaxis dengan penambahan perkuatan *bored pile* tersebut, diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,537. Hasil tersebut melebihi nilai faktor keamanan yang disyaratkan, sehingga dapat dikatakan lereng tersebut aman. Tabel 3 merupakan properties dari *bored pile* dan Gambar 14 merupakan gambar *Incremental shear strain* dari perkuatan tersebut.

Tabel 3. Parameter Desain *Bored Pile* (D = 0,55m)

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Material Model	-	<i>Elastic</i>	-
Kekakuan Normal (<i>Normal Stiffness</i>)	EA	$2,405 \times 10^6$	kN/m
Kekakuan Lentur (<i>Flexural Rigidity</i>)	EI	$4,547 \times 10^4$	kNm ² /m
Tebal Ekuivalen (<i>Equivalent Tickness</i>)	d	0,476	m
<i>Weight</i>	w	25,86	kN/m ²
<i>Poisson's Ratio</i>	v	0,150	-

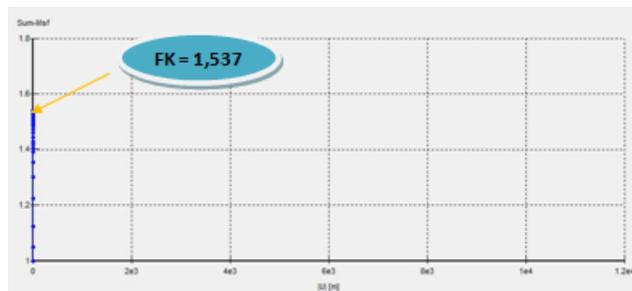


Gambar 14. *Incremental Shear Strain* Perkuatan Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + DPT + *Bored Pile 1*

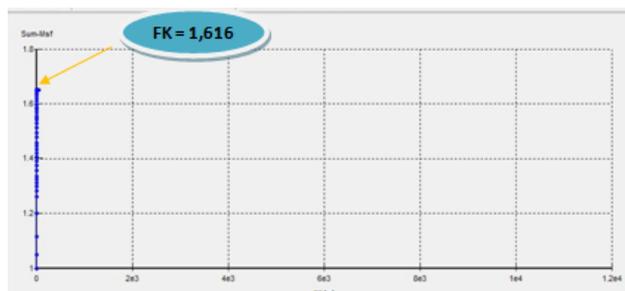
Selanjutnya ditambahkan perkuatan *bored pile* dengan dimensi 0,6 meter dan kedalaman 7 meter pada lereng bagian atas. Berdasarkan Plaxis V.8.2, dengan adanya penambahan *bored pile* tersebut diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,616. Tabel 4 merupakan *properties bored pile* dengan diameter 0,6 meter. Gambar 15 dan Gambar 16 merupakan kurva faktor keamanan dari penambahan perkuatan *bored pile*.

Tabel 4. Parameter Desain *Bored Pile* (D = 0,6 m)

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Material Model	-	<i>Elastic</i>	-
Kekakuan Normal (<i>Normal Stiffness</i>)	EA	$2,862 \times 10^6$	kN/m
Kekakuan Lentur (<i>Flexural Rigidity</i>)	EI	$6,44 \times 10^4$	kNm ² /m
Tebal Ekuivalen (<i>Equivalent Thickness</i>)	d	0,520	M
<i>Weight</i>	w	43,08	kN/m ²
<i>Poisson's Ratio</i>	v	0,150	-



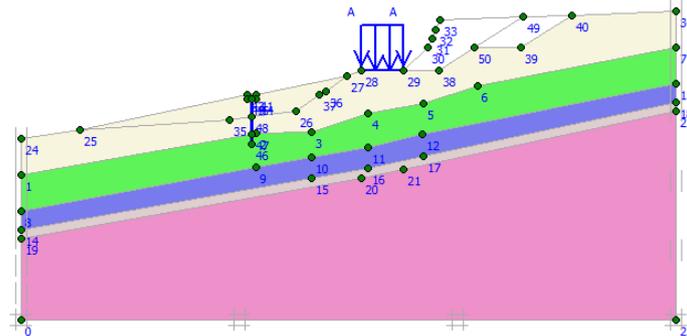
Gambar 15. Kurva Perkuatan Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + DPT + *Bored Pile 1*



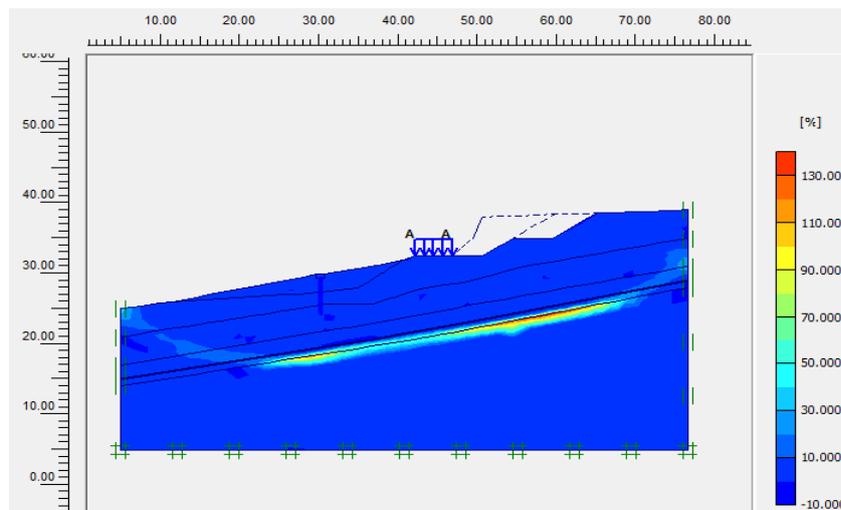
Gambar 16. Kurva Perkuatan Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + DPT + *Bored Pile 1* + *Bored Pile 2*

Berdasarkan kurva tersebut dalam dikatakan bahwa terjadi peningkatan nilai faktor keamanan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penambahan *bored pile* pada lereng bagian atas mampu meningkatkan stabilitas keamanan lereng.

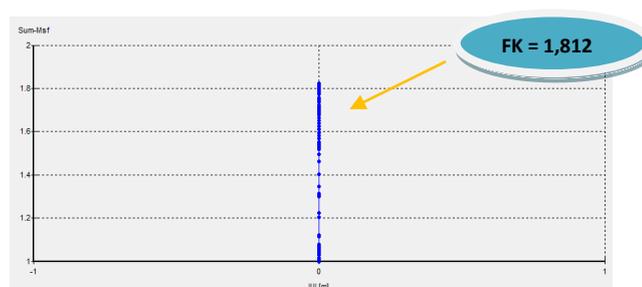
Kemudian dilakukan perkuatan pemotongan bukit dan penimbunan tanah dengan tipe dua dan pemasangan *bored pile* dengan diameter 0,55 meter dan kedalaman 5 meter, seperti pada Gambar 17. *Properties bored pile* seperti pada Tabel 3. Gambar 18 merupakan *Incremental Shear Strain* dan Gambar 19 merupakan kurva faktor keamanan dari penanganan tersebut.



Gambar 17. Perkuatan Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + *Bored Pile*



Gambar 18. *Incremental Shear Strain* Perkuatan Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + *Bored Pile*



Gambar 19. Kurva Perkuatan Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + *Bored Pile*

Berdasarkan kurva dapat diketahui besarnya nilai faktor keamanan perkuatan pemotongan bukit, penimbunan tanah, dan pemasangan *bored pile* tipe kedua (alternatif kelima) adalah 1,812.

KESIMPULAN

Beberapa faktor penyebab terjadinya tanah longsor adalah kondisi lereng yang terjal, meningkatnya intensitas curah hujan, tata guna lahan yang kurang tepat, adanya jenis tanah yang kurang padat serta kondisi drainase di daerah lereng yang kurang baik.

Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan melakukan pemotongan bukit, penimbunan tanah, dan pemasangan *bored pile* pada lereng seperti tipe alternatif penanganan kelima mampu memberikan nilai faktor keamanan yang baik. berikut adalah Tabel 5 yang berisi rekapitulasi nilai faktor keamanan untuk beberapa kondisi perkuatan.

Tabel 5. Rekapitulasi Faktor Keamanan Berbagai Kondisi

Kondisi/Penanganan	Faktor Keamanan	
	Manual	Plaxis
Kondisi Eksisting	1,074	1,081
Pemotongan Bukit dan Penimbunan Tanah		1,416
Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + Pemasangan DPT		1,503
Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + Pemasangan DPT + <i>Bored Pile</i> 5 meter		1,537
Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + Pemasangan DPT + <i>Bored Pile</i> 5 meter + <i>Bored Pile</i> 7 meter		1,616
Pemotongan Bukit + Penimbunan Tanah + <i>Bored Pile</i> 5 meter (Tipe2)		1,812

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.

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.