

ANALISA KESTABILAN LERENG METODE LOWE-KARAFIATH (STUDI KASUS : GLORY HILL CITRALAND)

Giverson Javin Rolos, Turangan A. E., O. B. A. Sompie
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi

ABSTRAK

Pada daerah Glory Hill Citraland, terdapat sebuah lereng yang tinggi dan di bawah lereng ada pemukiman penduduk. Akibat adanya *cut and fill* menimbulkan keresahan diantara penduduk yang bermukim di sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng, tipe *Slope Protection* yang efektif, posisi *Slope Protection* yang paling efektif dan mencegah terjadinya kelongsoran. Dalam penulisan penelitian ini, peneliti menggunakan metode Lowe-Karafiath yang di aplikasikan pada program komputer Slide 5.0, Dalam perhitungan menggunakan program tersebut, diperlukan pengujian dari laboratorium agar sifat-sifat tanah diketahui, serta diperoleh parameter geser tanah seperti kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), dan berat isi tanah (γ). Hasil analisa yang diperoleh pada Glory Hill Citraland, lereng dalam keadaan tidak stabil dengan nilai faktor keamanannya 0,422, sedangkan setelah diadakan *Slope Protection* berupa *Nailing* dan tembok penahan seberat 160 KN/m, faktor keamanannya menjadi 1,506 dan lereng dalam keadaan stabil.

Kata kunci : *nailing*, metode Lowe-Karafiath, faktor keamanan

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Sebuah lereng pada Glory Hill Citraland, yang di bagian bawah lereng ada pemukiman penduduk. Akibat adanya *cut and fill* menimbulkan keresahan diantara penduduk yang bermukim di sekitarnya. Permukaan tanah tidak selalu membentuk bidang datar atau mempunyai perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu lereng (*Slope*). Lereng merupakan suatu kondisi topografi yang banyak dijumpai pada berbagai pekerjaan konstruksi sipil. Lereng dapat terjadi secara alami maupun sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu. Longsoran merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi pada lereng-lereng alami maupun buatan. Kelongsoran lereng kebanyakan terjadi pada saat musim penghujan. Itu terjadi akibat peningkatan tekanan air pori pada lereng. Hal ini berakibat pada terjadinya penurunan kuat geser tanah (c), sudut geser dalam (ϕ) dan berat isi tanah (γ) yang selanjutnya menyebabkan kelongsoran. Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu untuk mengatasi masalah tersebut analisis stabilitas lereng sangat diperlukan di lokasi tersebut. Ukuran kestabilan lereng diketahui dengan menghitung besarnya faktor keamanan.

Rumusan Masalah

Menentukan parameter tanah c, ϕ, γ , untuk mendapatkan faktor keamanan dari lereng, serta lereng dalam keadaan aman ($FK > 1,5$).

Batasan Masalah

1. Pembatasan masalah meliputi, tanah yang diteliti berlokasi di Glory Hill Citraland Manado
2. Tidak dipengaruhi gempa.
3. Sampel yang digunakan adalah tanah yang tak terganggu (*undisturb*), hanya untuk bidang kelongsoran yang berbentuk lingkaran.
4. Data yang digunakan adalah data yang telah tersedia, yang didapat dari survey instansi/perorangan sebelumnya.

Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai, yaitu:

- Untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng berdasarkan perhitungan faktor keamanan dengan metode *Lowe-Karafiath*.
- Untuk mengetahui tipe *Slope Protection* yang efektif di lokasi tersebut.
- Untuk mendapatkan grafik hubungan FK dan c, ϕ, γ .

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini dapat diperoleh manfaat antara lain :

- a. Sebagai acuan untuk perkembangan ilmu pengetahuan teknik sipil, khususnya pada penggunaan metode *Lowe Karafiath*.
- b. Untuk menambah informasi praktisi dan akademisi dibidang menganalisa kestabilan lereng dengan menggunakan program komputer.
- c. Untuk menghilangkan keresahan penduduk yang bermukim disekitar lereng tersebut.

2. Landasan Teori

Cara-cara Untuk Menstabilkan Lereng

Beberapa cara memperbaiki atau menstabilkan suatu daerah dimana telah terjadi kelongsoran atau mungkin akan terjadi kelongsoran. Ada beberapa cara yang dipakai untuk menjadikan lereng supaya stabil, dibagi dalam 2 golongan yaitu (Wesley dan Pranyoto, 2010) :

- 1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak gaya atau momen penggerak dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng yang bersangkutan yaitu :
 - a. Merubah lereng lebih datar atau mengurangi sudut kemiringan. Cara ini kurang cocok untuk lereng yang tinggi.
 - b. Memperkecil ketinggian lereng
 - c. Merubah lereng menjadi multiple slope (lereng bertingkat). Dapat dipakai untuk lereng yang tinggi.
- 2. Memperbesar gaya melawan atau momen melawan.
 - a. Dengan memakai "*counter weight*", yaitu tanah timbunan pada kaki lereng. Cara ini mudah dilaksanakan asalkan ada tempat dikaki lereng yang dipakai untuk keperluan ini.
 - b. Dengan mengurangi air pori didalam lereng.
 - c. Dengan cara mekanis, yaitu dengan memasang tiang pancang atau tembok penahan tanah.

Kekuatan Geser Tanah

Kekuatan geser tanah dapat didefinisikan sebagai tahanan maximum dari tanah terhadap tahanan geser. Kekuatan tanah timbul akibat bidang kontak antar partikel-partikel tanah yang menghasilkan gaya normal dan gaya geser. Secara umum kontak antar partikel-partikel tanah sebagian besar menghasilkan gaya geser. Oleh karena itu kekuatan geser dipengaruhi secara langsung oleh tegangan efektif. Kekuatan geser tanah (s) disuatu titik pada bidang tertentu dikemukakan oleh Mohr Coulomb sebagai suatu fungsi linier terhadap tegangan normal (σ).

$$s = c + \sigma \tan \phi$$

Persamaan tersebut berlaku jika pori-pori tanah hanya terisi oleh udara pada tekanan atmosfer, sehingga tegangan normal (σ) disebut tegangan total. Kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) adalah parameter-parameter kekuatan geser. Berdasarkan konsep Terzaghi, tegangan geser pada tanah hanya dapat ditahan oleh partikel-partikel padatnya. Selanjutnya kekuatan geser tanah dapat dinyatakan sebagai fungsi dari tegangan normal efektif (σ').

$$s = c' + \sigma' \tan \phi'$$

Dimana c' dan ϕ' adalah parameter-parameter kekuatan geser pada tegangan efektif. Kekuatan geser dapat juga dinyatakan dalam tegangan-tegangan utama σ_{1f} dan σ_{3f} pada keadaan runtuh dititik yang ditinjau, kemudian dapat digambarkan lingkaran Mohrnya (titik tegangannya).

Rumus-rumus Dasar Metode Lowe-Karafiath

$$\tan \theta = \frac{\Delta X}{\Delta E} = \frac{X_R - X_L}{E_R - E_L} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana θ adalah sudut dari resultan gaya yang bekerja di sekitar bidang irisan terhadap horizontal. Masukkan persamaan (1) ke dalam persamaan (2) berikut untuk menghitung gaya normal.

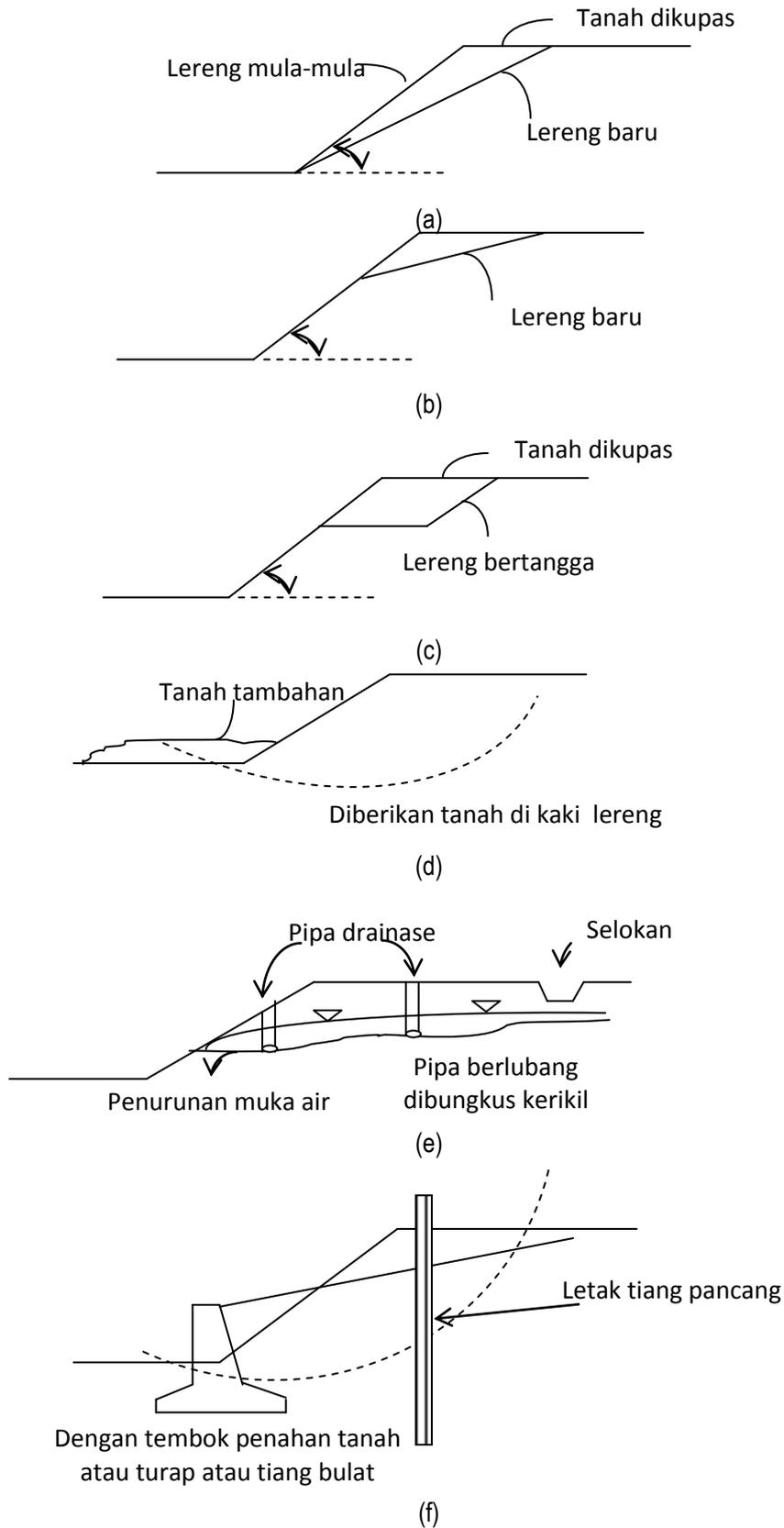
$$P = \frac{W - (E_R - E_L) \tan \theta - \frac{1}{F} (c' l \sin \alpha - ul \tan \phi' \sin \alpha)}{\cos \alpha (1 + \tan \alpha \frac{\tan \phi'}{F})} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan memperhitungkan keetimbangan gaya dan momen, akan dihasilkan 2 jenis faktor keamanan, yaitu F_f (berdasarkan kesetimbangan gaya) dan F_m (berdasarkan momen), yang dirumuskan :

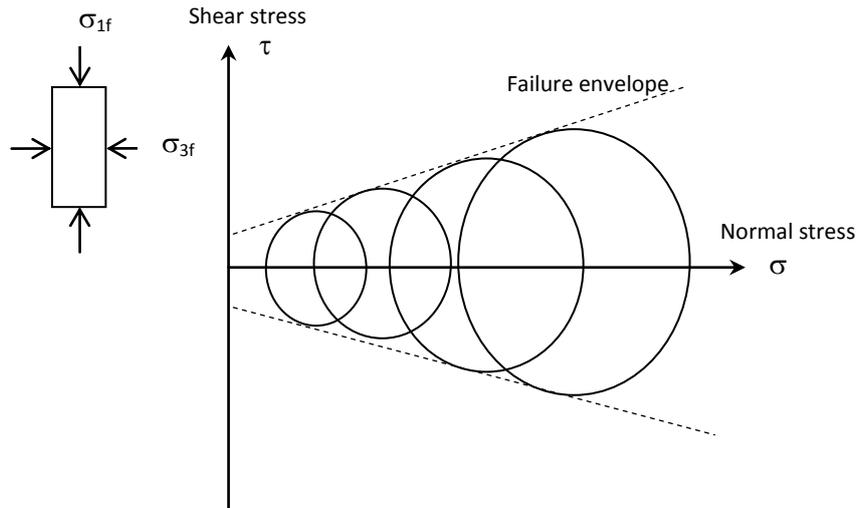
$$F_m = \frac{\sum (c' l + (P - ul) \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha} \dots \dots \dots (3)$$

$$F_f = \frac{\sum (c' l + (P - ul) \tan \phi') \sec \alpha}{\sum (W - (X_R - X_L)) \tan \alpha} \dots \dots \dots (4)$$

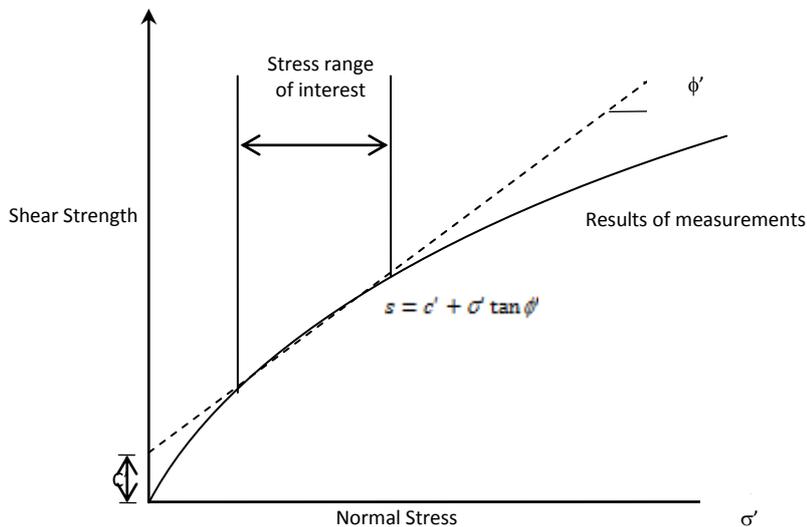
Analisa perhitungan ini dilakukan dengan cara trial and error untuk menyelesaikan persamaan ini. Faktor keamanan didefinisikan sebagai faktor dimana kekuatan material harus dikurangi hingga mendapatkan kesetimbangan batas yang tetap yaitu dimana suatu gaya pendorong yang bekerja sama dengan gaya penahan yang bekerja. Faktor ini didapatkan dengan serangkaian perhitungan dengan pengurangan kekuatan dengan metode trial and error hingga koefisien gaya horizontal mencapai nilai 0 yang menandakan bahwa nilai faktor keamanannya sama dengan 1. Proses untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dalam metode ini dilakukan perhitungan hingga didapatkan nilai faktor keamanan yang serupa dari tiap proses analisa.



Gambar 1. Cara-cara Menstabilkan Lereng : (a). Lereng dikupas kemudian dibuat lereng baru; (b). Lereng dikupas hanya pada bagian kritisnya ; (c). Lereng dikupas menjadi lereng bertangga; (d). Lereng diberikan tanah tambahan pada kaki lereng; (e). Lereng diberikan selokan dan pipa drainase yang dibungkus krikil; (f). Lereng diberikan tiang pancang dan tembok penahan tanah atau turap atau tiang bulat



Gambar 2. Lingkaran Mohr



Gambar 3. Garis Lurus Pendekatan untuk Lengkung Selubung Keruntuhan

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan urutan kegiatan seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.

4. Hasil dan Pembahasan

Keadaan Lokasi

Glory Hill Citraland berada di tengah sejumlah perbukitan dengan karakteristik tanah yang umumnya bervariasi jenis tanah dengan tras. Wilayah yang di tinjau dari perhitungan faktor keamanan lereng adalah pada daerah dengan jenis tanah berbagai macam dan tras. Jadi daerah ini dapat dijadikan dasar untuk menentukan stabil tidaknya lereng tersebut.

Data-data Lereng

Untuk menganalisa lereng dari Glory Hill, data data diambil dari lapangan kemudian contoh tanah tersebut diteliti di laboratorium. Melalui uji karakteristik tanah untuk tanah yang terganggu dan melalui uji triaxial untuk tanah yang tidak terganggu untuk mendapatkan berat isi tanah (γ), sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c). Dari penyelidikan di lapangan secara visual dilihat ada dua lapisan yaitu dari 0.00 meter sampai 2.00 meter dan 2.00 meter sampai 25.00 meter. Sedangkan rasio tegangan air pori (RU) diambil secara empiris yaitu sebesar 0,3.

Adapun data-data lereng sebagai berikut :

Titik I (pada kedalaman 0.00 – 2.00 meter) :

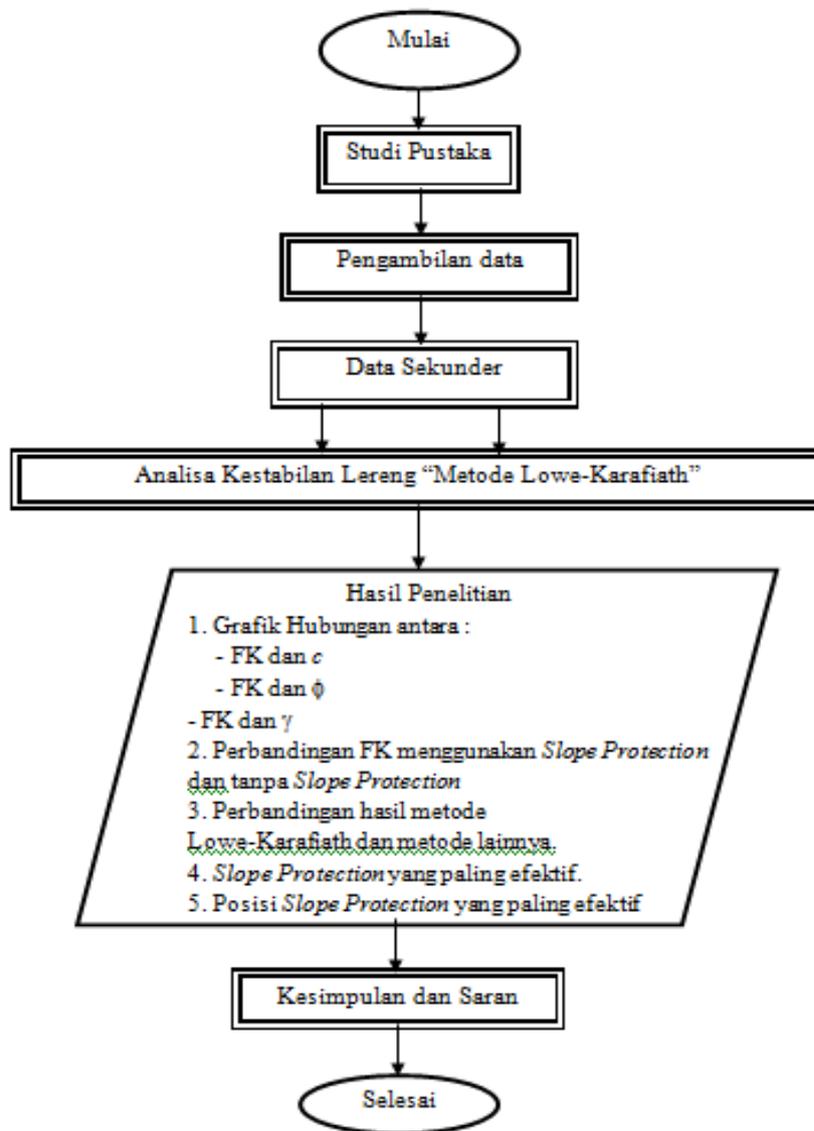
1. Kohesi tanah (C_1) : 0.400 t/m²
2. Sudut geser dalam (ϕ_1) : 27⁰
3. Berat isi tanah (γ_1) : 1.553 t/m³
4. Rasio tegangan air pori (Ru_1) : 0.3

Titik II (pada kedalaman 2.00–29.00 meter) :

1. Kohesi tanah (C_2) : 0.475 t/m²
2. Sudut geser dalam (ϕ_2) : 27.5⁰
3. Berat isi tanah (γ_2) : 1.584 t/m³
4. Rasio tegangan air pori (Ru_2) : 0.3

Koordinat Glory Hill dalam aplikasi *Slide* adalah :

- A (0.00,0.00)
- B (43.00,0.00)
- C (43.00,29.00)
- D (33.00,29.00)
- E (10.00,4.00)
- F (0.00,4.00)
- G (0.00,0.00)
- H (43.00,27.00) untuk boundary
- I (31.169,27.00) untuk boundary

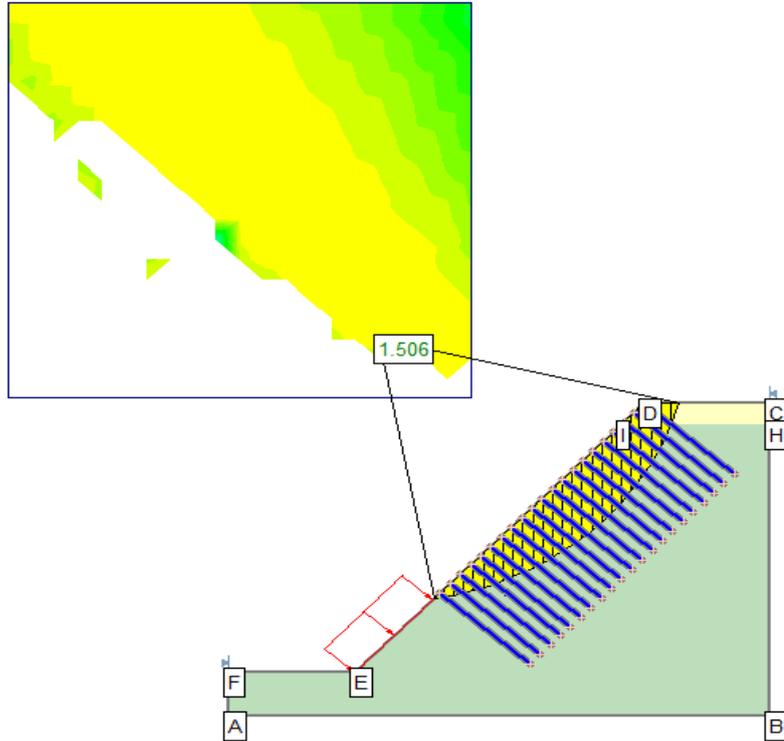


Gambar 4. Bagan Alir Kegiatan Penelitian

Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Program *Slide*
Dengan menggunakan program *Slide* dapat diperoleh nilai faktor keamanan dari masing-masing percobaan.

- Perbandingan *Slope Protection* dengan dan tanpa *Slope Protection* (Tabel 1).

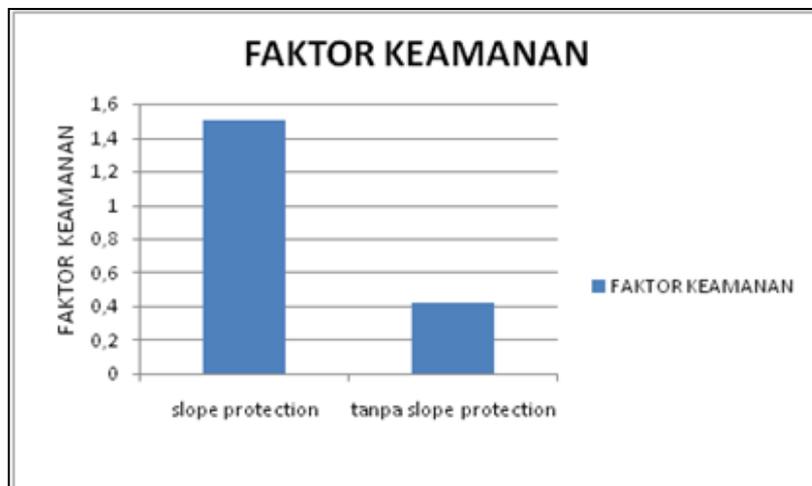
- *Slope Protection* yang paling efektif. Nilai dari faktor keamanan untuk masing-masing percobaan *Slope Protection Ancor* dan Tembok Penahan (160 KN/m), serta *Nailing* dan Tembok Penahan (160 KN/m) dirangkum dalam Tabel 2.



Gambar 5. Lereng dengan Program Slide

Tabel 1. Perbandingan Lereng Menggunakan *Slope Protection* Dan Tanpa *Slope Protection* Dengan Menggunakan Metode *Low Karafiath*

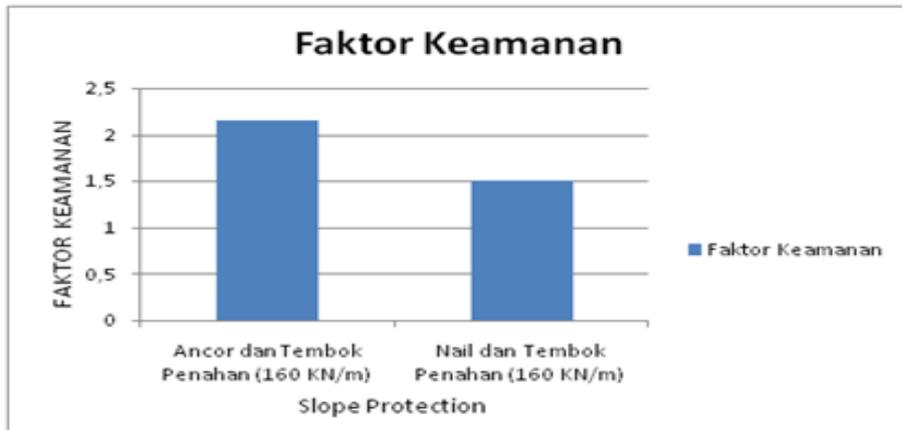
PERCOBAAN	FAKTOR KEAMANAN	KONDISI LERENG
<i>Slope Protection</i>	1.506	STABIL
Tanpa <i>Slope Protection</i>	0.422	TIDAK STABIL



Gambar 6. Faktor Keamanan Hasil Percobaan

Tabel 2. Perbandingan Masing-Masing *Slope Protection*

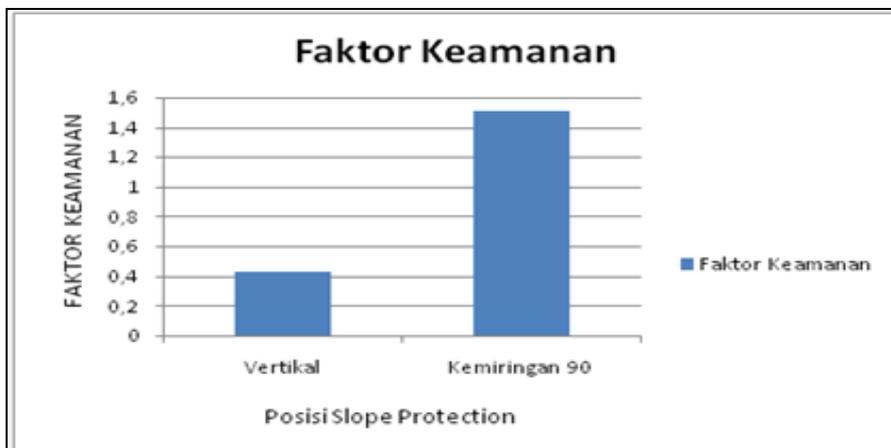
<i>Slope Protection</i>	Faktor Keamanan
Ancor dan Tembok Penahan (160 KN/m)	2.152
Nailing dan Tembok Penahan (160 KN/m)	1.506



Gambar 7. Faktor Keamanan *Slope Protection*

Tabel 3. Posisi *Slope Protection*

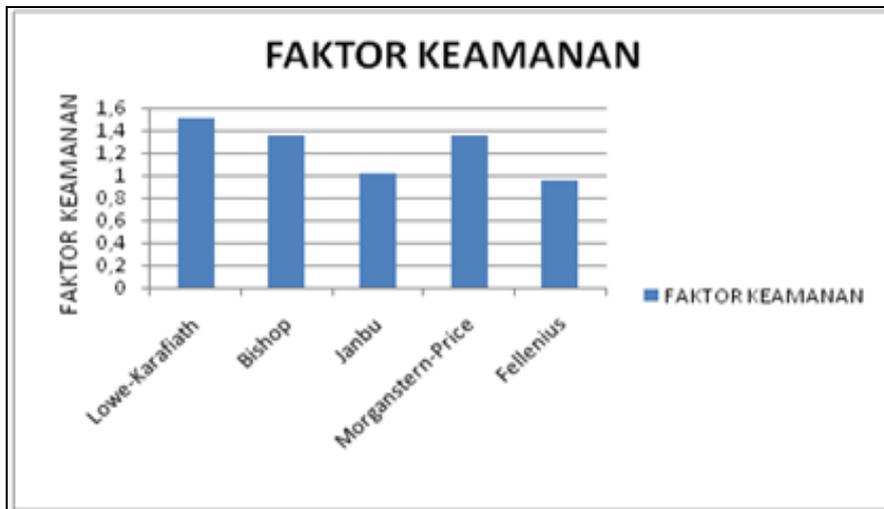
Posisi <i>Slope Protection</i> Terhadap Bidang Miring (Lereng)	Faktor Keamanan
Vertikal	0.428
Kemiringan 90	1.506



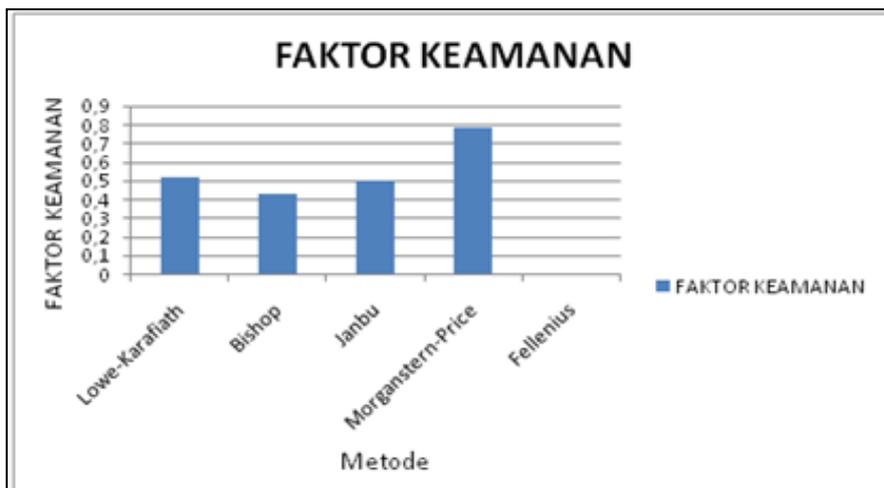
Gambar 8. Perbandingan Posisi *Slope Protection*

Tabel 4. Faktor Keamanan Masing-masing Metode

Metode	Faktor Keamanan (Kemiringan 90°)	Faktor Keamanan (Vertikal)
Lowe-Karafiath	1.506	0.524
Bishop	1.361	0.428
Janbu	1.009	0.502
Morganstern-Price	1.348	0.789
Fellenius	0.951	0



Gambar 9. Faktor Keamanan Masing-masing Metode Dengan Kemiringan Slope Protection 90°



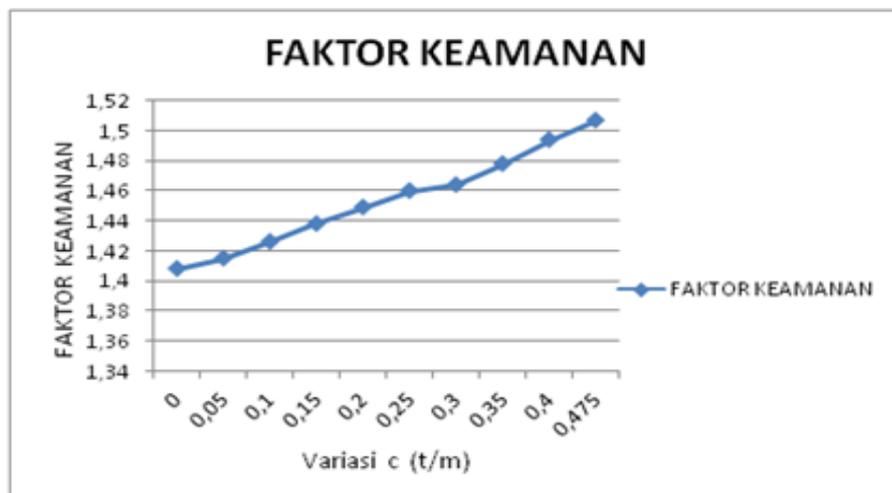
Gambar 10. Faktor Keamanan Masing-masing Metode Dengan Posisi Slope Protection Vertikal

Hasil perhitungan faktor keamanan dengan variasi nilai kohesi terhadap nilai sudut geser dalam dan berat volume yang tetap ditampilkan pada Tabel 5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai kohesi, maka semakin bertambah angka faktor keamanan. Hasil perhitungan faktor keamanan dengan variasi nilai sudut geser dalam terhadap nilai kohesi dan berat volume yang tetap ditampilkan pada Tabel 6. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar nilai sudut geser

dalam, maka semakin bertambah angka faktor keamanan. Hasil perhitungan faktor keamanan dengan variasi berat volume tanah terhadap nilai kohesi dan sudut geser dalam yang tetap ditampilkan pada Tabel 7. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar berat volume tanah, semakin kecil angka faktor keamanan lereng. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa program *Slide* dapat memberikan nilai faktor keamanan yang sesuai dengan kondisi pemodelan lereng.

Tabel 5. Variasi Nilai Kohesi, c (ϕ dan γ tetap) Terhadap Angka Faktor Keamanan

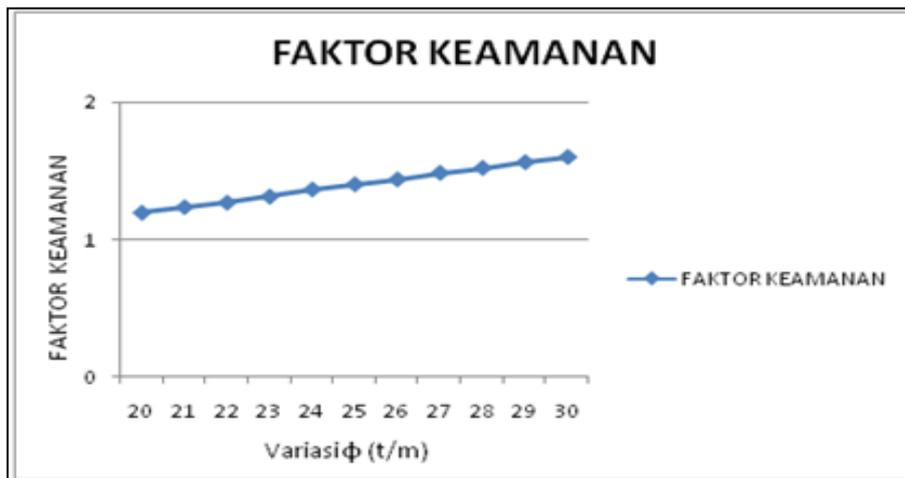
Variasi c (t/m^2)	FAKTOR KEAMANAN
0	1.408
0.05	1.415
0.1	1.426
0.15	1.438
0.2	1.449
0.25	1.460
0.3	1.464
0.35	1.478
0.4	1.494
0.475	1.507



Gambar 11. Hubungan Kohesi, c , dan Faktor Keamanan

Tabel 6. Variasi Sudut Geser Dalam, ϕ , (c dan γ tetap) Terhadap Angka Faktor Keamanan

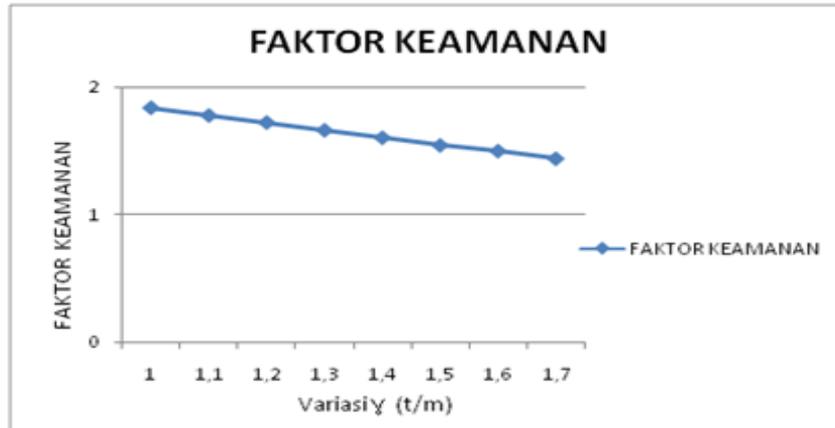
Variasi ϕ ($^{\circ}$)	FAKTOR KEAMANAN
20	1.193
21	1.234
22	1.267
23	1.311
24	1.363
25	1.4
26	1.436
27	1.484
28	1.519
29	1.561
30	1.599



Gambar 12. Hubungan Sudut Geser Dalam, ϕ , dan Faktor Keamanan

Tabel 7. Variasi Berat Volume Tanah, γ , (c dan ϕ tetap) Terhadap Angka Faktor Keamanan

Variasi γ (t/m^3)	FAKTOR KEAMANAN
1.0	1.833
1.1	1.773
1.2	1.718
1.3	1.658
1.4	1.6
1.5	1.541
1.6	1.496
1.7	1.437



Gambar 13. Hubungan Berat Volume Tanah, ϕ , dan Faktor Keamanan

5. Penutup

Kesimpulan

Dari uraian di atas, didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Lereng pada Glory Hill dalam keadaan tidak stabil dengan nilai faktor keamanannya 0.422, sedangkan setelah di pakai *Slope Protection* berupa *Soil Nailing* dan Tembok Penahan, faktor keamanannya menjadi 1.506 dan lereng dalam keadaan stabil.
2. *Slope Protection* yang bisa digunakan adalah *Soil Nailing* dan Tembok Penahan.
3. Posisi *Slope Protection* yang paling efektif adalah kemiringan 90° terhadap bidang miring (lereng)
4. Semakin besar nilai c & ϕ maka semakin besar nilai faktor keamanan yang didapat. Semakin besar

nilai γ maka didapat nilai faktor keamanan yang semakin kecil.

Saran

Lereng di kawasan Citraland berada pada kondisi yang tidak stabil. Hal itu dapat menyebabkan longsor sehingga dapat menimbulkan kerugian serta membahayakan keselamatan warga di sekitar. Oleh sebab itu perlu dilakukan usaha perbaikan lereng untuk mengantisipasi bahaya longsor. *Soil nailing* dan tembok penahan tanah adalah usaha-usaha untuk memperbaiki lereng dengan memperkecil potensi terjadinya longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Butar-butur Robert Travolta.2006.*Evaluasi Kestabilan Lereng*. Penerbit Maranatha Edu.
- Hardiyatmo H.C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Gramedia Pustaka Utama Jakarta
- Joseph E. Bowles. 4th Editon. *Foundation Analysis and Design*. Penerbit Civil Engineering Series.
- Joseph E. Bowles. *Analisa dan Desain Pondasi*. Penerbit Erlangga Jakarta
- Joseph E. Bowles, Hainim J. K. 1989. *Sifat – sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*.Edisi kedua Penerbit Erlangga Jakarta.
- Sorowako. 2008.*Metode-Metode Dalam Analisis Kestabilan Lereng*. Penerbit Azrunnas Hamzah Maulana.
- Terzaghi K. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Geology*. John Wiley & Sons Inc.New York
- Jurnal dari Angelia Rachel Ludong dengan judul Analisa Kestabilan Lereng Metode Modifikasi Spencer
- Jurnal dari Octovian Cherianto Parluhutan Rajagukguk dengan judul Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode BISHOP