

ANALISIS KESTABILAN LERENG METODE MORGENSTERN-PRICE (STUDI KASUS : DIAMOND HILL CITRALAND)

Gideon Allan Takwin, Turangan A. E., Steeva G. Rondonuwu
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi

ABSTRAK

Diamond Hill adalah salah satu kawasan perumahan di Citraland Manado. Dari waktu ke waktu kawasan tersebut terus mengalami perkembangan. Tidak jauh dari kawasan itu terdapat lereng yang pernah mengalami longsor besar akibat curah hujan yang tinggi yang menyebabkan kerusakan bangunan yang pada saat itu tepat berdiri di atas lereng bahkan sampai merenggut korban jiwa. Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor potensial, yaitu dengan menghitung besarnya kekuatan geser untuk mempertahankan kestabilan lereng dan menghitung kekuatan geser yang menyebabkan kelongsoran kemudian keduanya dibandingkan. Dari perbandingan tersebut didapat faktor keamanan yang merupakan nilai kestabilan lereng yang dinyatakan dalam angka. Dari analisis yang dilakukan di Diamond Hill Citraland Manado dengan menggunakan program SLIDE didapat nilai faktor keamanan yaitu 0.202 yang menunjukkan bahwa keadaan lereng tersebut tidak stabil. Kemudian dilakukan perbaikan dengan menggunakan soil nail. Soil nail adalah salah satu cara perbaikan lereng dengan cara memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Sehingga diperoleh nilai faktor keamanan 1.625 yang menunjukkan kondisi lereng dalam keadaan stabil.

Kata kunci : longsor, kestabilan lereng, nail, faktor keamanan

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Stabilitas tanah pada lereng dapat terganggu akibat pengaruh alam, iklim dan aktivitas manusia. Gangguan itu bisa menyebabkan longsor yang terjadi akibat ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng atau gaya di daerah lereng lebih besar daripada gaya penahan yang ada di lereng tersebut. Beberapa faktor penyebab kelongsoran yaitu lereng terlalu tegak, iklim, properti tanah timbunan tidak terlalu memadai, pemadatan yang kurang, pengaruh air tanah dan hujan, gempa bumi, dan juga ulah manusia. Kerusakan yang diakibatkan oleh longsor bukan hanya secara langsung akan tetapi kerusakan secara tidak langsung juga yang menghambat kegiatan ekonomi dan pembangunan. Diamond Hill adalah salah satu kawasan perumahan di Citraland Manado. Dari waktu ke waktu kawasan tersebut terus mengalami perkembangan. Tidak jauh dari kawasan itu terdapat lereng yang pernah mengalami kelongsoran besar akibat curah hujan yang tinggi yang menyebabkan kerusakan bangunan yang pada saat itu tepat berdiri di atas lereng bahkan sampai merenggut korban jiwa.

Berdasarkan masalah di atas, maka perlu dilakukan analisa kestabilan lereng untuk memperoleh solusi yang tepat.

Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah diatas, pembahasan mengarah pada masalah yang lebih spesifik yaitu:

1. Faktor keamanan lereng di diamond hill.
2. *Slope Protection* yang paling efektif untuk di gunakan.
3. Tipe potongan yang efektif pada lereng.

Batasan Masalah

Masalah dibatasi sebagai berikut :

1. Sampel yang digunakan adalah tanah tak terganggu (undisturb).
2. Lereng hanya terdiri dari satu lapis.
3. Tidak dipengaruhi faktor gempa.
4. Bidang kelongsoran diasumsikan berbentuk lingkaran.
5. Analisa menggunakan program komputer.

Tujuan Penelitian

Pada penulisan tugas akhir ini ada beberapa tujuan yang ingin penulis capai, antara lain:

1. Mengetahui kestabilan lereng berdasarkan perhitungan Faktor keamanan dengan metode Morgenstern-Price.
2. Grafik hubungan antara FK dan c, ϕ, γ, RU
3. Mencari solusi untuk mengatasi kelongsoran.

Manfaat Penelitian

Dari hasil perhitungan lereng diharapkan dapat memberikan masukan bagi perkembangan ilmu pengetahuan, terlebih khusus yang berhubungan dengan masalah tanah (kestabilan lereng). Dan juga

menjadi referensi bagi pihak-pihak yang ingin mengatasi longsor di lereng Diamond Hill Citraland Manado.

2. Landasan Teori

Tinjauan Umum

Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami dan dapat juga dibuat oleh manusia.

Kestabilan Lereng

Sebuah lereng dikatakan stabil apabila lereng tersebut tidak mengalami kelongsoran. Faktor-faktor yang menyebabkan lereng menjadi tidak stabil secara umum dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan yaitu naiknya berat unit tanah karena pembasahan, adanya tambahan beban eksternal, bertambahnya kecuraman lereng karena erosi alami atau penggalian dan bekerjanya beban guncangan.
- Faktor-faktor yang menyebabkan turunnya kekuatan, meliputi penyerapan air, kenaikan tekanan air pori, beban guncangan atau beban berulang, pengaruh pembekuan dan pencairan, hilangnya sementara material, proses pelapukan dan regangan berlebihan pada lempung sensitif.

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

1. Jenis dan keadaan lapisan tanah/batuan pembentuk lereng.
2. Bentuk geometris penampang lereng (misalnya tinggi dan serta kemiringan lereng).
3. Penambahan kadar air pada tanah (adanya rembesan atau infiltrasi hujan).
4. Berat dan distribusi beban.
5. Getaran dan gempa.
6. Soil Properties (c , ϕ , γ).

Dasar Analisa Kestabilan Lereng

Cara membuat analisa kestabilan lereng didasarkan pada konsep cara analisa keseimbangan batas, yaitu dengan menghitung besarnya kekuatan geser yang diperlukan untuk mempertahankan kestabilan lereng dan dibandingkan dengan kekuatan geser yang menyebabkan kelongsoran. Dari perbandingan yang ada diatas akan mendapatkan faktor keamanan (FK) yang merupakan nilai kestabilan lereng. Di bawah ini akan ditunjukkan nilai-nilai kestabilan suatu lereng :

- FK > 1 Massa tanah pada lereng dianggap stabil
- FK < 1 Massa tanah pada lereng dianggap tidak stabil
- FK = 1 Massa tanah pada lereng diambang kelongsoran

Faktor keamanan (FK) terhadap longsor atau penggerakan tanah dinyatakan sebagai :

$$FK = \frac{\text{Momen penahan longsor}}{\text{Momen penyebab longsor}} \dots\dots\dots (1)$$

Cara-Cara Untuk Menstabilkan Lereng

Pada prinsipnya, cara yang dipakai untuk menjadikan lereng supaya stabil dapat dibagi dalam 2 golongan yaitu:

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 lawan atau momenlawan, yaitu :
 - a. Dengan memakai "counterweight", yaitu tanah timbunan pada kaki lereng. Cara ini mudah dilaksanakan asalkan ada tempat di kaki lereng yang dipakai untuk keperluan ini.
 - b. Dengan mengurangi air pori di dalam 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).

$$s = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots (2)$$

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.

Tegangan Air Pori

Tegangan pori dapat dinyatakan secara implisit oleh rasio tegangan pori (Ru) dengan persamaan :

$$Ru = \frac{u}{\gamma z} \dots\dots\dots (3)$$

Dalam buku karangan A.W Bishop and N. Morgenstern halaman 130, rasio tegangan air pori i : $Ru = 0.0 - 0.7$, sedangkan tegangan air pori yang dipakai yaitu 0.5.

Prinsip Dasar Metode Irisan

Secara umum, keruntuhan (failure) dianggap terjadi oleh adanya blok tanah yang berotasi pada permukaan gelincir (slip) yang berbentuk lingkaran atau permukaan gelincir yang berbentuk lingkaran.

Prinsip Dasar Metode Morgenstern-Price

Metode ini adalah salah satu metode yang berdasarkan prinsip kesetimbangan batas yang dikembangkan oleh Morgenstern dan Price padatahun 1965, dimana proses analisisnya merupakan hasil dari kesetimbangan setiap gaya-gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut baik gaya. Dalam metode ini, dilakukan asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antara gaya geser di sekitar irisan (X) dan gaya normal di sekitar irisan (E) dengan persamaan :

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \quad \dots\dots\dots (4)$$

Gaya-gaya yang bekerja pada pada tiap irisan bidang kelongsoran ditunjukkan pada Gambar 1. Persamaan yang berlaku adalah :

$$P = \frac{[Wn - (x_r - x_l) - \frac{1}{F}(c'(\sin\alpha - ul \tan\phi' \sin\alpha))]}{\cos\alpha(1 + \tan\alpha \frac{\tan\phi'}{F})} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- P = Gaya Normal
- c' = kohesi (jika analisa dalam kondisi undrained diambil c_u jika dalam kondisi drained diambil nilai kohesi efektif)
- Wn = gaya akibat beban tanah ke-n

- α = sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor
- ϕ' = sudut geser tanah (jika dalam kondisi undrained nilai sudut geser 0)
- u = tekanan air pori
- X_L, X_R = gaya gesek yang bekerja di tepi irisan

Dalam metode ini analisa faktor keamanan dilakukan dengan dua prinsip yaitu kesetimbangan momen (F_m) dan kesetimbangan gaya (F_f). Faktor keamanan dari prinsip kesetimbangan momen adalah untuk bidang kelongsoran circular:

$$F_m = \frac{\sum(c' l + (p - ul) \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha} \quad \dots\dots\dots (6)$$

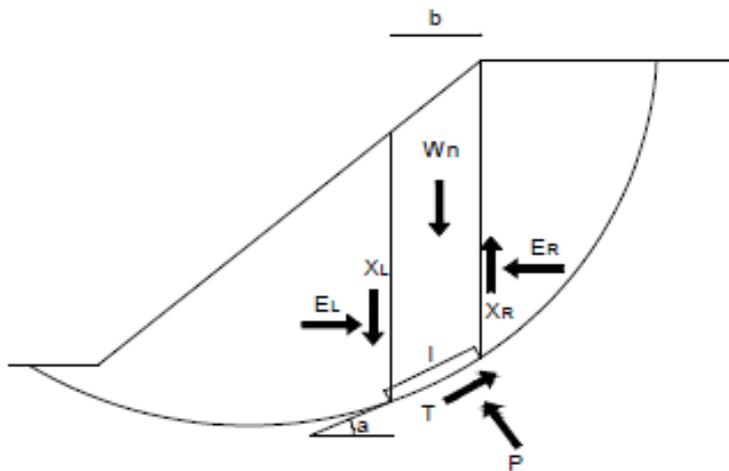
Dan nilai faktor keamanan dengan prinsip kesetimbangan gaya :

$$F_f = \frac{\sum[c' l + (P - ul) \tan \phi'] \cos \alpha}{\sum P \sin \alpha} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Pada proses iterasi pertama, gaya geser di sekitar irisan (X_L dan X_R) diasumsikan nol. Kemudian pada proses iterasi selanjutnya gaya tersebut didapatkan dari rumus :

$$(E_R - E_L) = P \sin \alpha \frac{1}{F} [c' + (P - ul) \tan \phi'] \cos \alpha \quad \dots\dots (8)$$

Kemudian gaya geser tersebut dihitung dengan mengasumsikan nilai λ dan $f(x)$. Dalam perhitungan ini penulis menggunakan alat bantu komputer untuk menghitung faktor keamanan dari lereng. Ini disebabkan karena banyaknya perhitungan yang berulang. Dan penulis menggunakan program Slide untuk memudahkan perhitungan.



Gambar 1. Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Irisan Bidang Kelongsoran Metode Morgenstern-Price

Tabel.1. Asumsi-asumsi Dan Kondisi Kesetimbangan Yang Digunakan Oleh Beberapa Metode Irisan

Metode	Asumsi
Irisan Biasa (Fellenius)	Resultan gaya antar-irisan sama dengan nol dan bekerja sejajar dengan permukaan bidang runtuh.
Bishop Yang Disederhanakan	Gaya geser antar-irisan sama dengan nol ($X=0$).
Janbu Yang Disederhanakan	Gaya geser antar-irisan sama dengan nol ($X=0$). Faktor koreksi digunakan sebagai faktor empiris untuk memasukkan efek dari gaya geser antar irisan.
Lowe-Karafiath	Kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar-irisan sama dengan rata-rata dari kemiringan permukaan lereng dan kemiringan bidang runtuh
Corps of Engineers	Kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar-irisan besarnya sama dengan: <ul style="list-style-type: none"> • Kemiringan permukaan lereng, atau • Kemiringan dari kaki bidang runtuh ke puncak bidang runtuh
Spencer.	Kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar-irisan adalah sama untuk semua irisan
Morgenstern-Price.	Kemiringan gaya geser antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan.
Kesetimbangan Batas Umum	Sudut gaya antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan.

Metode-metode Perbaikan Lereng

Beberapa metode perbaikan lereng antara lain :

- a. Dinding penahan konvensional
Dinding penahan tanah adalah suatu dinding yang direncanakan untuk menahan permukaan tanah yang memiliki perbedaan tinggi pada masing-masing sisi. Mengandalkan berat sendiri dan gesekan tanah dasar untuk memikul gaya-gaya longsor seperti tekanan lateral. Umumnya konstruksi ini dibuat dari material pasangan batu kali atau beton bertulang, dan campuran dari keduanya.
- b. Konstruksi sheetpile atau tiang pancang
Konstruksi yang pada prinsipnya mengandalkan gaya-gaya pasif dari tanah dasar dan kekakuan konstruksi sheet pile. Umumnya terbuat dari beton bertulang.
- c. Perkuatan material geosintetik
Geosintetik merupakan material yang terbuat dari bahan-bahan sintetik dan sudah banyak digunakan sebagai solusi dalam masalah-masalah geoteknik seperti longsor lereng dan timbunan, penurunan konsolidasi, konstruksi perkuatan lereng / timbunan, dan juga memberikan ketahanan yang cukup baik terhadap gempa. Geosintetik dibagi menjadi beberapa golongan seperti geotekstil, geogrid, geomembran, dan lain sebagainya, mempunyai

- beberapa fungsi utama seperti separasi, filtrasi, perkuatan, drainase, proteksi, dan lapisan kedap. Konstruksi yang pada prinsipnya menggunakan material geosintetik selaku elemen perkuatan dan bertujuan untuk memotong garis kelongsoran.
- d. Soil nailing (tie back)
Soil Nailing adalah konstruksi perkuatan yang menggunakan batangan-batangan besi sebagai pemotong garis kelongsoran lereng. Cara aplikasi metode ini adalah dengan memasukkan / menyuntikkan batang besi batangan ke dalam lereng. Dalam penulisan skripsi ini penulis memakai soil nailing sebagai perkuatan lereng yang dipakai untuk memperbaiki lereng yang kritis, untuk mencoba perkuatan lereng yang belum biasa dipakai di daerah Sulawesi Utara.

3. Metode Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

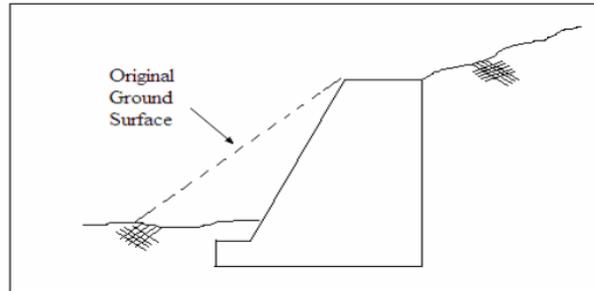
Lereng Diamond Hill Citraland terletak di daerah Kawasan Citraland Manado, berada pada $1^{\circ}26'55''N$ $124^{\circ}50'59''E$, Waktu pelaksanaan penelitian selama 4 (empat) bulan mulai dari persiapan, survey lapangan, analisis data sampai penyusunan hasil penelitian.

Tahapan Penelitian

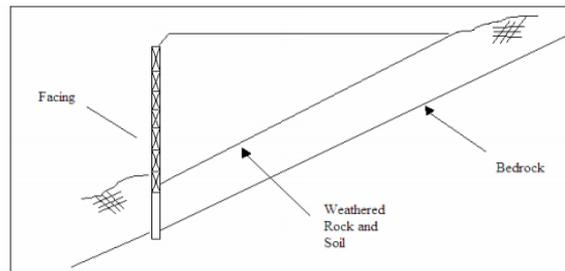
Dalam pelaksanaan penelitian ini disusun suatu lingkup perencanaan yang meliputi:

1. Studi pustaka, mencari bahan pustaka yang berkaitan dengan judul untuk menunjang penulisan.
2. Dimulai dengan mencari tempat, dimana akan dilakukan penelitian.

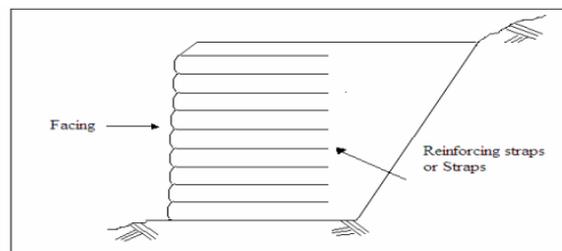
3. Pengambilan data laboratorium yang diambil dari data yang telah disurvei sebelumnya.
4. Pengolahan data, yang dilakukandengan program komputer.
5. Selesai.



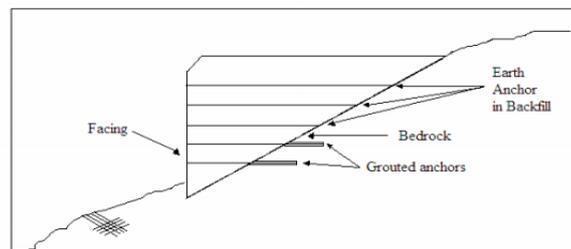
a.



b.

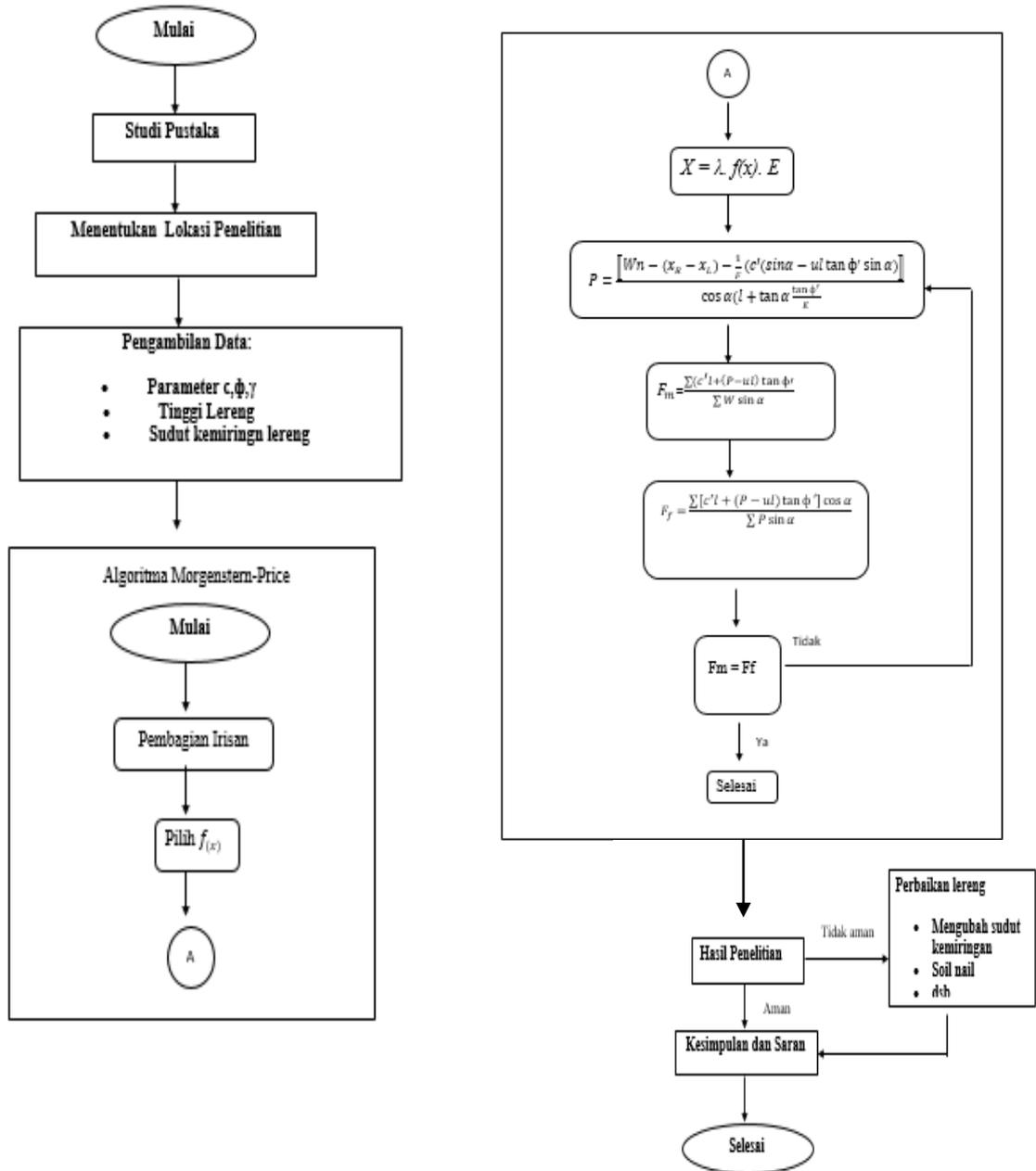


c.



d.

Gambar 2. Metode-metode Perbaikan Lereng : a. Dinding Penahan Tanah Konvensional; b. Konstruksi Sheet Pile / Tiang Pancang; c. Perkuatan Material Geosintetik; d. Soil Nailing (*Tie Back*)



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Data-data untuk Lereng Diamond Hill Citraland Manado
Untuk menganalisa Lereng Diamond Hill Citraland Manado, data-data diambil dari lapangan kemudian contoh tanah tersebut di teliti 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 dilapangan secara visual dilihat tanah hanya 1 (satu) lapisan. Sedangkan rasio tegangan pori (R_u) diambil secara

empiris yaitu sebesar 0.5. Adapun data-data lereng Diamond Hill Citraland manado adalah sebagai berikut:

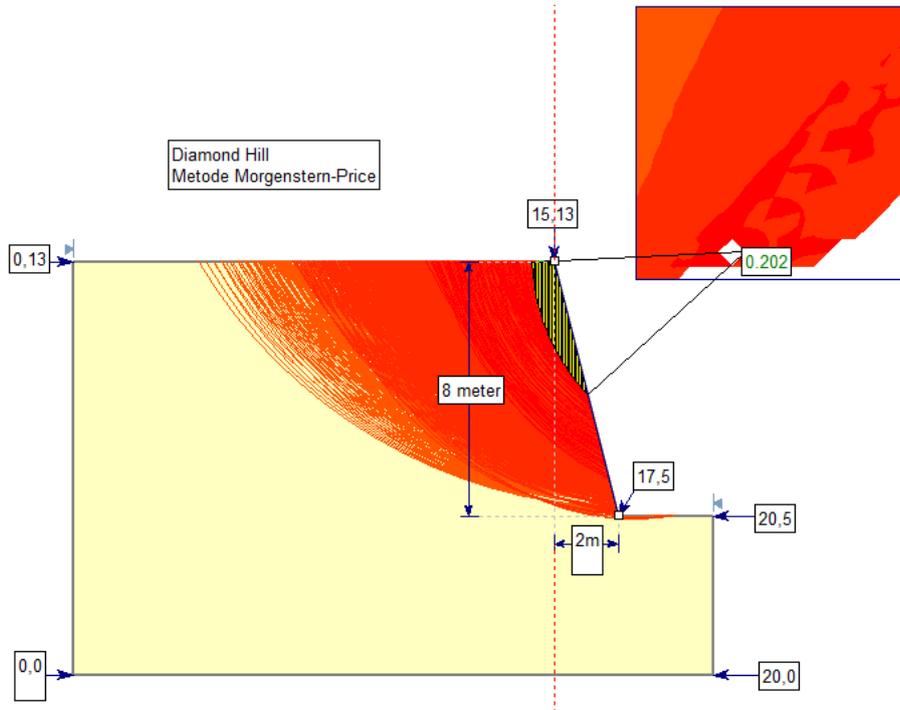
- Tinggi lereng : 8 m
- Sudut kemiringan lereng (α) : 76°
- Kohesi tanah (C): 0.480 t/m^2 : 4.71 kN/m^2
- Sudut geser dalam (ϕ) : 26.5°
- Berat isi tanah (γ) : 1.515 t/m^3 : 14.9 kN/m^3
- Rasio tegangan air pori (R_u) : 0.5

Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Program SLIDE

Dengan menggunakan Program SLIDE dapat diperoleh FK. Dengan parameter-parameter yang telah diketahui maka didapat nilai FK sebesar 0.202. Nilai tersebut menunjukkan bahwa lereng tersebut dalam kondisi tidak stabil (Gambar 4).

Hubungan antara Faktor Keamanan dengan parameter geser (c, ϕ, γ), dan R_u

Jika salah satu nilai dari parameter tanah dirubah tetapi nilai yang lainnya tetap akan diperoleh nilai Faktor Keamanan yang ditampilkan pada Tabel 2 dan grafik-grafik.



Gambar 4. Kondisi Lereng Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Program SLIDE

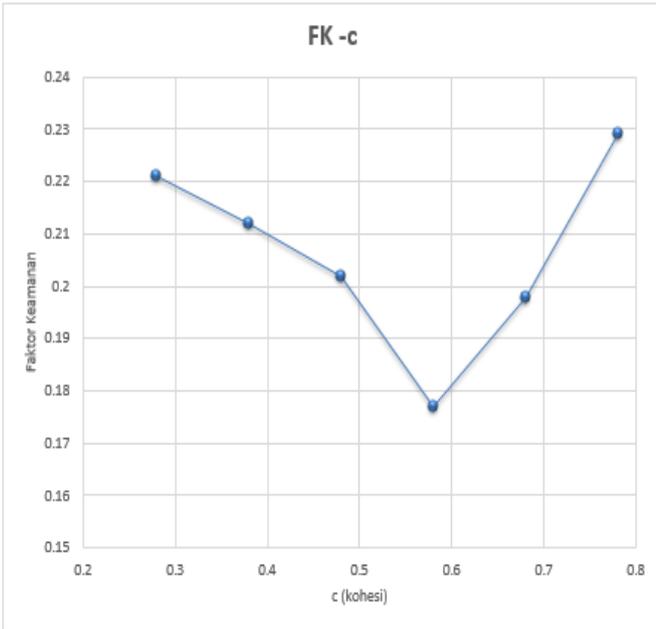
Tabel 2. Hubungan antara Faktor Keamanan dengan Parameter Geser dan R_u

c	FK
0.280	0.221
0.380	0.212
0.480	0.202
0.580	0.177
0.680	0.198
0.780	0.229

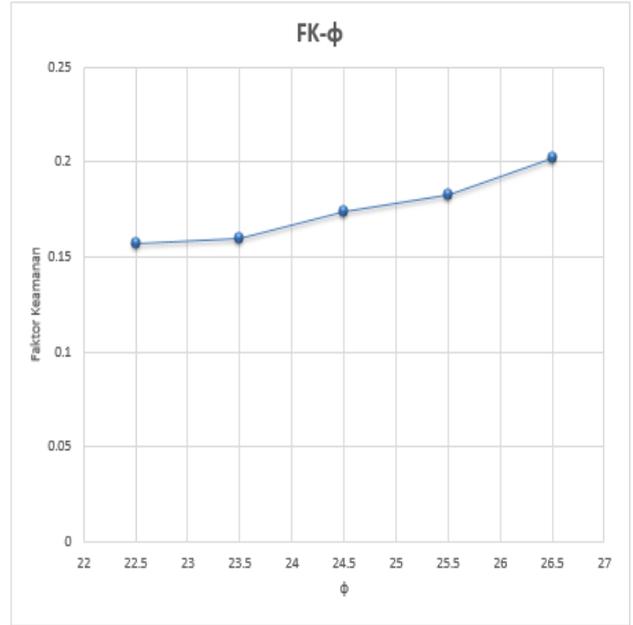
ϕ	FK
21.5	0.151
22.5	0.157
23.5	0.160
24.5	0.174
25.5	0.183
26.5	0.202

γ	FK
1.115	0.181
1.215	0.182
1.315	0.196
1.415	0.197
1.515	0.202

R_u	Faktor Keamanan
0	0.603
0.1	0.480
0.2	0.366
0.3	0.272
0.4	0.197
0.5	0.202
0.6	0.178
0.7	0.161

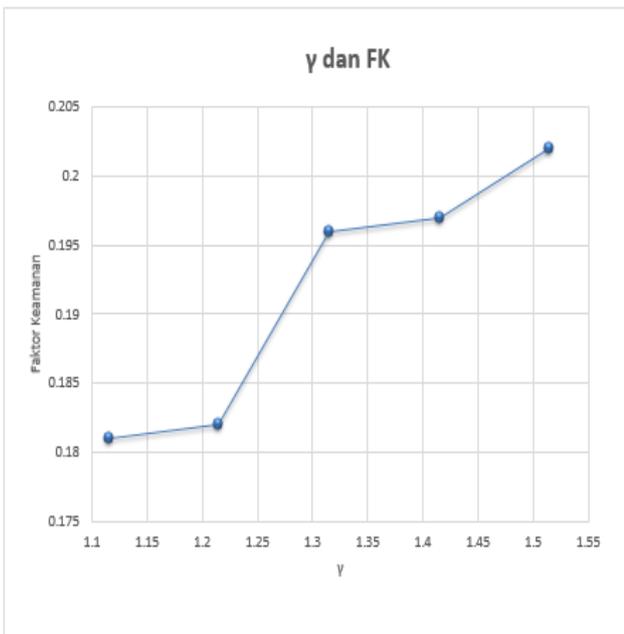


a.

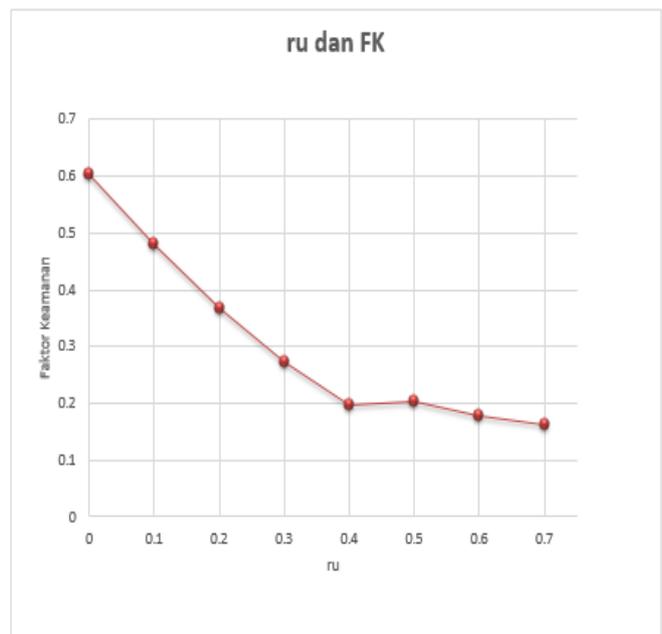


b.

Gambar 5. Grafik Hubungan : a. Faktor Keamanan dan Kohesi;
b. Faktor Keamanan dan Sudut Geser Dalam



a.



b.

Gambar 6. Grafik Hubungan : a. Faktor Keamanan dan Berat Volume Tanah;
b. Faktor Keamanan dan Rasio Tekanan Air Pori

Faktor Keamanan Lereng Dengan Menggunakan Soil Nail

Setelah dilakukan analisis hasil Faktor Keamanan yang di dapat tidak melebihi 1. Sehingga dapat dinyatakan bahwa kondisi lereng tersebut tidak aman. Maka dilakukan cara perbaikan lereng dengan menggunakan Soil Nail.

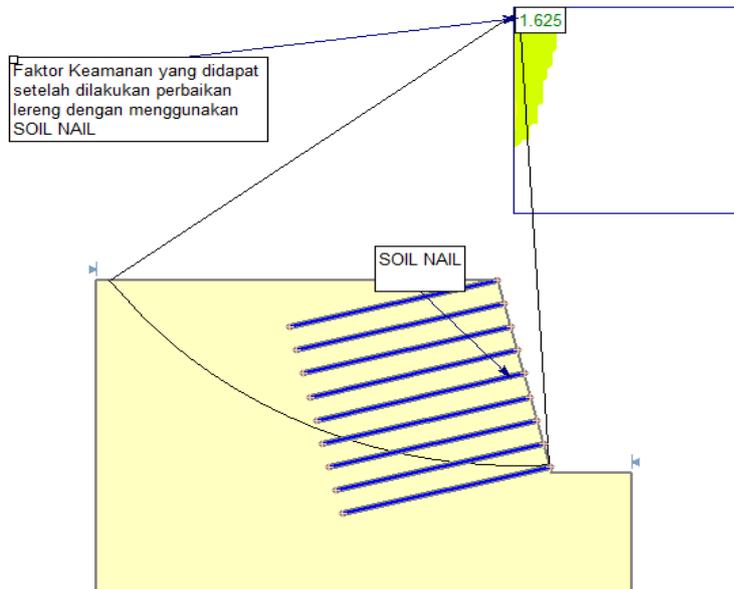
Setelah dilakukan jenis perbaikan Soil Nail maka didapatkan nilai Faktor Keamanan sebesar 1,625. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi lereng di Diamond Hill Citraland Manado dalam keadaan stabil.

Perbandingan Faktor Keamanan Metode Morgenstern-Price dengan Metode Lain

Perbandingan nilai faktor keamanan hasil perhitungan dengan menggunakan metode Morgenstern-Price dan metode-metode lain ditampilkan pada Tabel 4.

Perbandingan Faktor Keamanan antara program SLIDE dengan cara manual dengan memvariasikan parameter tanah c, ϕ, γ

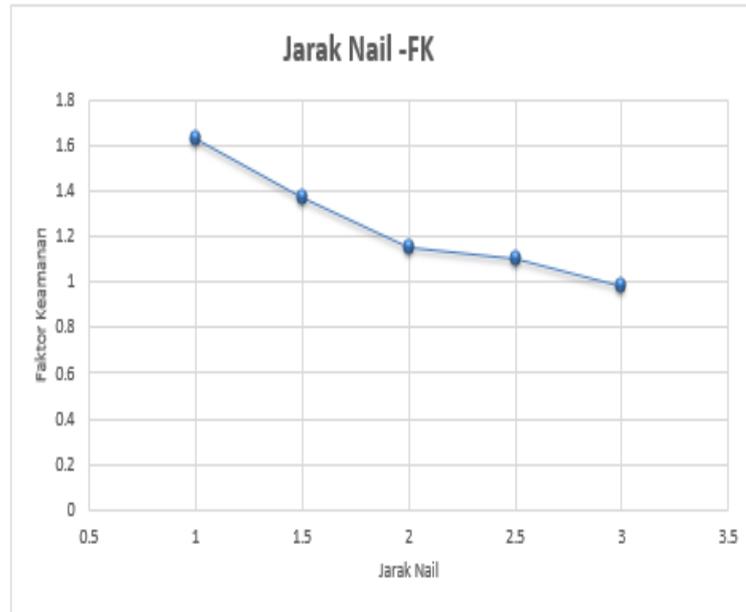
Hasil perhitungan dengan bantuan software SLIDE dibandingkan dengan perhitungan manual terhadap variasi parameter kuat geser tanah, ditampilkan pada Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7.



Gambar 7. Kondisi Lereng Dengan Perkuatan Soil Nail

Tabel 3. Variasi Jarak Nail Terhadap Faktor Keamanan

Jarak Nail (m)	Faktor Keamanan
1	1.625
1.5	1.368
2	1.152
2.5	1.105
3	0.987



Gambar 6. Grafik Hubungan Jarak Pemasangan Nail Terhadap Faktor Keamanan

Tabel 4. Perbandingan Faktor Keamanan

	Morgenstern-Price	Bishop	Hand calculation
Faktor Keamanan	FK=0.202	FK=0.079	FK=0.760

Tabel 5. Perbandingan FK Program SLIDE dan Cara Manual, dengan Variasi Kohesi

Kohesi, c (t/m ²)	SLIDE (FK)	Manual (FK)
0.580	0.177	0.812
0.680	0.198	0.867
0.780	0.229	0.921

Tabel 6. Perbandingan FK Program SLIDE dan Cara Manual, dengan Variasi Sudut Geser Dalam

Sudut Geser Dalam (°)	SLIDE (FK)	Manual (FK)
21.5	0.151	0.625
22.5	0.157	0.600
23.5	0.160	0.654
24.5	0.174	0.686
25.5	0.183	0.721

Tabel 7. Perbandingan FK Program SLIDE dan Cara Manual, dengan Variasi Berat Volume Tanah

Berat Volume Tanah (t/m ³)	SLIDE (FK)	Manual (FK)
1.115	0.181	1.1
1.215	0.182	1.043
1.315	0.196	0.996
1.415	0.197	0.957

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Lereng pada Diamond Hill Citraland Manado dalam keadaan tidak stabil dengan nilai faktor keamanannya 0.202, sedangkan setelah diadakan *Slope Protection* berupa *Nail*, Faktor Keamanannya menjadi 1.625 lereng dalam keadaan stabil.
2. Dari grafik hubungan FK-c, didapat hubungan bahwa semakin besar kohesi maka nilai FK akan turun namun kemudian akan naik.
3. Dari grafik hubungan FK- ϕ , didapat hubungan bahwa semakin besar ϕ maka semakin besar Faktor keamanannya.
4. Dari grafik hubungan FK- γ , didapat hubungan bahwa semakin besar γ maka semakin besar juga Faktor Keamanannya.
5. Dari grafik hubungan FK-Ru, didapat hubungan bahwa pada saat nilai ru 0-0.4, semakin besar nilai

Ru nilai Faktor Keamanannya turun, dan pada saat nilai ru 0.5 nilai FK naik dari 0.197 naik menjadi 0.202. Lalu disaat nilai 0.6-0.7 nilai FK kembali turun.

6. Setelah didapatkan perbaikan lereng maka penulis juga mengambil variasi jarak (space) antar Nail, yaitu semakin besar jarak Nail maka nilai Faktor Keamanannya akan semakin turun.

Saran

Lereng di kawasan Diamond hill Citraland berada pada kondisi yang tidak stabil. Itu dapat menyebabkan longsor sehingga dapat menimbulkan kerugian serta membahayakan penduduk yang tinggal dekat lereng. Maka harus diupayakan perbaikan lereng. Salah satu perbaikan dengan menggunakan Soil Nail. Tapi pembangunan Soil Nail perlu mempertimbangkan aspek pembiayaan dan lingkungan. Soil Nail dapat menstabilkan lereng yang kritis

DAFTAR PUSTAKA

- Atiyya Inayatillah. 2010. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Software Rocscience Slide*. Penerbit Rizki Slamet Nugroho
- Butar-butur Robert Travolta. 2006. *Evaluasi Kestabilan Lereng*. Penerbit Maranatha Edu.
- Hardiyatmo H.C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Gramedia Pustaka Utama Jakarta
- <http://sci-geoteknik.blogspot.com/2011/09/teori-stabilitas-lereng.html>
- <http://artikelbiboer.blogspot.com/2009/12/pengantar-kestabilanlereng.html>
- <https://www.scribd.com/doc/75742926/Analisis-Kestabilan-Lereng-Dengan-Metode-Irisan>
- 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.
- N.R. Morgenstern. *The Analysis of the stability of general slip surfaces*
- 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