

ANALISIS TRANSFER BEBAN PADA SOIL NAILING (STUDI KASUS : KAWASAN CITRA LAND)

Yesi Natalia

Sjachrul Balamba, Alva N. Sarajar

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : Yessynatalia.yn23@gmail.com

ABSTRAK

Pada dasarnya, setiap lereng memiliki faktor keamanan yang akan menentukan kemampuan tanah untuk menahan longsor. Oleh sebab itu, salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah dengan memasukkan atau menanam sebuah perkuatan tanah untuk menambah daya dukung sehingga faktor keamanannya dapat meningkat. Dalam analisis transfer beban ini, akan dihasilkan sebuah perbandingan faktor keamanan yang dihasilkan dengan menggunakan perkuatan Soil Nailing dan dihitung menggunakan program Plaxis 8.2 dan Ms.Excel (Metode Fellenius). Jika dengan menggunakan perkuatan Soil Nailing faktor keamanannya meningkat, maka kita dapat menghitung besarnya transfer beban yang dipikul oleh Soil Nailing sehingga dapat disimpulkan bahwa Soil Nailing dapat menjadi salah satu perkuatan tanah yang dapat digunakan untuk tanah dilokasi bersangkutan. Hasil akhir dari perhitungan dengan program Plaxis ini menunjukkan adanya peningkatan faktor keamanan jika menggunakan Soil Nailing, yaitu sebesar 1.822. yang menunjukkan lereng dalam keadaan stabil.

Kata Kunci : Transfer Beban, Soil Nailing, Plaxis V 8.2

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Material tanah sesuai dengan karakteristik kepadatannya masing-masing, dapat menerima beban kompresi dengan cukup baik. Untuk itu, diperlukan sesuatu bahan yang dapat ditanamkan ke dalam tanah untuk memikul gaya tarik.

Pada dasarnya ada dua macam bentuk perkuatan tanah, yaitu yang dilakukan dengan timbunan seperti perkuatan *strip*, *grid*, *sheet*, *rod*, *fiber* maupun *in situ* seperti *ground anchor*, *rock bolting*, dan *soil nailing*.

Pada penelitian ini, konsep perkuatan tanah yang digunakan adalah *soil nailing*. *Soil nailing* adalah istilah teknik di dalam dunia konstruksi sebagai salah satu usaha perbaikan kestabilan lereng alam atau salah satu tipe dinding penahan tanah. *Soil Nailing* dilakukan dengan memasukkan perkuatan, misalnya baja dan pile dengan ukuran relatif kecil dan yang dipasang dengan spasi yang dekat ke dalam massa tanah sehingga secara lokal tanah menjadi stabil.

Saat ini soil nailing banyak digunakan untuk stabilisasi lereng jalan raya, konstruksi penahan struktur yang miring dan yang vertikal, maupun untuk terowongan, dan proyek sipil lainnya. Pada analisis soil-nailing ini digunakan perbandingan hasil dengan memakai bantuan perhitungan

Excel dan Metode Plaxis. Dalam hal ini studi kasus yang diambil adalah dari Proyek Kawasan Citraland.

Pembatasan Masalah

1. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kawasan Citra Land
2. Pemeriksaan parameter kuat geser tanah (c, ϕ) dilakukan melalui uji tekan triaksial (*Consolidated Undrained*) dengan variasi campuran kadar air.
3. Data tanah yang digunakan pada perhitungan ini adalah hasil pemeriksaan tanah yang sudah pernah dilakukan sebelumnya.
4. Perhitungan desain yang menggunakan *soil nailing* ini dihitung tanpa pengaruh muka air, pengaruh gempa, pengaruh beban, dan tanah berlapis.
5. Proses perhitungan transfer beban pada soil nailing hanya menghitung variasi perbandingan dengan jumlah maksimal 6 (enam) nailing dengan kemiringan 50^0 tegak lurus bidan longsor.

Tujuan Penelitian

- a. Menyusun suatu kombinasi teori pengaruh langsung perkuatan tanah didalam melakukan desain dinding penahan tanah dengan menggunakan *soil-nailing*.

- b. Menghitung berapa besar Transfer Beban jika menggunakan *Soil Nailing*.
- c. Menghitung Angka Keamanan (Fk) bidang longsor tanpa menggunakan *Soil Nailing* dan dengan menggunakan *Soil Nailing*.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya :

- a. Dapat melihat pengaruh langsung transfer beban pada system pembuatan soil nailing.
- b. Dapat mengetahui faktor keamanan yang dihasilkan dari perkuatan tanah menggunakan soil nailing. .
- c. Dapat melakukan perbandingan karakteristik perilaku parameter tanah dalam perhitungan Metode Plaxis dan Ms. Excel.
- d. Dapat digunakan sebagai salah satu alternative penanggulangan longsor.

LANDASAN TEORI

Pengertian Tanah Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan tanah, atau material campuran tersebut yang bergerak ke bawah atau keluar lereng. Longsor atau gerakan tanah adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah.

Secara umum kejadian longsor (*landslide*) disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor pendorong dan faktor penahan. Faktor pendorong adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi material sendiri, sedangkan faktor penahan adalah faktor yang menyebabkan bergesernya material tersebut. Tanah longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari gaya penahan.

Pengertian *Soil Nailing*

Soil nailing adalah suatu metoda dalam perkuatan tanah *in-situ*/asli dengan memasang sejumlah paku (*nails*) berupa besi tulangan yang *digrout* berjarak interval 1,5 sampai dengan 20 meter. Besi tersebut biasanya tidak diberi *pretressed*. Agar semua paku bisa bekerja sebagai satu unit kesatuan, maka segera setelah paku terpasang, permukaan tanahnya di shotcrete setebal ±10 cm dan paku besi tersebut dipaku ke dinding *shotcrete*

Metode Analisis (Perhitungan Excel)

Faktor keamanan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Anderson dan Richards, 1987):

$$FoS = \frac{cL_f W \cos \alpha \tan \phi + (\sum T_i \sin \alpha - \sum V_i \cos \alpha) \tan \phi}{W \sin \alpha - \sum T_i \cos \alpha - \sum V_i \sin \alpha}$$

Keterangan :

- W = berat dari massa tanah yang longsor
- FoS = faktor keamanan
- c = kohesi tanah
- Lc = panjang *nail bar* di belakang bidang longsor
- Lf = panjang bidang longsor
- $\sum T_i$ = jumlah daya dukung terhadap gaya tarik
- $\sum V_i$ = jumlah daya dukung gaya geser
- α = sudut kemiringan bidang longsor terhadap garis horizontal
- ϕ = sudut geser internal

Metode Program Plaxis

Plaxis adalah program pemodelan dan *processing* metoda elemen hingga yang mampu melakukan analisa masalah-masalah geoteknik dalam perencanaan sipil. Plaxis 8.2 menyediakan berbagai analisa teknik tentang penurunan tegangan yang terjadi pada tanah dan lain-lain. Program ini dirancang untuk dapat melakukan pembuatan geometri yang akan dianalisa.

Parameter tanah yang digunakan dalam program PLAXIS diantaranya, yaitu :

- a. Berat Volume Tanah Kering / dry soil weight (γ dry)
- b. Berat Volume Tanah Basah / wet soil weight (γ wet)
- c. Permeabilitas Arah Horizontal / horisontal permeability (kx)
- d. Permeabilitas Arah Vertikal / vertical permeability (ky)
- e. Modulus Young / Young's Modulus (E),
- f. Poisson's Ratio (v)
- g. Kohesi / Cohesion (c)
- h. Sudut Geser / Friction Angle (ϕ)
- i. Sudut Dilatasi / Dilatancy Angle (ψ)

METODE PENELITIAN

Mekanisme

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pada intinya soil nailing banyak digunakan untuk perkuatan tanah dalam menahan penggalian sebagai dinding penahan tanah dan untk stabilisasi lereng. Berikut ini akan dijelaskan

mekanisme dan perilaku dari soil nailing beserta metode-metode dan model yang digunakan untuk perhitungan.

Interaksi antara tanah dan perkuatan pada soil nailing meliputi dua hal penting, yaitu :

1. Friksi sepanjang perkuatan
2. Tahanan tanah pasif terhadap permukaan normal ke arah cabut.

Tahapan Perhitungan Plaxis V.8.2

Analisis dengan Metode Elemen hingga dimulai dengan pembuatan model geometri. Pembuatan model geometri meliputi :

- Pemodelan topografi, kontur, penampang, dan geometri
- Pemodelan stratigrafi tanah
- Pemodelan struktur (pondasi tiang, dinding penahan tanah, dsb)
- Pemodelan fase konstruksi
- Pemodelan beban
- Pemodelan boundary condition

Output Perhitungan Plaxis

Output dari perhitungan pada PLAXIS antara lain :

- a. Kalkulasi angka keamanan (kurva $\sum M_{sf}$ vs displacement)
- b. Deformasi yang terjadi pada prmodelan jaringan elemen hingga
- c. Tegangan yang terjadi pada permodelan jaringan elemen hingga

Angka Keamanan Plaxis V.8.2

Angka keamanan yang dihitung dalam program PLAXIS disajikan dalam bentuk $\sum M_{sf}$ vs displacement yang terdapat pada modul load displacement curves untuk titik-titik referensi yang telah dimasukkan pada input data.

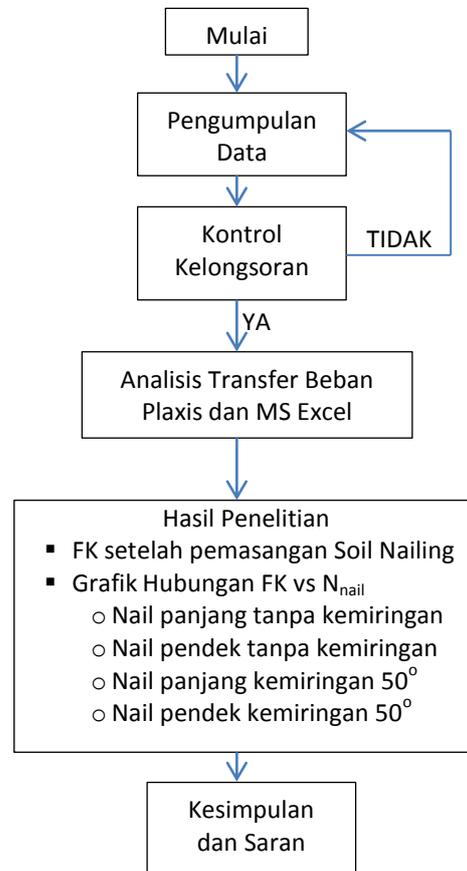
Untuk menghitung angka keamanan, digunakan modul load advancement number-of-steps dengan memasukkan increment M_{sf} . Pada kalkulasi, nilai c dan Φ akan dikurangi sesuai increment yang dimasukkan. Selama kalkulasi berlangsung kekuatan tanah adalah:

$$\tan\phi_r = \frac{\tan\phi}{\sum M_{sf}} \quad \text{dan} \quad C_r = \frac{c}{\sum M_{sf}}$$

Pada kondisi runtuh, angka keamanan sama dengan $\sum M_{sf}$, hasil kalkulasi tersebut hanya terpenuhi bila tercapai kondisi *steady-state*. Kondisi *steady-state* ditunjukkan oleh kurva $\sum M_{sf}$ vs displacement dimana tercapai keseimbangan antara gaya yang meruntuhkan

dan daya tahan kuat geser tanah pada lereng tersebut.

Bagan Alir



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Material

Data material yang digunakan diambil dari data pembangunan soil nailing sebagai penahan sementara pembangunan basement proyek GBKI, Jakarta. Selain itu data parameter tanah yang digunakan dalam analisis transfer beban pada soil nailing diambil dari data tanah lempung berpasir Citraland (Ring Road) dalam penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

Data Parameter Tanah Lempung Berpasir yang digunakan:

Data Parameter Kekakuan Nail:

$$EA = \frac{EA_{nail}}{S_H} = \frac{E\pi D^2}{4S_H} = \frac{2.10^8 \cdot 3,14 \cdot 0,025^2}{4 \cdot 2} = 49087 \text{ kN/m}$$

$$EI = \frac{EA_{nail}}{S_H} = \frac{E\pi D^4}{64S_H} = \frac{2.10^8 \cdot 3,14 \cdot 0,025^4}{64 \cdot 2}$$

$$= 1,917 \text{ kNm}^2/\text{m}$$

$$W = 0,284$$

$$v = 0,3$$

Data Parameter Pelat:

Tabel 1. Parameter Pelat

Parameter Tanah	Jenis Tanah	
	Hasil Laboratorium	Material Set Plaxis
Kohesi (c)	0,241 Kg/cm ²	24,1 Kg/m ²
Sudut Geser Dalam (φ)	23,9 ^o	23,9 ^o
Modulus Young (Eref)	300 Kg/cm ²	30000KN/m ²
Poisson's ratio (ν)	0,3	0,3
Dilatancy angle (ω)	0 ^o	0 ^o
Berat isi tanah kering (γ _{unsat})	1,350 gr/cm ³	13,50KN/m ³
Berat isi tanah jenuh air (γ _{sat})	1,815 gr/cm ³	1815 KN/m ³
Angka Pori (e)	1,58	1,58
Permeabilitas (k)	10 ⁻⁸ cm/det	10 ⁻⁴ m/det

Shotcrete terbuat dari adukan beton K-250

(f'c = 20,75 MPa)

t = tebal shotcrete = 0,1 m

E = modulus elastisitas beton
= 2,35 x 10⁷ KN/m²

A = t x 1 unit panjang (tegak lurus bidang)
= 0,10 m/m

I = $\frac{t^3 \times 1 \text{ unit panjang (tegak lurus bidang)}}{12}$
= 8,3 10⁻⁵ m³

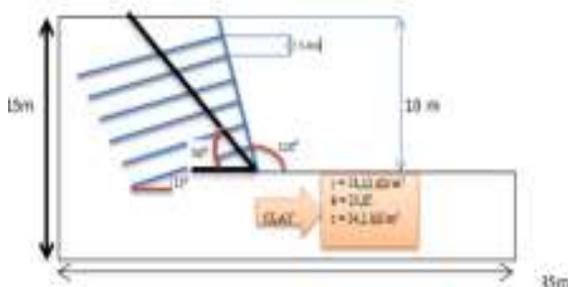
w = γ_c x t x 1 unit panjang (tegak lurus bidang)
= 24.0,1.1 = 2,4 kN/m/m

EA = 2,14.10⁶ kN/m

EI = 1784 kNm²/m

Analisis Transfer Beban dengan Perhitungan Excel (Bishop)

Kondisi lereng yang akan dianalisa ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Dalam perhitungan ini, Gaya Tarik Ijin yang digunakan adalah

$$T_i = \frac{\pi D L_o f_{max}}{FoS}$$

dengan :

D = 0,025 m

L_{e1} = L₁ - [(tan(90^o - α) - tan(90^o - β))h₁]
= 10 - [(tan(90^o - 50^o) - tan(90^o - 70^o))1,4]
= 9.335 m

FoS = asumsi 1,5

f_{max} = 120 kN/m²

Total Gaya Tarik Ijin (per unit panjang tegak lurus bidang), dengan S_H = 2 sehingga persamaan menjadi

$$\sum T_i = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_i}{S_H}$$

Total Gaya Geser Ijin (per unit panjang tegak lurus bidang), dengan V_f=0.133

$$\sum V_i = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_i}{S_H}$$

Menghitung Angka Keamanan :

$$FoS = \frac{c L_f W \cos \alpha \tan \phi + (\sum T_i \sin \alpha - \sum V_i \cos \alpha) \tan \phi}{W \sin \alpha - \sum T_i \cos \alpha - \sum V_i \sin \alpha}$$

Dari rumus diatas, maka didapatkan hasil perhitungan MS.Excel (Metode Bishop) sebagai berikut :

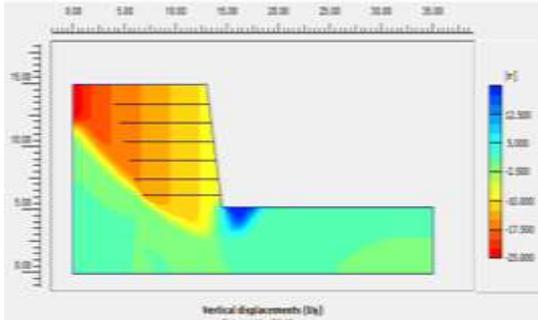
NAIL	Ti	Fk
Tanpa nail	21.252	0.971
1	58.623	1.17
2	54.446	1.114
3	50.269	1.162
4	46.092	1.158
5	41.915	1.154
6	37.738	1.267

Hasil Perhitungan dengan Program Plaxis

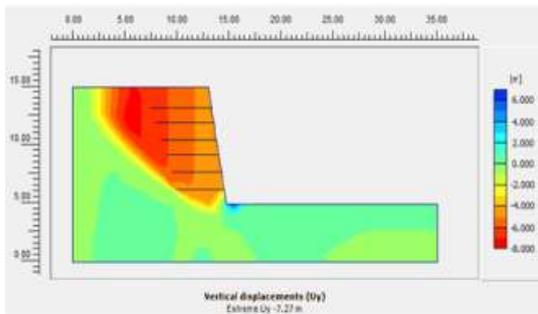
Adapun 4(empat) bentuk ukuran dan jumlah paku tanah yang berbeda dalam perhitungan Output program ini dengan tujuan membuat

perbandingan antara Jumlah Nailing dan Angka Keamanan yang dihasilkan, yaitu:

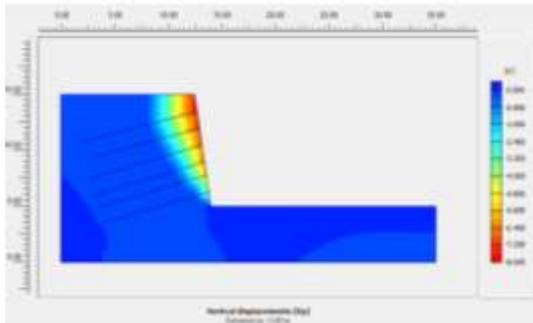
1. Nail Panjang dalam Keadaan Lurus (tanpa kemiringan)



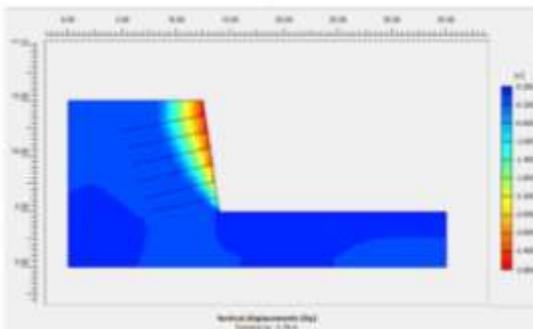
2. Nail Pendek dalam Keadaan Lurus (tanpa kemiringan)



3. Nail Panjang dengan kemiringan 50°



4. Nail Pendek dengan kemiringan 50°



Berikut adalah tabel hasil perhitungan menggunakan Plaxis:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Plaxis

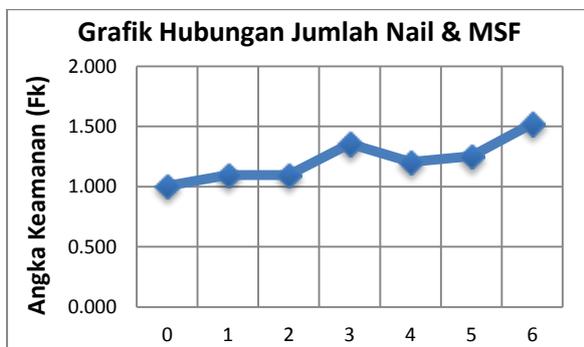
JUMLAH NAIL	TOTAL STRESS	Msf
	(KN/m ²)	
Tanpa nail	182.1	1.005
Nail Panjang dalam Keadaan Lurus		
1	172.72	1.157
2	176	1.207
3	169.79	1.473
4	225.62	1.75
5	227.03	1.754
6	269.36	1.793
Nail Pendek dalam Keadaan Lurus		
1	171.88	1.095
2	175.15	1.097
3	232.84	1.355
4	173.73	1.204
5	246.18	1.252
6	213.72	1.522
Nail Panjang dalam Kemiringan 50°		
1	204.53	0.932
2	207.14	0.966
3	179.92	1.36
4	207.14	0.779
5	196.42	1.053
6	230.63	1.822
Nail Pendek dalam Kemiringan 50°		
1	174.29	1.189
2	174.89	1.3
3	181.79	1.423
4	172.6	1
5	185.95	1.635
6	197.63	1.764

Dari tabel diatas, terlihat transfer beban yang dihasilkan dari setiap *nailing* melalui perhitungan Program Plaxis. Tanpa nailing, transfer beban yang bisa dipikul adalah sebesar 182.10 kN/m². Sedangkan, dengan jumlah nailing 6 dalam kemiringan sudut 50° yang menghasilkan Angka keamanan tertinggi dapat memikul beban sebesar 230.63 kN/m². Sehingga dalam perhitungan ini, beban yang dapat ditransfer adalah sebesar 48.53 kN/m².

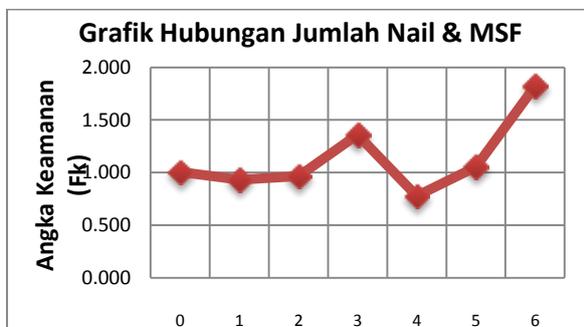
Berikut adalah grafik hubungan jumlah nail & FK sesuai bentuk nailing dan jumlah nailing yang dipasang:



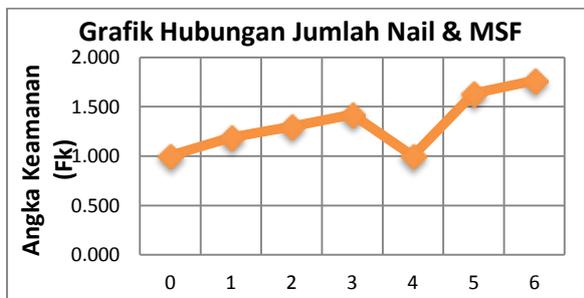
Grafik 1. Perbandingan Jumlah Nail Panjang tanpa kemiringan.



Grafik 2. Perbandingan Jumlah Nail Pendek tanpa kemiringan.



Grafik 3. Perbandingan Jumlah Nail Panjang dengan kemiringan 50°



Grafik 4. Perbandingan Jumlah Nail Pendek dengan kemiringan 50°

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dari hasil analisis yang dilakukan, ada beberapa hal yang berpengaruh langsung didalam melakukan desain sistem penahan tanah dengan menggunakan soil nailing, yaitu struktur tanah (parameter tanah yang digunakan), model desain soil nailing dan komponen koNstruksi *Soil Nailing* seperti jumlah nailing dan ukuran nailing yang digunakan (semakin panjang nailing, faktor keamanannya semakin meningkat)
2. Beban yang dipikul tanah tanpa *Soil Nailing* adalah sebesar 182.10 kN/m². Sedangkan, dengan jumlah nailing 6 dalam kemiringan sudut 50° yang menghasilkan angka keamanan tertinggi dapat memikul beban sebesar 230.63 kN/m². Sehingga transfer beban yang dapat dipikul adalah sebesar 48.53 kN/m³.
3. Dari grafik hasil perhitungan Program plaxis *soil nailing* dihasilkan faktor keamanan tanpa nail sebesar Fk= 1.005 dan dengan menggunakan 6 nail dihasilkan Fk =1.822. Sedangkan, dari hasil perhitungan manual (Metode Bishop) faktor keamanan yang dihasilkan tanpa ada perkuatan adalah Fk = 0.9709 dan dengan 6 nail dihasilkan Fk= 1,267.
4. Pemasangann *soil nailing* dapat dijadikan salah satu alternative perkuatan tanah dilokasi yang bersangkutan.

Saran

1. Pada penelitian berikutnya disarankan untuk meneliti pemodelan soil nailing dalam program Plaxis dengan jenis tanah yang berbeda dan menggunakan beberapa variasi elevasi muka air tanah dan pengaruh gempa serta tanah berlapis.
2. Penelitian ini bersifat teoritis, oleh karena itu sebaiknya dilakukan percobaan laboratorium atau laangan untuk dijadikan sebuah perbandingan
3. Dalam melakukan penggunaan program Plaxis, hendaknya dilakukan secara coba-coba, untuk menentukan letak bidang keruntuhan, jumlah nailing yang digunakan, bentuk nailing dalam kemiringan tertentu. Hal ini akan membantu untuk dapat menentukan faktor keamanan yang lebih memungkinkan dan penentuan batas kekuatan dari perkuatan (*Nailing*).

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E., 1997. *Foundation Analysis and Design*, McGraaw-Hill, Singapura.
- Broek D. B., 1986. *Elementary Engineering Fracture Mechanics*, 4thEd., Luwer, Dordecht.
- Budi Santosa, Heri Suprpto, Suryadi HS, 1998. *Mekanika Tanah Lanjutan*. Penerbit Gunadarma. Jakarta
- Chassie, Ronald G.,P.E., 1992. *Soil Nailing Overview*. Handout for ASCE Spring Seminar.
- DAS, Braja M., 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, diterjemahkan oleh Noor Endah M& Indrasurya B.M. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Dacrea.PT., 1995. *Evaluasi Stabilitas test Section Soil Nailing*. Proyek GKBI di Jalan Sudirman, Jakarta.
- Harnito,Sri, 2010. *Studi Perilaku Dinding Penahan Tanah*. Tugas Akhir, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rajagukguk Oktavian, 2014. *Analisa Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus :Kawasan Citraland)*, Tugas Akhir Universitas Sam Ratulangi,Manado.
- Rialita Mirtha, 1995. *Analisa Transfer Beban pada Soil Nailing*, Tugas Akhir Institut Teknologi Bandung.