

# ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN SOIL NAILING MENGUNAKAN PROGRAM KOMPUTER

(Studi Kasus: Desa Tambakmerang, Kecamatan Girimarto, Kabupaten Wonogiri)

Reza Bagus Hermawan<sup>1)</sup>, Niken Silmi Surjandari<sup>2)</sup>, R. Harya Dananjaya<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: rezabagus7@gmail.com

## Abstract

*Slope stability is influenced by many factors, including slope and elevation slopes. The slope stability greatly affect the safety of humans who often do activities around the site. This study conducted an analysis on the slopes located in the village Tambakmereng, District Girimarto, Wonogiri which is the scope of the Keduang Watershed. The slopes have a great angle that is 60° with a height of 14 meters and steep considered so dangerous for road users who are on the side of the slope.*

*This study aims to determine the value of the safety factor (SF) on the slope before being given a reinforcement, then provide reinforcement to increase the value of the safety factor. Variations in this study conducted at a distance of 1.3 nail; 1.5; and 1.8 meters. The distance has been adjusted to the standard FHWA which is a reference in the planning of soil nailing. Variations also performed at a nail made uniform and varies on a cross-section similar to nail the same distance.*

*From these results, the resulting value of the safety factor (SF) before amplified is 1.196. After retrofitting with soil nailing increased safety factor values between 1.565 to 2.313. Extra nail distance of 1.3; 1.5; and 1.8 meter lead to impairment of a safety factor of 5.79% and 13.54% in nail uniform length, while the length of the nail that varies of 2.09% and 1.88%. The value of the safety factor resulting in the nail length that varies also decreased when compared to the length of nail uniform. At a distance of 1.3 nail; 1.5; and 1.8 m impairment is a safety factor of 29.57%; 26.80%; and 16.93%*

*Keyword: slope stability analysis, soil nailing, safety factor*

## Abstrak

Stabilitas lereng dipengaruhi berbagai faktor, diantaranya kemiringan dan ketinggian lereng. Stabilitas lereng tersebut sangat berpengaruh terhadap keselamatan manusia yang sering melakukan kegiatan di sekitar lokasi tersebut. Penelitian ini melakukan analisis pada lereng yang terletak di Desa Tambakmereng, Kecamatan Girimarto, Kabupaten Wonogiri yang merupakan lingkup DAS Keduang. Lereng tersebut memiliki sudut yang besar yaitu yaitu 60° dengan ketinggian 14 meter dan dianggap curam sehingga berbahaya untuk pengguna jalan yang berada di sisi lereng tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan (*SF*) pada lereng tersebut sebelum diberi perkuatan, kemudian memberikan perkuatan untuk meningkatkan nilai faktor keamanannya. Variasi pada penelitian ini dilakukan pada jarak *nail* yaitu 1,3; 1,5; dan 1,8 meter. Jarak tersebut sudah disesuaikan dengan standar FHWA yang merupakan acuan dalam perencanaan *soil nailing*. Variasi juga dilakukan pada panjang *nail* yang dibuat seragam dan bervariasi pada satu penampang yang sama dengan jarak *nail* yang sama juga.

Dari hasil penelitian ini, dihasilkan nilai faktor keamanan (*SF*) sebelum diperkuat adalah 1,196. Setelah dilakukan perkuatan dengan *soil nailing* nilai faktor keamanan meningkat antara 1,565 – 2,313. Penambahan jarak *nail* dari 1,3; 1,5; dan 1,8 meter menyebabkan penurunan nilai faktor keamanan sebesar 5,79% dan 13,54% pada panjang *nail* yang seragam, sedangkan pada panjang *nail* yang bervariasi sebesar 2,09% dan 1,88%. Nilai faktor keamanan yang dihasilkan pada panjang *nail* yang bervariasi juga mengalami penurunan bila dibandingkan dengan panjang *nail* seragam. Pada jarak *nail* 1,3; 1,5; dan 1,8 m penurunan nilai faktor keamanan adalah sebesar 29,57%; 26,80%; dan 16,93%.

Kata Kunci : analisis stabilitas lereng, *soil nailing*, faktor keamanan

## PENDAHULUAN

Lereng didefinisikan sebagai permukaan tanah yang tidak horizontal. Pada permukaan lereng, komponen gravitasi yang bekerja pada tanah cenderung akan menggerakkan tanah ke bawah. Gravitasi cenderung menggerakkan tanah ke bawah (Hardiyatmo, 2007). Jika gaya gravitasi yang terjadi melampaui gaya geser maksimum yang mampu ditahan oleh suatu lereng, maka akan terjadi kelongsoran. Wonogiri secara geografis berlokasi di bagian tenggara provinsi Jawa Tengah. Bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Karanganyar dan Kabupaten Sukoharjo, bagian selatan merupakan Pantai Selatan Jawa, bagian barat berbatasan dengan Gunung Kidul Provinsi DIY, dan bagian timur berbatasan langsung dengan Provinsi Jawa Timur. Kondisi geografisnya terdiri atas banyak bukit dan lereng. Lereng tersebut banyak yang memiliki kecuraman di atas normal sangat rentan menimbulkan bencana alam berupa tanah

longsor. Karena itu perlu dilakukan analisis stabilitas untuk mengetahui keamanan yang dimiliki oleh lereng tersebut, apabila didapatkan keamanan yang dimiliki tidak memenuhi syarat maka perlu dilakukan tindakan perkuatan yang akan dipergunakan agar lereng tersebut dapat memenuhi syarat aman bagi lereng tersebut. Salah satu program komputer yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng adalah *Software Slope/W 2007 Geoslope*, karena program komputer ini menggunakan prinsip metode *limit equilibrium*. Berbagai referensi yang didapatkan banyak merekomendasikan perkuatan *soil nailing* pada lereng, sehingga hal tersebut menarik untuk diteliti. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam perkuatan lereng di lokasi penelitian tersebut dan lereng lain dengan kondisi serupa di Indonesia.

Nilai faktor keamanan terhadap kemungkinan longsor lereng maupun pada perancangan lereng menurut Bowles, J.E. dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan nilai *safety factor* dan kejadian longsor (Bowles,1989)

Nilai <i>SF</i>	Kemungkinan Longsor
< 1,07	Kelongsoran bisa terjadi
1,07 < <i>SF</i> < 1,25	Kelongsoran pernah terjadi
> 1,25	Kelongsoran jarang terjadi

Metode *Limit Equilibrium* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Dalam Metode *Limit Equilibrium* terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu bidang kelongsorannya yang diasumsikan berbentuk *circular* dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk *non-circular*. Metode *Optimization* membutuhkan kondisi yang asli agar lebih efisien terutama ketika ada kenaikan sudut. Penentuan hasil yang optimal berdasarkan bentuk dan mencari suatu titik serta mengoptimalkan pengaruh perbedaan asumsi gaya antar irisan. Setelah ditemukan kelongsoran kritis pada bentuk *circular*, dilakukan pembagian bidang dengan cara *Optimization*.

*Slope/w* adalah suatu program yang menggunakan metode kesetimbangan batas untuk memecahkan (mencari faktor keamanan). Program *Geoslope* diproduksi oleh Geo-Slope International Ltd, Calgary, Alberta, Canada. Program tersebut terdiri dari *slope/w*, *seep/w*, *sigma/w*, *quake/w*, *temp/w*, dan *cran/w*.

*Slope/w* merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk membantu perhitungan faktor keamanan tanah dan kemiringan tanah. Dengan program ini kita dapat menganalisa masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan tanah yang miring, tekanan air pori, sifat tanah, dan beban terkonsentrasi. Kita bisa menggunakan elemen tekanan pori air yang terbatas, tegangan statis, atau tekanan dinamik pada analisis stabilitas lereng.

*Soil nailing* adalah saha perkuatan tanah dengan menggunakan batang-batang baja, kayu, atau beton yang dipaku ke dalam lapisan tanah yang tidak aman. *Soil nailing* digunakan padalereng alami yang setelah dianalisis dan mendapatkan nilai *SF* di bawah standar keamanan. Cara pelaksanaan dengan memakukan batang-batang *nail* yang telah dipersiapkan hingga mencapai daerah pasif terhadap bidang longsor. Kekuatan *soil nailing* harus mengandalkan kuat geser *nail* pada bidang geser. Jumlah paku yang digunakan dihitung dengan berdasarkan kuat geser bahan yang dipakai dan gaya yang melongsorkan tanah. Pemakaian paku yang terlalu banyak akan merusak struktur tanah tersebut.

## METODE PENELITIAN

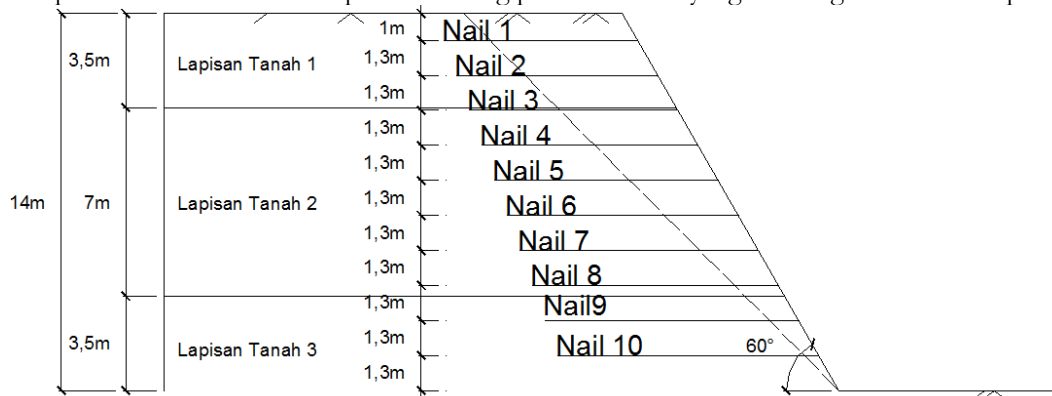
Pada penelitian yang dilakukan di Desa Tambakmerang, Kecamatan Girimarto, Wonogiri ini dimulai dengan mengumpulkan data sekunder dari penelitian sebelumnya (Desta P., 2015) berupa data properties tanah dan data topografi dengan kemiringan sebesar 60° dan ketinggian 14 meter.

Pembebeanan yang diberikan pada penelitian ini adalah berat tanah sendiri. Variasi yang akan dianalisis adalah Jarak antar *nail* dan keseragaman panjang *nail*.

Tabel 2. Variasi analisis dalam penelitian

No	Panjang <i>nail</i> (m)	Jarak <i>nail</i> (m)	Diameter <i>nail</i> (mm)
1	Seragam	1,3	22
2	Seragam	1,5	22
3	Seragam	1,8	22
4	Bervariasi	1,3	22
5	Bervariasi	1,5	22
6	Bervariasi	1,8	22

Gambar 1 merupakan salah satu contoh aplikasi dinding penahan tanah yang akan digunakan untuk perkuatan.



Gambar 1. Contoh aplikasi variasi *soil nailing* dengan panjang *nail* seragam dan jarak antar *nail* 1,3 meter

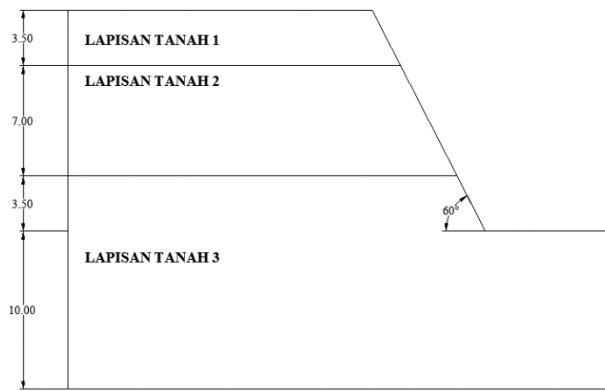
## HASIL DAN ANALISIS

Tabel 3 merupakan rekapitulasi *properties* tanah pada lereng di Desa Tambakmerang, Girimarto, Wonogiri.

Tabel 3. Rekapitulasi data *properties* tanah

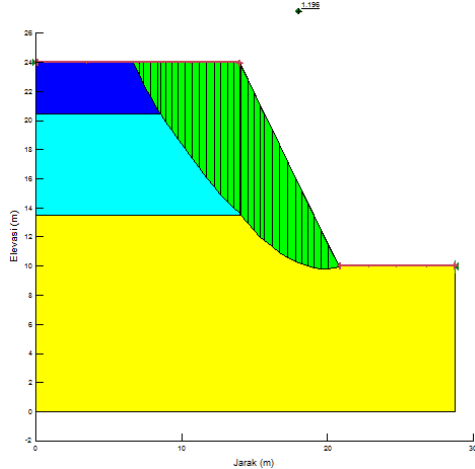
Parameter tanah	Satuan	Lapisan Tanah 1	Lapisan Tanah 2	Lapisan Tanah 3
$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	14,42	13,93	14,91
c	kN/m <sup>2</sup>	40,21	30,20	26,67
$\phi$	...°	26,27	14,73	27,80

Data kondisi eksisting lereng yang akan digunakan yaitu dengan ketinggian 14 m dan sudut kemiringan 60° seperti terlihat pada Gambar 2.

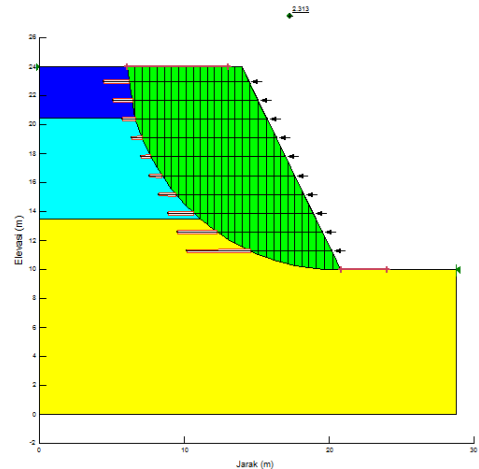


Gambar 2. Kondisi eksisting lereng

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software Geoslope*, didapat nilai *safety factor* untuk kondisi eksisting dan kondisi dengan perkuatan dinding penahan tanah serta perubahan kelandaian permukaan lereng akibat berat sendiri dan beban gempa seperti dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 berikut :

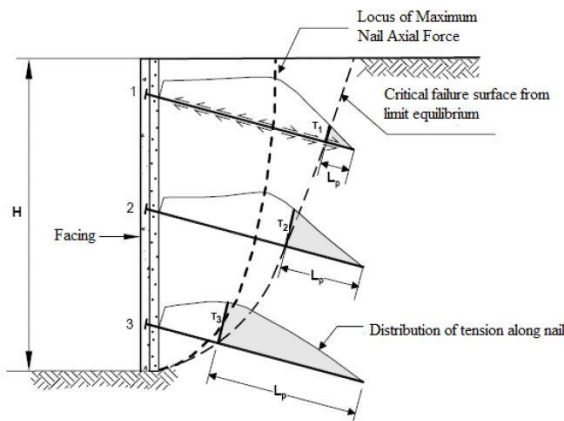


Gambar 4. Contoh analisis kondisi eksisting akibat berat sendiri

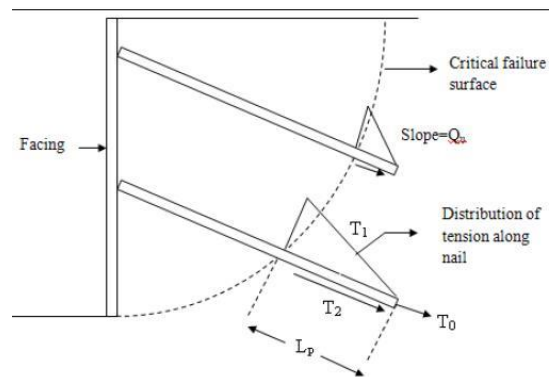


Gambar 5. Contoh analisis kondisi dengan perkuatan *soil nailing* akibat beban gempa

Penelitian ini melakukan perhitungan terhadap stabilitas internal terhadap putus tulangan dan cabut tulangan. Analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Keruntuhan akibat putus tulangan (Prashant, 2010)



Gambar 7. Keruntuhan akibat cabut tulangan (Prashant, 2010)

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis stabilitas internal terhadap putus tulangan dan cabut tulangan.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil analisis stabilitas internal terhadap putus tulangan dan cabut tulangan.

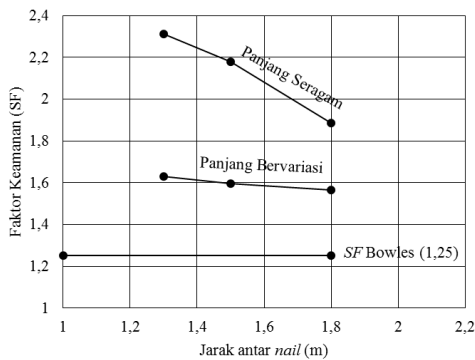
No Variasi	Faktor keamanan terhadap putus tulangan ( $F_r$ )									
No <i>nail</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	20,51	8,92	4,09	3,01	2,38	1,96	1,67	1,46	1,83	1,64
2	15,40	6,16	2,77	2,01	1,58	1,30	1,11	1,46	1,21	-
3	15,40	5,50	2,40	1,73	1,35	1,11	0,94	0,81	-	-
4	20,51	8,92	4,09	3,01	2,38	1,96	1,67	1,46	1,83	1,64
5	15,40	6,16	2,77	2,01	1,58	1,30	1,11	1,46	1,21	-
6	15,40	5,50	2,40	1,73	1,35	1,11	0,94	0,81	-	-

Tabel 4 menunjukkan hasil analisis nilai *safety factor* dengan menggunakan *Software Geoslope* pada lereng kondisi eksisting dan lereng dengan perkuatan *soil nailing* akibat berat.

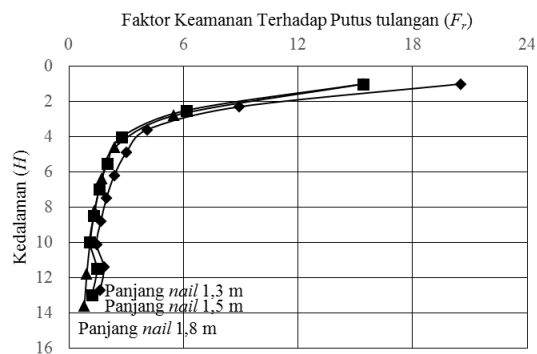
Tabel 4. Rekapitulasi nilai *safety factor*

No	Panjang <i>nail</i> (m)	Jarak <i>nail</i> (m)	Nilai angka keamanan
1	Tanpa perkuatan	-	1,196
2	Seragam	1,3	2,313
3	Seragam	1,5	2,179
4	Seragam	1,8	1,884
5	Bervariasi	1,3	1,629
6	Bervariasi	1,5	1,595
7	Bervariasi	1,8	1,565

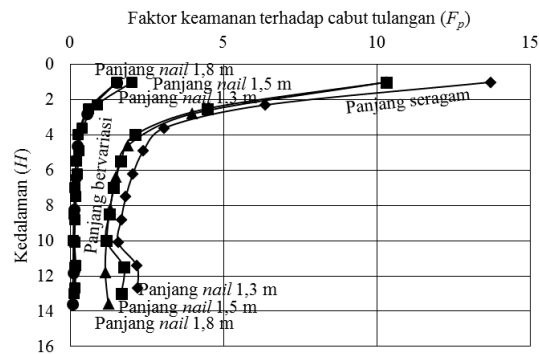
Hasil akhir dari analisis stabilitas lereng tersebut adalah pengaruh jarak antar *nail* dan keseragamaman panjang *nail* terhadap nilai faktor keamanan lereng secara global, terhadap stabilitas eksternal, dan terhadap stabilitas internal. Grafik 1 menunjukkan hubungan antara variasi jarak *nail* dan keseragaman panjang *nail* terhadap nilai faktor keamanan. Grafik 2 menunjukkan pengaruh jarak antar *nail* terhadap nilai  $SF$  terhadap putus tulangan. Grafik 3 menunjukkan pengaruh kedalaman *nail* terhadap cabut tulangan.



Grafik 1. Grafik hubungan jarak antar *nail* dengan nilai faktor keamanan



Grafik 2. Grafik hubungan kedalaman *nail* dan faktor aman terhadap putus tulangan ( $F_r$ )



Grafik 3. Grafik hubungan kedalaman *nail* dan faktor aman terhadap cabut tulangan ( $F_p$ )

Variasi jarak antar *nail* menunjukkan baik pada panjang *nail* yang seragam maupun bervariasi mengalami penurunan nilai faktor keamanan ( $SF$ ) pada saat jarak *nail* semakin jauh. Penambahan jarak dari 1,3;1,4; dan 1,8 menghasilkan penurunan nilai faktor keamanan ( $SF$ ) sebesar 5,79% dan 13,54% pada panjang *nail* yang seragam, sedangkan pada panjang *nail* bervariasi menghasilkan penurunan sebesar 2,09% dan 1,88%. Hal tersebut dikarenakan semakin jauh jarak *nail* maka akan semakin sedikit jumlah *nail* yang akan menahan beban dari kelongsoran lereng. Semakin sedikit jumlah *nail* yang menahan beban akan mengakibatkan perkuatan menjadi semakin lemah dan nilai faktor keamanan ( $SF$ ) semakin kecil.

Variasi keseragaman panjang *nail* menunjukkan bahwa lereng yang memiliki panjang *nail* bervariasi menghasilkan nilai faktor keamanan yang lebih kecil bila dibandingkan dengan lereng yang memiliki panjang *nail* seragam. Hal tersebut dikarenakan pada lereng dengan panjang *nail* bervariasi memiliki panjang yang berbeda-beda disesuaikan dengan bidang gelincirnya sehingga permukaan *nail* yang menahan beban kelongsoran tanah semakin kecil dan menyebabkan nilai faktor keamanan ( $SF$ ) menjadi lebih kecil dari lereng dengan *nail* yang dipasang seragam. Selain itu, pemeriksaan stabilitas lereng internal juga menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan terhadap putus dan cabut pada lereng dengan *nail* yang bervariasi memiliki nilai yang tidak aman, sehingga tidak dapat digunakan untuk perkuatan di lapangan.

Pada Grafik 2 dapat dilihat bahwa semakin dalam posisi nail maka akan semakin kecil nilai  $SF$ . Hal itu dikarenakan semakin dalam nail dipasang maka akan semakin besar beban yang diterima oleh nail tersebut, sehingga akan semakin rawan terjadinya putus.

Pada Grafik 3 dapat dilihat bahwa semakin dalam posisi nail maka akan semakin kecil nilai  $SF$ . Hal itu dikarenakan semakin dalam nail dipasang maka akan semakin besar beban yang diterima oleh nail tersebut, sehingga akan semakin rawan terjadinya cabut.

## SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini, dihasilkan nilai faktor keamanan ( $SF$ ) sebelum diperkuat adalah 1,196. Setelah dilakukan perkuatan dengan *soil nailing* nilai faktor keamanan meningkat antara 1,565 – 2,313. Penambahan jarak *nail* dari 1,3;1,5; dan 1,8 meter menyebabkan penurunan nilai faktor keamanan sebesar 5,79% dan 13,54% pada panjang *nail* yang seragam, sedangkan pada panjang *nail* yang bervariasi sebesar 2,09% dan 1,88%. Nilai faktor keamanan yang dihasilkan pada panjang *nail* yang bervariasi juga mengalami penurunan bila dibandingkan dengan panjang *nail* seragam. Pada jarak *nail* 1,3; 1,5; dan 1,8 m penurunan nilai faktor keamanan adalah sebesar 29,57%; 26,80%; dan 16,93%.

## REKOMENDASI

Dari hasil analisis, pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian analisis stabilitas lereng dengan metode manual dengan menggunakan metode penelitian yang bidang longsornya berupa lingkaran. Peneliti selanjutnya sebaiknya melakukan analisis dengan bantuan program lain seperti Plaxis. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan pemodelan di laboratorium. Penelitian selanjutnya sebaiknya menambah variasi panjang *nail* yang disesuaikan dengan bidang gelincir namun memberikan penambahan panjang *nail* agar lebih aman terhadap stabilitas internal.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih kepada Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T. dan R. Harya Dananjaya, S.T.MEng., yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

## **REFERENSI**

Bismoseno, A. 2006. Studi Perilaku Pemodelan Perkuatan Geosintetik pada Lereng Miring dengan Media Tanah Pasir. Skripsi S1. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.

Blowles, J.E. 1989. Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah. Jakarta : Erlangga.

Hardiyatmo, H.C. 2007. Mekanika Tanah 2 Edisi keempat. Bulaksumur, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Lazarte, C.A, Elias, V., Espinoza, D., dan Sabatini, P.J. 2003. Geotechnical Engineering Circularno.7 Soil Nail Walls. Federal Highway Administration U.S. Departement of transportation. Amerika.

Prabawa, D. 2015. Analisis Stabilitas Lereng Akibat Beban Hujan Harian Maksimum Bulanan dan Beban Lalu Lintas. Tersedia di [http://: www.digilib.uns.ac.id](http://www.digilib.uns.ac.id).

Sosrodarsono, S. 1990. Mekanika Tanah dan Teknik Fondasi. Jakarta: Pradnya Paramita.