

Pengaruh Jumlah Pemasangan Soil Nailing Terhadap Peningkatan Faktor Keamanan Lereng

Liong Andreas Setiawan Budiharjo¹, David Christian Mahardhika²,
Maria Wahyuni³, Rinda Karlinasari⁴

email: ¹ andreassetiawan536@gmail.com, ²dcmahardhika@gmail.com,
³maria@unika.ac.id, ⁴rkarlinasari@gmail.com

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Unika Soegijapranata, Semarang, Universitas Katolik Soegijapranata; Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234, 024-8441555

Abstrak

Tanah longsor terjadi pada lereng yang tidak stabil. Lereng pada Jalan Burangrang Raya, Kelurahan Jangli, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang merupakan salah satu lokasi yang mengalami tanah longsor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah pemasangan *soil nailing* terhadap peningkatan faktor keamanan lereng. *Soil nailing* berdiameter 10 cm dipasang dengan panjang 11 m. Baja tulangan untuk *soil nailing* berdiameter 25 mm dengan kuat leleh sebesar 390 MPa. Pemasangan *soil nailing* divariasikan dengan jumlah 2 baris, 3 baris, dan 5 baris. Jarak pemasangan *soil nailing* ke arah horisontal sebesar 2 m, sedangkan ke arah vertikal untuk *soil nailing* 2 baris, 3 baris, dan 5 baris secara berurutan sebesar 4,74 m; 4,74 m; dan 2,37 m. Hasil penelitian menunjukkan nilai faktor keamanan lereng sebelum diperkuat sebesar 1,06. Faktor keamanan lereng dengan perkuatan *soil nailing* sebanyak 2 baris, 3 baris, dan 5 baris pada jangka pendek secara berurutan sebesar 3,18; 3,27; dan 3,43. Pada jangka panjang faktor keamanan lereng dengan perkuatan *soil nailing* sebanyak 2 baris, 3 baris, dan 5 baris secara berurutan sebesar 2,31; 2,62; dan 2,76. Faktor keamanan lereng dengan perkuatan *soil nailing* meningkat lebih dari dua kali nilai faktor keamanan lereng tanpa perkuatan. Besarnya faktor keamanan lereng berbanding lurus dengan jumlah *soil nailing* yang terpasang pada lereng.

Kata kunci : : Lereng, *Soil Nailing*, Faktor Keamanan

Abstract

Landslides occur on unstable slopes. The slope on Burangrang Raya street, Jangli, Tembalang, Semarang is one of the locations that experienced a landslide. The slope on Burangrang Raya street is one of the locations that experienced a landslide. This study aims to determine the effect of the number of soil nailing installations on increasing slope safety factors. The installed soil nailing on that slope has 10 cm in diameter with a length of

11 m. Reinforcing steel for soil nailing has 25 mm in diameter with a yield strength of 390 Mpa. Installation of soil nailing varies with the amount of 2 rows, 3 rows, and 5 rows. The installed soil nailing on that slope has 10 cm in diameter with a length of 11 m. Reinforcing steel for soil nailing has 25 mm in diameter with a yield strength of 390 MPa. Installation of soil nailing varies with the amount of 2 lines, 3 lines, and 5 lines. The distance of installing soil nailing towards horizontal is 2 m, while vertical direction for soil nailing is 2 rows, 3 rows, and 5 rows respectively 4.74 m; 4.74 m; and 2.37 m. The results showed the value of the slope safety factor in natural conditions is 1.06. Slope safety factor with reinforcement of soil nailing as much as 2 rows, 3 rows, and 5 rows in the short run respectively 3.18; 3.27; and 3.43. In the long run, the slope safety factor is by strengthening soil nailing as much 2 lines, 3 lines, and 5 lines in a row of 2.31; 2.62; and 2.76. Slope safety factor with soil nailing reinforcement increased more than twice the value of slope safety factor without reinforcement. The magnitude of the slope safety factor is directly proportional to the amount of soil nailing installed on the slope.

Keywords: *Slope, Soil Nailing, Safety Factor*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi topografi di Indonesia yang memiliki perbedaan elevasi menyebabkan terbentuknya lereng. Lereng dengan tanah tidak stabil dapat terjadi longsor misalnya pada lereng di Jalan Burangrang Raya, Kelurahan Jangli, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Lokasi lereng tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.

Penanganan longsor yang terjadi pada lereng dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya dengan pemasangan *soil nailing*. Banyaknya *soil nailing* yang dipasang akan mempengaruhi peningkatan faktor keamanan lereng. Faktor keamanan lereng dengan *soil nailing* dapat dihitung dengan bantuan aplikasi komputer misalnya dengan aplikasi *PLAXIS*.

PLAXIS merupakan salah satu aplikasi geoteknik berbasis elemen hingga. Aplikasi tersebut dapat digunakan untuk mensimulasikan perilaku tanah dari pemodelan yang sederhana hingga yang kompleks serta pemodelan terhadap perbaikan tanah yang dilakukan. Oleh sebab itu, aplikasi tersebut dapat digunakan untuk mengetahui faktor keamanan lereng pada Jalan Burangrang Raya.



Gambar 1 Lokasi Jalan Burangrang Raya (Sumber: <https://www.google.co.id/maps>)

1.2 Perumusan Masalah

Masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan menjadi bagaimana pengaruh jumlah pemasangan *soil nailing* terhadap peningkatan faktor keamanan lereng di Jalan Burangrang Raya.

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah berupa:

- Data parameter tanah menggunakan nilai korelasi dengan hasil bor yang ada.
- Analisis stabilitas lereng dilakukan terhadap potongan melintang lereng Jalan Burangrang Raya.
- Analisis stabilitas lereng menggunakan *PLAXIS V.8.2* tanpa memperhitungkan adanya rembesan air, drainase lereng, kondisi tanah ekspansif, dan beban luar.
- Tulangan untuk *soil nailing* menggunakan baja berdiameter 25 mm dengan panjang 11 m dan kuat leleh sebesar 390 MPa.
- Analisis stabilitas lereng jangka panjang menggunakan asumsi pengurangan kuat geser sebesar 20% dari kuat geser asli.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh jumlah pemasangan *soil nailing* terhadap peningkatan faktor keamanan lereng di Jalan Burangrang Raya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Longsor

Tanah longsor menurut Nandi (2007) merupakan suatu peristiwa berpindahnya material pembentuk lereng ke bawah atau keluar lereng. Tanah longsor banyak terjadi pada daerah yang memiliki tanah yang labil dan memiliki kontur yang relatif curam. Tanah yang labil kebanyakan berupa tanah residu yang terbentuk dari pelapukan batuan vulkanik. Tanah tersebut memiliki ciri yaitu tanah cenderung gembur sehingga mudah runtuh ketika kandungan air dalam tanah tinggi.

Tanah longsor akan terjadi apabila perlawanan terhadap pergeseran tanah terlampaui. Menurut Hardiyatmo (2010), suatu lereng dapat mengalami kelongsoran karena disebabkan oleh:

- Perubahan posisi muka air,
- Kenaikan tekanan lateral oleh air,
- Penurunan tahanan geser tanah,
- Penambahan beban pada lereng,

- e. Gempa bumi atau getaran berlebihan,
- f. Penggalian tanah pada kaki lereng dan mempertajam kemiringan lereng.

2.2 Stabilitas Lereng

Lereng merupakan permukaan tanah yang tidak horisontal serta menghubungkan antara permukaan tanah yang rendah dengan permukaan tanah yang lebih tinggi seperti yang ditunjukkan pada Lereng memiliki resiko kelongsoran yang tinggi. Potensi kelongsoran pada lereng dapat diketahui dengan melakukan analisis stabilitas lereng. Lereng berpotensi terjadi longsor apabila berdasarkan analisis stabilitas lereng diperoleh nilai faktor keamanan lereng kurang dari yang disyaratkan. Biasanya faktor keamanan untuk lereng diambil sebesar 1,2 sampai dengan 1,5 yang dapat dihitung dengan *limit equilibrium method* dan *Shear Strength Reduction*.

Limit Equilibrium Method

Metode keseimbangan gaya (*limit equilibrium method*) dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng. Menurut Abramson et al. (2001), analisis stabilitas lereng dengan prinsip tersebut dapat dibagi menjadi beberapa metode analisis yaitu *infinite slope analysis*, *planar surface analysis*, *circular surface analysis*, dan *method of slice*.

Menurut Hadiyatomo (2010), nilai faktor keamanan lereng (F) merupakan hasil perbandingan gaya yang menahan pada lereng (τ) dengan gaya yang mendorong pada lereng (τ_d). Nilai faktor keamanan tersebut dapat dicari dengan persamaan:

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \dots\dots\dots (1)$$

Menurut teori Mohr-Coulomb, tahanan geser tahan maksimum sepanjang bidang longsonya (τ) dan tegangan geser yang terjadi akibat beban tanah dan beban-beban lainnya (τ_d) memiliki bentuk umum sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \dots\dots\dots (2)$$

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \phi_d \dots\dots\dots (3)$$

Shear Strength Reduction Method

Shear Strength Reduction (SSR) Method merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng dengan metode elemen hingga atau *Finite Element Method (FEM)*. Metode *SSR* dilakukan dengan melakukan pengurangan nilai kohesi dan sudut geser tanah. Metode *SSR* memiliki konsep sederhana yaitu dengan mengurangi kekuatan geser material hingga lereng mengalami kegagalan (Hammah et al., 2005).

Berikut langkah-langkah untuk analisis *SSR*:

- a. Menentukan *shear strength reduction ratio* (r),

- b. Menentukan parameter kuat geser yang baru dengan persamaan berikut:

$$c_r = \frac{c}{r} \dots\dots\dots (4)$$

$$\tan \phi_r = \frac{\tan \phi}{r} \dots\dots\dots (5)$$

- c. Menghitung faktor keamanan dari parameter kuat geser yang baru.

2.3 Soil Nailing

Pemasangan *soil nailing* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memperkuat lereng sehingga lebih stabil. *Soil nailing* terdiri dari beberapa komponen yang dapat dilihat pada Gambar 2. Komponen penyusun *soil nailing* terdiri dari *nail bar*, *nail head*, *grout*, dan *centralizer*.

Soil nailing harus direncanakan agar baja tulangan yang dipasang tidak putus serta *soil nailing* tidak tercabut saat menahan gaya tarik yang terjadi. Kuat tarik material *soil nailing* (baja tulangan) direncanakan dengan persamaan:

$$T_d = \phi_k \phi_n \phi_t f_y A_p \dots\dots\dots (6)$$

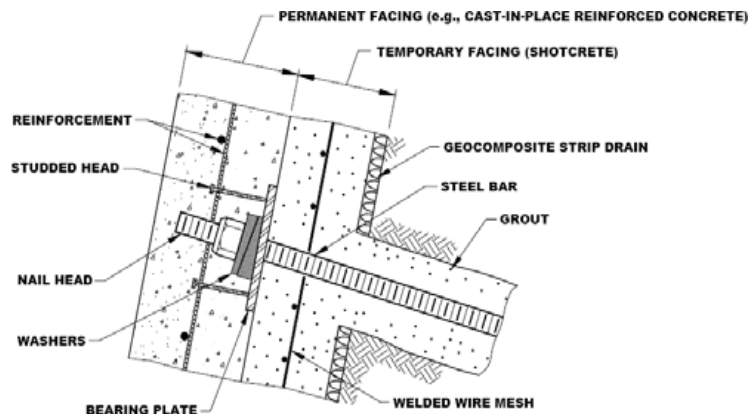
Nilai faktor reduksi beban (ϕ_k), klasifikasi desain struktur (ϕ_n), dan faktor reduksi material tendons (ϕ_t) secara berurutan dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Soil nailing perlu dianalisis kekuatannya terhadap gaya cabut. Gaya cabut pada *soil nailing* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$T^* = \phi_n \phi_b \pi d L_f \tau_u \dots\dots\dots (7)$$

Nilai ϕ_n dan ϕ_b dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Diameter lubang *grout*

(*d*) dan panjang *nail bars* (L_f) pada Persamaan (7) dalam satuan meter.



Gambar 2 Potongan Melintang *Soil nailing*
(Sumber: FHWA-SA-93-026, 1993)

Tabel 1 Faktor Reduksi Beban

<i>Anchor Category</i>	<i>Structure Classification</i>	<i>Importance Category Reduction Faktor</i> ϕ_k
1 <i>Temporary anchors where the service life is less than six months of a structure classification A structure, that is, where failure would have few serious consequences and would not endanger public safety, e.g. short-term pile test loading using anchors as a reaction system</i>	A	0,9
2 <i>Temporary anchors with a service life of up to five years of a structure classification B structure, that is, where, although the consequences of load failure are quite serious, there is no danger to public safety without adequate warning, e.g. retaining wall tie backs</i>	B	0,85
3 <i>Any permanent anchors and also temporary anchors of a structure classification C structure, that is, where the consequences of failure are serious, e.g. temporary anchors for main cables of a suspension bridge, or as a reaction for lifting heavy structural members</i>	C	0,8

Sumber: AS4678-2002, 2002

Tabel 2 Klasifikasi Desain Struktur

<i>Structure Classification</i>	<i>Design Faktor, (ϕ_n)</i>
A	1,1
B	1,0
C	0,9

Sumber: AS4678-2002, 2002

Tabel 3 Faktor Reduksi Material

<i>Faktor Reduksi</i>	<i>Material</i>	<i>Koefisien</i>
ϕ_t	<i>Tendon</i>	0,9
ϕ_b	<i>Bond</i>	0,7

Sumber: AS4678-2002, 2002

2.4 Analisis Shear Strength Reduction Method Menggunakan PLAXIS

PLAXIS merupakan suatu program dalam bidang geoteknik untuk memodelkan tanah dan mensimulasikan perilaku dari tanah. Program tersebut menggunakan metode elemen hingga dengan teknik *shear strength reduction* dalam menganalisis pemodelan yang dibuat. Analisis dilakukan dengan melakukan tahapan *input* data dan pengaturan kalkulasi data.

Input Data PLAXIS

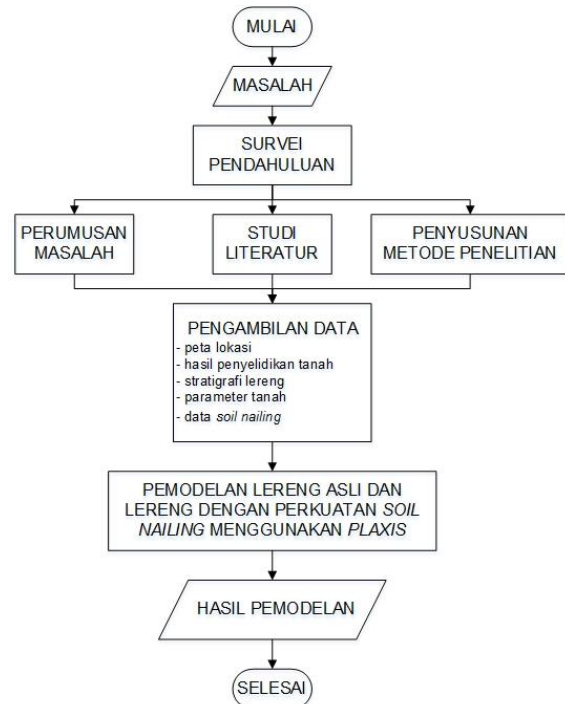
Data yang perlu dimasukkan saat membuat pemodelan menggunakan aplikasi PLAXIS berupa penggambaran model, pemilihan suatu opsi, dan pengisian suatu nilai nilai tertentu. *Input* berupa penggambaran model pada PLAXIS contohnya penggambaran stratigrafi tanah, sedangkan *input* berupa pemilihan suatu opsi pada PLAXIS misalnya pemilihan material model Mohr-Coulomb. *Input* berupa pengisian suatu nilai contohnya pengisian nilai parameter tanah.

Kalkulasi Data pada PLAXIS

Tahap kalkulasi data dilakukan setelah tahap *input* pada PLAXIS dengan beberapa pengaturan analisis sesuai analisis yang diperlukan. Beberapa kalkulasi yang dilakukan pada PLAXIS yaitu *plastic calculation*, *consolidation analysis*, dan *phi-c reduction*. *Plastic calculation* digunakan untuk menghitung deformasi elastis-plastis pada model. *Consolidation analysis* digunakan apabila ada pengaruh konsolidasi tanah pada model yang dibuat. *Phi-c reduction* digunakan untuk menghitung nilai faktor keamanan dari model yang dibuat.

3. METODE PENELITIAN

Suatu metode diperlukan dalam melakukan sebuah penelitian agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan baik dan juga sistematis. Metode yang digunakan pada penelitian ini dapat dirumuskan melalui diagram alir (*flow chart*) penelitian pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3, tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

a. Survei pendahuluan

Kegiatan survei pendahuluan dilakukan dengan meninjau langsung lokasi permasalahan yang hendak diteliti. Pada penelitian ini, kegiatan survei pendahuluan dilakukan pada lereng di Jalan Burangrang Raya. Hasil yang diperoleh dari survei pendahuluan ini berupa kondisi awal lereng, penyebab lereng longsor, dan proses terjadinya longsor.

b. Perumusan masalah, studi literatur, dan penyusunan metode penelitian

Kegiatan ini dilakukan setelah melakukan survei pendahuluan. Perumusan masalah dilakukan untuk merumuskan latar belakang masalah, rumusan dan batasan masalah. Tujuan dan manfaat penelitian juga turut dirumuskan pada tahap ini.

Studi literatur merupakan suatu tahapan penelitian dalam mempelajari literatur dari berbagai sumber yang dapat digunakan untuk menangani masalah yang ada. Studi literatur pada penelitian ini disusun dalam sebuah kajian pustaka yang membahas mengenai tanah

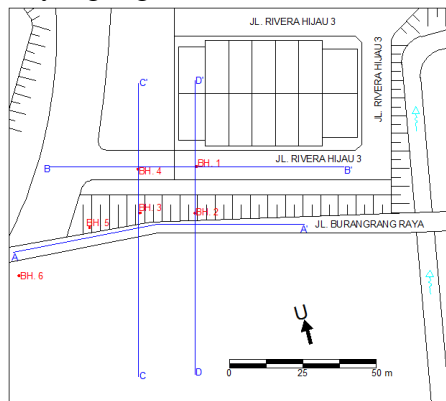
longsor, stabilitas lereng, *soil nailing*, dan analisis *shear strength reduction method* menggunakan *PLAXIS*.

Penyusunan metode penelitian dilakukan agar proses penelitian menjadi lebih sistematis sesuai tahapan yang diperlukan untuk mengatasi suatu permasalahan. Pada penelitian ini, metode penelitian yang disusun berisi mengenai diagram alir penelitian beserta uraian penjelasannya.

c. Pengambilan data

Kegiatan pengambilan data merupakan suatu proses pencarian data yang diperlukan. Data yang diperoleh akan diolah dan menghasilkan suatu analisis. Data yang diambil pada penelitian ini berupa data peta lokasi, data penyelidikan tanah, stratigrafi lereng, dan data *soil nailing*.

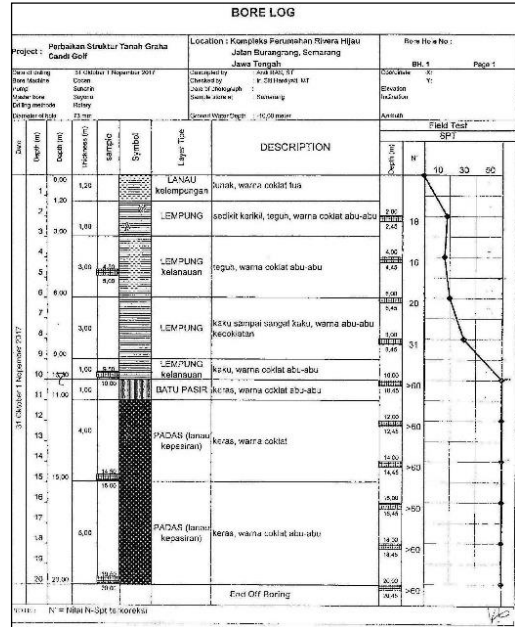
Data peta lokasi dibuat sesuai kondisi di lapangan. Gambar 4 menunjukkan peta lokasi penelitian yang dilengkapi dengan letak *cross section* lereng yang akan dimodelkan serta letak titik pengujian bor yang digunakan.



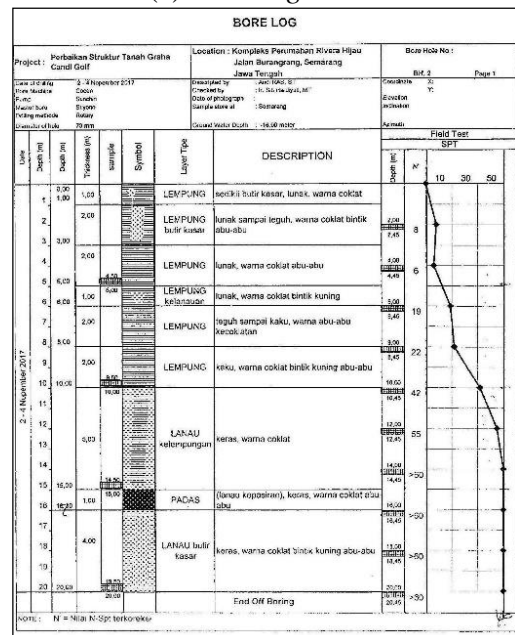
Gambar 4 Peta Lokasi Lereng Jalan Burangrang Raya

Data penyelidikan tanah menggunakan data sekunder yang diperoleh dari hasil pengeboran yang dilakukan oleh Laboratorium UNDIP. Penelitian ini meninjau *cross section* D-D' pada lereng yang memiliki dampak longsor paling besar pada lokasi penelitian. Gambar 5 menunjukkan data hasil bor yang digunakan pada penelitian ini. Data hasil bor tersebut digunakan untuk membuat stratigrafi lereng dan menentukan

parameter tanah. Stratigrafi lereng pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6. Parameter tanah untuk jangka pendek dapat dilihat pada Tabel 4, sedangkan untuk jangka panjang dapat dilihat pada Tabel 5.

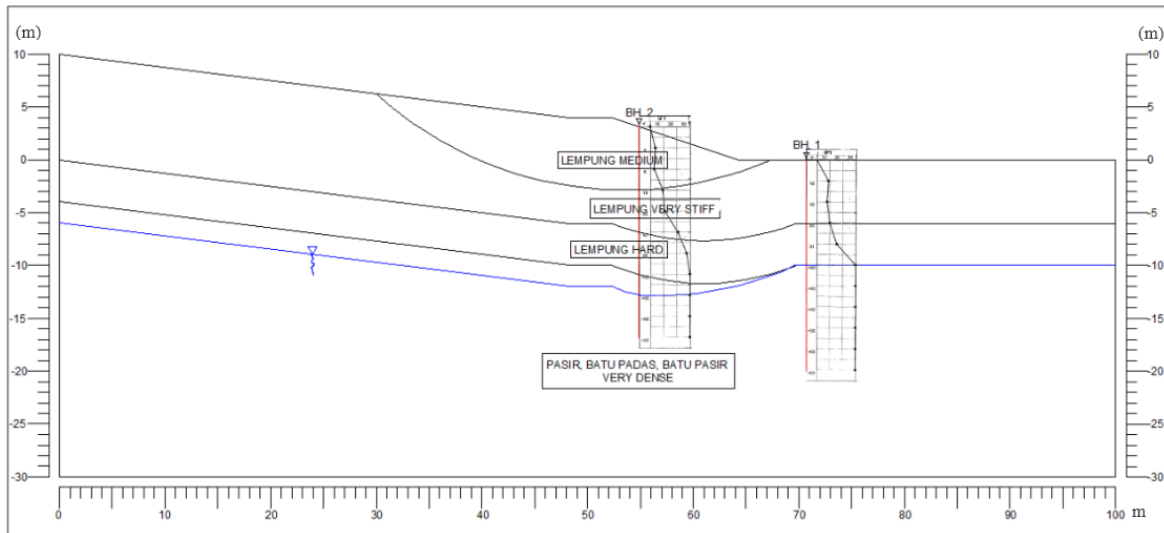


(a) Bore Log BH. 1



(b) Bore Log BH. 2

Gambar 5 Bore Log di Lokasi Penelitian (Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah UNDIP, 2017)



Gambar 6 Stratigrafi Lereng Cross Section D – D'

Tabel 4 Data Parameter Tanah untuk Jangka Pendek

No	Jenis Tanah	N-SPT rata-rata	Kepadatan	Tipe Material	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	k (m/hari)	$e_{initial}$	E (kN/m ²)	ν	c (kN/m ²)	ϕ (°)
1	Lempung	7	Medium	Undrained	17	18	8,64E-05	1,3	10.000	0,25	15	20
2	Lempung	18	Very Stiff	Undrained	18	19	8,64E-06	1,2	55.000	0,35	75	23
3	Lempung	39	Hard	Undrained	19	20	8,64E-04	1	33.000	0,30	180	25
4	Padas	60	Very Dense	Drained	20	21	8,64E-01	0,9	42.000	0,30	5	41

Tabel 5 Data Parameter Tanah untuk Jangka Panjang

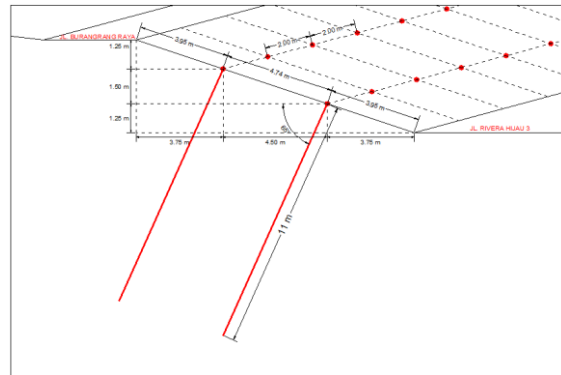
No	Jenis Tanah	N-SPT rata-rata	Kepadatan	Tipe Material	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	k (m/hari)	$e_{initial}$	E (kN/m ²)	ν	c (kN/m ²)	ϕ (°)
1	Lempung	7	Medium	Drained	17	18	8,64E-05	1,3	10.000	0,25	12	15
2	Lempung	18	Very Stiff	Drained	18	19	8,64E-06	1,2	55.000	0,35	60	18
3	Lempung	39	Hard	Drained	19	20	8,64E-04	1	33.000	0,30	144	20
4	Padas	60	Very Dense	Drained	20	21	8,64E-01	0,9	42.000	0,30	4	33

Data *soil nailing* berupa data pemasangan *soil nailing* dan parameter *soil nailing*. Pemasangan *soil nailing* dilakukan dengan variasi jumlah *soil nailing* sebanyak 2 baris, 3 baris, dan 5 baris. Data *soil nailing* dapat dilihat

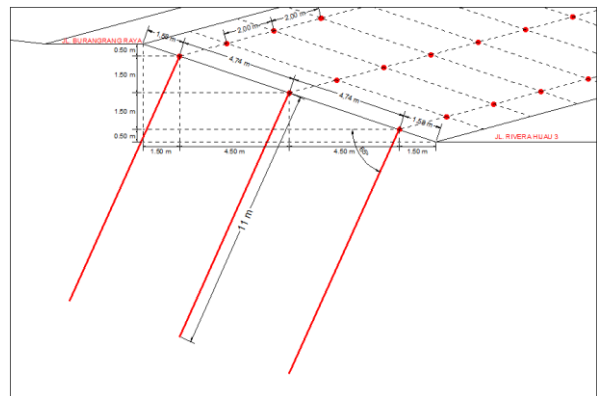
pada dengan posisi pemasangan dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 6 Data *Soil Nailing*

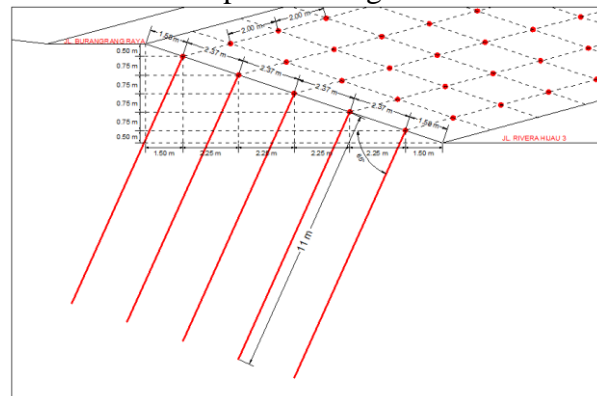
Data Rencana <i>Soil Nailing</i>	Nilai
Panjang (m)	11
Diameter lubang, D_{DH} (mm)	100
Diameter <i>nail</i> , d (mm)	25
Kuat leleh <i>nail</i> , f_y (MPa)	390
Sudut inklinasi ($^{\circ}$)	65
Jarak antar <i>nail</i> horisontal (m)	2
Jarak antar <i>nail</i> vertikal (untuk lereng dengan 2 <i>soil nailing</i>) (m)	4,74
Jarak antar <i>nail</i> vertikal (untuk lereng dengan 3 <i>soil nailing</i>) (m)	4,74
Jarak antar <i>nail</i> vertikal (untuk lereng dengan 5 <i>soil nailing</i>) (m)	2,37
Data Parameter <i>Soil Nailing</i>	Nilai
Luas <i>soil nailing</i> , A (mm ²)	7853,98
Luas <i>nail</i> , A_n (mm ²)	490,87
Luas <i>grout</i> , A_g (mm ²)	7363,11
Modulus elastisitas <i>nail</i> , E_n (GPa)	200
Modulus elastisitas <i>grout</i> , E_g (GPa)	22
Modulus elastisitas <i>grouted soil nail</i> , E_{eq} (GPa)	33,12
<i>Axial stiffness nail</i> , EA (kN/m)	130.061
<i>Bending stiffness nail</i> , EI (kNm ² /m)	81,29
Berat <i>soil nailing</i> (kN/m/m)	0,094
Angka Poisson <i>soil nailing</i>	0,2



(a) Posisi Pemasangan 2 Baris *Soil Nailing* pada Lereng



(b) Posisi Pemasangan 3 Baris *Soil Nailing* pada Lereng



(c) Posisi Pemasangan 5 Baris *Soil Nailing* pada Lereng

Gambar 7 Posisi Pemasangan *Soil Nailing* pada Lereng

- d. Pemodelan menggunakan *PLAXIS*
Pemodelan dan analisis stabilitas lereng dilakukan menggunakan aplikasi *PLAXIS*. Pemodelan dibuat dengan 2 kondisi yaitu lereng dengan kondisi asli dan lereng dengan perkuatan *soil nailing*. Pada kondisi lereng dengan perkuatan *soil nailing* dilakukan analisis terhadap jangka pendek (selama konstruksi) dan jangka panjang (10 tahun setelah masa konstruksi berakhir).

Pemodelan stabilitas lereng menggunakan *PLAXIS* memerlukan *input* data yang sesuai agar dapat memberikan *output* yang benar. Tahapan *input* data pada *PLAXIS* untuk penelitian ini sebagai berikut:

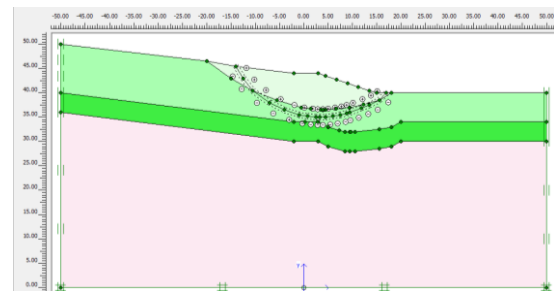
- d.1. Penggambaran model berupa stratigrafi lereng, bidang gelincir lereng, dan *soil nailing*.
- d.2. Membuat kondisi batas model.
- d.3. Membuat parameter tanah dan *soil nailing* dan dimasukkan pada model yang telah digambarkan.
- d.4. Membuat jaring elemen pada lereng.
- d.5. Membuat kondisi awal model.

Tahap kalkulasi data pada *PLAXIS* memiliki pengaturan utama yaitu sebagai berikut:

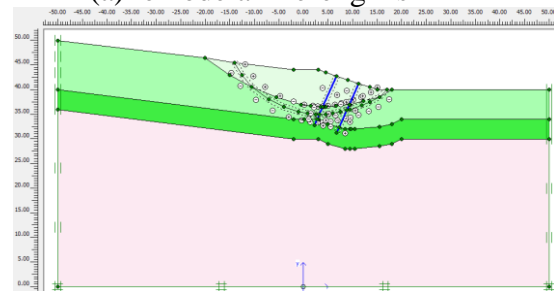
- d.1. Pengaturan pemilihan tahapan sebelum tahapan yang dianalisis.
- d.2. Pengaturan pemilihan tipe kalkulasi yang berupa analisis plastis, analisis konsolidasi atau analisis *phi/c reduction*.
- d.3. Pengaturan analisis kondisi *undrained* atau *drained* serta selang waktu dan juga pengaturan model seperti pengaktifan *soil nailing* dan pengaktifan bidang gelincir.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

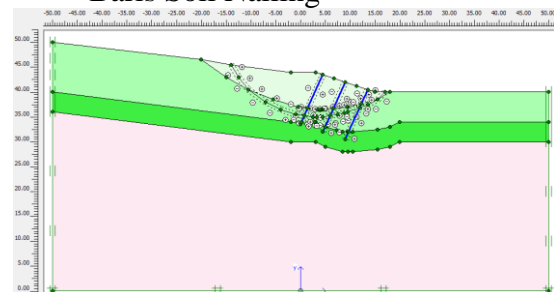
Pemodelan lereng asli dan lereng dengan perkuatan *soil nailing* menggunakan aplikasi *PLAXIS* ditunjukkan pada Gambar 8. Pada kondisi lereng asli, faktor keamanan lereng diperoleh sebesar 1,06. Lereng asli tersebut mengalami longsor yang diindikasikan dengan faktor keamanan yang kurang dari 1,2.



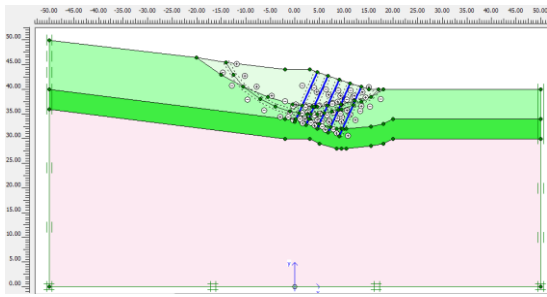
(a) Pemodelan Lereng Asli



(b) Pemodelan Lereng dengan 2 Baris Soil Nailing



(c) Pemodelan Lereng dengan 3 Baris Soil Nailing



(d)Pemodelan Lereng dengan 5 Baris Soil Nailing

Gambar 8 Pemodelan Lereng Asli dan Lereng dengan Soil Nailing Menggunakan PLAXIS

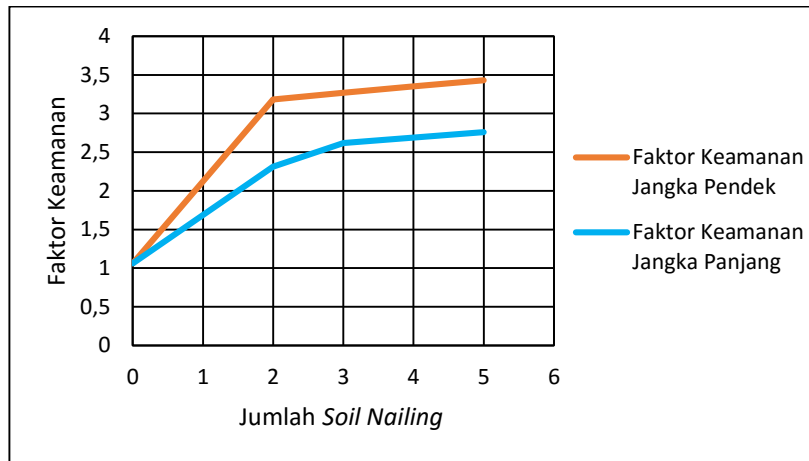
Pada masa konstruksi (jangka pendek), pemasangan soil nailing pada lereng Jalan Burangrang Raya meningkatkan nilai faktor keamanan lereng lebih dari 3 kali nilai faktor keamanan lereng asli. Jumlah soil nailing yang dipasang mempengaruhi besarnya nilai faktor keamanan. Semakin banyak soil nailing terpasang, maka semakin besar juga nilai faktor keamanan yang lereng.

Lereng yang dipasang soil nailing cukup stabil selama kurun waktu 10 tahun (jangka panjang) dengan nilai faktor keamanan lebih dari

2 kali nilai faktor keamanan lereng asli. Faktor keamanan lereng dengan perkuatan soil nailing pada jangka pendek dan jangka panjang ditunjukkan pada Tabel 7. Peningkatan faktor keamanan lereng dengan perkuatan soil nailing dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 7 Faktor Keamanan Lereng dengan Soil Nailing

Jumlah Soil Nailing Terpasang pada Lereng	Faktor Keamanan	
	Jangka Pendek	Jangka Panjang
2 Baris Soil Nailing	3,18	2,31
3 Baris Soil Nailing	3,27	2,62
5 Baris Soil Nailing	3,43	2,76



Gambar 8 Peningkatan Faktor Keamanan Lereng dengan Perkuatan Soil Nailing Soil Nailing

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan memberikan kesimpulan yang dirumuskan sebagai berikut:

- a. Lereng pada Jalan Burangrang Raya memiliki potensi untuk mengalami kelongsoran kearah melintang jalan dengan nilai faktor keamanan sebesar 1,06.
 - b. Nilai faktor keamanan lereng yang diperkuat *soil nailing* selama masa konstruksi dengan pemasangan *soil nailing* 2 baris, 3 baris, dan 5 baris secara berurutan diperoleh sebesar 3,18; 3,27; dan 3,43.
 - c. Nilai faktor keamanan lereng yang diperkuat *soil nailing* setelah 10 tahun dari akhir masa konstruksi dengan pemasangan *soil nailing* 2 baris, 3 baris, dan 5 baris secara berurutan diperoleh sebesar 2,31; 2,62; dan 2,76.
 - d. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *soil nailing* terpasang maka nilai faktor keamanan lereng semakin meningkat. Pemasangan *soil nailing* tersebut dapat meningkatkan nilai faktor keamanan hingga lebih dari 2 kali faktor keamanan lereng asli.
- b. Penyelidikan tanah di lokasi sebaiknya ditambah dengan metode lain misalnya dengan uji geolistrik untuk cross check terhadap data yang sudah ada sehingga data yang digunakan untuk analisis menjadi lebih akurat.
 - c. Pemodelan yang dilakukan sebaiknya menggunakan lebih dari 1 data cross section sehingga akan diperoleh hasil analisis yang lebih mendalam.
 - d. Analisis stabilitas lereng dapat dicoba dengan perkuatan lainnya serta memperhitungkan drainase lereng, kondisi tanah ekspansif, dan beban luar seperti beban konstruksi dan beban lalu lintas agar hasilnya dapat dibandingkan.
 - e. Dianjurkan untuk memperhitungkan perubahan muka air yang terjadi pada lereng.
 - f. Apabila ingin ditambahkan kondisi rembesan maka sebaiknya menggunakan aplikasi bantu lainnya selain aplikasi PLAXIS.
 - g. Kekuatan *soil nailing* perlu dianalisis lebih mendalam menggunakan aplikasi lain misalnya menggunakan aplikasi ALLPILE.

5.2 Saran

Sesuai dengan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

- a. Parameter tanah yang digunakan untuk analisis sebaiknya menggunakan hasil pengujian laboratorium sehingga hasil yang didapat lebih sesuai dengan kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L.W., Lee, Thomas S., Sharma, S., Boyce, Gleen M., (2001): *Slope Stability and Stabilization Methods*, John Willey and Sons, New York.
- Budiharjo, Liong Andreas Setiawan dan Mahardhika, David Christian, (2020): *Tugas Akhir : Peningkatan Stabilitas Lereng dengan Soil Nailing Menggunakan Aplikasi PLAXIS*, Unika Soegijapranta, Semarang.

FHWA, (1993): FHWA-SA-93-026: Recommendations CLOUTERRE 1991; Soil nailing Recommendations – 1991 for Designing, Calculating, Constructing and Inspecting Earth Support Using Soil nailing, Federal Highway Administration, United States.

Hammah, R.E., Yacoub, T.E., Corkum, B.C., dan Curran, J.H., (2005): The Shear Strength Reduction Method for the Generalized Hoek-Brown Criterion, Symposium on Rock Mechanics (USRMS): Rock Mechanics for Energy, Mineral and Infrastructure Development, Northern Regions, Alaska.

Hardiyatmo, Hary Christady, (2010): Mekanika Tanah 2, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Laboratorium Mekanika Tanah UNDIP, (2017): Proyek Perbaikan Struktur Tanah Graha Candi Golf, Lokasi Kompleks Perumahan Rivera Hijau Jalan Burangrang, Semarang, Jawa Tengah.

Nandi, (2007): Longsor, Handout mata kuliah Geomorfologi Jurusan Pendidikan Geografi, UPI, Bandung.

Peta lokasi Jalan Burangrang Raya diperoleh dari situs internet: <https://www.google.co.id/maps/@-7.0382684,110.4369277,17z?hl=id>.
Diunduh pada tanggal 15 Juni 2019, pukul 20.00 WIB

Standards Australia, (2002): Australian Standardtm : Earth Retaining Structures, Council of Australia, Sydney.