

ANALISIS KELONGSORAN DENGAN SOIL NAILS DAN VARIASI TRAP SEBAGAI PERKUATAN PADA LERENG

Undayani Cita Sari¹ dan Moh. Nur Sholeh²

¹Departemen Teknik Sipil, Universitas Diponegoro

²Sekolah Vokasi Teknik Sipil, Universitas Diponegoro

Email: undayanicita@live.undip.ac.id

ABSTRAK: Keberadaan bangunan pada suatu lereng perlu diwaspadai dikarenakan terjadinya kelongsoran yang kemungkinan dapat terjadi. Oleh karena itu diperlukan perkuatan tambahan karena kemungkinan adanya beban dan saturasi air pada tanah saat masa operasional. Pemilihan perkuatan tambahan yang dapat digunakan untuk lereng sempit adalah soil nailing. Lokasi Gedung Parkir RSUP Kariadi terletak pada lereng dengan sudut kemiringan 70^0 serta memiliki jenis tanah lempung pada permukaan tanahnya. Pada penelitian ini dilakukan analisis kelongsoran dengan menggunakan simulasi PLAXIS. Analisis awal menunjukkan bahwa terjadi kelongsoran dari permukaan tanah hingga kedalaman kurang lebih 11 meter dari permukaan tanah. Nail bars dengan diameter 22 mm, panjang 8 m dan jarak antar nails 2.0 meter digunakan sebagai rencana perkuatan lereng untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi. Selain itu, juga diberikan variasi trap pada kemiringan lereng dengan satu dan dua trap. Hasil menunjukkan bahwa perkuatan dengan nail bars dengan kombinasi trap pada lereng dapat menurunkan displacement yang terjadi dan meningkatkan angka keamanan.

Kata kunci: angka keamanan, kelongsoran, lereng, nail bars, trap

LANDSLIDE ANALYSIS WITH SOIL NAILS AND TRAP VARIATION AS REINFORCEMENT IN THE SLOPE

Abstract: The existence of buildings on a slope needs to be watched out due to the occurrence of landslides that might occur. Consequently additional reinforcement is needed due to the presence of the load and water saturation on the ground during the operational condition. The selection of additional reinforcement that can be used for narrow slopes is soil nailing. Location of Kariadi Parking Building is on a slope with degree of 70^0 and has a type of clay on the surface of the ground. In this study a landslide analysis was performed using PLAXIS simulation. Preliminary analysis showed that landslides occur to a depth of approximately 11 meters from ground surface. However, nail bars with diameter of 22 mm, length of 8 m and a distance among nails 2.0 meters were used as a slope reinforcement plan to overcome the landslide that occurs. In addition, there was also variation of the trap on the slope by one and two traps. The results show that reinforcement with nail bars with combination of traps on the slope can reduce the displacement and increase safety factor.

Keywords: safety factor, landslide, slope, nail bars, trap

PENDAHULUAN

Suatu bangunan yang berada pada lereng bukit maupun timbunan perlu memperhatikan adanya bahaya longsor yang mungkin terjadi. Kelongsoran ini dapat diakibatkan oleh berbagai faktor antara lain curah hujan, perubahan kuat geser tanah karena adanya excess pore water pressure serta perubahan geometri lereng dikarenakan proses pelapukan. Oleh karena itu, perlu adanya stabilisasi lereng untuk menanggulangi kemungkinan terjadinya longsor pada lereng tersebut.

Konsep stabilitas lereng adalah gaya penahan dibagi dengan gaya pendorong yang terjadi. Jika gaya yang mendorong lebih besar dari gaya yang menahan maka akan terjadi keruntuhan lereng yang ditandai dengan timbulnya crack pada atas lereng (crest) (Sargawi et al., 2013). Jika gaya pendorong meningkat maka perlu dilakukan langkah perbaikan sehingga dapat menurunkan gaya yang mendorong dan meningkatkan gaya penahan.

Rekayasa geoteknik dalam stabilisasi lereng berpotensi longsor sangat diperlukan. Salah satu metodenya adalah dengan konstruksi penahan tanah, yang dapat berupa Dinding Penahan Tanah (DPT), turap, maupun soil nailing. Perkuatan tambahan pada lereng ini dilakukan pada lereng untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya longsor akibat adanya beban besar dan saturasi air pada tanah saat masa operasional.

Penelitian ini mengambil studi kasus pada Gedung Parkir di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Dokter Kariadi. Rumah sakit ini didirikan tahun 1925 dimana dikenal dengan nama Centrale Buzgerlijke Ziekewisichting (CBZ). Setelah pengakuan kedaulatan Republik Indonesia, rumah sakit ini berganti nama menjadi Rumah Sakit Umum Pusat Semarang, dan sejak tanggal 14 April 1964 menjadi Rumah Sakit Dokter Kariadi (<http://rskariadi.co.id/profil/>).

RSUP Dokter Kariadi merupakan rumah sakit Pemerintah Indonesia yang berada di Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Sebagai rumah sakit tipe A, RSUP Dokter Kariadi menjadi rujukan tidak hanya bagi masyarakat di Kota Semarang, tetapi juga di Jawa Tengah dan berbagai provinsi lainnya di Indonesia. Hal ini dikarenakan kualitas dan fasilitas sarana prasarana yang sangat baik, terutama bagi pasien yang tidak memungkinkan dirawat di Rumah

Sakit lainnya karena keterbatasan fasilitas dan tenaga kesehatan.

Peningkatan pasien yang berada di RSUP Dokter Kariadi secara tidak langsung menyebabkan perlunya peningkatan dan pengembangan fasilitas, seperti bangsal dan gedung parkir. Gedung parkir ini perlu diperhatikan dikarenakan sebagai lokasi dimana keluarga pasien dapat memarkir kendaraan secara aman dan nyaman. Hal ini dikarenakan terkadang, keluarga pasien dari daerah yang jauh dari Kota Semarang, menunggu anggota keluarganya yang sakit sehingga menginap dan memarkir kendaraan hingga beberapa hari. Sementara itu, gedung parkir juga digunakan untuk kenyamanan pengunjung yang ingin menengok koleganya di RSUP Dokter Kariadi. Tak dapat dipungkiri bahwa di Indonesia, keberadaan kolega yang memberikan perhatian dengan menjenguk dapat memberikan motivasi dan dukungan bagi pasien dalam proses penyembuhannya. Oleh karena keberadaan gedung parkir yang sangat penting ini, maka dibangunlah gedung parkir baru pada RSUP Dokter Kariadi untuk menyediakan fasilitas parkir yang memadai.

RSUP Dokter Kariadi memiliki tipe tanah bervariasi dari lempung, batu pasir hingga breksi. Sebelumnya oleh Pradana et al. (2018) telah dilakukan analisis dengan menggunakan turap beton 60x60 cm dengan kedalaman sekitar 11 meter yang menghasilkan peningkatan angka keamanan. Penggunaan turap yang cukup besar ini memberikan gagasan mengenai rekayasa geoteknik lainnya yang dapat dilakukan pada lereng sehingga diharapkan dapat meningkatkan keamanan dan efektif dari segi biaya.

Pada penelitian ini, sebagai konstruksi perkuatan tanah, digunakan soil nailing berupa baja ulir dengan diameter 22 mm. Kelebihan dari soil nailing ini adalah cocok digunakan pada lereng yang sempit dengan medan yang cukup sulit. Selain itu, perkuatan lereng dengan menggunakan nail dapat meminimalkan polusi lingkungan (Juliantina, 2017). Pada penelitian ini, analisis juga dilakukan dengan memberikan modifikasi trap pada lereng.

KONDISI TANAH RSUP DOKTER KARIADI

Lokasi studi pada penelitian ini adalah pada Gedung Parkir RSUP Dokter Kariadi. Lebih jelasnya lokasi Gedung Parkir RSUP Dokter Kariadi ini dapat dilihat pada Gambar. 1 (Google Map, 2018).

Untuk menganalisis kekuatan tanah, diperlukan data geoteknik. Pada penelitian ini, data tanah berdasarkan nilai N-SPT yang didapatkan dari hasil pengujian boring, yang dapat dilihat pada Tabel 1 (BH1) dan Tabel 2 (BH2). Sementara itu, untuk stratifikasi tanahnya dapat dilihat pada Gambar 2.



GAMBAR 1. Lokasi Gedung Parkir RSUP Dokter Kariadi (Google Map, 2018)

Tabel 1. Data Boring (BH1) (Pradana et al., 2108)

Kedalaman (meter)	Jenis Tanah	N-SPT	Keterangan
0.00 - 5.00	Lempung	12.5	
5.00 - 7.50	Lempung pasiran	10	
7.50 - 10.00	Batu pasir halus (padas)	42	
10.00 - 15.00	Breksi	60	Tinggi muka air tanah 12.5 meter
15.00 - 19.00	Batu pasir halus (padas)	60	
19.00 - 20.50	Pasir sedang	34	
20.50 - 25.00	Breksi	60	
25.00 - 26.00	Pasir sedang	60	
26.00 - 30.00	Breksi	60	

Tabel 1. Data Boring (BH2) (Pradana et al., 2108)

Kedalaman (meter)	Jenis Tanah	N-SPT	Keterangan
0.00 - 1.00	Lempung	-	
1.00 - 5.00	Lempung	8	
5.00 - 7.50	Batu pasir halus (padas)	37	
7.50 - 11.00	Batu pasir sedang (padas)	38	
11.00 - 15.00	Breksi	35	Tinggi muka air tanah 12.0 meter
15.00 - 19.50	Batu pasir halus (padas)	34	
19.50 - 25.00	Breksi	60	
25.00 - 30.00	Breksi	60	

Berdasarkan data boring pada Tabel 1, Tabel 2, dan Gambar 2, didapatkan klasifikasi jenis tanah pada lokasi gedung parkir RSUP Dokter Kariadi. Penelitian ini menggunakan simulasi pemodelan dengan PLAXIS yang menerapkan metode elemen hingga. Sebagai pertimbangan untuk memudahkan klasifikasi dalam pemodelan geometri lereng, maka diberikan batasan sebagai berikut:

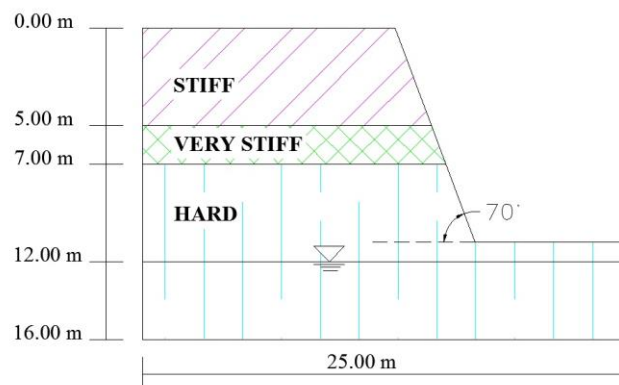
- Stiff dengan N-SPT = 13, pada kedalaman 0 – 5 meter
- Very Stiff dengan N-SPT = 20, pada kedalaman 5 – 7 meter
- Hard dengan N-SPT = 45, pada kedalaman 7 – 16 meter.
- Tinggi muka air tanah 12 meter

Kondisi geometri lereng Gedung Parkir RSUP Kariadi yg dianalisis pada studi ini dapat dilihat pada Gambar 3, dimana memiliki lereng dengan tinggi 11 meter dan sudut kemiringan lereng 70°.

Data parameter tanah yang diperlukan dalam pemodelan yaitu berat volume, kohesi, sudut geser, modulus Young, angka Poisson, dan koefisien permeabilitas. Dikarenakan data yang ada adalah N-SPT berdasarkan pengujian boring, maka dilakukan pendekatan berdasarkan literature (Bowles (1997) dan Das (2007)) mengenai nilai parameter tanah yang sesuai dengan jenis tanah yang telah didiskripsikan pada pengujian boring (Tabel 1 dan Tabel 2). Untuk nilai modulus Young, kohesi, sudut geser, dan angka Poisson dikombinasikan sehingga mendapatkan data tanah paling buruk yang terjadi sebagai estimasi untuk mendapatkan kondisi paling ekstrim yang dapat terjadi. Kondisi ekstrim yang dimungkinkan dapat terjadi pada penelitian ini adalah dimana bidang gelincir yang terjadi setinggi lereng dengan angka keamanan kurang dari 1.0. Nilai parameter tanah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.



GAMBAR 2. Stratifikasi Tanah Gedung Parkir RSUP Dokter Kariadi berdasarkan Data Boring



GAMBAR 3. Geometri Lereng RSUP Kariadi

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan pemodelan dengan memberikan perkuatan soil nailing pada lereng lokasi studi yaitu Gedung Parkir RSUP Kariadi. Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan program bantu PLAXIS dimana menerapkan metode elemen hingga. Karakteristik penyelesaian dari metode elemen hingga adalah dengan membagi struktur menjadi elemen-elemen (diskretisasi/ meshing) (Brinkgreve, 2007). Semakin banyak elemen yang ada yang berarti semakin halus, maka tingkat ketelitiannya menjadi lebih tinggi.

Soil nailing merupakan metode perkuatan lereng dengan memasang batangan-batangan baja ke dalam tanah. Metode pemasangan nail bars adalah dengan memasukkan perkuatan dengan ukuran relatif kecil biasanya besi beton yang dipasang dengan spasi yang dekat ke dalam massa tanah sehingga secara lokal tanah menjadi stabil. Sebelum dilakukan analisis dengan pemasangan nail bar, perlu diketahui bidang longsor yang terjadi pada lereng eksisting.

Berdasarkan geometri lereng (Gambar 2) dan data parameter tanah (Tabel 3), bidang gelincir terjadi hingga sedalam ketinggian lereng, yaitu kurang lebih 11 meter dari permukaan tanah, yang dapat dilihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4 dapat dilihat dua zona yang berbeda yang dipisahkan bidang gelincir. Active zone merupakan daerah dimana terjadi kelongsoran, sedangkan passive zone merupakan daerah yang stabil tidak terpengaruh longsor lereng. Pada active zone ini terdapat warna merah yang menunjukkan deformasi yang terjadi.

Berdasarkan Pei et al. (2013), tipe nail bars yang dapat digunakan dalam rangka keamanan dalam konstruksi adalah steel rebar (20 mm sampai 45 mm) dan digROUTING dengan diameter antara 100 mm sampai 250 mm. Pada penelitian ini digunakan nail bars baja ulir ASTM 615 ($F_y = 420$ MPa), dengan diameter 22 mm dengan soilcrete 100 mm. Berdasarkan Gambar 4, maka dapat direncanakan pemasangan nail bars dan rencana trap pada lereng yang dianalisis pada penelitian ini. Nail bars pada penelitian ini dipasang secara horisontal dengan panjang 8 meter dan jarak antar nails 2 meter, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar 5 (a) merupakan lereng dengan nail bars tanpa trap, sedangkan Gambar 5 (b) dan Gambar 5 (c) merupakan

lereng dengan nail bars dan kombinasi trap dimana menggunakan satu trap dan dua trap.

Penempatan trap ini disesuaikan sedemikian rupa sehingga bagian permukaan lereng dapat dikepras sesuai dengan kemiringan lereng yang ada. Pada Gambar 5 (b) hanya memberikan satu trap pada kedalaman 6 meter dari permukaan tanah, sedangkan Pada Gambar 5 (c) terdapat dua trap, yaitu pada kedalaman 2.5 meter dan 6 meter. Lebar trap untuk setiap model adalah sama yaitu 2 meter.

HASIL DAN DISKUSI

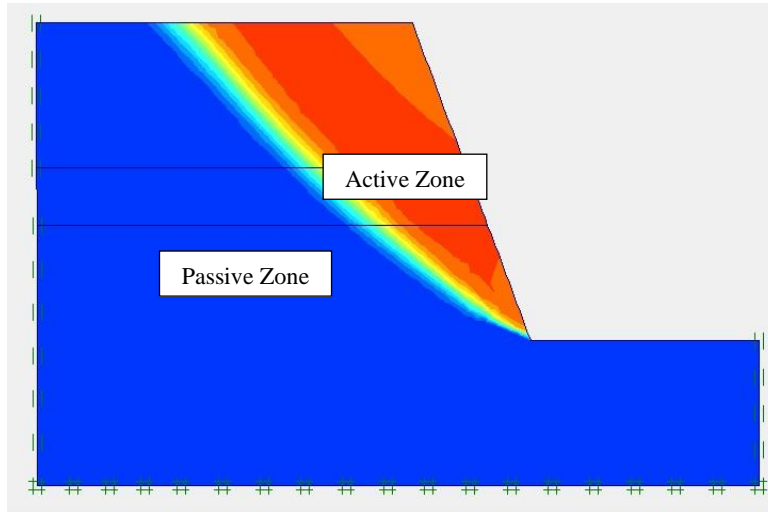
Perbedaan elevasi pada permukaan tanah seperti lereng dapat mengakibatkan pergerakan massa tanah dari bidang dengan elevasi yang tinggi menuju bidang dengan elevasi yang lebih rendah. Pergerakan ini diakibatkan oleh gravitasi yang diakibatkan berat sendiri tanah tersebut. Pergerakan massa tanah tersebut juga dapat dipengaruhi oleh air dan gaya gempa. Pergerakan atau gaya tersebut akan menghasilkan tegangan geser yang berfungsi sebagai gaya penahan dan apabila berat massa tanah yang bekerja sebagai gaya pendorong itu lebih besar dari tegangan geser tersebut maka akan mengakibatkan kelongsoran.

Pada studi kasus penelitian ini, muka air tanah tidak begitu mempengaruhi kelongsoran dikarenakan letaknya yang sangat dalam. Kelongsoran terjadi akibat perbedaan elevasi dan kemiringan lereng. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 untuk kelongsoran dengan lereng sebelum diberikan rekayasa geoteknik dan Gambar 6 dimana lereng telah diberikan rekayasa geoteknik. Pada kondisi Gambar 4, pemodelan lereng yang dilakukan menunjukkan bahwa lereng mengalami keruntuhan. Angka keamanan yang dihasilkan adalah kurang dari 1,0 dengan displacement 124.07×10^{-3} m.

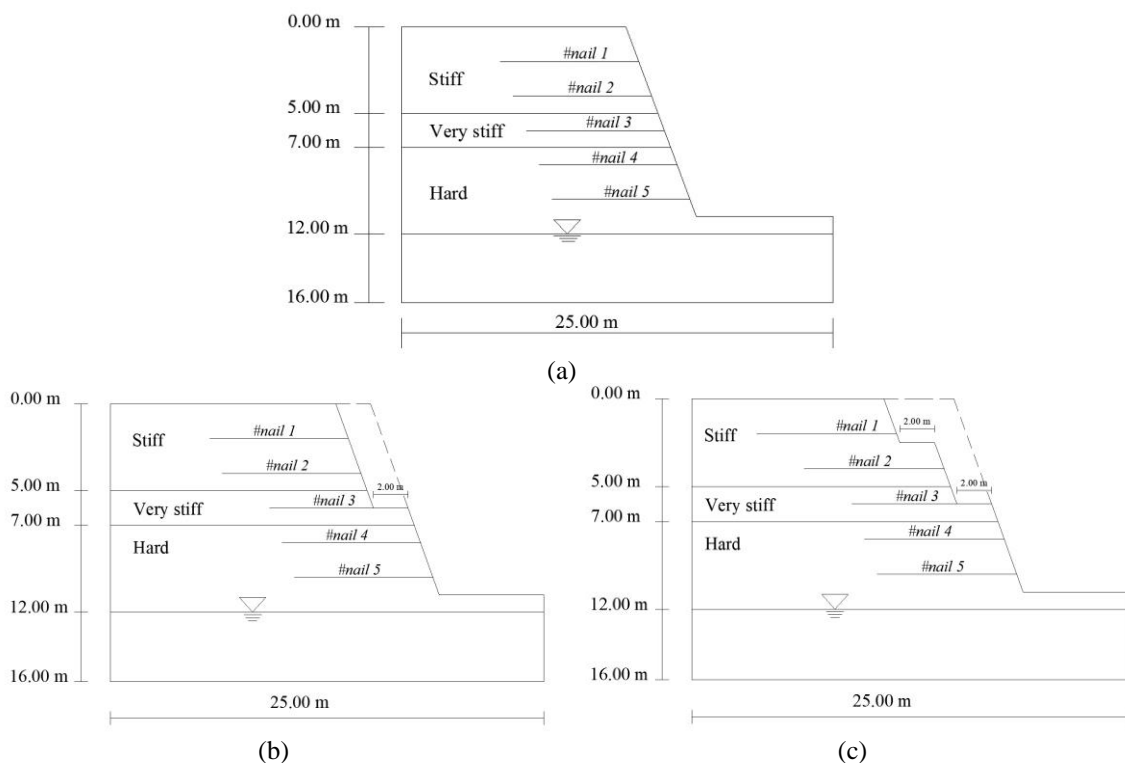
Hasil perkuatan lereng dengan menggunakan nail bars tanpa trap dapat dilihat pada Gambar 6 (a). Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, maka dapat dilihat bahwa dengan memberikan perkuatan berupa nail bars pada Gambar 6 (a), kelongsoran yang terjadi menjadi menyebar dengan angka keamanan 1.1. Selain itu displacement semakin berkurang yang dapat dilihat dari warna deformasi yang ada, dimana warna merah yang ada lebih sedikit dan menuju ke jingga dan kuning, bila dibandingkan dengan Gambar 4. Displacement yang terjadi adalah 83.91×10^{-3} m.

Tabel 3. Nilai Parameter Tanah Analisis

Soil Classification	Depth (meter)	γ dry (kN/m ³)	γ wet (kN/m ³)	Cohesion (kN/m ²)	Friction Angle (°)	Young's Modulus (kN/m ²)	Poisson's Ratio	Permeability Coefficient (cm/second)
Stiff	0 - 5	15	17	12	15	3000	0,25	3.90E-08
Very Stiff	5 - 7	18	19	15	24	5000	0,3	3.90E-08
Hard	7 - 16	17	19	20	30	10000	0,3	3.90E-08



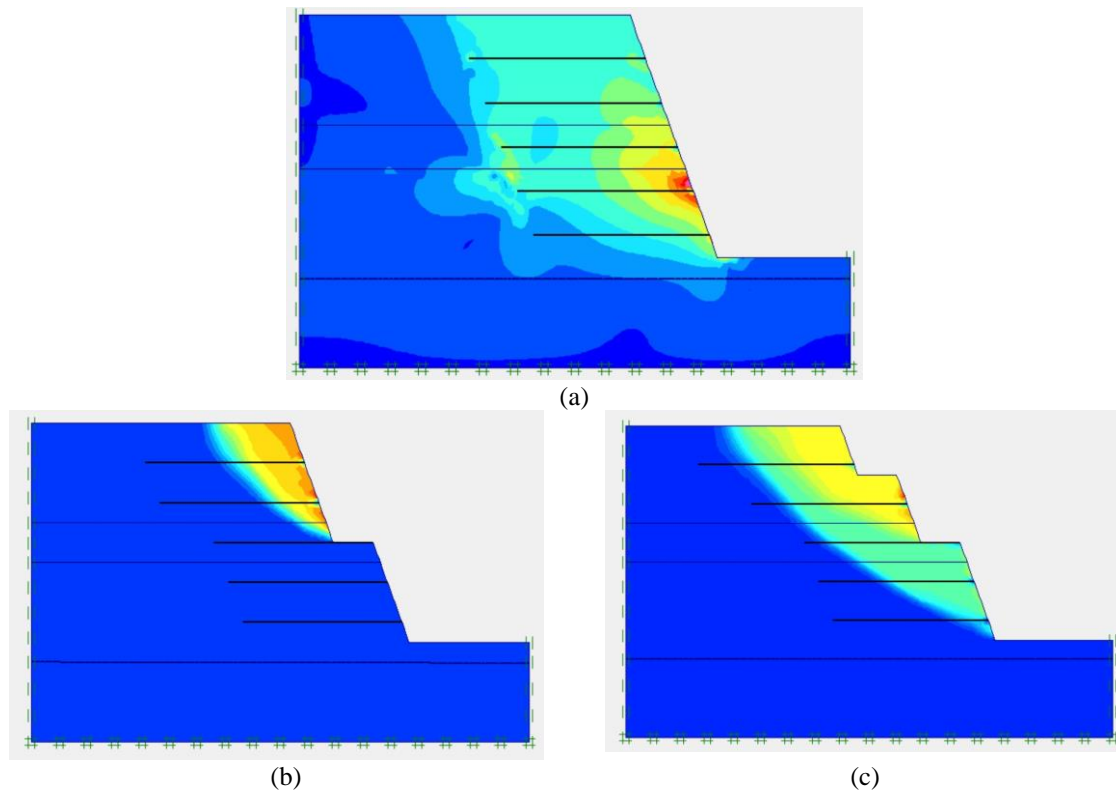
GAMBAR 4. Bidang Gelincir Analisis Lereng Penelitian



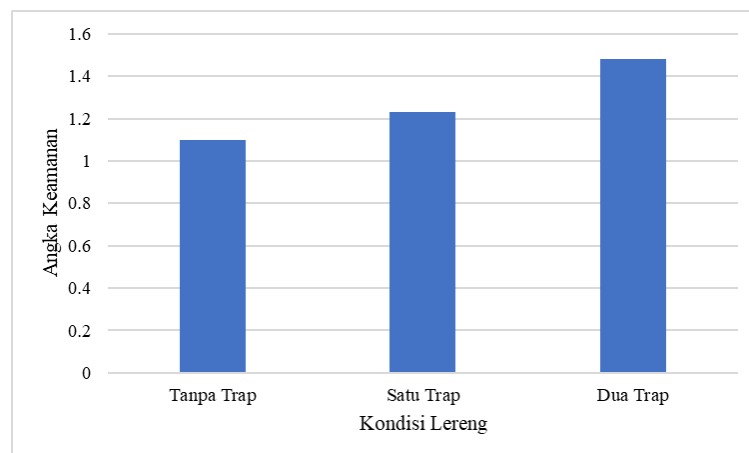
GAMBAR 5. Rencana Lereng dengan Nail Bars (a) tanpa Trap (b) menggunakan Trap

Sementara itu, Gambar 6 (b) menunjukkan kelongsoran lereng apabila menggunakan satu trap, sedangkan Gambar 6 (c) menunjukkan kelongsoran lereng apabila menggunakan dua trap. Dari bentuk kelongsoran yang terjadi, untuk lereng dengan satu trap memiliki kelongsoran yang lebih pendek dari pada lereng dengan dua trap dimana pola longsornya menyebar. Namun angka keamanan yang

dihasilkan adalah lebih rendah. Untuk lereng dengan satu trap, angka keamanannya adalah 1.23. Sedangkan, untuk lereng dengan dua trap memiliki angka keamanan 1.48. Sementara itu, nilai displacement dari lereng dengan satu trap adalah 82.16×10^{-3} m, sedangkan untuk lereng dengan dua trap adalah 74.90×10^{-3} m. Rekapitulasi angka keamanan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Hasil Simulasi Kelongsoran Lereng dengan Nail Bars (a) tanpa Trap (b) dengan Satu Trap (c) dengan Dua Trap



Gambar 7. Grafik Angka Keamanan pada Lereng

Dapat dilihat bahwa pada studi kasus ini, dengan memberikan trap pada lereng, maka displacement yang terjadi akan semakin kecil sementara angka keamanan yang dihasilkan pun akan meningkat. Dengan menggunakan dua trap, pola kelongsoran memang lebih menyebar, tetapi angka keamanannya lebih besar dari pada dengan satu trap. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hanif et al. (2017) dimana melakukan penelitian mengenai soil nailing sebagai metode perkuatan lereng. Hanif et al. (2017) menyimpulkan bahwa perubahan bentuk lereng dari tanpa trap menjadi dengan trap dapat meningkatkan angka keamanan. Namun, untuk perkuatan tanah menggunakan nail bars dengan kombinasi trap ini perlu dipertimbangkan luas lahan karena akan semakin berkurang yang berpengaruh terhadap perencanaan bangunan di atasnya.

KESIMPULAN

Pada lereng perlu diperhatikan kemungkinan kelongsoran yang dapat terjadi. Pemilihan perkuatan tambahan yang dapat digunakan dapat berupa nail bars. Lereng dengan menggunakan kombinasi nail bars dan trap dapat meningkatkan angka keamanan.

Perlu dipertimbangkan bahwa dengan penggunaan nail bars memang dapat memperbesar angka keamanan dan memperkecil displacement yang terjadi pada lereng, akan tetapi perlu juga dipertimbangkan faktor aman terhadap pull out capacity karena materialnya adalah baja. Analisis lebih lanjut dalam menganalisis hubungan faktor internal nail bars ini terhadap kelongsoran yang terjadi sangat diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brinkgreve, R.B.J. 2007. “*Manual Acuan Plaxis 2D Versi 8. Delft University of Technology & Plaxis b.v*”, Belanda.
- Bowles, J.E. 1997. *Foundation analysis and design, 5th Ed.* McGraw-Hill International Edition.
- Das, B.M. 2007. *Principles of foundation engineering 6th Ed.* Brooks/Cole - Thomson Learning, California, USA.
- Hanif, F., Setiawan, B., Dananjaya, H. 2017. *Analisis Perkuatan Soil Nailing Sebagai Metode Perbaikan Stabilitas Lereng.* e-Jurnal Matriks Teknik Sipil. p. 484-490. <http://rskariadi.co.id/> , diakses pada 8 November 2018
- <https://www.google.com/maps/> , diakses pada 19 November 2018
- Juliantina,I., Sutejo,Y., Adhitya,B.B., Sari, N.P., Kurniawan, R. 2017. *Cost Estimation for Slope Stability Improvement in Muara Enim.* Proceedings of the 3rd International Conference on Construction and Building Engineering (ICONBUILD) 2017. p. 070016-1- 070016-8.
- Pei,H.F., Li,C., Zhu,H.H., dan Wang, Y.J. 2013. *Slope Stability Analysis Based on Measured Strains along Soil Nails Using FBG Sensing Technology.* Mathematical Problems in Engineering, p.1-5.
- Pradana, D.P.P., Indrianto, E.F., Pratikso, dan Rochim A. 2018. *Analisis Stabilitas Lereng Galian Proyek Pembangunan Gedung Parkir RSUP Dr Kariadi Semarang.* Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Sargawi,R., Susila,E., Putra,A.H. 2013. *Optimasi Perkuatan Lereng dengan Menggunakan Soil Nail berdasarkan Instrumentasi Geoteknik.* Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7). p.G-17-G24.