

ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN PERKUATAN SHOTCRETE MENGGUNAKAN PLAXIS (STUDI KASUS : RUAS JALAN TAREMPA – RINTIS STA 07+800 KAB. ANAMBAS)

Muhammad Fatoni Eko Nugroho Putro¹⁾, Dian Hastari Agustina²⁾
^{1,2)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan
E-mail: fathony.479@gmail.com¹⁾, dian_rajendra@yahoo.com²⁾

ABSTRAK

Analisis stabilitas lereng dalam rekayasa geoteknik akan selalu diikuti perkembangan dalam bidang mekanika tanah. Masalah stabilitas lereng disebabkan karena adanya gangguan keseimbangan lereng tersebut. Keruntuhan lereng sering diakibatkan karena meningkatnya tegangan geser suatu massa tanah atau menurunnya kekuatan geser suatu massa tanah. Tujuan utama dari analisis kestabilan lereng adalah untuk mendapatkan nilai faktor keamanan. Berdasarkan SNI 8460-2017 nilai faktor keamanan yang diambil adalah 1,5 dengan memperhatikan biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng dengan tingkat ketidakpastian kondisi analisis. Hasil dari analisis kestabilan lereng ruas jalan Tarempa – Rintis STA 07+800 pada kondisi awal didapatkan faktor keamanan sebesar 1,183 pada kondisi tanah jenuh, sehingga diperlukan penanganan pada lereng agar tidak terjadi kelongsoran yang menyebabkan terganggunya arus lalu lintas. Perkuatan *shotcrete* menjadi metode yang dipilih sebagai proteksi kestabilan lereng yang mendapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,730 dalam kondisi jenuh setelah dilakukan analisis dengan program Plaxis.

Kata kunci : Kestabilan Lereng, *Shotcrete*, Plaxis..

ABSTRACT

Slope stability analysis in geotechnical engineering is always followed by developments in soil mechanics. The problem of slope stability is caused by the disruption of slope stability. Slope failure is often caused by an increase in the shear stress of a soil mass or a decrease in the shear strength of a soil mass. The main objective of slope stability analysis is to obtain the factor of safety. Based on SNI 8460-2017 the value of the safety factor taken is 1.5 taking into account the costs and consequences of slope failure with a degree of uncertainty in analytical conditions. The results of the stability analysis of the slopes of the Tarempa – Rintis STA 07+800 road section in the initial conditions obtained 1,183 in water-saturated soil conditions, so it is necessary to prevent the slope which caused landslides to be prevented to avoid traffic disturbance. Shotcrete reinforcement is the method used in slope stability protection which increase a safety factor value of 1.730 in saturated conditions after analyzed by Plaxis program.

Keyword : Slope Stability, Shotcrete, Plaxis.

1. PENDAHULUAN

Penanganan longsor jalan nasional di ruas jalan Tarempa - Rintis, Kabupaten Anambas merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan oleh Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional

dibawah naungan Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Pelaksanaan pembangunan berfokus pada area rawan longsor di ruas jalan Tarempa – Rintis STA 7+800 meliputi pekerjaan pengamanan tebing menggunakan dinding pasangan batu dan

pembuatan trap di sisi atas, serta pengalihan aliran air permukaan dengan pembuatan saluran pasangan batu. Pada area lereng digunakan proteksi tanah dengan metode shotcrete (beton semprot) dengan tujuan memberikan perlindungan pada permukaan lereng agar tidak terjadi longsoran.

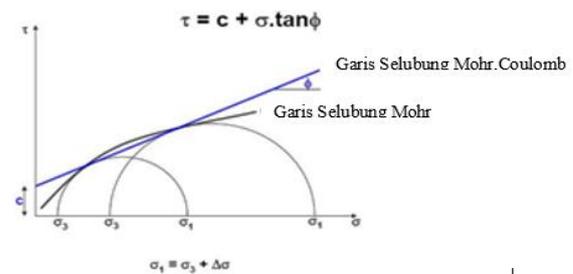
Penelitian kali ini penulis menggunakan program Plaxis sebagai program untuk pengkajian kestabilan lereng di ruas jalan Tarempa - Rintis, Kab Anambas. Program Plaxis itu sendiri adalah program elemen hingga untuk aplikasi geoteknik dimana digunakan model - model tanah untuk melakukan simulasi terhadap perilaku tanah. Selain itu, kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara asimetris. Hasil analisis dari program Plaxis seperti deformasi dan angka keamanan dapat digunakan sebagai rujukan untuk penanganan perkuatan terhadap kestabilan lereng. Adapun perkuatan yang digunakan pada penelitian ini adalah perkuatan lereng menggunakan *shotcrete* (beton semprot). Berdasarkan penelitian di atas maka program Plaxis dapat digunakan sebagai alternatif perhitungan dan perencanaan konstruksi perkuatan lereng untuk mengetahui angka keamanan yang dihasilkan dari simulasi perhitungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Hardiyatmo (2007) menyebutkan bahwa pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga berlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi longsoran. Susi dan Yohan (2007) menyebutkan bahwa lereng dapat terjadi secara alamiah atau dibentuk oleh manusia untuk tujuan tertentu. Jika permukaan membentuk suatu kemiringan maka komponen massa tanah di atas bidang gelincir cenderung akan bergerak kearah bawah akibat gravitasi. Jika komponen gaya berat yang terjadi cukup besar, dapat mengakibatkan longsor pada lereng tersebut.

Menurut teori Mohr-Coulomb, besarnya kohesi tanah tergantung pada jenis tanah dan kepadatannya namun tidak tergantung pada

tegangan yang bekerja pada bidang gesernya. Sedangkan gesekan antar butir tanah berbanding lurus dengan tegangan pada bidang gesernya. Secara umum teori diatas digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Teori keruntuhan coloumb (Das, B.M. 1995)

Persamaan tersebut juga dapat berlaku pada tegangan geser penahan tanah, sehingga persamaan SF dapat dituliskan (Hardiyatmo 2007):

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (1)$$

Dimana :

SF : *safety factor*

τ_f : tahanan geser yang dapat dikerahkan tanah

τ_d : tegangan geser akibat gaya berat tanah yang akan longsor

Tabel 1. Faktor keamanan dalam persyaratan perancangan geoteknik berdasarkan SNI 8460:2017

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah ^a	Tinggi ^b
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif.	1.25	1.50
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih	1.50	2.00 atau lebih

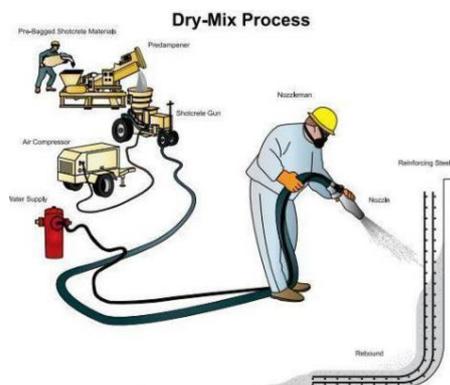
konservatif.		
--------------	--	--

^aTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi lapangan.

^bTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.

2.1 Shotcrete / Beton Semprot

Shotcrete adalah campuran berbahan dasar semen yang diproyeksikan dengan kecepatan tinggi ke area permukaan penerima. Komponen material shotcrete pada dasarnya adalah beton atau terkadang adukan semen, tetapi proses aplikasi shotcrete unik memakai peralatan khusus. Metode shotcrete adalah salah satu metode perkuatan lereng dengan aplikasi mesin penyemprot beton yang ditemukan pada tahun 1910 oleh Carl Ethan Akeley (1864-1926).



Gambar 2. Metode dry mix shotcrete
 (Sumber: <https://repository.ump.ac.id/pandu+cahaya+shotcrete.com>)

Teknik pelaksanaan shotcrete dibedakan menjadi wet mix dan dry mix dan keduanya mempunyai persyaratan tertentu baik dalam hal pelaksanaan, bahan maupun alat yang digunakan. Teknik dengan mix seringkali pula disebut dengan istilah guniting.

2.2 Program Plaxis

Plaxis adalah program komputer yang menggunakan metode elemen hingga yang

dikembangkan untuk analisis berbagai permasalahan geoteknik. Program ini mulai dikembangkan pada tahun 1987 di Universitas Delf, Belanda (Antonius, 2007).

3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di ruas jalan Tarempa – Rintis STA 7+800, Kab. Anambas, Kepulauan Riau yang telah terjadi longsor tanah.



Gambar 3. Lokasi longsor
 (sumber : dokumentasi pribadi)

Data yang digunakan adalah data tanah (*soil properties*) dan data proyek pelaksanaan pekerjaan longsor yang bersumber pada arsip Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Provinsi Kepulauan Riau.

Perhitungan faktor keamanan dilakukan pada kondisi awal lereng dan kondisi lereng setelah dilakukan pemodelan dengan menggunakan perkuatan beton semprot/shotcrete. Analisis dilakukan dengan bantuan software *Plaxis 2D*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

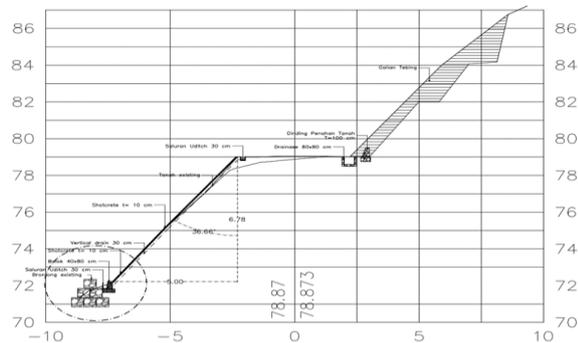
Penelitian ini membutuhkan data yang digunakan untuk analisis kestabilan lereng pada ruas jalan Tarempa–Rintis STA 07+800, data yang diperlukan adalah data parameter tanah yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Data propertis tanah.
 (Sumber : Laporan Penyelidikan Tanah, PT. Daksinapati)

Jenis Lapisan		Unit-1, Soft to Medium Stiff Clays	Unit-2, Medium Stiff Clays	Unit-3, Medium Dense to Dense Sand
qc	Mpa	6.3	9.8	93.3
Sat. Unit Weight	kN/m ³	17.9	18.1	19.9
Unit Weight	kN/m ³	16.9	17.1	18.9
Dry Weight	kPa	15.9	16.1	17.9
Undrained Shear Strength	kPa	30	45	5
Kohesi Efektif	kPa	13	25	5
Sudut Geser Efektif	(°)	20	25	39
Modulus Elasticity - Drained	kPa	1884	2687	4280
Poisson Ratio		0.3	0.3	0.3

4.2 Penanganan Perkuatan

Penanganan longsoran pada ruas jalan Tarempa – Rintis STA 7+800 adalah dengan menggunakan beton semprot (*shotcrete*) sebagai langkah proteksi terhadap permukaan tanah akibat limpasan air permukaan pada area tersebut.

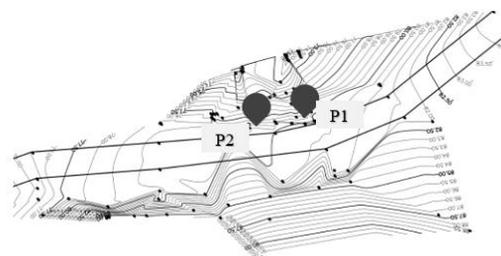


Gambar 4. Potongan penanganan beton semprot (*shotcrete*)

Area tersebut digambarkan terdapat tebing pada sisi kanan jalan dan lereng pada sisi kiri jalan. Penanganan beton semprot (*shotcrete*) dilakukan pada STA 7+770 sampai dengan STA 7+800 sepanjang 30 meter dan tinggi vertikal tegak 6,78 meter dan sisi miring permukaan 13 meter. Tebal *shotcrete* yang disemprot adalah 10 cm dengan penulangan *wiremesh* M8

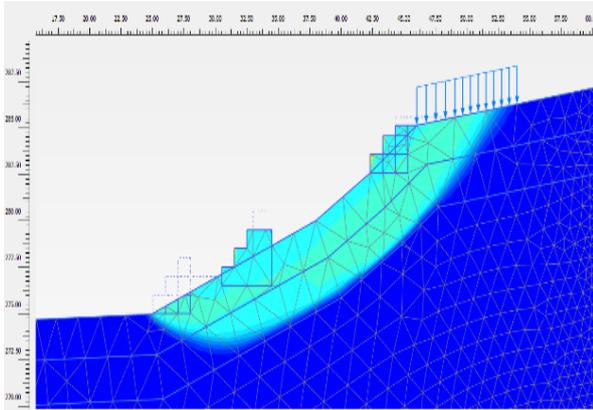
4.3 Analisis Pemodelan Awal

Penulis melakukan pemodelan pada kondisi awal untuk menggambarkan bidang longsor dan perolehan angka keamanan pada lokasi tempat diambilnya sampel uji tanah dengan dua titik lokasi yaitu tanah yang sudah longsor (P1) dan kondisi tanah yang belum mengalami longsor (P2). Beban atas diasumsikan adalah beban lalu lintas kendaraan ditambah beban eksisting jalan raya itu sendiri sebesar 15 kN untuk jalan kolektor berdasarkan data beban lalu lintas Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2002)



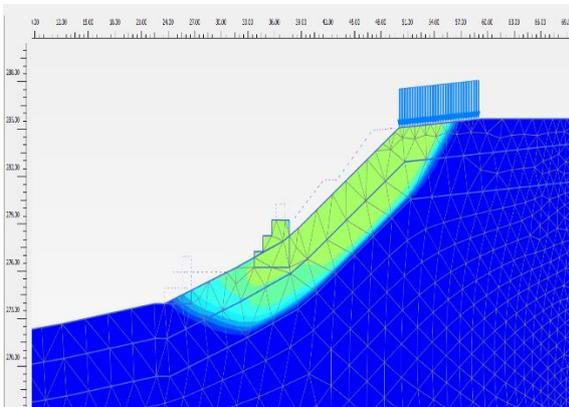
Gambar 5 Lokasi pengambilan sampel uji tanah (P1 dan P2)

Bidang longor pada output PLAXIS 2D untuk setiap lokasi dan kondisi dapat dilihat pada gambar – gambar berikut.



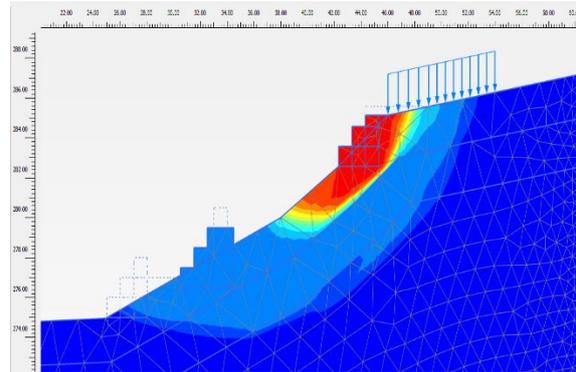
Gambar 6. Output PLAXIS 2D kondisi awal tanpa kenaikan MAT di P1

Hasil analisa pada gambar diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting awal pada P1 ruas jalan Tarempa – Rintis STA 07+800 tercapai angka aman sebesar $1,823 > 1,50$ maka lereng dapat dinyatakan stabil pada tanah yang mengalami longsor (P1) dengan tanpa ada kenaikan muka air tanah.



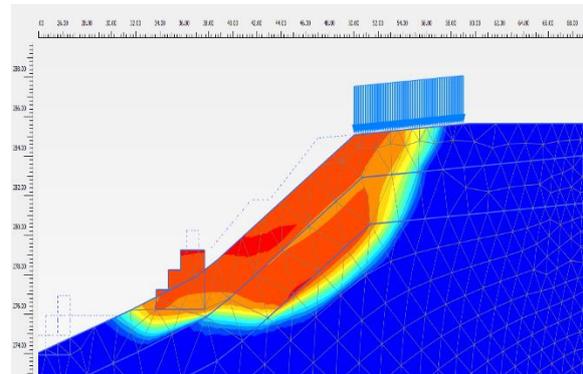
Gambar 7 Output PLAXIS 2D kondisi awal tanpa kenaikan MAT di P2

Hasil analisa pada gambar diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting awal pada P2 ruas jalan Tarempa – Rintis STA 07+800 tercapai angka aman sebesar $1,999 > 1,50$ maka lereng dapat dinyatakan stabil pada tanah yang tidak mengalami kelongsoran (P2) dengan tanpa ada kenaikan muka air tanah.



Gambar 8 Output PLAXIS 2D kondisi tanah jenuh di P1

Hasil analisa pada gambar diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting awal pada P1 saat tanah jenuh ruas jalan Tarempa – Rintis STA 07+800 tercapai angka aman sebesar $1,183 < 1,50$ maka lereng dapat dinyatakan tidak stabil pada tanah yang mengalami longsor (P1) akibat kenaikan muka air tanah.



Gambar 9 Output PLAXIS 2D kondisi tanah jenuh di P2

Hasil analisa pada gambar diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting awal pada P2 saat tanah jenuh ruas jalan Tarempa – Rintis STA 07+800 tercapai angka aman sebesar $1,274 < 1,50$ maka lereng dapat dinyatakan tidak stabil pada tanah yang tidak mengalami kelongsoran (P2) akibat ada kenaikan muka air tanah.

Hasil analisis kelongsoran dapat dilihat pada rangkuman Tabel 3 berikut. Hasil analisis menunjukkan bahwa dalam kondisi aman dengan faktor keamanan 1,823 dan 1,999 berada diatas batas keamanan 1,50 kecuali jika muka air tanah

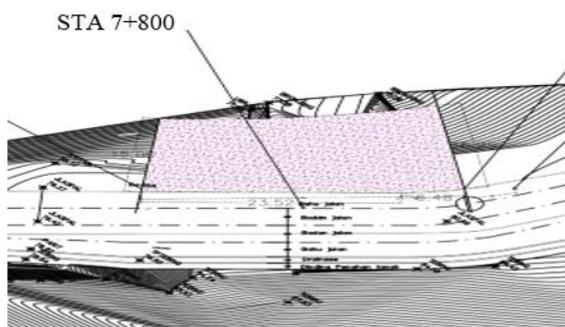
dalam kondisi jenuh, faktor kewanaman turun menjadi 1,183 dan 1,274. Hal ini menyimpulkan bahwa kondisi muka air tanah diatas ini perlu dihindari dalam kondisi layan lereng. Sehingga perlu dilakukan penanganan mengontrol erosi dan muka air tanah yang menghindari lereng dalam kondisi jenuh.

Tabel 3 Rangkuman Hasil Analisis Kondisi Awal
 (Sumber : Hasil analisis program plaxis, 2022)

No	Uraian	MAT	Faktor Keamanan P1	Faktor Keamanan P2
1	Kondisi awal sebelum muka air tanah naik	N/A	1.823 > 1.50	1.999 > 1.50
2	Kondisi setelah muka air tanah naik	Jenuh	1.183 < 1.50	1.274 < 1.50

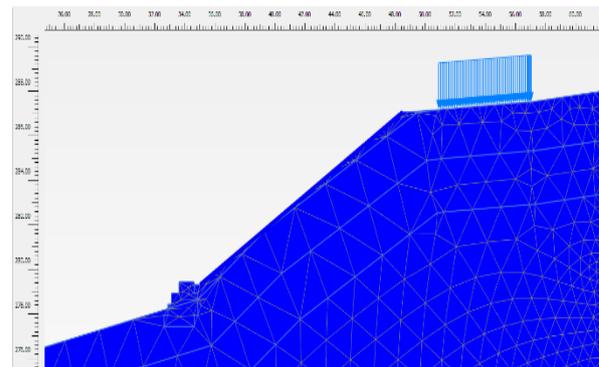
4.4 Analisis Pemodelan Setelah Diperkuat Beton Semprot/Shotcrete.

Berikut ini adalah tipikal penanganan beton semprot yang akan dianalisa untuk stabilitas lerengnya untuk diketahui nilai angka keamanannya.



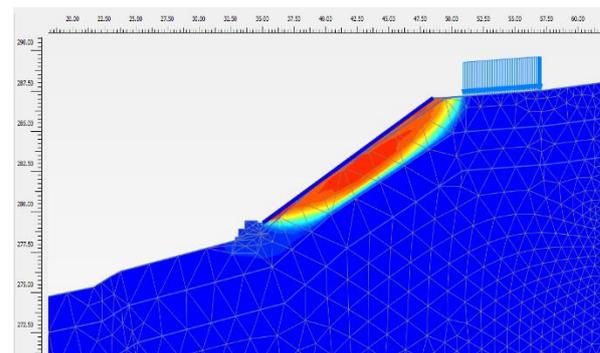
Gambar 10 Potongan penanganan beton semprot (shotcrete).

Bidang longor pada output PLAXIS 2D setelah dilakukan penanganan beton semprot (shotcrete) adalah sebagai berikut:



Gambar 11 Output PLAXIS 2D shotcrete kondisi tidak ada kenaikan MAT

Hasil analisa pada gambar diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi setelah penanganan betons semprot (shotcrete) ruas jalan Tarempa – Rintis STA 07+800 tercapai angka aman sebesar 1,994 > 1,50 maka lereng dapat dinyatakan stabil ketika tidak ada kenaikan muka air tanah.



Gambar 12 Output PLAXIS 2D shotcrete kondisi tanah jenuh.

Hasil analisa pada gambar diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi setelah penanganan betons semprot (shotcrete) ruas jalan Tarempa – Rintis STA 07+800 tercapai angka aman sebesar 1,730 > 1,50 maka lereng dapat dinyatakan stabil walaupun kondisi tanah jenuh.

Rangkuman analisa dapat dilihat pada tabel berikut ini. Dari hasil analisa terlihat bahwa faktor keamanan lereng sudah diatas 1.5. Dengan catatan bahwa lereng sudah diatur kontrol erosi dan drainase di jalan sudah ada agar air tidak melimpas ke lereng.

Tabel 4 Rangkuman hasil analisa dengan penanganan shotcrete
 (Sumber : Hasil analisis program plaxis, 2022)

STA	Muka Air Tanah = N/A	Muka Air Tanah = Jenuh
STA 7 + 780	1.994	1.730

4.5 Perbandingan Hasil Analisis.

Perbandingan berikut ini menjadi dasar kesimpulan untuk melihat nilai angka keamanan pada ruas jalan Tarempa – Rintis STA 7+800 pada kondisi awal sebelum ditangani dan kondisi setelah penanganan dengan beton semprot (*shotcrete*).

Tabel 5 Perbandingan Nilai Angka Keamanan
 (Sumber : Hasil analisis program plaxis, 2022)

No	Kondisi	Faktor Keamanan P1	Faktor Keamanan P2	Faktor Keamanan Shotcrete
1	Kondisi sebelum muka air tanah naik	1.823 > 1.50	1.999 > 1.50	1.994 > 1.50
2	Kondisi tanah sudah jenuh	1.183 < 1.50	1.274 < 1.50	1.730 > 1.50

Pada kondisi muka air tanah belum naik ke permukaan di P1 dan P2 tercapai nilai angka keamanan diatas 1,5 karena karakteristik tanah belum dipengaruhi oleh kenaikan muka air tanah. Sehingga lereng bisa dinyatakan stabil atau aman. Sedangkan dalam kondisi tanah jenuh di P1 dan P2 nilai angka keamanan dibawah 1,5 disebabkan karena kondisi tanah jenuh akibat aliran air pada permukaan.

Setelah dilakukan penanganan shotcrete nilai faktor keamanan mencapai 1,994 pada kondisi muka air tanah sudah naik dan 1,730 pada kondisi muka air tanah belum mengalami kenaikan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa lereng tersebut aman atau stabil setelah dilakukan penanganan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan SNI 8460-2017 nilai faktor keamanan untuk lereng tanah berdasarkan pada pertimbangan biaya dan konsekuensi kegagalan lereng terhadap tingkat ketidakpastian kondisi analisis adalah lebih dari 1,5 yang menandakan lereng tersebut aman/stabil.
2. Kondisi eksisting awal lereng berdasarkan hasil akhir penyelidikan tanah yang dianalisis menggunakan *software* Plaxis adalah kurang dari 1,5 kecuali jika muka air tanah dalam kondisi jenuh yaitu senilai 1,183. Hal ini menandakan perlunya penanganan untuk mengontrol erosi dan menghindari lereng dalam kondisi jenuh.
3. Kondisi setelah penanganan dengan beton semprot (*shotcrete*) menghasilkan nilai faktor keamanan lebih besar dari 1,5 yaitu 1,730 saat kondisi tanah jenuh dan 1,994 saat kondisi muka air tanah belum mengalami kenaikan, dengan catatan bahwa telah dilakukan kontrol erosi dan drainase yang mengatur aliran air limpasan.
4. Program Plaxis adalah alat bantu dalam ilmu geoteknik untuk memodelkan kondisi tanah agar dapat diketahui nilai faktor keamanan sehingga mempermudah dalam bidang perencanaan untuk merumuskan solusi penanganan yang efektif dan efisien pada kondisi tanah bermasalah.

5.2 Saran

Saran dari penulis antara lain :

1. Dalam merencanakan untuk penanganan kondisi tanah yang bermasalah dapat menggunakan *software* Plaxis sebagai alat bantu mempermudah proses perencanaan.
2. Data-data tanah harus lengkap dengan pengujian triaxial pada titik-titik yang krusial, agar keakuratan data lebih terjamin.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan efisiensi biaya, mutu dan waktu serta memperbandingkan dengan perhitungan faktor keamanan secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bokko, J. (2019). Analisis Kelongsoran Jalan Poros Sangalla-Batualu Dengan Program Plaxis. *Journal Dynamic Saint*, 4(1), hal 764-772.
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga, 2019, Spesifikasi Umum 2018 Revisi 1 nomor: 06/SE/Db/2019. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- [3] Fahlevi, F., & Hastuty, I. K. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Sheet Pile Menggunakan Plaxis V. 8 Dan Metode Bishop (Studi Kasus: Pembangunan TPA Sapiro). Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [4] Fauzi, A. N. (2012). Analisis Tegangan-Perpindahan dan Faktor Keamanan (SF) Pada Lereng Miring Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Plaxis 8.2 Stress-Deformation and Safety Factor (SF) Analysis on Slope With Soil Nailing Reinforcement Using Plaxis 8.2.
- [5] Hardiyatmo, H. C., 2012. Tanah Longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan. Pertama penyunting Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [6] Indonesia, S. N. (2017). Persyaratan perancangan geoteknik. SNI, 8460, 2017.
- [7] Mahpudoh, S. (2018). Analisis Kestabilan Tanah Terhadap Konstruksi Bendungan Cipanganten Dengan Menggunakan Plaxis. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1(1).
- [8] Nurashar, R. H. (2020, October). Pelaksanaan Shotcrete Sebagai Proteksi Lereng Di Inlet Diversion Tunnel Bendungan Cipanas. In *Senaster" Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan"* (Vol. 1, No. 1).
- [9] Nurashar, R. H. (2020, October). Pelaksanaan Shotcrete Sebagai Proteksi Lereng Di Inlet Diversion Tunnel Bendungan Cipanas. In *Senaster" Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan"* (Vol. 1, No. 1).
- [10] Sembiena, V. A. A. (2018). Perkuatan Talud Pada Mulut Terowongan Dan Alternatif Metode Pelaksanaan Pekerjaan Terowongan Pada Proyek Notog BH 1440 (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [11] Sinarta, N. (2014). Metode Penanganan Tanah Longsor Dengan Pemakuan Tanah (Soil Nailing). *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 3(2), 1-16.