

ANALISIS STABILITAS *HAULING ROAD* PADA TANAH LUNAK DENGAN PENANGANAN GEOTEKSTIL

Angelia Mutyaraharjo

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: mutyaraangelia19@gmail.com

Stephanus Aleksander

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: : stephanus@eng.upr.ac.id

Fatma Sarie

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: : fatmasarie@jts.upr.ac.id

Mohammad Ikhwan Yani

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: : m.ikhwanyani@eng.upr.ac.id

Okrobianus Hendri

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: : okrobianus@jts.upr.ac.id

Abstract: The stability of the mining areas, especially in the mines road facilities (*hauling road*) in one of the most important problem at this time. The *hauling road* slope instability can occur at any time. In this case, the construction of the mines access road area is above a swamp with a length of about 3 km and the actual condition of the land is an inactive swamp with the potential for soft soil that can reach 12 meters deep. This soft soil can disturb the stability of the *hauling road* in the form of a decline. The research aims to determine the stability of the mines road area (*hauling road*), therefore no deep landslides occur until the *hauling road* is capable of working properly. This research utilized the ϕ - c reduction (*Based on Finite Element Analysis*) to analyze the slope stability of the *hauling road*. The results of this research, it was found that the *hauling road* design with a height of 4,5 meters and splay 1:5 without reinforcement depicted a safety factor (SF) of 1,03, where the safety factor (SF) value without reinforcement is included in the critical category. To increase the stability of the *hauling road*, non-woven geotextile reinforcement with a tensile strength of 75 kN/m is required. From the results of the stability analysis using geotextile reinforcement show a safety factor (SF) of 1,901, where the safety factor (SF) value with geotextile reinforcement is included in the safe category because it meets the SF requirements > 1.25 and *hauling road* stability with a planned vehicle load of 20 kN/m² obtained a safety factor of 1,728.

Keywords: *Safety Factor, Finite Element Method, Geotextile, Hauling Road.*

Abstrak: Kestabilan pada area pertambangan terutama pada fasilitas jalan akses tambang (*hauling road*) merupakan salah satu permasalahan yang sangat penting saat ini. Ketidakstabilan pada *hauling road* dapat terjadi sewaktu-waktu. Pada kasus ini, pembangunan area jalan akses tambang berada di atas rawa dengan panjang sekitar 3 km dan kondisi aktual lahan merupakan rawa tidak aktif dengan potensi tanah lunak yang dalam mencapai 12 meter. Tanah lunak ini dapat mengganggu kestabilan pada *hauling road* berupa penurunan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui stabilitas pada area jalan tambang (*hauling road*), sehingga tidak terjadi longsor yang dalam sehingga *hauling road* dapat bekerja dengan baik. Metode yang dilakukan untuk melakukan analisis kestabilan lereng pada *hauling road* dengan menggunakan metode ϕ - c reduction (*Based on Finite Element Analysis*). Hasil dari penelitian ini, didapat bahwa desain *hauling road* dengan tinggi 4,5 meter dan kemiringan

1:5 tanpa perkuatan memiliki nilai *safety factor* (SF) sebesar 1,03, dimana nilai *safety factor* (SF) tanpa perkuatan masuk kedalam kategori kritis. Untuk meningkatkan stabilitas *hauling road* dibutuhkan perkuatan geotekstil *non-woven* dengan kuat tarik 75 kN/m. Dari hasil analisis stabilitas menggunakan perkuatan geotekstil didapat nilai *safety factor* (SF) sebesar 1,901, dimana nilai *safety factor* (SF) dengan perkuatan geotekstil masuk kedalam kategori aman dikarenakan memenuhi syarat $SF > 1,25$ dan stabilitas *hauling road* dengan beban kendaraan rencana 20 kN/m² didapat nilai *safety factor* sebesar 1,728.

Kata kunci : Faktor Keamanan, Metode Elemen Hingga, Geotekstil, Jalan Tambang.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kestabilan kawasan pertambangan, khususnya pada fasilitas jalan akses tambang (*hauling road*) merupakan salah satu pekerjaan yang sangat penting. Pembangunan jalan akses tambang (*hauling road*) menjadi prioritas sebelum melakukan pekerjaan eksplorasi tambang dilakukan. Pada kasus ini, pembangunan area jalan akses berada di atas rawa dengan panjang sekitar 3 km. Kondisi aktual lahan rencana *hauling road* merupakan rawa tidak aktif dengan kondisi terendam air hingga mencapai 1,5 meter dan potensi lapisan tanah lunak yang cukup dalam.

Tanah lunak merupakan material tanah yang memiliki diameter $< 2 \mu\text{m}$ atau $< 0,002 \text{ mm}$ dengan sifat fisik lunak, memiliki kuat geser dan permeabilitas yang rendah, serta kompresibilitas yang tinggi sehingga dapat menimbulkan kerusakan konstruksi berupa penurunan. Tanah lunak dapat mengganggu kestabilan pada *hauling road*. *Hauling road* dikatakan stabil jika nilai *safety factor* > 1 .

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis stabilitas pada jalan akses tambang (*hauling road*), sehingga tidak terjadi longsor yang dalam agar *hauling road* dapat bekerja dengan baik. Analisis kestabilan timbunan pada *hauling road* menggunakan metode ϕ -c reduction (*Based on Finite Element Analysis*).

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah adalah material yang tersusun dari agregat mineral padat (butiran) yang tidak dapat diendapkan (terikat secara kimiawi) dan dari

bahan organik yang telah mengendap (partikel padat), disertai zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong di antara partikel padat (Das, B., Endah N., & Mochtar I, 1995).

Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*, FEM)

Analisis kestabilan lereng bertujuan untuk mengetahui stabilitas jangka pendek dan jangka panjang lereng, mengetahui kemungkinan terjadinya longsor, dan menentukan nilai faktor aman yang berasal dari bidang longsor yang potensial. Nilai faktor aman didapat dengan memperhatikan tegangan geser disepanjang bidang longsor dan kuat geser tanah disepanjang permukaan longsor.

Berdasarkan SNI 8460-2017 faktor keamanan (FK) untuk kondisi pengaruh gempa (statis) adalah $FK \geq 1,25$ dan untuk kondisi ada pengaruh gempa (dinamis) adalah $FK \geq 1,1$. Sehingga untuk mendapatkan lereng yang stabil maka faktor keamanan (FK) $\geq 1,0$.

Finite element method (FEM) secara umum mampu memodelkan berbagai kondisi yang kompleks, seperti perilaku tegangan-regangan, kondisi nonhomogen dan perubahan geometri selama konstruksi timbunan. Untuk perhitungan faktor keamanan dengan *finite element method* yang digunakan untuk analisis stabilitas dapat dilakukan dengan mereduksi kekuatan dari tanah (ϕ -c reduction). Dengan cara ϕ -c reduction parameter kuat geser $\tan \phi$ dan c tanah dikurangi secara menerus sampai keruntuhan pada struktur terjadi.

Faktor pengali total (ΣM_{FK}) digunakan untuk mendefinisikan parameter kekuatan tanah pada suatu tahapan tertentu dalam analisis. Nilai faktor pengali total (ΣM_{FK}) diatur ke 1,0 pada awal perhitungan agar seluruh kekuatan material diatur ke nilai yang belum direduksi.

Faktor keamanan (FK) stabilitas lereng dapat ditulis dengan persamaan.

$$FK = \frac{\text{kekuatan yang tersedia}}{\text{kekuatan saat longsor}} \quad (1)$$

Geotekstil

Geotekstil merupakan perkuatan timbunan yang berfungsi sebagai *separator* dan *reinforcement* untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah dasar oleh kekuatan komposit tanah dengan geotekstil. Pemilihan geotekstil dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti durabilitas, ketersediaan bahan, biaya dan konstruksi. Pada Tabel 1 menunjukkan jenis geotekstil berdasarkan nilai sifat geotekstilnya.

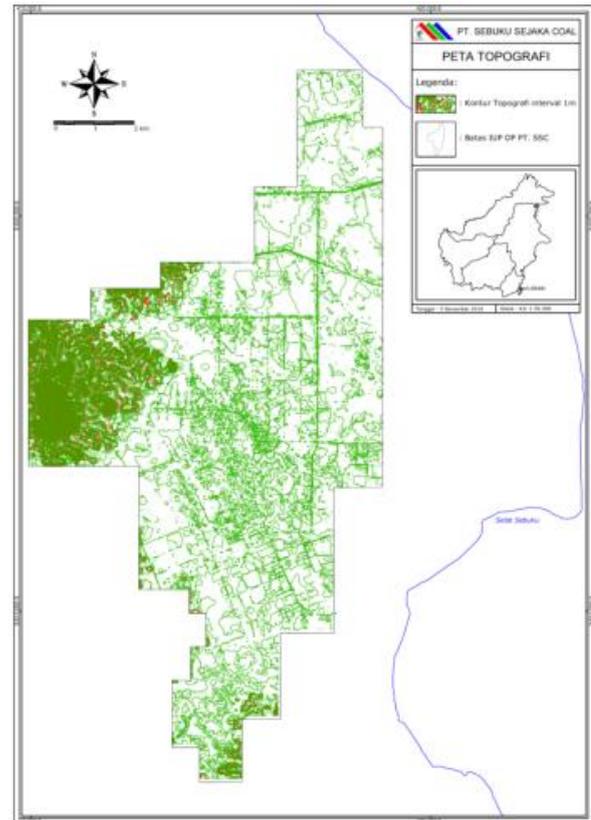
Tabel 1. Rentang umum sifat geotekstil

No	Jenis geotekstil	Kuat tarik (kN/m)
1	Geotekstil tak teranyam	
	- Diikat dengan pemanasan	3 – 25
	- <i>Needle punched</i>	7 – 90
2	Geotekstil teranyam	
	- Monofilamen	20 – 80
	- Multifilamen	40 – 1200
3	Geotekstil rajutan	
	- Arah melintang mesin	2 – 5
	- Arah mesin	20 – 800

METODE PENELITIAN

Gambaran Umum Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada proyek *soil investigation* yang berada di PT. Sebuku Sejaka Coal, terletak di Kecamatan Pulau Laut Timur, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan. Data penelitian yang dikumpulkan ialah data hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration with Pore Pressure Measurement* (CPTu). Data tersebut termasuk dalam data sekunder yang diperoleh untuk menganalisis stabilitas timbunan *hauling road*. Untuk gambaran lokasi pada kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Peta Topografi Lokasi Penelitian



Gambar 2. Layout Rencana Jalan Tambang

Gambaran Umum Penelitian

Tahapan dalam analisis data pada penelitian ini dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Memodelkan stratifikasi tanah dengan menggunakan data hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration with Pore Pressure Measurement* (CPTu).
2. Melakukan pemodelan pada *hauling road* di atas tanah lunak
3. Menganalisis stabilitas lereng dengan menggunakan aplikasi Plaxis 2D untuk

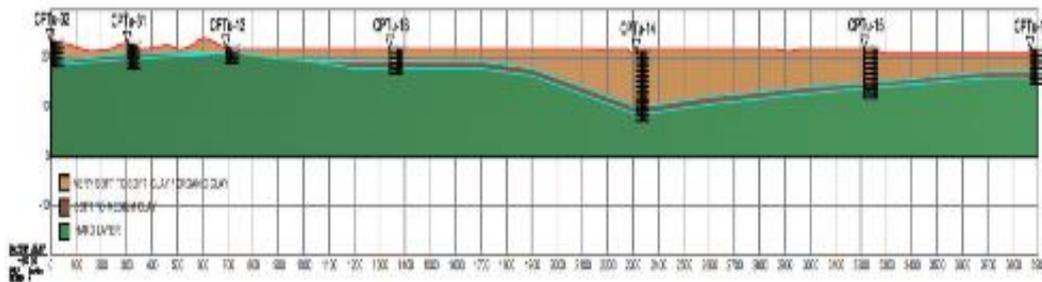
mendapatkan nilai faktor keamanan (FK) pada *hauling road*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Parameter Tanah

Untuk mengidentifikasi lapisan tanah di sepanjang kedalaman dan mengetahui nilai konsistensi tanah dibutuhkan analisis parameter tanah. Analisis parameter tanah pada area

hauling road dilakukan dengan menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPTu) (PZ-31, PZ-32, PZ-12, PZ-13, PZ-14, PZ-15 dan PZ-16) dan data *Standard Penetration Test* (SPT) (BH-3). Berikut adalah kondisi stratifikasi tanah di rencana *Hauling Road*.



Gambar 3. Stratifikasi tanah di rencana *hauling road*

Tabel 2. Konsistensi tanah BH-3

Depth (m)	Depskripsi Tanah	N _{SPT} (blows/30 cm)
0 – 14	Lempung berlanau	-
14 – 18	Lanau berlempung	23
18 - 19	Lanau berlempung	33
19 – 23	Lanau berlempung	>50
23 – 28,5	Batuan dengan lanau berlempung	>50
28,5 – 30	Lanau berlempung dengan batu retakan	>50
30 - 33	Batuan	>50

Berdasarkan data CPTu dan data bor, konsistensi tanah dibagi menjadi 3 lapisan utama yaitu lapisan pertama merupakan lapisan

tanah lempung sangat lunak hingga lunak dengan ketebalan bervariasi antara 2 meter sampai 12 meter, lapisan kedua merupakan lapisan tanah lempung lunak hingga sedang dengan ketebalan 1 – 1,5 m dan lapisan ketiga merupakan lapisan tanah keras dengan ketebalan 10 meter berdasarkan data CPTu, dimana penetrasi konus terhenti pada kedalaman tersebut.

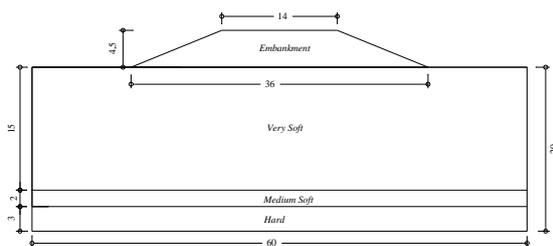
Analisis Stabilitas *Hauling Road*

Parameter tanah untuk desain analisis ditentukan berdasarkan data uji CPTu dan bor dalam serta dengan melakukan korelasi empiris menggunakan data-data tersebut. Rekapitulasi parameter desain yang digunakan untuk analisis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter desain *hauling road*

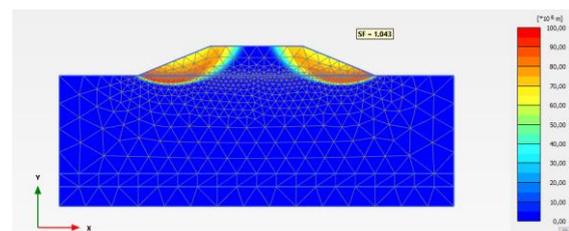
Parameter	Simbol	Embankment	Very Soft	Medium Soft	Hard	Satuan
General						
Material model	-	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	-
Type of behaviour	Type	Drained	Undrained (A)	Undrained (A)	Undrained (A)	-
Dry weight	γ_{unsat}	15	15	15	17	kN/m ³
Wet weight	γ_{sat}	16	16	16	18	kN/m ³
Parameters						
Secant stiffness in Standard drained triaxial test	E ₅₀	1035	1035	5175	21735	kN/m ²
Tangent stiffness for primary oedometer loading	E _{oed}	1035	1035	5175	21735	kN/m ²
Unloading/reloading stiffness	E _{ur}	3105	3105	15525	65205	kN/m ²
Cohesion	c	10	5,5	8,8	13,2	kN/m ²
Friction angle	ϕ	8	24	25	29	°
Dilatancy ratio	ψ	0	0	0	0	°
Poisson's ratio	ν	0,3	0,3	0,3	0,25	-
Groundwater						
Data set	-	Standard	Standard	Standard	Standard	-
Soil	-	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	-
Use defaults	-	None	None	None	None	-
Permeability in horizontal diraction	k _x	0	0	0	0	m/day
Permeability in vertical diraction	k _y	8,60E+00	2,60E-05	2,60E-04	8,64E-03	m/day
Initial						
K ₀ determination	-	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	-
Over-consolidation ratio	OCR	-	1	1,5	-	-
Pre-overburden pressure	POP	0	0	0	0	kN/m ²

Konstruksi *hauling road* didesain dengan tinggi 4,5 meter dan kemiringan 1:5. Analisis dilakukan dengan menggunakan model material *constitutive hardening soil*. Untuk desain *hauling road* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain geometri *hauling road*

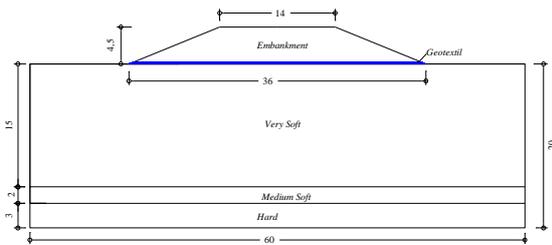
Berdasarkan hasil pengolahan dan perhitungan data, didapat nilai *safety factor hauling road* yaitu 1,03 (kritis).



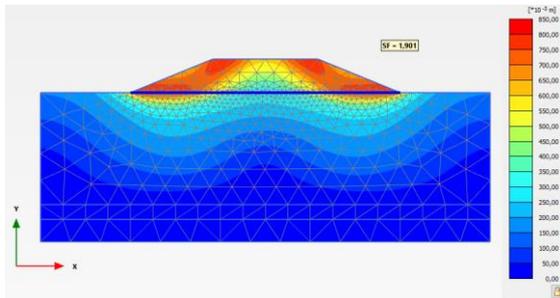
Gambar 5. Kondisi lereng tanpa penanganan

Untuk meningkatkan daya dukung pada *hauling road* maka dilakukan perkuatan menggunakan

geotekstil. perkuatan geotekstil digelar pada dasar timbunan sebelum dilakukan penimbunan jalan rencana untuk memperkuat tanah dasar dari beban timbunan rencana. Geotekstil yang digunakan adalah dengan kuat tarik 75 kN/m. Desain *hauling road* dengan menggunakan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 6 dan hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 7.



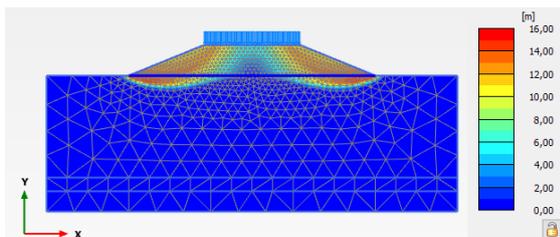
Gambar 6. Desain *hauling road* dengan geotekstil



Gambar 7. Kondisi lereng dengan geotekstil

Dari desain *hauling road* dengan perkuatan geotekstil *non-woven*, didapat nilai *safety factor* sebesar 1,901, sehingga *hauling road* termasuk dalam kategori aman dikarenakan memenuhi syarat $SF > 1,25$.

Pada rencana desain *hauling road* dibutuhkan beban kendaraan rencana. Beban kendaraan rencana pada penelitian ini yaitu 20 kN/m². Beban kendaraan rencana ditambah untuk mengetahui berapa kestabilan *hauling road* setelah ditambah dengan beban rencana kendaraan.



Gambar 8. Kondisi timbunan dengan beban kendaraan 20 kN/m²

Dari hasil analisis stabilitas dengan beban kendaraan rencana, didapat nilai *safety factor* sebesar 1,738, sehingga *hauling road* dapat bekerja dengan baik saat diberi beban kendaraan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis stabilitas pada *hauling road* dengan tidak menggunakan penanganan geotekstil didapat *safety factor* (SF) sebesar $1,03 < 1,25$, sehingga dibutuhkan penanganan dengan menggunakan geotekstil. Hasil analisis stabilitas dengan menggunakan perkuatan geotekstil didapat *safety factor* sebesar $1,901 > 1,25$, sehingga *hauling road* dikategorikan aman. Hasil analisis stabilitas pada *hauling road* dengan beban rencana kendaraan sebesar 20 kN/m² didapat nilai *safety factor* sebesar 1,728 (aman).

SARAN

Untuk menentukan geometri *hauling road* yang dapat diperhatikan adalah ketinggian dan kemiringan timbunan agar mendapatkan hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ameratunga, J., Sivakugan, N., & Das, B. (2016). *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. New Delhi: Springer.
- Bella, R. A. (2011). Permodelan Timbunan Pada Tanah Lunak Dengan Menggunakan Program Plaxis. *Jurnal Teknik Sipil*, 1, 1-9.
- Das, B., Endah N., & Mochtar I. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jakarta : Erlangga.
- Fahriani, F., 2016. Analisis Pengaruh Ketinggian Timbunan Terhadap Kestabilan Lereng. *Jurnal Fropil*, Volume 4, pp. 39-40.
- Hatmoko, J. T., & Suryadharma, H. (2020). *Teknologi Perbaikan Tanah*. Yogyakarta: ANDI.
- SNI 8460:2017. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional