

STABILITAS LERENG TIMBUNAN STA 24+100 JALAN AKSES PULAU BALANG MENGGUNAKAN GEOSTUDIO

Stability of The Embankment Slopes on The Balang Island Access Road Sta 24+100 Using Geostudio

Juandra Hartono¹, Muhammad Saleh², Gitaning Primaswari¹

¹ Politeknik Pekerjaan Umum

² Satker Pelaksanaan Jembatan Pulau Balang

Korespondensi: juandra.hartono@pu.go.id¹, muhammadsaleh@pu.go.id², gita.primaswari@pu.go.id³

Diterima: 13 Februari 2022; Direvisi: 17 Juli 2022; Disetujui: 2 Agustus 2022

ABSTRAK

Studi ini membahas tentang permasalahan lereng timbunan jalan akses pulau balang yang terletak di Penajam Paser Utara (PPU) Kalimantan Timur. Dilereng timbunan Sta. 24+100 sebelah kanan terdapat longsor lereng yang disebabkan adanya rembesan air masuk ke badan jalan, selain itu lapisan tanah dasar yang dinilai berupa tanah lunak (soft) dengan muka air tanah yang cukup tinggi berpotensi mengalami longsor dan mengakibatkan penurunan tanah. Analisa dilakukan menggunakan software Geostudio. Dari hasil analisa lereng timbunan didapat hasil sebagai berikut, pada kondisi terkonsolidasi 1 tahun tanpa penanganan, kondisi lereng masih masuk dalam kriteria desain jangka panjang dengan nilai SF sebesar 1,546 sedangkan pada lereng dengan kondisi hujan didapatkan nilai SF sebesar 1,379. Kondisi ini tidak memenuhi kriteria desain SF jangka panjang (SF Jangka Panjang > 1.5). Pada kondisi lereng terkonsolidasi 1 tahun dengan penangan didapatkan nilai SF lereng sebesar 1,730 sedangkan pada lereng dengan kondisi hujan didapatkan nilai SF sebesar 1,574. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa lereng dalam keadaan terkonsolidasi 1 tahun dengan penanganan masih termasuk dalam kriteria desain jangka panjang. Rekomendasi untuk penanganan lereng yang dipilih adalah counterweight dan cerucuk di bawah timbunan

Kata kunci: longsor, timbunan, geostudio, konsolidasi, cerucuk

ABSTRACT

This research discusses the problem of the embankment slope of the Balang Island access road located in Penajam Paser Utara (PPU) East Kalimantan. On the embankment slope of the Sta. 24+100 on the right side there is a landslide caused by water seepage into the road body, In addition, the subgrade layer which is assessed as soft soil with a fairly high groundwater level has the potential to experience landslides and cause land subsidence. The analysis was carried out using the Geostudio software. From the results of the embankment slope analysis, the following results are obtained, on a consolidated condition for 1 year without handling, the slope conditions are still included in the long-term design criteria with an SF value of 1,546 while on a slope with rainy conditions an SF value of 1,379. This condition does not meet the long term SF design criteria (long-term $SF > 1.5$). On 1 year consolidated slope conditions with handlers, the slope SF value is 1,730. while on slopes with rainy conditions, the SF value is 1,574. From the results of the analysis, it can be concluded that slopes in a consolidated condition for 1 year with handling are still included in the long-term design criteria.

Recommendations for handling the selected slope are counterweight and wooden pile under the embankment

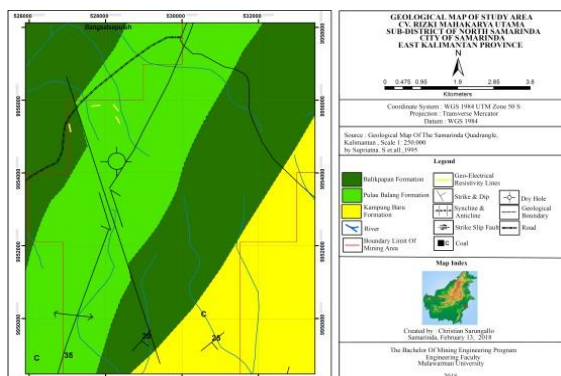
Keywords: landslide, embankment, geostudio, consolidated, wooden pile

PENDAHULUAN

Pembangunan Jalan akses Pulau Balang yang terletak di kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur dengan panjang 1807 meter merupakan jalan yang menghubungkan Jembatan Pulau Balang I (jembatan pelengkung) dan jembatan Pulau Balang II (jembatan *cable stayed*) [1],[2],[3]. Hambatan utama pada saat pembangunan jalan akses Pulau Balang yaitu kondisi awal tanah di beberapa lokasi tepatnya di Sta 23+00 – 23+200 berupa tanah gambut yang tergenang air [4]. kondisi ini menyebabkan penurunan tanah pondasi dan longsoran pada lereng di beberapa lokasi.

Tanah longsor pada lereng alami atau lereng buatan umumnya dipengaruhi oleh kondisi morfologi setempat, kondisi geologi, jenis material dan curah hujan. Tanah longsor secara alami terjadi akibat penurunan kestabilan lereng, kerusakan tanah dan batuan secara simultan baik secara umur maupun waktu. Aktivitas manusia seperti penggalian pada lereng tanpa perhitungan seringkali mengganggu kestabilan lereng dan menyebabkan terjadinya longsor.[5].

Geologi daerah tinjauan merupakan gambaran daerah penelitian yang menunjukkan sebaran letak struktur geologi, sebaran formasi batuan, dan hubungan antar batuan. Berdasarkan peta geologi Samarinda, daerah penelitian terletak pada formasi geologi Pulau Balang (Tmpb). Peta geologi daerah evaluasi terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Peta Geologi Daerah Tinjauan

Formasi Pulau Balang (Tmpb) memiliki batuan (*litologi*) batu pasir *greywacke* dan batu pasir kuarsa yang diselingi batu gamping, lempung, batubara dan tufa dasit. Pada formasi ini

ditemukan batu pasir berwarna abu-abu kehijauan, padat, tebal 50 - 100 cm. Pada formasi ini juga ditemukan batu pasir kuarsa berwarna abu-abu kemerahan dan lapisan batu gamping setebal 15 - 60 cm, batu gamping berwarna coklat muda kekuningan, mengandung *foraminifera* berukuran besar. Batu gamping ini ditemukan sebagai sisipan atau lensa pada batu pasir kuarsa, ketebalan lapisan 10 - 40 cm. Formasi Pulau Balang menunjukkan umur Miosen Tengah dengan lingkungan akresi di laut dangkal. Batu lempung berwarna kelabu kehitaman, tebal lapisan 1-2 cm, berselang seling dengan batubara, ketebalan lapisan bisa sampai 4 m [6].

Berdasarkan hasil penelitian [6] daerah tinjauan di formasi Pulau Balang sebagian besar berupa batu pasir kuarsa halus sampai kasar dengan ketebalan lapisan yang cukup tebal. Selain itu, ditemukan juga persilangan antara batu pasir kuarsa dan batu lempung serta batu pasir dan lempung. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian ditemukan berupa lipatan dan sesar.

Analisis stabilitas lereng merupakan penilaian yang digunakan untuk menentukan faktor keamanan longsor [7]. Pendapat lain adalah bahwa analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mengevaluasi desain lereng alami atau buatan yang aman (misalnya timbunan, pemotongan jalan, penambangan terbuka ataupun penggalian). Tujuan utama stabilisasi lereng adalah untuk menemukan lokasi berbahaya, menyelidiki penyebab tanah longsor, dan merancang tindakan perbaikan dengan mempertimbangkan faktor keamanan. [8].

Permasalahan yang terjadi dilokasi jalan akses Sta. 24+100 pada sisi kanan badan jalan. Jalan yang telah dilakukan penimbunan setinggi ± 15 m terjadi longsoran (**Gambar 2**). Indikasi penyebab longsoran disebabkan karena adanya rembesan air yang masuk ke badan jalan, selain itu lapisan tanah dasar yang dinilai berupa tanah lunak (*soft soil*) dengan muka air tanah yang cukup tinggi.



**Gambar 2 Lokasi Tinjauan Longsor
Sta.24+100**

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka sifat fisik dan mekanik saat perencanaan harus ditinjau ulang, salah satunya dengan melakukan analisa balik terhadap permasalahan yang terjadi hingga didapatkan keadaan dimana bidang keruntuhan yang terbentuk sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan [5]. Analisis stabilitas lereng timbunan dilokasi kajian dilakukan melalui 2 model evaluasi kondisi, yaitu tanpa penanganan dan adanya penanganan menggunakan *counterweight* dan cerucuk.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan langsung dilapangan, melakukan pengambilan sampel penyelidikan tanah di Sta.24+100 proyek jalan akses Pulau Balang dan melakukan pengujian sampel tanah dilaboratorium. Secara umum tahapan penyelidikan tanah dilapangan akan dijelaskan sebagai berikut [9]:

a. Pengeboran dalam

Pengeboran dilakukan dengan menggunakan mesin rotary drilling dengan sistim core drilling. Kedalaman pengeboran dilakukan hingga maksimum lapisan tanah keras. Pengujian Standard Penetration Test (SPT) menggunakan split-barrel sampler untuk mendapatkan ketahanan tanah terhadap penetrasi (nilai-N), menggunakan hammer 63.5 kg yang dijatuhkan setinggi 0.76 m, dan untuk mendapatkan sample yang mewakili untuk identifikasi dan pengujian laboratorium [10].

b. Pengambilan *undisturbed sample*

Dilakukan pada pengeboran dalam. *Undisturbed sample* diambil per kedalaman 5 meter pada masing-masing kedalaman pengeboran dalam. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan tabung sampel yang digunakan untuk pengambilan sampel tanah kohesif lunak hingga sedang. Sampel terdiri dari tabung yang dipasangkan

pada *head*. Untuk pengambilan *undisturbed sample*, dilakukan pengeboran pada kedalaman tertentu dimana sampel akan diambil. Sebelum pengambilan sampel dilakukan, dasar lubang bor dibersihkan dan tabung diturunkan pada dasar lubang bor. Pada pengambilan sampel, tabung tipis dimasukkan ke dasar lubang dengan cara *jacking* atau dimasukkan dengan menggunakan SPT Hammer. Setelah dinding tabung masuk sedalam kurang lebih 80% dari tabung, didiamkan sejenak untuk mendapatkan kembali adhesi antara sampel dengan dinding tabung. Akhirnya sampel ditarik dari lubang bor. Kedua ujung tabung ditutup dengan lilin (*paraffin wax*) segera setelah dipisahkan dari *sample head* [11].

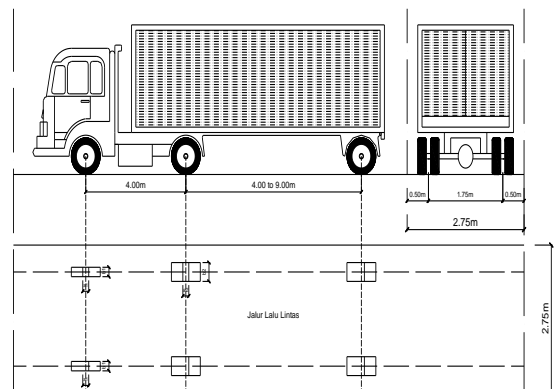
c. Pengujian penetrasi

Pada pengujian ini, jumlah pukulan hammer pada saat penetrasi dihitung. Penetrasi 150 mm pertama tidak dimasukkan pada nilai N SPT. Komulatif jumlah pukulan diperlukan sekurang-kurangnya penetrasi sebesar 300 mm sebagai nilai N Sampel pada barrel kemudian dimasukkan kedalam plastik untuk identifikasi tanah. Pengujian penetrasi berdasarkan standar SNI 4153-2008 [12]

d. Pengujian Laboratorium

Sampel hasil penyelidikan tanah dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian sesuai parameter yang dibutuhkan [9]. Adapun prosedur yang digunakan dibebberapa pengujian seperti : uji *triaxial* [13], uji konsolidasi [14] dan uji kuat tekan bebas [15].

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan beban lalu lintas pada seluruh lebar permukaan timbunan yang akan digunakan untuk analisis. Perhitungan beban lalu lintas dianalisa sesuai kelas jalan yang bersumber dari manual Gambut Pusat Litbang Sarana Transportasi dan dimodifikasi sesuai kelas jalan [16].



Gambar 3 Distribusi Beban Lalu Lintas

Perhitungan beban lalu lintas di Sta.24+100 menggunakan perhitungan beban merata, beban

lalu lintas harus diperhitungkan pada seluruh lebar permukaan timbunan, pada tanah lempung beban lalu lintas tidak perlu dimasukkan dalam analisis penurunan [16].

Tabel 1 Beban Lalu Lintas Untuk Analisis Stabilitas

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)
I	15
II	12
III	12

Sumber: Panduan Geoteknik 4, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah Tinjauan Analisa [16].

Desain konstruksi timbunan jalan khususnya pada kondisi tanah lunak harus mempertimbangkan Batasan penurunan timbunan dan faktor keamanan kondisi jangka pendek selama masa pelaksanaan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 [17] dan Tabel 3 [16].

Tabel 2 Batas - Batas Penurunan Timbunan

Kelas Jalan	Penurunan yang diisyaratkan sepanjang masa konstruksi S/Stot	Kecepatan Penurunan sehabis konsolidasi mm/tahun
I	>90%	<20
II	>85%	<25
III	>80%	<30
IV	>75%	<30

Sumber: Manual Desain Perkerasan Jalan nomor 02/M/BM/2013

Tabel 3 Faktor Keamanan Untuk Analisis Stabilitas

Kelas Jalan	Faktor Keamanan
I	1,4
II	1,4
III	1,3

Sumber: Pedoman Kimpraswil No: Pt T-10-2002-B, 2002

Analisis pemodelan lereng menggunakan program Geostudio. Geostudio adalah aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geoenvironmental. Ruang lingkup aplikasi ini antara lain SLOPE/W, SEEP/W, SIGMA/W, QUAKE/W, TEMP/W, dan CTRAN/W yang sifatnya terintegrasi sehingga hasil dari satu produk dapat digunakan untuk produk yang lain [18]. Selain itu program GeoStudioSLOPE/W

menghasilkan beberapa zona longsor beserta angka keamanannya [19].

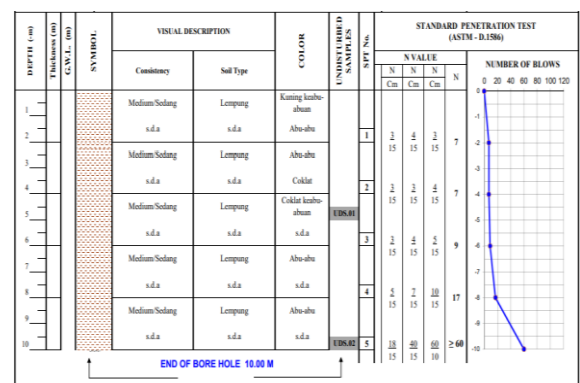
Perangkat lunak Geostudio SLOPE/W 2012 telah banyak diterapkan untuk mempelajari dan menganalisis stabilitas lereng, terutama menggunakan Slope/W dan Seep/W [20]. Perhitungan analisa penanganan lereng dilakukan melalui 2 metode yaitu:

- Tanpa penanganan pada saat kondisi eksisting dan setelah 1 tahun. Analisa dilakukan pada saat kondisi hujan dan tanpa hujan.
- Dengan penanganan *counterweight* dan cerucuk dibawah timbunan kondisi eksisting dan setelah 1 tahun. Analisa dilakukan pada saat kondisi hujan dan tanpa hujan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa penanganan lereng timbunan akan ditinjau melalui beberapa tahapan, seperti analisa hasil uji borlog, analisa beban lalu lintas dan analisa penanganan berdasarkan *software* Geostudio. Detail hasil analisis dan cara penanganan akan dijelaskan secara rinci seperti berikut ini.

Dari hasil *soil investigasi* dilapangan, secara umum profil lapisan tanah di Sta 24+100 jalan akses Pulau Balang, berupa lapisan tanah lempung. Kondisi cuaca pada saat peyelidikan lapangan sering terjadi intensitas hujan rendah hingga tinggi (pada malam hari). Secara umum hasil penyelidikan tanah dilokasi jalan akses Sta. 24+100 pada kedalaman 0,00 - 10,00 meter jenis tanah berupa lapisan lempung, dengan nilai N-SPT: 7 - ≥ 60. Hasil parameter tanah dan hasil uji bor log ditunjukkan pada **Gambar 4, Tabel 4 dan Tabel 5.**



Gambar 4 Lapisan Tanah Berdasarkan Deskripsi Profil Bor

Tabel 4 Parameter Tanah Sta 24+100

Material	NSPT	einit	kx (m/sec)	ky (m/sec)	Eref (kN/m ²)	v	γunsat (kN/m ³)	γsat (kN/m ³)	c (kN/m ²)	Model	Type
Very Soft	2	1,0	4,50e ³	4,50e ³	2000	0,334	15,0	16,0	10	MC	undrained
Medium	5	0,8	4,50e ³	4,50e ³	5000	0,334	16,0	17,0	18	MC	undrained
Stiff	9	1,0	3,90e ⁴	3,90e ⁴	9000	0,334	16,2	17,2	28	MC	undrained
Very Stiff	17	0,4	2,20e ⁵	2,20e ⁵	17000	0,334	16,5	17,5	65	MC	undrained
Hard	60	0,6	4,30e ⁵	4,30e ⁵	60000	0,334	16,3	17,3	85	MC	undrained

Tabel 5 Hasil Uji Bor Log Sta 24+100

Kode BH	Kedalaman (m)	Kadar Air % (w)	Kepadatan gr/cm ³ (γ)	Berat Jenis (Gs)	Batas Atterberg			Hidrometer			
					LL %	PL %	PI %	Clay %	Silt %	Sand %	Gravel %
BH-03	0,00	40,76	1,74	2,71	28,71	19,68	9,03	76,50	14,08	7,40	0,70
	10,00	62,83	1,76	2,75	31,02	21,35	9,67	77,82	15,00	7,60	0,90

Sumber: data lapangan

Hasil Perhitungan Beban Lalu Lintas Sta.24+100

Perhitungan beban lalu lintas menggunakan perhitungan beban merata. Berdasarkan analisis beban lalu lintas didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

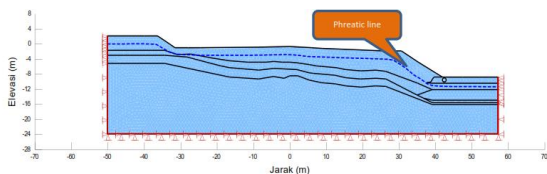
Beban roda : $T = 5 t = 5000 \text{ kg}$
 bidang roda : $t_x = 50 + 2 (17,50) = 0,85 \text{ m}$
 $t_y = 30 + 2 (17,50) = 0,65 \text{ m}$
 Bidang kontak : $b_{xy} = 0,85 \times 0,65 = 0,553 \text{ m}$
 Muatan T disebarakan : $T' = 5000 / 0,553 = 9041,59 \text{ kg/m}$
 Beban truk terhadap *pavement* sebesar 90,4 kN/m.

Dari hasil perhitungan didapat beban truk sebesar 90,4 kN/m. Data ini akan digunakan untuk analisis tanah timbunan dilokasi Sta.24+100 menggunakan *software* Geostudio.

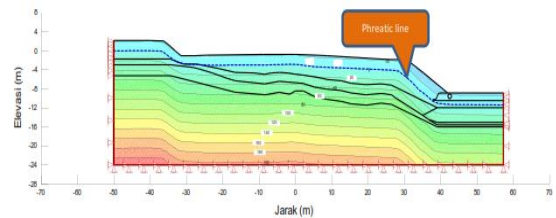
Analisa Stabilitas Timbunan Sta 24+100 Menggunakan Geostudio

Perhitungan Plastic Kondisi Eksisting Tahap Initial (Kondisi Awal) adalah sebagai berikut:

Perhitungan plastic kondisi initial (kondisi awal) pada lereng timbunan terdiri dari perhitungan *displacement* dan *pore water pressure* seperti yang terlihat pada **Gambar 5 dan Gambar 6**.



Gambar 5 Total Displacement Sebesar 0 m

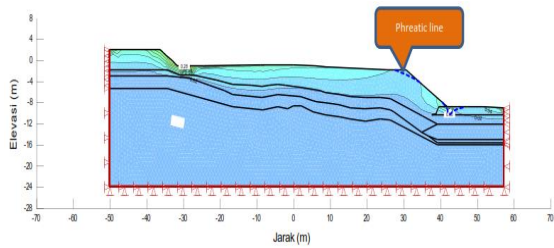


Gambar 6 Maksimum Pore Pressure Sebesar 234,97 kN/m²

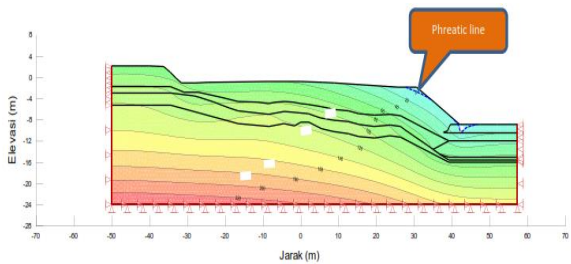
Perhitungan Plastic Kondisi Eksisting Saat Terjadi Hujan

Sama seperti Perhitungan plastic kondisi initial (kondisi awal), perhitungan plastic kondisi hujan pada lereng timbunan terdiri dari perhitungan *displacement* dan *pore water pressure* seperti pada **Gambar 7 dan Gambar 8**.

Pada lereng dengan kondisi hujan, dikarenakan hujan dimodelkan terus menerus setiap hari selama 1 tahun mengakibatkan naiknya elevasi muka air. Naiknya elevasi muka air mengakibatkan kuat geser tanah menjadi berkurang. Nilai total *displacement* atau pergerakan tanah pada lereng (**Gambar 7**) adalah 0.282 m, dan maksimum *pore water pressure* (**Gambar 8**) sebesar 241,15 kN/m². Pada kondisi hujan *safety factor* pada lereng sebesar 1,379.



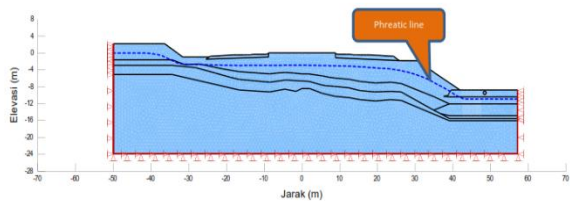
Gambar 7 Total Displacement Sebesar 0,282 m



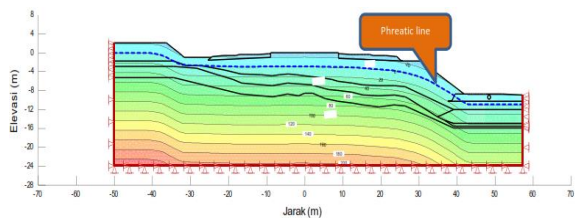
Gambar 8 Maksimum Pore Pressure Sebesar 241,15 kN/m²

Perhitungan Analisa Statis Kondisi Terkonsolidasi 1 Tahun Tanpa Penanganan Tahap Initial (Kondisi Awal) adalah sebagai berikut:

Pada lereng dengan kondisi awal, nilai total *displacement* atau pergerakan tanah pada lereng (**Gambar 9**) adalah 0 m, dan maksimum *pore water pressure* (**Gambar 10**) sebesar 233,94 kN/m². Pada kondisi awal *safety factor* lereng sebesar 1,526.



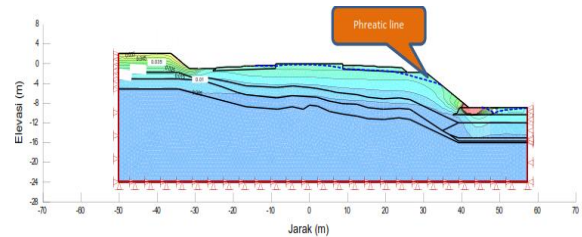
Gambar 9 Total Displacement Sebesar 0 m



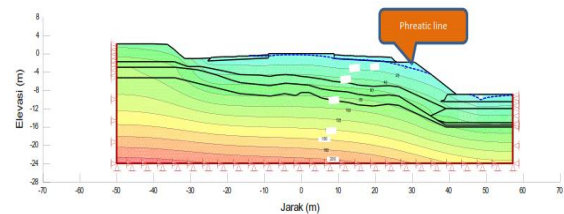
Gambar 10 Maksimum Pore Pressure Sebesar 233,94 kN/m²

Perhitungan Analisa Statis Kondisi Terkonsolidasi 1 Tahun Tanpa Penanganan Saat Kondisi Hujan adalah sebagai berikut:

Pada lereng dengan kondisi hujan, dikarenakan hujan dimodelkan terus menerus setiap hari mengakibatkan naiknya elevasi muka air. Naiknya elevasi muka air berakibat kuat geser tanah menjadi berkurang. Nilai total *displacement* atau pergerakan tanah pada lereng (**Gambar 11**) adalah 0,74719 m, dan maksimum *pore water pressure* (**Gambar 12**) sebesar 232,8 kN/m². Pada kondisi hujan *safety factor* pada lereng sebesar 1,380.



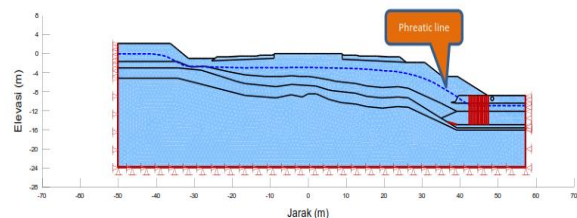
Gambar 11 Total Displacement Sebesar 0,74719 m



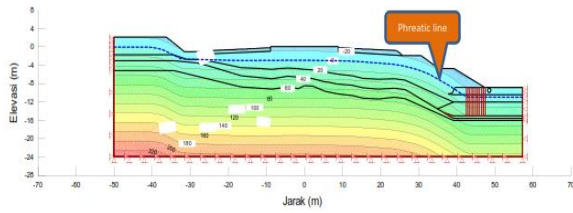
Gambar 12 Maksimum Pore Pressure Sebesar 232,8 kN/m²

Perhitungan Analisa Statis Kondisi Terkonsolidasi 1 Tahun Dengan Penanganan Tahap Initial (Kondisi Awal) adalah sebagai berikut:

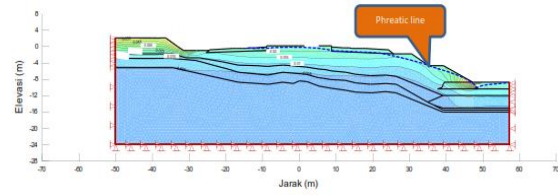
Pada lereng dengan kondisi awal, nilai total *displacement* atau pergerakan tanah pada lereng (**Gambar 13**) adalah 0 m, dan maksimum *pore water pressure* (**Gambar 14**) sebesar 233,94 kN/m². Pada kondisi awal *safety factor* pada lereng sebesar 1,730.



Gambar 13 Total Displacement Sebesar 0 m



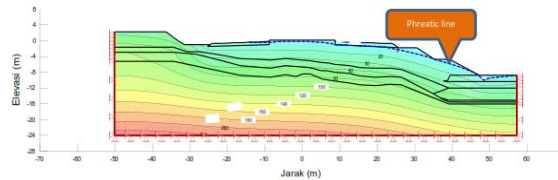
Gambar 14 Maksimum *Pore Pressure* Sebesar 233,94 kN/m²



Gambar 15 Total *Displacement* Sebesar 0,74719 m

Perhitungan Analisa Statis Kondisi Terkonsolidasi 1 Tahun Dengan Penanganan Saat Kondisi Hujan adalah sebagai berikut:

Pada lereng dengan kondisi hujan, dikarenakan hujan dimodelkan terus menerus setiap hari mengakibatkan naiknya elevasi muka air. Naiknya elevasi muka air mengakibatkan kuat geser tanah menjadi berkurang. Nilai total *displacement* atau pergerakan tanah pada lereng (Gambar 15) adalah 0,07242 m, dan maksimum *pore water pressure* (Gambar 16) sebesar 232,9 kN/m². Pada kondisi hujan *safety factor* pada lereng sebesar 1,5740.



Gambar 16 Maksimum *Pore Pressure* Sebesar 232,9 kN/m²

Resume Analisis

Dari hasil analisa penanganan lereng timbunan di Sta.24+100 menggunakan Geostudio terdapat dua alternatif penanganan yaitu penanganan *counterweight* dan cerucuk dibawah timbunan serta tanpa penanganan. Hasil resume lengkap dapat dilihat pada Tabel 6 berikut

Tabel 6 Resume Analisa Penanganan Jalan Akses Pulau Balang Sta.24+100

Cakupan STA	Analisa	Keterangan	Analisa SF Geostudio	
			Kondisi Tanpa Hujan	Kondisi Hujan
24+100	Tanpa Penanganan	Elevasi Eksisting 2018	1,546	1,379
		1 Tahun	1,526	1,380
	Penanganan <i>counterweight</i> dan cerucuk dibawah timbunan	Elevasi Eksisting 2018	1,546	1,379
		1 Tahun	1,730	1,574

KESIMPULAN

Dari hasil analisa menggunakan Geostudio pada timbunan Sta. 24+100 didapat kesimpulan sebagai berikut: untuk kondisi lereng tanpa penanganan saat kondisi terkonsolidasi 1 tahun masih termasuk dalam kriteria desain jangka panjang, sedangkan pada lereng dengan kondisi hujan, terdapat nilai SF jangka panjang yang tidak memenuhi kriteria desain (SF Jangka Panjang > 1.5).

Untuk kasus penanganan menggunakan *counterweight* dan cerucuk dibawah timbunan, saat kondisi terkonsolidasi 1 tahun dengan penangan didapat *safety factor* pada lereng sebesar 1,730. Pada lereng dengan kondisi hujan

didapat *safety factor* lereng sebesar 1.574. Sesuai hasil analisa dapat disimpulkan bahwa lereng pada kondisi terkonsolidasi 1 tahun dengan penanganan masih termasuk dalam kriteria design jangka panjang (SF Jangka Panjang > 1.5).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, terutama Balai Pelaksanaan Jalan Nasional XII Balikpapan dan Satker Pelaksanaan Jembatan Pulau Balang II yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Hartono, U. Khoiroh, and M. Saleh, "Stabilitas Tanah Timbunan Sisi BH-1 Proyek Jalan Akses Pembangunan Jembatan Pulau Balang II," *Bentang J. Teor. dan Terap. Bid. Rekayasa Sipil*, vol. 10, no. 1, pp. 1-10, 2022, doi: 10.33558/bentang.v10i1.2718.
- [2] J. Hartono, "Evaluasi Keutuhan Borepile Metode Crosshole Sonic Logging (CSL) Pembangunan Jembatan Pulau Balang II," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 4, p. 461, 2021, doi: 10.12962/j2579-891x.v19i4.9745.
- [3] Satuan Kerja Pelaksanaan Jembatan Pulau Balang, "Laporan Akhir Pengawasan Teknis Jembatan Pulau Balang," Balikpapan, 2021.
- [4] M. Ridwan, K. Prihatin, and Junaidi, "Analysis of Slope Stability Using Geotextiles on the Access Road Balang Balikpapan Island," *J. Inersia*, vol. XII, no. 1, pp. 37-43, 2020.
- [5] J. Hartono, "Analisis Penanganan Longsoran Dengan Perkuatan Mini Pile Menggunakan Software Plaxis V 8.2 Pembangunan Jalan Tol Balikpapan Samarinda," *Portal*, vol. 12, no. 1, pp. 9-20, 2020.
- [6] J. Teknologi *et al.*, "Kajian Lapisan Akuifer Metode Geo-Electrical Provinsi Kalimantan Timur (Study of Aquifer on Resistivity Method Sub-District of North Samarinda City of Samarinda East Kalimantan Province)," vol. 6, no. 2, 2018.
- [7] H. . Hardiyatmo, *Teknik Pondasi 1*, Edisi Kedu. Yogyakarta: Beta Offset, 2002.
- [8] T. Nalgire, D. P. P, M. A.A, and H. P.D, "Slope Stability Analysis by GeoSlope," *Helix*, vol. 10, no. 1, pp. 71-75, 2020, doi: 10.29042/2020-10-1-71-75.
- [9] Satker Pelaksanaan Jembatan Pulau Balang, "Laporan Penyelidikan Tanah Proyek Pembangunan Jalan Akses Pulau Balang," 2017.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, *Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir*, 2008, pp. 1-23.
- [11] *ASTM D 1587 - 00 Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes*, vol. 04.09. 2000.
- [12] Badan Standardisasi Nasional, "Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir," *SNI*, pp. 1-23, 2008.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, *Cara uji triaksial untuk tanah kohesif dalam keadaan tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase (UU)*. 2004.
- [14] Badan Standardisasi Nasional, *Standar Nasional Indonesia Cara uji konsolidasi tanah satu dimensi*. 2011.
- [15] Badan Standardisasi Nasional, "Metode pengujian kuat tekan bebas tanah kohesif," p. 3638, 1994.
- [16] Pusat Litbang Prasarana Transportasi, "Panduan Geoteknik 4," *Desain dan Konstr.*, no. 4, 2002.
- [17] Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Indonesia, 2013.
- [18] D. Haryadi, M. Mawardi, and M. R. Razali, "Analisis Lereng Terasering Dalam Upaya Penanggulangan Longsor Metode Fellenius Dengan Program Geostudio Slope," *Inersia, J. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 2, pp. 53-60, 2019, doi: 10.33369/ijts.10.2.53-60.
- [19] W. I. Manurung, I. B. Mochtar, and T. R. Satrya, "Analisis Hasil Perencanaan pada Pemodelan Stabilitas Timbunan dengan Program Bantu XSTABL, GEO5, GeoStudio-SLOPE/W, dan PLAXIS," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 3, p. 295, 2021, doi: 10.12962/j2579-891x.v19i3.9506.
- [20] M. Effendi, "Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Software Geostudio Slope/W 2012 Berdasarkan Metode Bishop Di Desa Cisarua, Kabupaten Bogor," 2016, [Online]. Available: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/87071>.