

E-ISSN : 2715-842X



Jurnal TeKLA

Jurnal Inovtek seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TeKLA)

PUSAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Vol.5	No.2	Halaman 52 – 163	Desember 2023
-------	------	---------------------	------------------



9 772715 842015

Dewan Redaksi:

Redaktur :

Indriyani Puluhulawa

Tim Editor/ penyunting :

Zev Al Jauhari

Zulkarnain

Lizar

Tira Roesdiana

Dian Eksana Wibowo

Mitra Bestari:

Ir. Ahmad Zaki, ST, M.Sc, Ph.D (Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Putera Agung Maha Agung (Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta)

Muhammad Akbar Caronge (Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanudin)

Sigit Sutikno (Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau)

Administrasi/ Sirkulasi:

Supianto

Alamat Redaksi/ Penerbit:

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau 28711

email: tekla@polbeng.ac.id

website: <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/tekla>

Terbit pada Bulan:

Juli dan Desember

Penanggung jawab:

Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bengkalis

Jurnal Inovtek seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TekLA) merupakan publikasi ilmiah online berkala yang diperuntukkan bagi peneliti yang hendak mempublikasikan hasil penelitiannya dalam bentuk studi literatur, penelitian, pengembangan, dan aplikasi teknologi. Jurnal TekLA memuat artikel terkait dengan ilmu rekayasa struktur dan material, ilmu pondasi dan tanah pendukung, rekayasa transportasi dan perkerasan jalan, rekayasa hidro dan bangunan air, manajemen konstruksi serta ilmu pengukuran dan pemetaan.

EDITORIAL

Bismillahirrahmanirrahiim,

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan anugerah iman dan ilmu kepada hamba-Nya. Tak terasa tim editor Jurnal TekLA telah menuntaskan proses review dan penerbitan Volume 5 Edisi 2 di Bulan Desember 2023 ini. Tim Editor menerima beberapa makalah dari dalam dan luar Polbeng. Namun dari jumlah tersebut, hanya 10 naskah yang diterima pada edisi ini.

Dalam edisi ini, topik naskah yang ditampilkan meliputi beberapa fokus keilmuan Teknik Sipil. Secara kuantitas, minat publikasi di kalangan civitas akademik bidang ilmu Teknik Sipil semakin meningkat. Hal ini dibuktikan dengan jumlah naskah yang diterbitkan pada edisi kali ini sebanyak enam naskah. Meskipun demikian, Tim Editorial Jurnal TekLA bertekad meningkatkan kualitas naskah yang diterima dan menjaga proses review yang independen terhadap naskah-naskah tersebut. Lebih lanjut, tim Editorial juga menerapkan pemeriksaan kemiripan (*similarity*) terhadap seluruh naskah sebelum dilakukan proses review.

Tim Editorial berterimakasih kepada para reviewer eksternal yang berasal dari berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia. Berkat saran koreksi dan review yang dijalankan oleh para reviewer tersebut, maka tim dapat menuntaskan penerbitan edisi ini.

Bengkalis, 30 Desember 2023

Indriyani Puluhulawa, S.T., M. Eng
Editor-in-Chief Jurnal TekLA
email: indriyani_p@polbeng.ac.id

DAFTAR ISI

Desain Perkuatan Geotextile Pada Timbunan Khusus Studi Kasus Jalan Tol Ruas Pekanbaru Padang Seksi Bangkinang Pangkalan STA 1+035 IC Missi Afrilia, Junaidi	52-64
Analisis Biaya Perawatan Dan Perbaikan Jembatan Sei. Jangkang Kec. Bantan Ardhi Pratama Wanda, Gunawan	65-72
Desain Jembatan Sungai Mengkopot Dengan Menggunakan PCI Girder Prategang Junaidi, Juli Ardita Pribadi	73-84
Perancangan Jalan Sultan Syarif Kasim Kelurahan Tanjung Kapal Menuju Desa Darul Aman Pada KM 7-KM 9 Menggunakan Metode PDT-14-2003 Syarifudin, Guswandi, Mutia Lisya	85-97
Perhitungan Struktur Atas Jembatan Kelemantan Dengan Tipe T-Girder Berdasarkan SNI 1725-2016 Satria Jaya Eka Putra, Armada	98-113
Analisis Perbandingan Tingkat Kerusakan Jalan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga Dan <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) Zumalin, Guswandi, Mutia Lisya	114-127
Inventarisasi Kerusakan Jalan SDN 04 Damon Bengkalis Dengan Metode PCI Menggunakan ArcGIS 10.8 Yogi Andri Saputra, Hendra Saputra	128-138
Studi Komparasi Eksperimental Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan ABACUS CAE Sebagai Perbandingan Nilai Beban Dan Lendutan Nofri Bernando, Zev Al Jauhari, Muhammad Gala Garcya	139-149
Perencanaan Geometrik Jalan Berbasis Bim Pada Jalan Pelabuhan Bandar Setia Raja - Berancah Fikri Nugraha Ihsan, Hendra Saputra	150-161

DESAIN PERKUATAN GEOTEXTILE PADA TIMBUNAN KHUSUS STUDI KASUS JALAN TOL RUAS PEKANBARU PADANG SEKSI BANGKINANG PANGKALAN STA 1+035 IC

Missi Afrilia¹, Junaidi²

Program Studi D4 Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam.
Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam.

missiafrilia3ak@gmail.com¹, junaidi@polbeng.ac.id²

Abstrak

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan yang ada pada tanah tersebut dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebihan. Kurangnya daya dukung tanah dasar pada lokasi tersebut menimbulkan dua permasalahan yaitu akibat tinggi timbunan yang mencapai 10 m akan menyebabkan terjadinya kelongsoran dan ambruk nya daya dukung tanah dasar. Makalah ini bertujuan untuk menentukan berapa faktor keamanan yang terjadi secara manual maupun menggunakan aplikasi XSTABLE dan berapa jumlah lapisan *geotextile* yang dibutuhkan. Dari hasil analisa dan perhitungan diperoleh (SF) yang terjadi tanpa adanya perkuatan adalah sebesar 0,701 (tanah tanpa beban), 0,688 (tanah ditambah beban struktur), 0,694 (tanah ditambah beban truck), 0,624 (tanah ditambah beban gempa), dan 0,548 (tanah ditambah semua beban). Tinggi timbunan maksimum yang dapat dilakukan tanpa adanya perkuatan adalah setinggi 2.51 m dengan SF 1,5 dan jumlah lapisan *geotextile* yang dibutuhkan adalah jika spesifikasi *geotextile* yang digunakan jenis woven 100 – 50 dengan Sv 0,2 m di dapat 46 lapisan dengan lapisan 1-34 menggunakan *geotextile* sebanyak 2 lembar. Sedangkan untuk spesifikasi *geotextile* woven 200 – 50 dengan Sv 0,25 di dapat 32 lapisan dengan lapisan 1-5 menggunakan *geotextile* sebanyak 2 lembar dan Sv 0,4m 25 lapisan dengan lapisan 1-17 menggunakan *geotextile* sebanyak 2 lembar.

Kata Kunci: faktor keamanan, perkuatan, *geotextile*, *xstable*

Abstract

The bearing capacity of a soil is the ability of a soil to safely withstand the stresses placed on it without causing shear collapse and excessive settlement. The lack of bearing capacity of the subgrade at the location causes two problems, namely due to the height of the embankment reaching 10 m, it will cause landslides and collapse of the bearing capacity of the subgrade. This paper aims to determine how many safety factors occur manually and using the XSTABLE application and how many layers of geotextile are needed. From the results of analysis and calculation obtained (SF) that occurs without reinforcement is 0.701 (soil without load), 0.688 (soil plus structural load), 0.694 (soil plus truck load), 0.624 (soil plus earthquake load), and 0.548 (soil plus all loads). The maximum embankment height that can be done without reinforcement is 2.51 m high with SF 1.5 and the number of geotextile layers required is if the geotextile specification used is woven type 100 - 50 with Sv 0.2 m, there are 46 layers with layers 1-34 using 2 sheets of geotextile. As for the specification of geotextile woven 200 - 50 with Sv 0.25, there are 32 layers with layers 1-5 using 2 sheets of geotextile and Sv 0.4m 25 layers with layers 1-17 using 2 sheets of geotextile.

Keywords: *safety factor, reinforcement, geotextile, xstable*

1. PENDAHULUAN

Tanah adalah bagian yang sangat penting dalam sebuah konstruksi, hampir semua pekerjaan teknik sipil tidak dapat dipisahkan dari peranan tanah. Subgrade atau yang biasa disebut sebagai tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Tanah mempunyai daya dukung tersendiri. Daya dukung tanah tersebut adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan atau beban bangunan yang ada pada tanah tersebut dengan

aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebihan.

Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang Seksi Bangkinang Pangkalan terdapat beberapa STA yang membutuhkan tinggi tanah timbunan mencapai kurang lebih 10 m. Karena di lokasi tersebut berada pada daerah dengan selisih elevasi yang besar sehingga memerlukan timbunan yang tinggi dan timbunan ini disebut sebagai timbunan khusus. Karena kondisi daya dukung tanah yang memerlukan timbunan yang tinggi, maka harus dilakukan perkuatan (stabilisasi) guna meningkatkan daya dukung dan kekuatan

dari tanah tersebut sehingga meminimalisir terjadinya kelongsoran pada tanah timbunan.

Kurangnya daya dukung tanah dasar pada lokasi tersebut menimbulkan dua permasalahan yang pertama akibat tinggi timbunan yang mencapai 10 m itu akan menyebabkan terjadinya kelongsoran dan ambruk nya daya dukung tanah dasar. Pada lokasi studi kasus tepatnya di STA 1+035 IC ini perkuatan yang digunakan adalah menggunakan perkuatan geotextile woven dan penggantian tanah dasar untuk meminimalisir terjadinya kelongsoran.

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan perkuatan tanah timbunan dengan menggunakan *geotextile* diantaranya penanganan suatu longsor disalah satu STA pada ruas Tol Cikopo- Pilmanan yaitu pada KM 122+600 Jalur B (Arah Jakarta) didapat hasil penelitian menyatakan bahwa dari analisis secara manual tanpa pengaruh gempa didapat angka keamanan sebesar 1,6 dan dengan menggunakan program didapat 1,5. Untuk analisis dengan adanya pengaruh gempa (kh) sebesar 0,2 didapat angka keamanan 1,05 menggunakan analisis secara manual dan 0,9 menggunakan program *geoslope* [1].

Proyek Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung dengan analisis ini dibantu oleh program *finite element* untuk metode tanah timbunan tanpa perkuatan faktor keamanannya sebesar 1,241 belum memenuhi SF yaitu sebesar 1,35, hasil timbunan dengan *geotextile* adalah sebesar 1,284 masih belum memenuhi dan untuk metode pergantian tanah dasar hasilnya adalah sebesar 1,416 [2].

Referensi [1], [2] memberikan masukan bagi peneliti dalam melakukan penelitian menggunakan perkuatan geotextile saja guna untuk mengatasi atau meminimalisir terjadinya kelongsoran. Geotextile yang digunakan adalah geotextile woven yang mana jenis geotextile ini mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi dibanding geotextile non woven yang membuatnya mampu mengatasi perbaikan tanah.



Gambar 1 Perkuatan *Geotextile*

2. METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Proyek Peaksanaan Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru – Padang Seksi Bangkinang - Pangkalan STA 1+035 IC di Kecamatan Bangkinang, Kelurahan Pasir Sialang Kabupaten Kampar – Riau.



Gambar 2 Peta Lokasi Penelitian

B. Alat

adapun peralatan yang digunakan untuk mempermudah proses analisa dan perhitungan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi laptop, kalkulator dan ATK sedangkan perangkat lunak meliputi aplikasi XSTABLE DOSBox 0.74 dan *microsoft office*.

C. Tahapan Penelitian

Tahapan ini merupakan tahap awal yang dilakukan untuk mendapatkan informasi dan data-data dari lapangan, ada beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Teknik pengambilan sampel atau data
Data yang digunakan merupakan data sekunder yaitu dengan cara meminta data dari lokasi proyek seperti data

pengujian di laboratorium, geometrik jalan atau topografi rencana jalan dan data geotextile yang digunakan pada STA 1+035 IC.

2. Metode analisis data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode bishop dimana perhitungan faktor keamanan lereng dilakukan dengan metode irisan dengan bidang longsoran berbentuk silinder lingkaran.

3. Analisis data

Melakukan analisis dan validasi data-data yang di dapat dari lapangan berupa data laboratorium seperti data Sondir, LL, PL, Berat isi (γ) timbunan dan detail gambar dari timbunan tersebut. Data nya adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Data Sondir

Pen. Depth (m)	Pressuremeter		Cone Resistance (kg/cm ²)	Local Side Friction (kg/cm ²)	Side Friction (kg/cm)	Total Side Friction (kg/cm)	Friction Ratio (%)
	Read 1 (kg/cm ²)	Read 2 (kg/cm ²)					
0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0,0
0,2	2	4	2,0	0,2	4	4	10,0
0,4	2	4	2,0	0,2	4	8	10,0
0,6	2	6	2,0	0,4	8	16	20,0
0,8	4	8	4,0	0,4	8	24	10,0
1,0	6	10	6,0	0,4	8	32	6,7
1,2	8	12	8,0	0,4	8	40	5,0
1,4	8	12	8,0	0,4	8	48	5,0
1,6	8	10	8,0	0,2	4	52	2,5
1,8	8	12	8,0	0,4	8	60	5,0
2,0	7	10	7,0	0,3	6	66	4,3
2,2	10	16	10,0	0,6	12	78	6,0
2,4	20	50	20,0	3,0	60	138	15,0
2,6	40	50	40,00	1,0	20	158	2,5
2,8	50	60	50,00	1,0	20	178	2,0
3,0	34	50	34,00	1,6	32	210	4,7
3,2	40	50	40,00	1,0	20	230	2,5
3,4	48	58	48,00	1,0	20	250	2,1
3,6	30	42	30,00	1,2	24	274	4,0
3,8	20	26	20,00	0,6	12	286	3,0
4,0	40	52	40,00	1,2	24	310	3,0
4,2	60	70	60,00	1,0	20	330	1,7
4,4	80	100	80,00	2,0	40	370	2,5
4,6	130	140	130,00	1,0	20	390	0,8
4,8	150	180	150,00	3,0	60	450	2,0
5,0	150	186	150,00	3,6	72	522	2,4
5,2	160	186	160,00	2,6	52	574	1,6
5,4	170	192	170,00	2,2	44	618	1,3
5,6	200	220	200,00	2,0	40	658	1,0

5,8	210	224	210,00	1,4	28	686	0,7
6,0	212	226	212,00	1,4	28	714	0,7

Tabel 2 Data Tanah Dasar

Lokasi Tanah	PI	LL	Komposisi Tanah (%)				Gs
			Batu	Pasir	Lanau	Lempu-ng	
STA 0+900 ICH / 10 m	13,42	65,92	-	0,06	93,99	5,95	2,69

Tabel 3 Data Tanah Timbunan

Lokasi Tanah	PI	LL	Komposisi Tanah (%)				γ (gr/cm ³)
			Batu	Pasir	Lanau	Lempung	
STA 1+200 ICH / 0,5 – 0,4m	10,47	49,32	-	32,6	18,01	49,39	1.51

4. Aplikasi XSTABLE



Gambar 3 Menu XSTABLE

a. *Prepare Slope Data*

Menu ini merupakan menu untuk memasukkan data-data berupa data geometri lereng rencana, parameter tanah, letak muka air tanah dan metode analisis yang sesuai.

b. *Load Data From Disk*

Menu yang digunakan untuk memuat data yang sudah tersimpan sebelumnya didalam *disk*.

c. *Clear Existing Data*

Menu yang digunakan untuk menghapus data yang sedang dimuat.

d. *DOS File Operation*

Menu yang digunakan untuk mengatur file DOS yang sudah tersimpan didalam *disk*.

e. *Stability Analysis*

Menu yang digunakan untuk menganalisis data yang sudah di input sehingga diperoleh keluaran (*output*) berupa angka keamanan serta bidang terkritis dari objek yang dianalisis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Parameter Tanah Timbunan dan Tanah Dasar

Tabel 4 Rekapitulasi Jenis Tanah Dasar

Range Elevasi (m)	q_c (kg/cm ²) rata-rata	FR (%) rata-rata	Jenis Tanah	N SPT	γ_{sat} (kN/m ³)	C (kPa) (Bageman, 1965)	C (kPa) Mochtar (2006) revised (2012)	ϕ
0,0-0,6	2	13,33	Organik	0,5	5,88	11,77	2,5	
0,6-2,2	7,38	5,56	Lempung	1,845	18,535	36,19	9,2	
2,2-4,2	38,2	4,05	Lanau berlempung	9,55	19,664	187,4	47,8	
4,2-6,0	162,44	1,44	Pasir	> 40	19,65			38

Tabel 5 Parameter Tanah Timbunan

Kondisi	γ	Φ (°)	C (Kpa)
Basah	14.8	19	14,7

B. Nilai Faktor Keamanan (SF) Secara Manual

Rumus mencari nilai faktor keamanan (SF) secara manual menggunakan rumus metode bishop yang mana bidang longsor dibagi menjadi beberapa irisan.

terjadi adalah sebesar 0,701 (kondisi tanah timbunan). Dengan perhitungan sebagai berikut:

Dari hasil perhitungan secara manual diperoleh bahwa faktor keamanan (SF) yang

Tabel 6 Perhitungan SF Secara Manual

Se g m en (i)	bi (m)	Hi (m)	A1- timb (m2)	A2- subg. 1 (m2)	A2- subg. 2 (m2)	α (°)	Lc'0	Lc'1	Lc'2	hw-i (m)	sec $\alpha/(1+$ (tan θ tan $\alpha)/F$)	C _{lm.20} x C _{lm.23}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	2,74	2,225	5,519	0	0	55,365	4,872	0	0	0	1,028	7,149
B	3	5,671	16,623	0	0	45,048	4,262	0	0	0	0,949	12,439
C	3	8,234	24,444	0	0	35,973	3,712	0	0	0	0,911	15,648
D	3	9,352	27,253	0,703	0	27,848	1,513	1,884	0	1,102	1,014	8,390
E	3	9,192	23,25	4,17	0,033	20,294	0	2,717	0,484	2,442	1,066	1,133
F	3	8,592	18,75	5,4	1,478	13,094	0	0	3,08	3,342	1,027	2,895
G	3	7,599	14,25	5,4	3,009	6,099	0	0	3,017	3,849	1,006	2,836
H	3	6,214	9,75	5,4	3,427	-0,805	0	0	3	3,964	1,000	2,820
I	3	4,514	5,25	5,4	2,753	-7,719	0	0	3,028	3,764	1,009	2,846
J	3	2,418	1	5,391	0,986	-14,751	0	0,25	2,853	3,168	1,034	2,744
K	3	1,171	0	3,437	0	-22,018	0	4,347	0	2,171	1,079	0,809
											total	59,710
											F=	0,705

C. Nilai Faktor Keamanan (SF) Menggunakan Program XSTABLE

Faktor keamanan atau *Safety Factor* (SF) adalah suatu hal yang sangat penting dalam analisis dan perencanaan struktur secara keseluruhan. SF untuk geoteknik adalah sebesar 1,5 (SNI Geoteknik 2017).

tidak terjadi kelongsoran pada bagian tubuh timbunan itu sendiri.

Dari hasil analisa program XSTABLE diperoleh nilai faktor keamanan tanah tanpa ditambah dengan beban pada kondisi *internal stability* adalah sebagai berikut:

1. Kondisi *Internal Stability*

Internal stability adalah perhitungan kestabilan timbunan/embankment agar

Tabel 7 Nilai FOS Pada Kondisi *Internal Stability*

H Timbunan	FOS
1	> 12
2	12,026
3	7,163

4	5,154
5	4,039
6	3,367
7	2,92
8	2,6
9	2,344
10	2,145

Dari hasil FOS tersebut dapat disimpulkan bahwa pada kondisi *internal stability*, tanah timbunan aman sampai ketinggian 10 m.

2. Kondisi *Overall Stability*

Overall stability adalah kestabilan timbunan bila ditinjau terhadap keruntuhan bidang gelincirnya.

Dari hasil analisa program XSTABLE diperoleh nilai faktor keamanan tanah tanpa ditambah dengan beban pada kondisi *overal stability* adalah sebagai berikut:

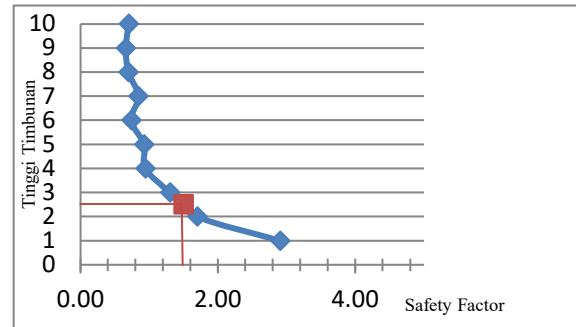
Tabel 8 Nilai FOS Pada Kondisi *Overal Satbility*

H Timbunan	FOS
1	2,907
2	1,701
3	1,303
4	0,943
5	0,927
6	0,737
7	0,842
8	0,697
9	0,66
10	0,701

Dari hasil FOS tersebut dapat disimpulkan bahwa pada kondisi *Overal Stability* dengan tinggi timbunan 10 m faktor keamanannya < 1,5 yang artinya tanah timbunan tersebut tidak aman. Oleh karena itu diperlukan perkuatan agar nilai faktor keamanannya sama atau lebih dari 1,5.

D. Menentukan Tinggi Timbunan Maksimum

Dari Kondisi *Overal Stability*, Tinggi timbunan maksimum yang dapat didukung oleh tanah adalah 2,51 m dengan SF 1,5



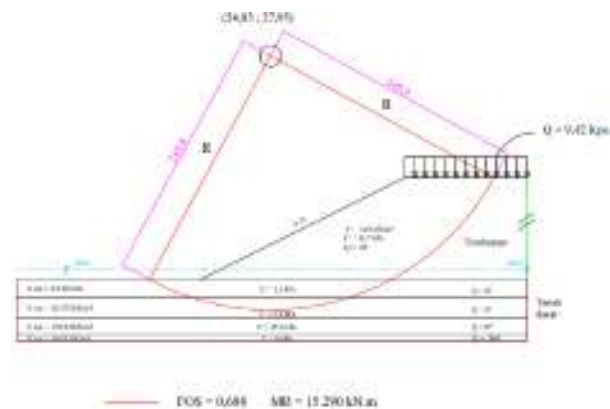
Gambar 4 Tinggi Timbunan Maksimum

E. Faktor Keamanan (SF) Tanah + Beban Struktur

Perhitungan beban struktur adalah sebagai berikut:

Tabel 9 Beban Merata Dari Struktur

Keterangan	Nilai
Berat Isi Beton	2,4 t/m ³
Lebar	11,2 m
Panjang	1 m
Tebal	0,4 m
Volume	4,49 m ³
Luasan	11,2 m ²
Berat Beton (v x berat isi)	10,76 t
Beban Merata (berat beton x luas)	9,42 kPa



Gambar 5 Bidang Longsor Tanah + Struktur

F. Faktor Keamanan (SF) Tanah + Beban Truck

Beban truck yang dipakai adalah beban yang paling besar yaitu truck trailer (Manual Perkerasan Jalan dengan Benkelmen beam No

01/MN/83). Data-data yang digunakan adalah sebagai berikut:

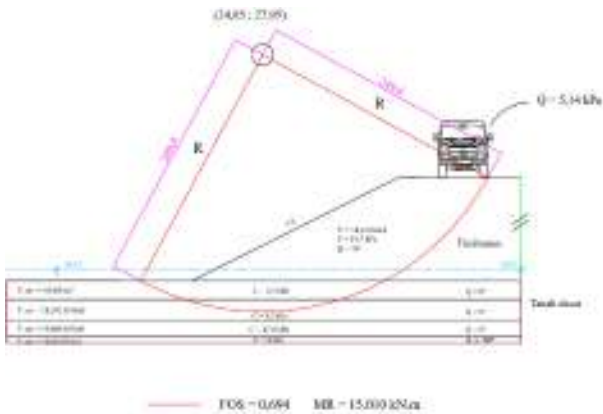
Tabel 10 Beban Merata Dari Truck

Keterangan	Nilai
Berat Kosong	10 t
Berat Muatan Max	42 t
Berat Total Maksimum	42 t
Pembagian Beban	
Depan (18%)	7,56 t
Tengah (28%)	11,76 t
Belakang 1 (27%)	11,34 t
Belakang 2 (27%)	11,34 t
Belakang Total (54%)	22,68 t
Berat Truck yang Digunakan	5,88 t (11,76 / 2)
Beban Merata Truck	5,14 kPa

(PGA) berada pada rentang 0,097 – 0,78g. Nilai kh (koefisien horizontal) nya adalah 0,039. [15]



Gambar 7 Bidang Longsor Tanah + Gempa



Gambar 6 Bidang Longsor Tanah + Truck

H. Faktor Keamanan (SF) Tanah + Semua Beban

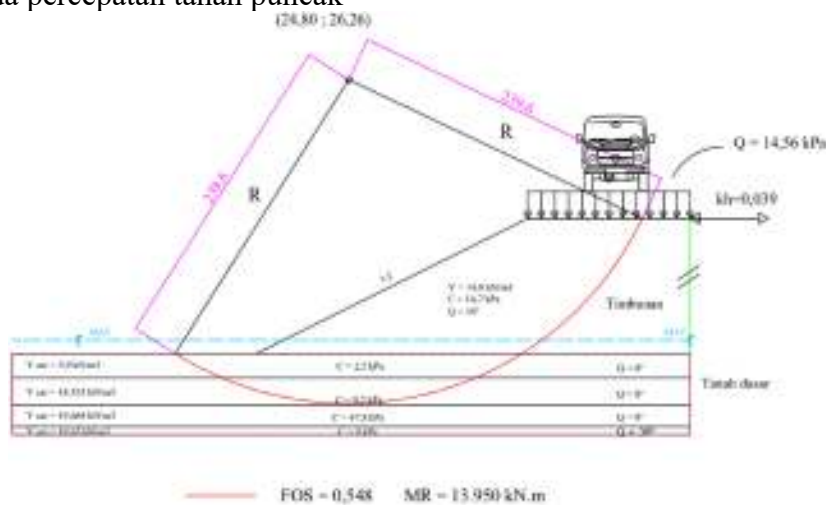
Hasil output dari program XSTABLE untuk tanah ditambah semua beban adalah sebagai berikut:

Tabel 11 Faktor Kemanan Tanah + Beban

H Timbunan (m)	FOS	Keterangan
10	0,701	Tanah
10	0,688	Tanah + Beban Struktur
10	0,694	Tanah + Beban Truck
10	0,624	Tanah + Beban Gempa
10	0,548	Tanah + Semua Beban

G. Faktor Keamanan (SF) Tanah + Beban Gempa

Nilai percepatan tanah permukaan di Provinsi Riau pada percepatan tanah puncak



Gambar 8 Bidang Longsor Semua Beban

I. Perhitungan Perkuatan Geotextile

Geotekstil dapat digunakan sebagai perkuatan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar di bawah timbunan. Ada 2 jenis geotextile yang digunakan adalah geotextile tipe woven Mirafi PET 100 – 50 dan 200 – 50. Tahapan perhitungan penggunaan geotekstil [10] adalah sebagai berikut:

- 1) Mencari nilai momen dorong (M_D)

$$M_{dorong} = \frac{M_{resisten}}{SF} \quad (1)$$

- 2) Mencari nilai Mresisten rencana dengan angka keamanan rencana ($SF = 1,5$)

$$M_R_{renc} = M_{dorong} \times SF_{rencana} \quad (2)$$

- 3) Mencari nilai tambahan Momen penahan (ΔM_R) dari FS rencana

$$\Delta M_R = M_R_{renc} - M_R_{yang\ terjadi} \quad (3)$$

- 4) Mencari Kekuatan dari bahan geotekstil

$$T_{all} = T_{ult} \times \left(\frac{1}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \right) \quad (4)$$

Dimana :

T_{allow} = Kekuatan geotekstil yang tersedia

T_{ult} = Kekuatan ultimate geotekstil

FS_{id} = Faktor keamanan akibat kerusakan pada saat pemasangan

FS_{cr} = Faktor keamanan akibat rangkai

FS_{cd} = Faktor keamanan akibat pengaruh bahan-bahan kimia

FS_{bd} = faktor keamanan akibat pengaruh aktifitas biologi dalam tanah

- 5) Menentukan jumlah geotekstil yang dibutuhkan

$$\Delta M_R < T_{allow} \times \sum R_i \quad (5)$$

Dimana :

$\sum R_i$ = Penjumlahan jarak pasang masing-masing geotekstil terhadap titik-titik pusat jari-jari kelongsoran, hingga nilainya lebih besar dari nilai Momen resisten yang dibutuhkan (ΔM_R)

- 6) Menghitung panjang geotekstil di belakang bidang longsor

$$L_e = \frac{T_{all} \times SF_{ijin}}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \quad (6)$$

$$\tau_i = C_{ui} + \sigma_v \tan \theta \quad (7)$$

Dimana :

T_{all} = Kekuatan tarik yang diijinkan (tereduksi oleh faktor-faktor)

SF_{ijin} = Faktor keamanan (rencana), (SNI 8460 tahun 2017)

E = Efisiensi (diambil $E = 0,8$)

τ_{atas} = Tegangan geser antara geotekstil dengan tanah di atas geotekstil

τ_{bawah} = Tegangan geser antara geotekstil dengan tanah di bawah geotextile

C = Kohesi tanah (kN/m^2)

θ = Sudut tahanan geser tanah

Data-data perhitungan geotextile yang digunakan:

Tabel 12 Data-data Perhitungan Geotextile

Data – data Desain Xstable	
FOS	0,548
T.Pusat Bidang Longsor	X = 24,80 ; Y = 26,26
Elevasi Tanah Dasar	6 m
MR	13.950 kN.m
Data – data Spesifikasi Geotextile	
Jenis geotextile	Woven 100 – 50 dan 200 – 50
T ultimate	104 kN/m dan 217 kN/m
FSid	1,55 (diambil nilai rata-rata)
FScr	2,5 (diambil nilai rata-rata)
FScd	1,25 (diambil nilai rata-rata)
FSbd	1,15 (diambil nilai rata-rata)
Data – data Tanah Timbunan	
H Timbunan	10 m
H MAT	1 m
γ Timbunan	14,8 kN/m ³
c	14,7 kN/m ²
ϕ	19°
Data – data Tanah Dasar	
γ Sat	5,9 kN/m ³
c	2,5 kN/m ²
ϕ	0°

Dari data-data geotextile tersebut dilakukan perhitungan jumlah lapisan geotextile yang dibutuhkan sampai dalam kondisi aman ($SF > 1,5$). Langkah-langkah perhitungan geotextile adalah sebagai berikut (100 - 50):

- a. Mencari nilai momen dorong (MD)

$$M_{dorong} = \frac{M_{resisten}}{SF}$$

$$= 13.950 \text{ kN.m} / 0,548$$

$$= 25.456 \text{ kN.m}$$

- b. Mencari nilai Mresisten rencana dengan angka keamanan rencana (SF = 1,5)

$$M_R \text{ renc} = M_{dorong} \times SF \text{ rencana}$$

$$= 25.456 \text{ kN.m} \times 1,5$$

$$= 38.184 \text{ kN.m}$$

- c. Mencari nilai tambahan Momen penahan (ΔM_R) dari FS rencana

$$\Delta M_R = M_R \text{ renc} - M_R \text{ yang terjadi}$$

$$= 38.184 \text{ kN.m} - 13.950 \text{ kN.m}$$

$$= 24.234 \text{ kN.m}$$

- d. Mencari Kekuatan dari bahan geotekstil

$$T_{all} = T_{ult} \times \left(\frac{1}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \right)$$

$$= 104 \text{ kN/m} \times \left(\frac{1}{(1,55 \times 2,5 \times 1,25 \times 1,15)} \right)$$

$$= 18,671 \text{ kN/m} \text{ (1 lembar)}$$

$$= 37,343 \text{ kN/m} \text{ (2 lembar)}$$

lapisan ke-1

- e. Mencari Nilai Ti

$$Ti = \text{Elevasi Y T.P lingkaran} - \text{Elevasi Y tanah dasar}$$

$$= 26,26 \text{ m} - 6 \text{ m}$$

$$= 20,26 \text{ m}$$

- f. Mencari Nilai τ_1 dan τ_2 pada lapisan ke-1

$$\tau_1 = C \text{ timbunan} + \sigma_1 \times \tan \delta_{\text{timb}}$$

$$= 14,7 \text{ kN/m}^2 + ((14,8 \text{ kN/m}^3 \times 9 \text{ m}) + ((14,8 - 9,81) \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m})) \times 2/3 \times 19^\circ$$

$$= 45,793 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_2 = C_u + \sigma_2 \times \tan \delta_{\text{subg}}$$

$$= 2,5 \text{ kN/m}^2 + ((14,8 \text{ kN/m}^3 \times 9 \text{ m}) + (4,99 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m})) \times 2/3 \times 0^\circ$$

$$= 2,5 \text{ kN/m}^2$$

- g. Menghitung Nilai Le

$$Le = (SF \text{ Iizin} \times T \text{ Allow}) / ((\tau_1 + \tau_2) \times E)$$

$$= (1,5 \times 37,343 \text{ kN/m}) / ((45,793 \text{ kN/m}^2 + 2,5 \text{ kN/m}^2) \times 0,8)$$

$$= 1,45 \text{ m}$$

- h. Menghitung Momen *Geotextile*

$$M_{\text{geotex}} = Ti \times T \text{ Allow}$$

$$= 20,26 \text{ m} \times 37,343 \text{ kN/m}$$

$$= 756,57 \text{ kN.m}$$

- i. Menghitung M_{geotex} Komulatif

$$M_{\text{geotex}} \text{ Komulatif} = 756,57 \text{ kN.m} < \Delta M_R$$

(Tidak Aman)

lapisan ke-46

- a. Mencari Nilai Ti

$$Ti = \text{Elevasi Y T.P lingkaran} - \text{Jarak antar geotextile}$$

$$= 11,46 \text{ m} \text{ (Ti lapis ke-45)} - 0,2 \text{ m}$$

$$= 11,26 \text{ m}$$

- b. Mencari Nilai $\tau_1 = \tau_2$

$$\tau_1 \ \& \ \tau_2 = C \text{ timbunan} + \sigma_1 \times \tan \delta_{\text{timb}}$$

$$= 14,7 \text{ kN/m}^2 + ((14,8 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m}) + ((14,8 - 9,81) \text{ kN/m}^3 \times 0)) \times 2/3 \times 19^\circ$$

$$= 18,030 \text{ kN/m}^2$$

- c. Menghitung Nilai Le

$$Le = (SF \text{ Iizin} \times T \text{ Allow}) / ((\tau_1 + \tau_2) \times E)$$

$$= (1,5 \times 18,671 \text{ kN/m}) / ((18,030 \text{ kN/m}^2 + 18,030 \text{ kN/m}^2) \times 0,8)$$

$$= 0,97 \text{ m}$$

- d. Menghitung Momen *Geotextile*

$$M_{\text{geotex}} = Ti \times T \text{ Allow}$$

$$= 11,26 \text{ m} \times 18,671 \text{ kN/m}$$

$$= 210,24 \text{ kN.m}$$

- e. Menghitung M_{geotex} Komulatif

$$M_{\text{geotex}} \text{ Komulatif} = 24.302,76 \text{ kN.m} > \Delta M_R$$

(Aman)

Langkah yang sama untuk perhitungan *geotextile* tipe 200 – 50. Setelah didapat berapa jumlah lapisan *geotextile* langkah selanjutnya adalah menghitung kebutuhan *geotextile* total masing-masing sv untuk 1 m.

Dari perhitungan lapisan geotekstil diperoleh jika hanya memakai 1 lembar per lapisannya maka hasilnya tidak aman, jadi alternatif yang digunakan adalah terdapat beberapa lapisan yang pemasangan *geotextile* nya 2 lembar dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengetahui panjang *geotextile* (Autocad) per lapisan dan juga nilai Le (Perhitungan)
 2. Menghitung panjang *geotextile* dalam 1 sisi bidang runtuh (m)
 3. Panjang *geotextile* + panjang Le dikali banyak lembar per lapis
- Lapisan ke-1

- a. Panjang *Geotextile* adalah 19,59 m
- b. Panjang *Le* adalah 1,45 m
- c. Panjang *geotextile* dalam 1 sisi bidang runtuh = $(19,59 \text{ m} + 1,45 \text{ m}) \times 2$
= 42,080 m
- d. Panjang *geotextile* dalam 2 sisi
= 42,080 m x 2
= 84,160 m
- e. Dihitung sebanyak jumlah lapisan yang aman

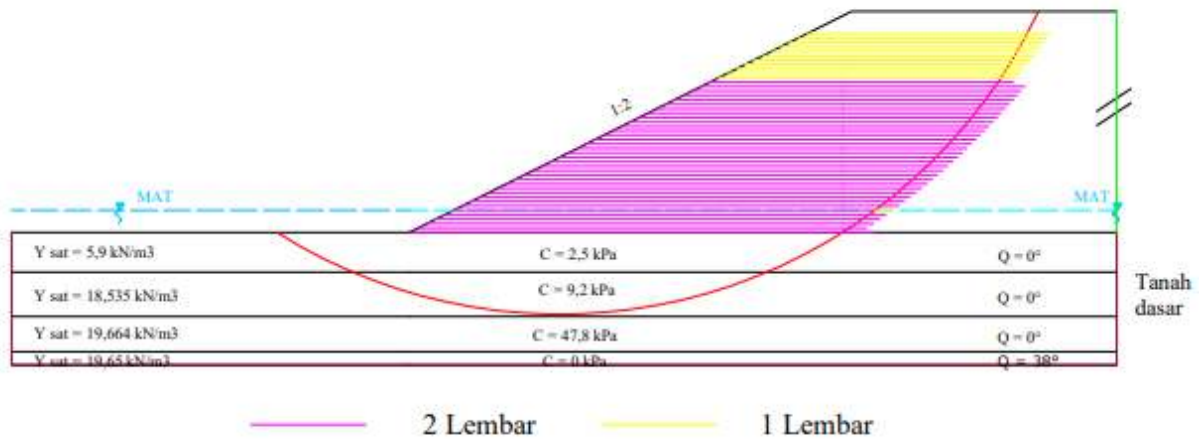
Rekapan perhitungan jumlah lapisan dan kebutuhan *geotextile* adalah sebagai berikut:

Tabel 13 Lapisan *geotextile* woven 100 - 50

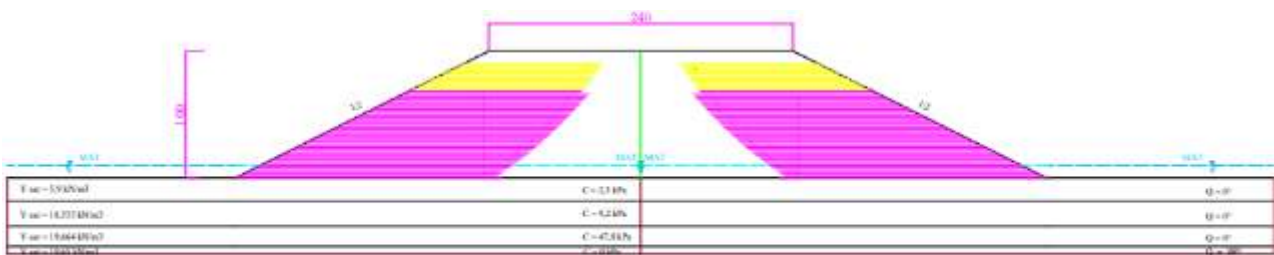
Sv (m)	SF	Jumlah Lapisan	Lapisan dengan Pemasangan 2 Lembar	Panjang Geotextile Total (m ²)
0,2	1,50	46	1 - 34	2718

Tabel 14 Lapisan *geotextile* woven 200 - 50

Sv (m)	SF	Jumlah Lapisan	Lapisan dengan Pemasangan 2 Lembar	Panjang Geotextile Total (m ²)
0,25	1,50	32	1 - 5	1332
0,4	1,52	25	1 - 17	1504

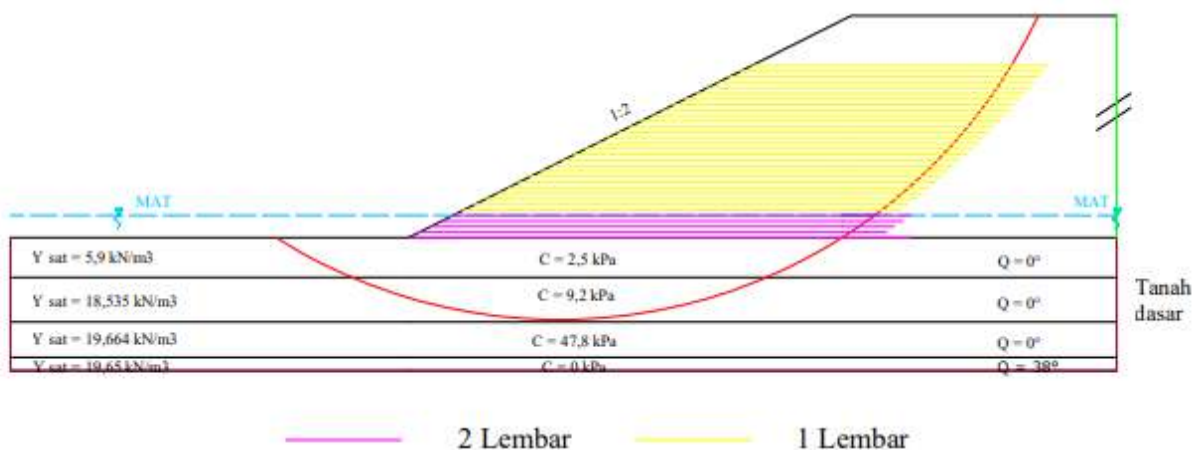


Gambar 9 Pemasangan *Geotextile* 100-50 Sv 0,2m (1/2 Bentang)

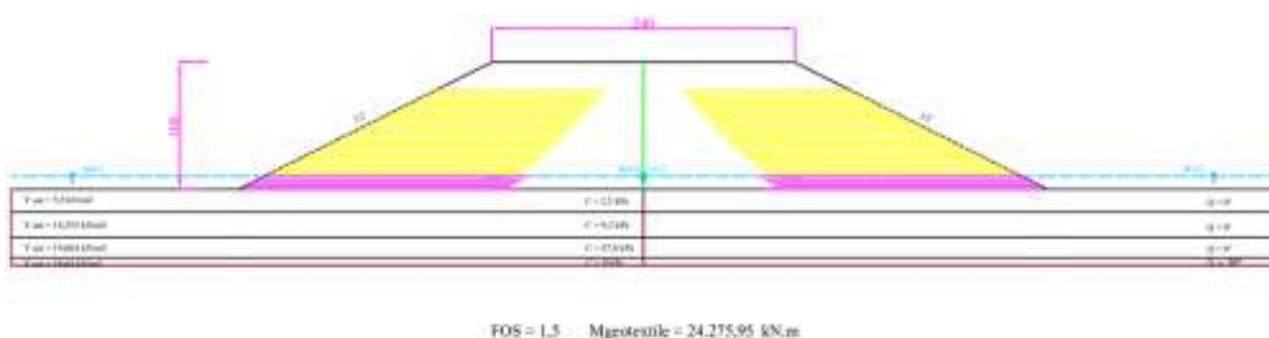


FOS = 1,5 Mgeotextile = 24.302,76 kN.m

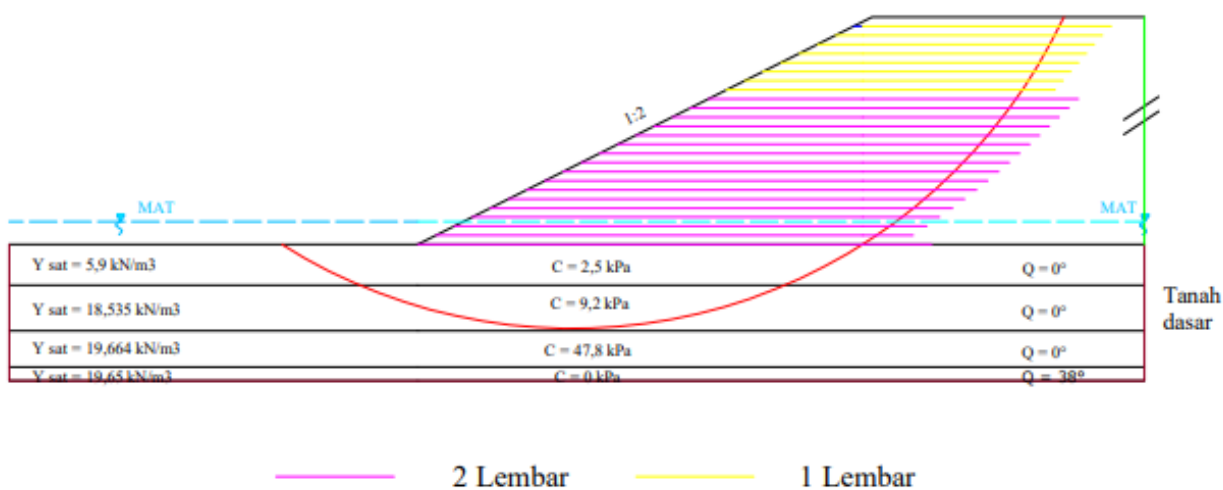
Gambar 10 Pemasangan *Geotextile* 100-50 Sv 0,2m (1 Bentang)



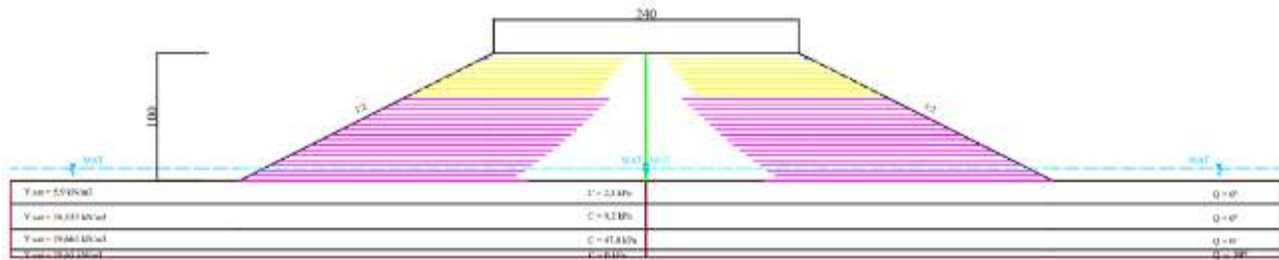
Gambar 11 Pemasangan Geotextile 200-50 Sv 0,25m (1/2 Bentang)



Gambar 12 Pemasangan Geotextile 200-50 Sv 0,25m (1 Bentang)



Gambar 13 Pemasangan Geotextile 200-50 Sv 0,4m (1/2 Bentang)



FOS = 1,52 Mgeotextile = 24.657,75 kN.m

Gambar 14 Pemasangan Geotextile 200-50 Sv 0,4m (1 Bentang)

Setelah perhitungan berapa jumlah lapis geotextile yang dibutuhkan, selanjutnya adalah Menghitung berapa kebutuhan geotextile total masing-masing Sv untuk 1 m dengan langkah-langkah sebagai berikut:

4. Mengetahui panjang geotextile (Autocad) perlapisan dan juga nilai Le (Perhitungan)
5. Menghitung panjang geotextile dalam 1 sisi bidang runtuh (m)
6. Panjang geotextile + panjang Le dikali banyak lembar perlapis

Lapisan ke-1

- f. Panjang Geotextile adalah 19,59 m
- g. Panjang Le adalah 1,45 m
- h. Panjang geotextile dalam 1 sisi bidang runtuh = $(19,59 \text{ m} + 1,45 \text{ m}) \times 2 = 42,080 \text{ m}$
- i. Panjang geotextile dalam 2 sisi = $42,080 \text{ m} \times 2 = 84,160 \text{ m}$
- j. Dihitung sebanyak jumlah lapisan yang aman

Dari hasil perhitungan diperoleh panjang geotextile total untuk 1 m berdasarkan jenis geotextile yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 15 Panjang geotextile woven 100 - 50

N o	Sv (m)	SF	Jumlah Lapisa n	Lapisan dengan Pemasangan 2 Lembar	Panjang Geotextile Total (m)
1	0,2	1,5	46	1 - 34	2718

Tabel 16 Panjang geotextile woven 200 - 50

N o	Sv (m)	SF	Jumlah Lapisa n	Lapisan dengan Pemasangan	Panjang Geotextile e
-----	--------	----	-----------------	---------------------------	----------------------

				n 2 Lembar	Total (m)
1	0,2	1,5	32	1 - 5	1332
2	0,4	1,5	25	1 - 17	1504

4. KESIMPULAN

Dari analisa dan perhitungan desain perkuatan geotextile pada tanah timbunan khusus studi kasus Jalan Tol Ruas Pekanbaru Padang Seksi Bangkinang Pangkalan didapat:

1. Dari hasil analisa program Xstable diperoleh faktor keamanan (SF) yang terjadi pada tanah setinggi 10 m tersebut tanpa adanya perkuatan adalah sebesar 0,701 (tanah tanpa beban), 0,688 (tanah ditambah beban struktur), 0,694 (tanah ditambah beban truck), 0,624 (tanah ditambah beban gempa), dan 0,548 (tanah ditambah semua beban).
2. Dari hasil analisa program Xstable diperoleh tinggi timbunan maksimum yang dapat dilakukan tanpa adanya perkuatan adalah setinggi 2,51 m dengan SF 1,5.
3. Dari hasil perhitungan geotextile diperoleh jumlah lapisan geotextile yang dibutuhkan adalah jika spesifikasi geotextile yang digunakan jenis woven 100 – 50 dengan Sv 0,2 m di dapat 46 lapisan dengan lapisan 1-34 menggunakan geotextile sebanyak 2 lembar. Sedangkan untuk spesifikasi geotextile woven 200 – 50 dengan Sv 0,25 di dapat 32 lapisan dengan lapisan 1-5 menggunakan geotextile sebanyak 2 lembar dan Sv 0,4m 25 lapisan dengan lapisan 1-17 menggunakan geotextile sebanyak 2 lembar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini. Semoga jurnal ini bermanfaat bagi akademisi dan praktisi dan juga diucapkan terima kasih kepada Tim Jurnal Teknik Sipil dan Aplikasi (TekLA) yang telah meluangkan waktu untuk mengoreksi dan menerbitkan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramadan, A. F., & Maha Agung, P. A. (2022). *Evaluasi Kelongsoran Dan Alternatif Perkuatan Menggunakan Geotekstil Dengan Program Geoslope (Studi Kasus: Kelongsoran Tol Cipali Km 122 Jalur B)*. *Construction and Material Journal*, 4(1), 59–69. <https://doi.org/10.32722/cmj.v4i1.4502>
- [2] Taufik Muchlisin, & Roestaman. (2019). *Analisis Stabilitas Timbunan dengan Geotextile Woven*. *Jurnal Konstruksi*, 17(1), 9–17. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.17-1.590>
- [3] Das.B.M. (1994). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, Jakarta.
- [4] Dokuchaev. (1870). *Mekanika Tanah*.
- [5] Hardiyatmo, H. C. (1992). *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [6] Ingels, O.G and Metcalf, J. . (1977). No Title. *Soil Stabilization Principle and Praticice, Butterworths, Sidney*.
- [7] Walker, K. dan. (1971). *Highway Material*.
- [8] Bowles. (1989). *Sifat-sifat fisik dan Geoteknis Tanah*.
- [9] Rahman, AK (2015), *Perencanaan Perbaikan Tanah Metode Preloading Sistim Surchage Dan Pondasi Gendalo-Gehem Onshore Receiving Facility Di Tanjung Santan, Kalimantan Timur*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [10] Soewarno, (1995), *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data jilid I)* Bandung; Nova
- [11] Koerner, Robert M., Ph.D., P.E. , (1999), *Designing with Geosynthetics*, Fourth Edition, New Jersey.
- [12] Deny, 2015, *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau*, Tugas Akhir, Universitas Islam Riau.
- [13] Mochtar (2006). revised 2012. *Konsistensi Tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung)* .
- [14] Saputra, E., Makrup, L., Nugraheni, F., & ., W. (2020). *Analisis Percepatan Tanah Permukaan Di Wilayah Riau Dengan Metode PSHA*. *Teknisia*, 25(1), 42–49. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol25.i1.s1.art5>
- [15] Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 8460-2017 *Persyaratan Perencanaan Geoteknik*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- [16] Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *“Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017”*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian PUPR. ISBN 978-602-5489-01-3
- [17] Soil Mechanics, Lambe & Whitman, *from Terzaghi and Peck 1948, (International Edition 1969)*
- [18] Mochtar, Indrasurya B. 2011. *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan untuk Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi di Atas Tanah-Tanah Bermasalah Jilid 2*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
- [19] Mochtar, Noor Endah. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Surabaya: ITS Press.
- [20] Mochtar, Indrasurya B. 2011. *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan untuk Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi di Atas Tanah-Tanah Bermasalah Jilid 2*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS