

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN TANAH
MENGUNAKAN PERKUATAN GEOTEKSTIL DENGAN
SOFTWARE GEOSTUDIO**

***(ANALYSIS OF SLOPE STABILITY USING GEOTEXTILE
REINFORCEMENT WITH GEOSTUDIO)***

(STUDI KASUS : JALAN TOL PEMALANG - BATANG STA 1+600)



Farrel Muhammad Nadhif

18511005

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2023

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN TANAH MENGUNAKAN PERKUATAN GEOTEKSTIL DENGAN SOFTWARE GEOSTUDIO (ANALYSIS OF SLOPE STABILITY USING GEOTEXTILE REINFORCEMENT WITH GEOSTUDIO)

(STUDI KASUS : JALAN TOL PEMALANG - BATANG STA 1+600)

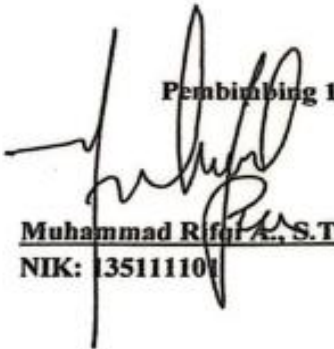
Disusun Oleh:

FARREL MUHAMMAD NADHIF
18511005

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil
Diuji pada tanggal 19 Desember 2023

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing 1



Muhammad Rifal A., S.T., M.Eng.
NIK: 135111101

Penguji 1



Dr. Ir. Lalu Makrup, M.T.
NIK: 885110106

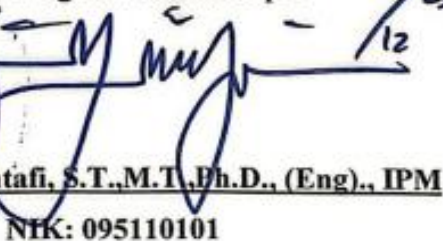
Penguji 2



Anisa Nur A., S.T., M.Eng.
NIK: 21511305

Mengesahkan,

Ketua Program Teknik Sipil



21/12/23

Ir. Yuniati Montafi, S.T., M.T., Ph.D., (Eng.), IPM
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Proposal Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di *Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia* merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Laporan Proposal Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 19 Desember 2023
Yang membuat pernyataan,



Farrel Muhammad Nadhif
(18511005)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “*Analisis Stabilitas Timbunan Tanah Menggunakan Perkuatan Geotekstil Dengan Software Geostudio (Studi Kasus : Jalan Tol Pemalang – Batang STA 1+600)*”. Proposal Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, bimbingan, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan hal tersebut, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada

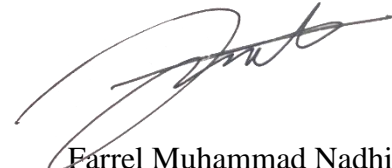
1. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penulisan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Lalu Makrup, M.T. selaku Dosen Penguji 1 Tugas Akhir, yang telah memberikan kritik, saran dan memberikan evaluasi agar kedepannya lebih baik di kemudian hari.
3. Ibu Anisa Nur Amalina, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji 2 Tugas Akhir, yang telah memberikan kritik, saran dan memberikan evaluasi agar kedepannya lebih baik di kemudian hari.
4. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Orang tua tercinta saya Alm. Bapak Awaludin, Ibu Ineke Tri Sulistyowati yang telah berkorban begitu banyak, baik material maupun spiritual, dari awal kuliah hingga selesainya Tugas Akhir ini.

6. Adik, serta seluruh saudara saya yang telah memberikan semangat yang tidak ada habisnya selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Serta semua teman-teman Teknik Sipil 2018 yang telah memberikan semangat dan dukungan hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dengan sepenuhnya bahwa penyusunan Proposal Tugas Akhir ini masih terlalu jauh dari kesempurnaan, semoga dikemudian hari hasil ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi semua.

Yogyakarta, 19 Desember 2023

Penulis,



Farrel Muhammad Nadhif
(18511005)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	2
1.6 Lokasi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Tedahulu	4
2.2 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geotekstil	4
2.3 Pengaruh Geotekstile terhadap Penurunan	5

2.4 Keaslian Penelitian	6
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Tanah	9
3.2 Beban pada Timbunan Jalan	13
3.3 Lereng	14
3.4 Konsolidasi	23
3.5 Geotekstil	25
BAB IV METODE PENELITIAN	27
4.1 Tinjauan Umum	27
4.2 Tahapan Penelitian	27
4.3 Analisis data	28
4.4 Variasi Permodelan Pada Timbunan Eksisting Menggunakan Geoslope 2018	30
4.5 Permodelan dengan Variasi Ketinggian Pada Lereng Timbunan	33
4.6 Tahapan Analisis	36
4.7 Bagan Alir	43
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
5.1 Analisis Data	45
5.2 Analisis Stabilitas Timbunan Tanpa Perkuatan dengan Geostudio 2018.	45
5.3 Analisis Stabilitas Timbunan Tanpa Perkuatan dengan Perhitungan Manual	52
5.4 Perhitungan Desain Perkuatan Geotekstil	56
5.5 Perhitungan Kebutuhan Geotekstil	57
5.6 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geotekstil menggunakan <i>SLOPE/W</i> Geostudio 2018	72
5.7 Analisis Penurunan Tanah	77
5.8 Pembahasan	79
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	87

6.1 Kesimpulan	87
6.2 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis	7
Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO	10
Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS	12
Tabel 3.3 Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas	13
Tabel 3.4 Faktor Keamanan (SF)	16
Tabel 3.5 Nilai Faktor Aman untuk Perancangan Lereng Tanah	17
Tabel 4.1 Data Parameter Tanah STA 1+600	28
Tabel 4.2 Beban Lalu Lintas	29
Tabel 4.3 Data Geotekstil	30
Tabel 5.1 Rekapitulasi Hitungan Metode <i>Fellenius</i>	55
Tabel 5.2 Rekapitulasi Kebutuhan Geotekstil	68
Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Stabilitas Internal	71
Tabel 5.4 Rekapitulasi Nilai SF Lereng Tanpa Perkuatan	72
Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Penurunan Tanah Segera	79
Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Analisis Angka Aman, Perhitungan <i>Fellenius</i> , dan Penurunan Tanah	80
Tabel 5.7 Nilai Angka Aman Lereng Timbunan 8 m	81
Tabel 5.8 Nilai Angka Aman Lereng Timbunan 6 m	83
Tabel 5.9 Nilai Angka Aman Lereng Timbunan 10 m	84
Tabel 5.10 Penurunan Tanah Langsung STA 1+600	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian	3
Gambar 3.1 Peta Zonasi Gempa Tahun 2017	14
Gambar 3.2 Keruntuhan Bidang Datar	15
Gambar 3.3 Keruntuhan Lingkaran	15
Gambar 3.4 Keruntuhan Tak Teratur	16
Gambar 3.5 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan	19
Gambar 3.6 Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral	20
Gambar 3.7 Grafik <i>Influence Factor</i>	25
Gambar 4.1 Lapisan Tanah STA 1+600	28
Gambar 4.2 Potongan Melintang Jalan STA 1+600	29
Gambar 4.3 Nilai PGA di lokasi Penelitian	30
Gambar 4.4 Permodelan Timbunan Eksisting Tanpa Perkuatan dan Tanpa Beban Lalu lintas	31
Gambar 4.5 Permodelan Timbunan Eksisting Terpengaruhi Beban Lalu Lintas	32
Gambar 4.6 Permodelan Timbunan Eksisting Terpengaruhi Beban Gempa	32
Gambar 4.7 Permodelan Timbunan Eksisting dengan Perkuatan	33
Gambar 4.8 Permodelan Timbunan 6 meter Tanpa Perkuatan dan Tanpa Beban Lalu Lintas	34
Gambar 4.9 Permodelan Timbunan 6 meter Terpengaruhi Beban Lalu Lintas	34
Gambar 4.10 Permodelan Timbunan 6 meter Terpengaruhi Beban Gempa	34
Gambar 4.11 Permodelan Timbunan 6 meter dengan Perkuatan	35
Gambar 4.12 Permodelan Timbunan 10 meter Tanpa Perkuatan dan Tanpa	

Beban Lalu Lintas	35
Gambar 4.13 Permodelan Timbunan 10 meter Terpengaruhi Beban Lalu Lintas	36
Gambar 4.14 Permodelan Timbunan 10 meter Terpengaruhi Beban Gempa	36
Gambar 4.15 Permodelan Timbunan 10 meter dengan Perkuatan	36
Gambar 4.16 Tampilan Metode Analisis	37
Gambar 4.17 Tampilan Penentuan <i>Slip Surfaces</i>	38
Gambar 4.18 Tampilan Pengaturan Kertas	38
Gambar 4.19 Sketsa Timbunan	39
Gambar 4.20 Tampilan Pengaturan Material	39
Gambar 4.21 Tampilan Penggambaran Batas Lapisan Tanah	40
Gambar 4.22 Tampilan Penambahan Material pada setiap Lapisan Tanah	40
Gambar 4.23 Tampilan Pengaturan Bidang Longsor	41
Gambar 4.24 Tampilan Pengaturan Beban Merata	41
Gambar 4.25 Tampilan Pengaturan Beban Gempa	42
Gambar 4.26 Tampilan Pengaturan Perkuatan	42
Gambar 4.27 Bagan Alir Penelitian	44
Gambar 5.1 Potongan Melintang Jalan STA 1+600	45
Gambar 5.2 Permodelan Lereng Timbunan 8 meter	46
Gambar 5.3 Hasil Analisis Lereng Timbunan 8 m tanpa Perkuatan	
Geotekstil, Tanpa Beban lalu Lintas dan Tanpa Beban Gempa	46
Gambar 5.4 Hasil Analisis Lereng Timbunan 8 m tanpa Perkuatan	
Geotekstil dan Tanpa Beban Gempa	47
Gambar 5.5 Hasil Analisis Lereng Timbunan 8 m tanpa Perkuatan	
Geotekstil dengan Beban Gempa	47

Gambar 5.6 Permodelan Lereng Timbunan 6 meter	48
Gambar 5.7 Hasil Analisis Lereng Timbunan 6 m tanpa Perkuatan Geotekstil, Tanpa Beban lalu Lintas dan Tanpa Beban Gempa	48
Gambar 5.8 Hasil Analisis Lereng Timbunan 6 m tanpa Perkuatan Geotekstil dan Tanpa Beban Gempa	49
Gambar 5.9 Hasil Analisis Lereng Timbunan 6 m tanpa Perkuatan Geotekstil dengan Beban Gempa	49
Gambar 5.10 Permodelan Lereng Timbunan 10 meter	50
Gambar 5.11 Hasil Analisis Lereng Timbunan 10 m tanpa Perkuatan Geotekstil, Tanpa Beban lalu Lintas dan Tanpa Beban Gempa	50
Gambar 5.12 Hasil Analisis Lereng Timbunan 10 m tanpa Perkuatan Geotekstil dan Tanpa Beban Gempa	51
Gambar 5.13 Hasil Analisis Lereng Timbunan 10 m tanpa Perkuatan Geotekstil dengan Beban Gempa	51
Gambar 5.14 Permodelan Lereng Metode Fellenius	52
Gambar 5.15 Detail Pemasangan Geotekstil Lereng Timbunan 6 m	58
Gambar 5.16 Detail Pemasangan Geotekstil Lereng Timbunan 8 m	59
Gambar 5.17 Detail Pemasangan Geotekstil Lereng Timbunan 10 m	60
Gambar 5.18 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Guling Pada Lereng Timbunan 6 m	61
Gambar 5.19 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser Pada Lereng Timbunan 6 m	61
Gambar 5.20 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Eksentrisitas Pada Lereng Timbunan 6 m	62

Gambar 5.21 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Daya Dukung Pada Lereng Timbunan 6 m	63
Gambar 5.22 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Guling Pada Lereng Timbunan 8 m	63
Gambar 5.23 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser Pada Lereng Timbunan 8 m	64
Gambar 5.24 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Eksentrisitas Pada Lereng Timbunan 8 m	64
Gambar 5.25 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Daya Dukung Pada Lereng Timbunan 8 m	65
Gambar 5.26 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Guling Pada Lereng Timbunan 10 m	66
Gambar 5.27 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser Pada Lereng Timbunan 10 m	66
Gambar 5.28 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Eksentrisitas Pada Lereng Timbunan 10 m	67
Gambar 5.29 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Daya Dukung Pada Lereng Timbunan 10 m	67
Gambar 5.30 Panjang <i>Overlapping</i> Geotekstil Pada Lereng Timbunan 6 m	68
Gambar 5.31 Panjang <i>Overlapping</i> Geotekstil Pada Lereng Timbunan 8 m	69
Gambar 5.32 Panjang <i>Overlapping</i> Geotekstil Pada Lereng Timbunan 10 m	69
Gambar 5.33 Panjang Efektif Geotekstil Pada Lereng Timbunan 6 m	70
Gambar 5.34 Panjang Efektif Geotekstil Pada Lereng Timbunan 8 m	70
Gambar 5.35 Panjang Efektif Geotekstil Pada Lereng Timbunan 10 m	71

Gambar 5.36 Hasil Analisis Lereng Timbunan 6 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Lalu Lintas	73
Gambar 5.37 Hasil Analisis Lereng Timbunan 6 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Gempa	73
Gambar 5.38 Hasil Analisis Lereng Timbunan 6 meter dengan Perkuatan Geotekstil Dengan Beban Gempa	74
Gambar 5.39 Hasil Analisis Lereng Timbunan 8 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Lalu Lintas	74
Gambar 5.40 Hasil Analisis Lereng Timbunan 8 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Gempa	75
Gambar 5.41 Hasil Analisis Lereng Timbunan 8 meter dengan Perkuatan Geotekstil Dengan Beban Gempa	75
Gambar 5.42 Hasil Analisis Lereng Timbunan 10 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Lalu Lintas	76
Gambar 5.43 Hasil Analisis Lereng Timbunan 10 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Gempa	76
Gambar 5.44 Hasil Analisis Lereng Timbunan 10 meter dengan Perkuatan Geotekstil Dengan Beban Gempa	77
Gambar 5.45 Analisis Perhitungan Penurunan Tanah Segera	77
Gambar 5.46 Grafik <i>Influence Factor</i>	78
Gambar 5.47 Grafik Nilai Angka Aman ($SF > 1,5$) Tanpa Pengaruh Beban Gempa Lereng Timbunan 8 meter	81
Gambar 5.48 Grafik Nilai Angka Aman ($SF > 1,1$) Terpengaruhi Beban Gempa Lereng Timbunan 8 meter	82

Gambar 5.49 Grafik Nilai Angka Aman ($SF > 1,5$) Tanpa Pengaruh Beban	
Gempa Lereng Timbunan 6 meter	83
Gambar 5.50 Grafik Nilai Angka Aman ($SF > 1,1$) Terpengaruhi Beban	
Gempa Lereng Timbunan 6 meter	83
Gambar 5.51 Grafik Nilai Angka Aman ($SF > 1,5$) Tanpa Pengaruh Beban	
Gempa Lereng Timbunan 10 meter	84
Gambar 5.52 Grafik Nilai Angka Aman ($SF > 1,1$) Terpengaruhi Beban	
Gempa Lereng Timbunan 10 meter	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 – Data Proyek Jalan Tol Pemalang – Batang	92
Lampiran 2 – Data Parameter Tanah	93
Lampiran 3 – Data Geotekstil	94
Lampiran 4 – Nilai PGA di Pemalang	95

DAFTAR NOTASI SINGKATAN

c	= Kohesi (kN/m^2)
φ	= Sudut geser dalam
kg	= Kilogram
T	= Ton
cm	= Centimeter
m	= Meter
$^{\circ}$	= Derajat
τ	= Tegangan geser (kN/m^2)
σ	= Tegangan normal (kN/m^2)
N	= Newton
kN	= Kilo Newton
c'	= Kohesi tanah efektif (kN/m^2)
σ'	= Tegangan normal efektif (kN/m^2)
φ	= Sudut gesek dalam efektif ($^{\circ}$)
θ	= Sudut keruntuhan ($^{\circ}$)
$\tau'f$	= Tegangan geser efektif pada saat terjadi keruntuhan
$\sigma'f$	= Tegangan normal efektif pada saat terjadi keruntuhan
W_i	= Berat irisan tanah (kN)
γ	= Berat volume tanah basah (kN/m^3)
A_i	= Luas irisan tanah (m^2)
q	= Beban merata (kN/m^2)
L	= Lebar irisan yang tertekan beban (m)
F	= Faktor aman
a_i	= Panjang bagian lingkaran ke-i (m)
W_i	= Berat irisan tanah ke-i (kN)
u_i	= Tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m^2)
θ_i	= Sudut yang didefinisikan ($^{\circ}$)

K_a	= Koefisien tanah aktif
σ_{hc}	= Tekanan horizontal rata-rata tiap lipatan (kN/m^2)
q	= Beban merata (kN/m^2)
S_v	= Jarak tulangan arah vertikal (m)
γ	= Berat volume tanah (kN/m^3)
SF	= Faktor aman
T_a	= Kuat tarik geotekstil <i>allowable</i>
L	= Panjang geotekstil (m)
H	= Tinggi lapisan tanah (m)
γ_b	= Berat volume tanah (kN/m^3)
e	= Nilai eksentrisitas tanah (m)
L_o	= Panjang geotekstil <i>overlapping</i> (m)
σ_{hc}	= Tegangan ultimit (kN/m^2)
Z_i	= Kedalaman tulang yang ditekuk masuk ke tanah (m)
L_e	= Panjang efektif geotekstil (m)
S_i	= Penurunan langsung (m)
$\Delta\sigma$	= Beban timbunan (kN/m^2)
P_o	= tekan <i>overburden</i> efektif (kN/m^2)
E_s	= Modulus elastisitas tanah
ν	= <i>Poisson's ratio</i>
I_p	= <i>non-dimensional influence factor</i>

ABSTRAK

Proyek Jalan Tol Pemalang – Batang terletak di Provinsi Jawa Tengah. Kondisi tanah di lokasi proyek ini sangat beragam. Tanah eksisting yang berada di area persawahan memiliki potensi terjadi longsor dan penurunan dengan adanya lereng timbunan di atas tanah tersebut. Oleh karena itu diperlukan analisis stabilitas lereng timbunan di atas tanah pada jalan tol tersebut.

Analisis stabilitas lereng timbunan dihitung dengan menggunakan metode *limit equilibrium* menggunakan software *SLOPE/W Geostudio 2018* dengan variasi tinggi timbunan 6 meter, 8 meter, dan 10 meter, serta perhitungan manual menggunakan metode *Fellenius* pada variasi tinggi timbunan 10 meter. Lereng timbunan dapat dikatakan aman apabila sudah memenuhi syarat nilai angka aman ($SF \geq 1,5$) tanpa adanya pengaruh gempa, apabila terpengaruhi gempa syarat nilai angka aman ($SF \geq 1,1$). Lereng timbunan yang belum memenuhi nilai tersebut akan diberi perkuatan menggunakan geotekstil dengan kuat Tarik ultimate 55 kN/m.

Hasil analisis lereng timbunan pada semua variasi dengan keadaan tanpa beban gempa telah memenuhi nilai angka aman yang disyaratkan ($SF \geq 1,5$), Sedangkan pada keadaan dengan beban gempa variasi ketinggian lereng 8 meter dan 10 meter belum mencapai angka aman yang disyaratkan ($SF \geq 1,1$), sehingga diperlukan perkuatan geotekstil. Setelah diberi perkuatan geotekstil, didapatkan nilai angka aman (SF) berturut-turut pada lereng timbunan dengan ketinggian 8 m dan 10 m sebesar 1,267 dan 1,638. Nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan angka aman ($SF \geq 1,1$). Penurunan tanah langsung yang terjadi pada ketinggian lereng timbunan 10 meter mendapatkan total penurunan sebesar 2,201 cm. Dimana nilai tersebut sangat aman jika dibandingkan dengan syarat penurunan yang diizinkan yaitu sebesar 131,667cm.

Kata kunci : Angka aman, Penurunan, Geotekstil, *SLOPE/W*

ABSTRACT

Pemalang – Batang Toll Road project is located in Central Java Province. The soil conditions at the project site are highly diverse. Previously the existing soil was a rice fields area which has a high potential for landslides and soil settlement due to the presence of embankment slopes. Therefore, a slope stability analysis is required for the embankment on the existing soil of the toll road.

The stability analysis of the embankment slope is calculated using the limit equilibrium method using SLOPE/W Geostudio 2018 with variations in embankment height at 6 meters, 8 meters, and 10 meters. Additionally, a manual calculations is conducted using the fellenius method for the 10 meter embankment. The embankment slope is considered safe if it meet the minimum requirements of the factor of safety ($FoS \geq 1,5$) without the seismic load, if affected with seismic load the minimum requirements of the factor of safety ($FoS \geq 1,1$). Embankment that did not meet the minimum requirements will be reinforced using geotextile with an ultimate tensile strength of 55 kN/m.

The analysis result for all of the variations without the seismic load have met the required factor of safety ($FoS \geq 1,5$). However the 8 meters and 10 meters variations with the seismic load have not met the minimum requirements of the factor of safety ($FoS \geq 1,1$), so it require reinforcement using geotextile. After reinforcement with geotextile, the factor of safety (FoS) values for the embankments with heights of 8 meters, and 10 meters are 1,267, and 1,638 respectively. These values meet the required factor os safety ($FoS \geq 1,1$). The total settlement that occurs directly on the 10 meter embankment slope is 2,201 cm, which is well within the allowable settlement limit of 131,667 cm.

Keywords : FoS, Settlement, Geotextile, SLOPE/W

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu aspek penting dalam pertumbuhan perekonomian suatu negara merupakan pembangunan infrastruktur. Dengan pembangunan infrastruktur yang baik dan merata di seluruh negeri akan memberikan dampak yang baik kepada negara sehingga mendorong perekonomian di negara. Hal ini dikarenakan infrastruktur yang baik dan merata tersebut memberikan kemudahan pada arus perekonomian suatu negara. Salah satu infrastruktur yang dapat membantu perpindahan barang dan sangat membantu dalam distribusi logistik ke setiap daerah adalah jalan. Pembangunan infrastruktur jalan yang saat ini sedang gencar dilakukan di Indonesia adalah pembangunan Jalan Tol. Jalan Tol merupakan jalan bebas hambatan yang termasuk kedalam Sistem Jaringan Jalan dan sebagai Jalan Nasional. Dengan adanya Jalan tol ini diharapkan distribusi logistic dapat dilakukan lebih cepat yang kemudian dapat memicu pertumbuhan ekonomi yang lebih cepat.

Jalan Tol Trans Jawa merupakan penghubung antar daerah di Pulau Jawa. Salah satu proyek jalan tol yang ada pada Jaringan Tol Trans Jawa ini adalah Jalan Tol Pemalang – Batang yang berada di Provinsi Jawa Tengah. Pada proyek Jalan Tol Pemalang – Batang ini memiliki kondisi tanah yang beragam, tanah eksisting yang merupakan tanah sawah dan rawa ini memberikan kesulitan pada pelaksanaan proyek ini. Dikarenakan tanah sawah dan rawa ini dapat mengakibatkan penurunan pada tanah serta dapat menimbulkan longsor. Sehingga analisis timbunan di atas tanah yang akan akan dibangun jalan tol diperlukan.

Salah satu jenis perkuatan dalam analisis stabilitas lereng adalah perkuatan Geotekstil. Fungsi dari Geotekstil ini adalah untuk meningkatkan daya dukung tanah serta menahan longsoran yang terjadi pada lereng. Pada penelitian ini

dilakukan analisis timbunan dengan menggunakan program Geostudio. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui angka aman pada timbunan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana angka aman timbunan tanah eksisting 8m dan angka aman dengan variasi tinggi timbunan 6m, dan 10m tanpa perkuatan geotekstil.
2. Bagaimana angka aman timbunan tanah eksisting 8m dan angka aman dengan variasi tinggi timbunan 6m, dan 10m dengan perkuatan geotekstil.
3. Bagaimana penurunan tanah timbunan tanah asli menggunakan perkuatan geotekstil dengan variasi tinggi timbunan 10 m.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui angka aman timbunan tanah tanpa perkuatan geotekstil.
2. Mengetahui angka aman yang telah diperkuat dengan geotekstil di semua variasi timbunan.
3. Mengetahui besar penurunan tanah yang terjadi pada variasi timbunan 10 m.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang bisa diperoleh yaitu :

1. Mengetahui perkuatan yang paling efektif dan aman pada tanah timbunan di Proyek Jalan Tol Pemalang – Batang , dan
2. Memberikan pengetahuan dalam pengoperasian program GeoStudio.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka diperlukan batasan penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian hanya dilakukan pada Jalan Tol Pemalang – Batang,
2. Geotekstil yang digunakan jenis woven dengan kuat Tarik = 55 kN/m,

3. Program GeoStudio yang digunakan adalah GeoStudio Versi 2018
4. Data tanah asli didapatkan dari laporan evaluasi hasil analisis timbunan tol Pejagan – Pemalang,
5. Beban lalu lintas, (Panduan Geoteknik 4, 2002),
6. Menganalisis stabilitas timbunan tanah dan penurunan yang terjadi,
7. Analisis menggunakan program GeoStudio,
8. Analisis menggunakan metode fellenius,
9. Variasi tinggi timbunan 6m, 8m, 10m,
10. Pembebanan mangacu pada Peraturan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2009 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan.

1.6 Lokasi

Penelitian ini mengambil lokasi studi kasus yaitu Proyek Pembangunan Jalan Tol Pemalang – Batang STA 1+600 yang dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

(Sumber : PT. Pemalang Batang Toll Road, 2017)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu berperan penting sebagai acuan dalam penyusunan penelitian yang akan dilakukan. Tujuan dari adanya penelitian terdahulu ialah untuk menjadikan penelitian yang dilakukan oleh penulis saat ini merupakan penelitian yang baru dan bebas dari plagiasi. Berikut ini adalah uraian beberapa penelitian terdahulu.

2.2 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geotekstil

Amin (2023) melakukan penelitian tentang analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil dengan menggunakan program GeoStudio 2018 R2. Penelitian bertujuan untuk mencari nilai angka aman pada lereng yang telah diberi perkuatan geotekstil dengan variasi ketinggian 7,35m, 8m, dan 10m. Diperoleh nilai angka aman berturut-turut sebesar 1,311; 1,363; 1,625 pada lereng bagian kiri. Setelah diberi perkuatan pada lereng 7,35m, dan 8m diperoleh nilai angka aman sebesar 1,511 dan 1,506 telah memenuhi syarat ($SF \geq 1,5$).

Ghosh dan Biswas (2012) melakukan penelitian tentang penggunaan geotekstil untuk meningkatkan stabilitas tanah pada lereng kering dan lereng basah yang dibantu dengan program GeoStudio. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan stabilitas tanah menggunakan geotekstil dan tanpa perkuatan geotekstil serta mencari *Safety Factor minimum* dengan menggunakan metode *Janbu Simplified Method*, *Bishop Simplified Method*, dan *Morgenstern Price Method* yang kemudian dibandingkan hasilnya untuk mencari *Safety Factor minimum*. Kesimpulan dari penelitian ini adalah lereng yang sudah diberikan perkuatan geotekstil mengalami peningkatan *Safety Factor* sebesar 12-30% dari lereng yang tidak dilakukan perkuatan atau tanah asli. Kemudian diperoleh bahwa *Janbu Simplified Method* memberikan nilai *safety factor* yang paling konservatif dibandingkan metode lainnya.

Pamungkas, dkk (2015) melakukan penelitian tentang Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan Perangkat Lunak yang berkaitan dengan peristiwa tanah longsor di Kabupaten Trenggalek. Ketinggian lereng yang dianalisis ialah 8m sampai 8,5m serta Panjang dinding penahan 375m yang mengalami kelongsoran pada bagian struktur sepanjang 90m. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah SLOPE/W yang kemudian diperoleh angka keamanan hanya sebesar 0,66 sehingga menyebabkan longsor. Lalu dilakukan desain ulang lereng tersebut dengan perkuatan geotekstil 5 lapis yang memiliki kapasitas Tarik 400kN/m, kohesi 0kN/m dan sudut geser sebesar 38°, dengan jarak vertical 1m. Setelah dilakukan Analisa dengan SLOPE/W diperoleh angka keamanan 1,893.

Prasetyo (2017) melakukan penelitian yang berisi tentang permodelan stabilitas lereng dengan beberapa variasi pada tebal timbunan dan Panjang geotekstil. Metode penelitian menggunakan metode elemen hingga dengan program Plaxis 8.2. Permodelan elemen hingga berupa plane strain. Permodelan material tanah menggunakan Mohr-Coulumb. Perhitungan elemen hingga menggunakan calculation type dengan plastic dan phi/c reduction.

2.3 Pengaruh Geotekstile terhadap Penurunan

Amin (2023) membandingkan besar penurunan yang terjadi dengan timbunan eksistisng yang diberi perkuatan geotekstil dengan timbunan akibat beban lalu lintas. Diperoleh hasil bahwa nilai penurunan tanah yang terjadi sebesar 70 cm dan 85 cm. Kedua nilai tersebut berada dibawah atau lebih kecil dari yang diizinkan yaitu 129 cm.

Surachmat, dkk (2019) membandingkan besar penuruanan dengan atau tidak menggunakan perkuatan geotekstil dengan memperhatikan factor keamanan terhadap berbagai macam kedalaman muka air tanah. Diperoleh hasil bahwa penggunaan geotekstil mempengaruhi pengurangan pada penurunan tanah dasar bila dibandingkan dengan tanah tanpa perkuatan geotekstil.dengan rata-rata 7,633% pada kondisi *short term* dan 4,113% pada kondisi *long term*. Serta terjadi

peningkatan factor keamanan rata-rata sebesar 2.064% pada kondisi *short term* dan 19,58% pada kondisi *long term*.

Wardani (2023) membandingkan besar penurunan tanah akibat beban lalu lintas dan beban gempa pada timbunan tanah dengan atau tidak diberi perkuatan geotekstil dengan variasi timbunan 12m, dan 14m. Diperoleh hasil bahwa nilai penurunan tanah sebelum diberi perkuatan geotekstil pada tinggi variasi timbunan 12m, dan 14m berturut sebesar 0,199m dan 0,243m. Sedangkan nilai penurunan tanah setelah diberi perkuatan geotekstil secara berturut didapat nilai penurunan sebesar 0,198m dan 0,240m.

2.4 Keaslian Penelitian

Penelitian ini adalah hasil karya asli. Berikut ini beberapa perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan penulis.

1. Studi kasus penelitian berbeda dengan penelitian terdahulu, yaitu Jalan Tol Pemalang – Batang STA 1+600 yang terletak di Kabupaten Pemalang.
2. Program yang digunakan untuk membantu dalam analisis adalah GeoStudio 2018
3. Parameter yang diuji berbeda pada variasi tinggi timbunan dan perkuatan geotekstil.
4. Hasil akhir pada penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu.

Perbedaan-perbedaan penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis

Peneliti	Amin	Ghosh	Pamungkas	Prasetyo	Surachmat, dkk	Wardhani	Penulis
Judul	Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geostudio 2018 R2	Pengaruh Perkuatan Pada Stabilitas Lereng Menggunakan GeoSlope	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Geoslope	Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga	Analisis Penurunan Tanah Dengan Menggunakan Geotekstil Pada Timbunan	Analisis Stabilitas Timbunan Lereng Jalan dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program <i>PLAXIS</i> Pada Proyek Jalan Tol Balikpapan – Samarinda STA 2+400.	Analisis Stabilitas Timbunan Tanah Menggunakan Perkuatan Geotekstil Dengan Software Geostudio
Lokasi Penelitian	Jalan Tol Balikpapan – Samarinda STA 2+100	-	Kab. Trenggalek	Kab. Cianjur	-	Jalan Tol Balikpapan - Samarinda	Jalan Tol Pematang – Batang STA 1+600
Jenis Perkuatan	Geotekstil	Geotekstil	Geotekstil	Geotekstil	Geotekstil	Geotekstil	Geotekstil
Parameter yang Diuji	Variasi tinggi timbunan, Safety Factor, penurunan tanah	Kondisi lereng kering dan basah,	Analisis penyebab longsor	Variasi Panjang Geotekstil, variasi tebal timbunan	Variasi geotekstil, variasi kedalaman muka air tanah	Variasi tinggi timbunan, Safety Factor, penurunan tanah	Tinggi Timbunan, Perkuatan Geotekstil dan penurunan tanah

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian

Peneliti	Amin	Ghosh	Pamungkas	Prasetyo	Surachmat, dkk	Wardhani	Penulis
Metode Penelitian	Analisis menggunakan Geostudio untuk kestabilan angka aman lereng dan penurunan tanah yang terjadi	Program Geoslope dengan metode Janbu Simplifeid, Bishop, Morgenstern-Price,	Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil, mencari factor keamanan dengan perhitungan manual dan program Geoslope	Analisa stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil, menghitung nilai factor aman analisi menggunakan metode elemen hingga	Kondisi Short term dan long term	Analisis menggunakan Plaxis untuk kestabilan angka aman lereng dan penurunan tanah yang terjadi	Analisis menggunakan program GeoStudio dan perhitungan secara manual menggunakan metode Fellenius.
Hasil	Lereng timbunan yang telah diberi perkuatan telah memenuhi nilai angka aman $SF \geq 1,5$. Penurunan tanah sebesar 70 cm dan 85 cm dibawah nilai ≤ 129 cm	Nilai <i>safety factor</i> pada Metode Janbu paling konservatif dibandingkan metode lainnya. Perkuatan geotekstil memberikan peningkatan <i>Safety Factor</i> sebesar 12-30%	Perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan program SLOPE/W dan perhitungan manual	Memperoleh nilai factor keamanan dengan metode elemen hingga	Penggunaan geotekstil mengurangi penurunan pada tanah dasar	Variasi tinggi timbunan 14m pada masa konstruksi dan paska konstruksi setelah diberi perkuatan dan beban gempa sebesar 1,637 dan 1,357 serta besar penurunan tanah sebesar 0,220m dan 0,240m.	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Dalam ilmu ketekniksipilan menurut Das (1995) tanah secara umum memiliki pengertian yaitu material yang tersusun atas butiran mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia antar satu dan lainnya, dan bahan organik yang telah melapuk (partikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel padat tersebut. Tanah dalam konstruksi suatu bangunan memiliki fungsi sebagai penyaluran dan meneruskan untuk menerima beban dari konstruksi bangunan di atasnya.

3.1.1 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda namun memiliki sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok yang didasari dengan pemakaiannya. Sistem klasifikasi berfungsi sebagai penjelasan dengan bahasa yang mudah dan singkat dari sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terperinci (Das, 1995).

Tujuan dari dibuatnya sistem klasifikasi tanah adalah untuk memberikan informasi terkait karakteristik serta sifat-sifat tanah. Dikarenakan sangat beragamnya sifat dan perilaku tanah. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989).

1. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem Klasifikasi AASHTO umumnya diperuntukkan untuk menentukan kualitas tanah pada pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*Sub base*), dan tanah dasar (*Sub Grade*). Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut.

a. Ukuran Butir Tanah

- Kerikil** : Fraksi tanah yang lolos saringan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada saringan diameter 2 mm (saringan No. 10)
- Pasir** : Fraksi tanah yang lolos saringan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada saringan diameter 0,075 mm (saringan No. 200)
- Lanau & Lempung** : Fraksi tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,075 mm (saringan No. 200)

b. **Plastisitas**

Tanah berlumpur (lanau) yaitu ketika fraksi halus tanah memiliki Indeks Plastisitas (IP) ≤ 10 . Sedangkan untuk tanah liat (lempung) adalah ketika fraksi halus tanah memiliki indeks plastisitas (IP) ≥ 11 .

c. Apabila ditemukan batuan yang ukurannya diatas atau lebih besar dari 75 mm, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu dan presentase batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Dalam sistem klasifikasi AASHTO, tanah dibagi menjadi 7 kelompok besar yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang masuk ke dalam klasifikasi A-1, A-2, dan A-3 merupakan tanah berbutir dengan 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah yang lolos saringan No.200. Sedangkan tanah yang jumlah butiran tanahnya lolos saringan no No.200 lebih dari 35% diklasifikasikan ke dalam A-4, A-5, A-6, dan A-7 yang sebagian besar adalah lanau lempung. Klasifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler					
	A-1		A-3	A-2		
Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6
Persen lolos saringan:						
No. 10	50 max		51 min			
No. 40	30 max	50 max	10 max	35 max	35 max	35 max
No. 200	15 max	25 max				
Batas Cair			NP	40 max	41 min	40 max
Indeks Plastisitas	6 max			10 max	10 max	11 min
Fraksi tanah	Kerikil dan Pasir		Pasir Halus	Kerikil dan pasir lanau atau lempung		
Kondisi kuat dukung	Sangat baik hingga baik					

Lanjutan Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler	Tanaj Mengandung Lanau-Lempung				
		A-4	A-5	A-6	A-7	
A-2 A-2-7	A-7-5				A-7-6	
Persen lolos saringan: No. 10 No. 40 No. 200	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Batas Cair Indeks Plastisitas	41 min 11 min	40 max 10 min	41 min 10 max	40 max 10 min	40max 10 min	41 min 11 min
Fraksi tanah	Kerikil, pasir lanau/lempung	Lanau		Lempung		
Kondisi kuat dukung	Sangat baik hingga baik	kurang baik hingga jelek				

(Sumber : AASHTO, 1993)

2. Sistem Kalsifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi tanah USCS pertama kali dikembangkan oleh Casagrande pada tahun 1942 yang kemudian disempurnakan kembali pada tahun 1952. Pada sistem ini mengklasifikasikan tanah ke dalam dua kelompok besar sebagai berikut.

- a. Tanah berbutir kasar dengan syarat kurang dari 50% tanah tertahan saringan No.200. Kelompok ini dimulai dengan simbol awal G (*gravel*) untuk kerikil, dan S (*Sand*) untuk pasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W (*well graded*) untuk tanah bergradasi baik, dan P (*poor graded*) untuk tanah bergradasi buruk.
- b. Tanah berbutir halus dengan syarat lebih dari 50% yang lolos saringan No.200. Dengan simbol M untuk lanau (*silt*) organik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, O untuk lanau organik dan lempung organik. Lalu plastisitas dinyatakan dengan simbol L untuk plastisitas renfah (*low plasticity*) dan H untuk plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Berikut ini adalah Tabel 3.2 mengenai sistem klasifikasi tanah USCS

Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

DIVISI UTAMA		SIMBOL KELOMPOK	NAMA JENIS			
Tanah berbutir kasar 50% butiran bertahan saringan No. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar bertahan saringan No. 4 (4,75mm)	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran		
			GP	Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran		
		Kerikil dengan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4 (4,75 mm)	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
			SP	Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir lanau		
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
			Tanah berbutir halus 50% butiran tertahan saringan No. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
					CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)
OL	Lanau organik dan lempung berlanau dengan plastisitas rendah					
Lanau dan lempung batas cair lebih dari 50%		MH	Lanau organik atau pasir halus diatome, atau lanau diatome, lanau yang elastis			
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)			
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Peat (gambut), muck, dan tanah tanah lain dengan kandungan organik tinggi			

(Sumber : Bowles J.E., 1993)

3.2 Beban pada Timbunan Jalan

3.2.1 Beban Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang tersusun dari campuran agregat dan aspal atau semen sebagai bahan pengikatnya. Perkerasan jalan memiliki fungsi utama untuk mendistribusikan beban roda ke area tanah dasar (*subgrade*) yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dengan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum pada tanah dasar. Pada umumnya konstruksi jalan dibagi menjadi dua yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Terdapat beberapa beban perkerasan yang diperhitungkan dalam proses analisis, antara lain :

1. Tebal lapisan *rigid pavement*,
2. Tebal lapisan *lean concrete*,
3. Tebal lapisan *aggregate*, dan
4. Berat sendiri beban perkerasan.

3.2.2 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas menurut Sukirman (2003) adalah beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antar roda dan permukaan jalan dan beban lalu lintas ini sifatnya dinamis atau merupakan beban dinamis yang terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan. Beban lalu lintas juga merupakan beban merata yang harus diperhitungkan pada seluruh lebar permukaan timbunan ketika melakukan suatu analisis stabilitas. Dalam perhitungan beban lalu lintas acuan yang digunakan mengacu pada PAnduan Geoteknik 4 Desain dan Konstruksi, dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

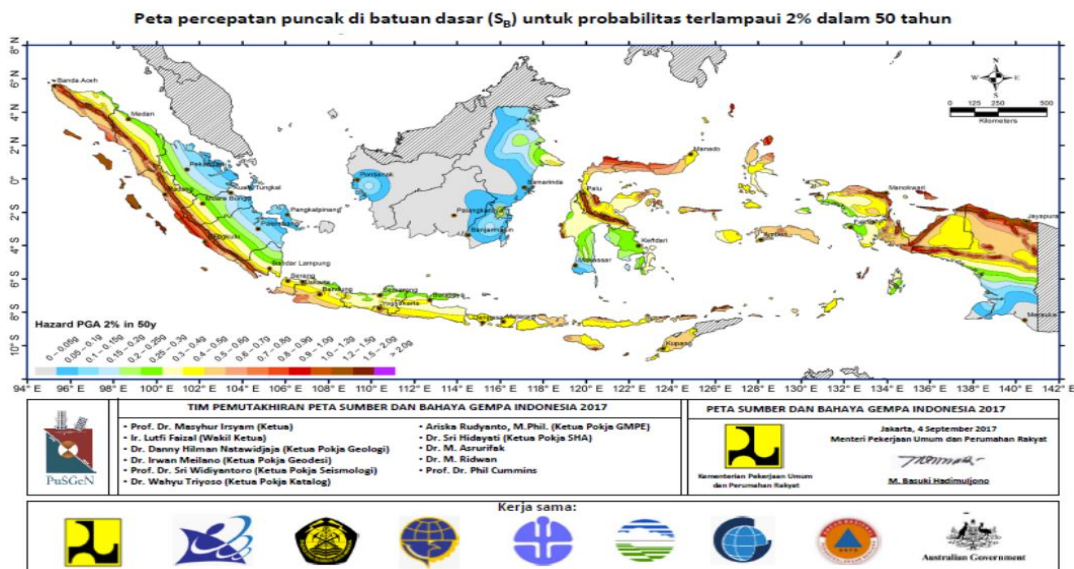
Tabel 3.3 Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas

Sistem Jaringan	Fungsi Jalan	LHR	Beban Lalu Lintas (kN/m ²)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	> 10.000	15
		< 10.000	12
Sekunder	Arteri	> 20.000	15
		< 20.000	12
	Kolektor	> 6.000	12
		< 6.000	10
	Lokal	> 500	10
		< 500	10

(Sumber : Panduan Geoteknik 4, 2002)

3.2.3 Beban Gempa

Beban gempa diperhitungkan apabila lereng yang direncanakan berlokasi dekat dengan pemukiman atau dibangun dengan kriteria kepentingan strategis dimana tidak boleh mengalami keruntuhan atau terputusnya jalur transportasi setelah terjadinya gempa rencana. Penelitian ini ditetapkan gempa rencana dengan kemungkinan terlewatinya selama umur rencana 50 tahun adalah 2% yang setara dengan periode ulang 500 tahun. Pada wilayah Pemalang-Batang memiliki percepatan puncak gempa (GPA) antara 0,25-0,3g. Gempa rencana ini mengacu pada Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum No. 12/SE/M/2010. Peta zonasi gempa tahun 2017 dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Peta Zonasi Gempa Tahun 2017

(Sumber : KemenPUPR, 2017)

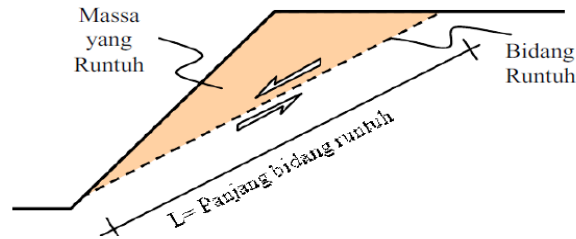
3.3 Lereng

3.3.1 Stabilitas Lereng

Lereng merupakan permukaan tanah yang memiliki sudut kemiringan terhadap bidang horizontal. Proses terbentuknya lereng dapat terbentuk dari buatan manusia atau proses geologi. Faktor utama yang dapat mempengaruhi stabilitas lereng adalah kekuatan geser tanah yang menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan tekanan tanah yang terjadi terhadap keruntuhan. Terdapat beberapa tipe keruntuhan lereng dilihat dari bentuknya seperti berikut ini.

1. Keruntuhan bidang datar

Keruntuhan bidang datar atau translasi biasanya disebabkan oleh massa tanah yang tidak terlalu besar dan umumnya terjadi pada tanah dengan lapisan yang miring. Dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.

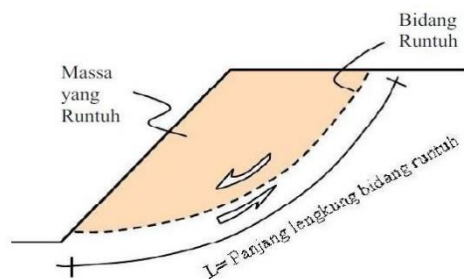


Gambar 3.2 Keruntuhan Bidang Datar

(Sumber : Hakam, 2010)

2. Keruntuhan lingkaran

Keruntuhan lingkaran atau rotasi memiliki sifat global biasanya disebabkan oleh massa tanah yang besar dan biasanya akan diikuti dengan keruntuhan-keruntuhan yang kecil pada massa tanah yang bergerak. Dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.

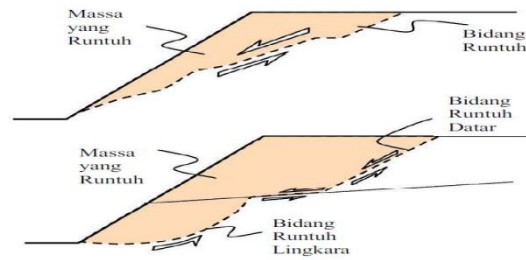


Gambar 3.3 Keruntuhan Lingkaran

(Sumber : Hakam, 2010)

3. Keruntuhan tak teratur

Keruntuhan tak teratur merupakan gabungan dari keruntuhan translasi dan rotasi serta bentuk lain. Biasanya terjadi pada tanah yang tidak homogen dan pada satu lereng yang memiliki beberapa lapis tanah yang berbeda. Dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.4 Keruntuhan Tak Teratur

(Sumber : Hakam, 2010)

Stabilitas lereng merupakan hal yang penting dalam pekerjaan galian dan timbunan tanah dikarenakan hal ini berkaitan dengan keselamatan dan keamanan pekerja serta kelancaran pekerjaan konstruksi. Adapun tujuan dari analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman terhadap bidang longsor potensial. Selain faktor kekuatan geser tanah ada beberapa faktor lain yang dapat memengaruhi yaitu kuat geser tanah, kondisi tanah, aliran rembesan air, dan lain-lain.

3.3.2 Angka Keamanan (*Safety Factor*)

Angka Keamanan (*Safety Factor*) adalah hal yang sangat diperhatikan dalam suatu analisis dan perencanaan struktur. Perbandingan antara gaya yang menahan dan gaya yang mendorong disebut dengan Angka keamanan. Bila pada suatu lereng dengan nilai angka keamanan yang tidak memenuhi maka akan terjadi longsor. Berikut nilai faktor keamanan dapat dilihat dalam Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Faktor Keamanan (SF)

Faktor Keamanan	Kerentanan Gerakan Tanah
$\leq 1,07$	Longsor terjadi biasa/sering (lereng labil)
$1,07 < \text{Safety Factor} < 1,25$	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
$> 1,25$	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)
$1,5 < \text{Safety Factor} < 1,7$	Lereng kondisi mantap (lereng stabil)

(Sumber : Bowless, 1989)

Adapun nilai faktor aman menurut SNI 8460 tahun 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Nilai Faktor Aman untuk Perancangan Lereng Tanah

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	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih
^a Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan. ^b Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.		

(Sumber: SNI 8460-2017)

Dalam SNI 8460 tahun 2017 juga menjelaskan angka keamanan (*Safety Factor*) yang disyaratkan terhadap pengaruh beban gempa berbeda dengan factor keamanan terhadap stabilitas lereng. Untuk angka keamanan terhadap gempa untuk lereng adalah $SF > 1,1$ dengan menggunakan koefisien seismik yang didapatkan dari percepatan puncak di permukaan (GPA).

3.3.3 Metode *Fellenius*

Metode *Fellenius* merupakan salah satu metode analisis stabilitas lereng yang paling umum digunakan. Metode ini juga disebut *ordinary method of slice* dengan asumsi bidang keruntuhan lingkaran yang kemudian bidang keruntuhan atau longsor dibagi menjadi beberapa irisan. Sedangkan untuk gaya-gaya yang bekerja di sisi kiri-kanan irisan dianggap memiliki resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor sehingga keseimbangan pada arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan Persamaan (3.2) berikut ini.

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i \quad (3.1)$$

Atau,

$$\begin{aligned} N_i &= W_i \cos \theta_i - U_i \\ &= W_i \cos \theta_i - u_i a_i \end{aligned} \quad (3.2)$$

Sehingga untuk Faktor Keamanan dapat menggunakan Persamaan (3.3) berikut.

$$F = \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}} \quad (3.3)$$

$$= \frac{\sum Mr}{\sum Md}$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$, dihitung dengan Persamaan (3.4) berikut.

$$\sum Md = R \sum_{n=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i \quad (3.4)$$

Dengan :

W_i = berat massa tanah irisan ke- i

N_i = resultan gaya normal efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan

θ_i = Sudut yang didefinisikan

R = jari-jari lingkaran bidang longsor

n = Jumlah irisan

Dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah akan longsor, dihitung dengan Persamaan (3.5) berikut.

$$\sum Md = R \sum_{n=1}^{i=n} (c \cdot a_i + N_i \operatorname{tg} \varphi) \quad (3.5)$$

Maka Faktor aman, dihitung dengan Persamaan (3.6) berikut.

$$F = \frac{\sum_{n=1}^{i=n} (c \cdot a_i + N_i \operatorname{tg} \varphi)}{\sum_{n=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (3.6)$$

Dengan :

F = Faktor Aman

θ_i = Sudut yang didefinisikan dalam Gambar 3.3

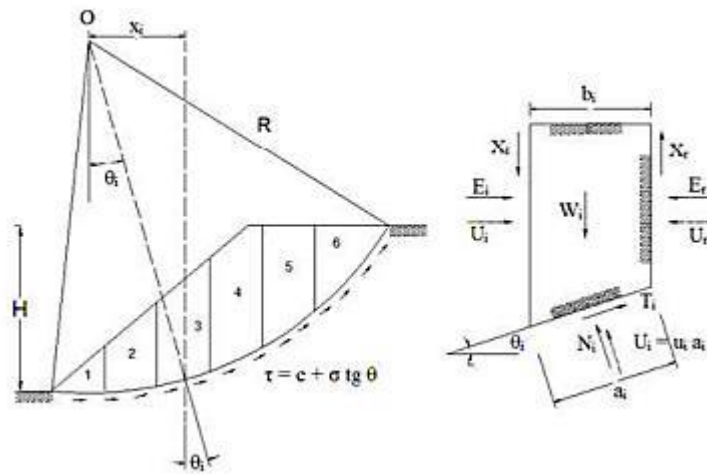
a_i = Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-I (m)

W_i = Berat irisan tanah ke-I (kN/m^2)

φ = Sudut gesek dalam tanah ($^\circ$)

U_i = Tekanan air pori pada irisan ke-I (kN/m^2)

c = Kohesi Tanah (kN/m^2)



Gambar 3.5 Gaya-Gaya yang bekerja pada irisan

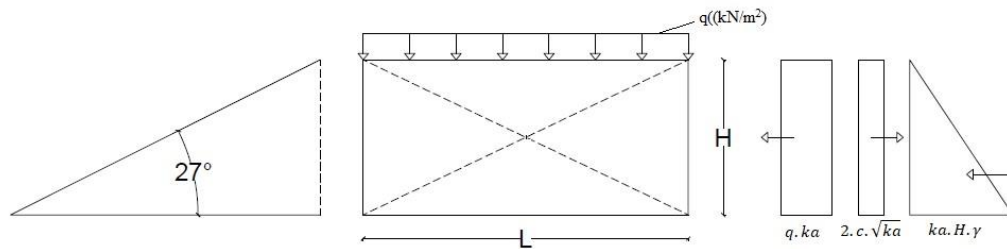
(sumber : Hardiyatmo, 2002)

Metode *Fellenius* menghasilkan faktor aman yang lebih rendah dari cara hitungan yang lebih teliti. Besarnya nilai kesalahan tergantung dari faktor aman, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan besarnya tekanan air pori. walaupun analisis ditinjau dalam tinjauan tegangan total, kesalahan analisis masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat lingkaran. Cara ini telah banyak digunakan dalam praktik, karena cara perhitungan sederhana dan kesalahan yang terjadi pada sisi yang aman.

3.3.4 Perkuatan Lereng dengan Geotekstil

Lereng dengan tingkat stabilitas yang rendah diperlukan perkuatan agar dapat menahan gaya tanah yang terjadi sehingga dapat terhindar atau mencegah terjadinya erosi dan kelongsoran. Faktor keamanan lereng harus memenuhi untuk jangka pendek maupun jangka panjang dengan semua kemungkinan model keruntuhan. Penggunaan bahan tambah seperti geotekstil merupakan salah satu metode untuk perkuatan lereng.

Analisis stabilitas lereng terbagi menjadi dua yaitu stabilitas eksternal dan stabilitas internal. Stabilitas eksternal terdiri dari stabilitas terhadap guling, geser, ekesentrisitas, dan kapasitas daya dukung tanah. Stabilitas internal terdiri dari stabilitas terhadap gaya-gaya internal yang diperhitungkan terhadap panjang geotekstil dan panjang efektif geotekstil. Diagram distribusi tekanan tanah lateral pada lereng dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.6 Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral

(Sumber : Purwanto, 2012)

Jarak arah vertikal antar lapis geotekstil (S_v) dihitung dengan Persamaan 3.7 berikut.

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma_{hci} \times SF} \quad (3.7)$$

Nilai kuat tarik geotekstil *allowable* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.8 berikut.

$$T_{all} = \frac{T_{ult}}{SF} \quad (3.8)$$

Untuk mencari nilai tekan horizontal rata-rata pada lipatan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$\sigma_{hci} = q \cdot Ka - 2 \cdot c \cdot \sqrt{Ka} + Ka \cdot H \cdot \gamma \quad (3.9)$$

Nilai koefisien tanah aktif dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.10 berikut.

$$Ka = \tan^2\left(45^\circ - \left(\frac{\phi}{2}\right)\right) \quad (3.10)$$

Keterangan :

S_v = Jarak tulangan arah vertikal (m)

T_{all} = Kuat tarik geotekstil *allowable* (t/m²)

SF = Faktor aman

σ_{hci} = Tekanan horizontal rata-rata pada lipatan (kN/m²)

q = beban merata (kN/m²)

- c = Kohesi (kN/m²)
 Ka = Koefisien tanah aktif
 H₁ = Tinggi antar lapis geotekstil (m)

Berikut ini merupakan perhitungan analisis stabilitas internal dan eksternal.

1. Stabilitas Internal

Perhitungan stabilitas internal terdiri dari perhitungan panjang efektif geotekstil dan panjang geotekstil *overlapping* berikut ini.

a. Panjang efektif geotekstil

Perhitungan efektif geotekstil dapat dilihat pada Persamaan 3.11 berikut ini.

$$L_{ef} = \frac{SF \times S_v \times K_a \times \gamma_b \times Z_i}{2 \times Z_i \times \gamma_b \times \tan \varphi} \quad (3.11)$$

Dengan :

- L_{ef} = Panjang efektif geotekstil (m)
 SF = Faktor aman
 S_v = Jarak tulangan arah vertikal (m)
 γ_b = Berat volume tanah (kN/m²)
 φ = Sudut gesek dalam tanah (°)
 Z_i = kedalaman tulangan yang ditekuk masuk ke tanah (m)
 Ka = Koefisien tanah aktif

b. Panjang geotekstil *overlapping*

Perhitungan panjang geotekstil *overlapping* dapat dilihat pada Persamaan 3.12 berikut ini.

$$L_o = \frac{\sigma_{hci} \times SF \times S_v}{2 \times Z_i \times \gamma_b \times \tan \varphi} \quad (3.12)$$

Denagn :

- LO = Panjang geotekstil *overlapping* (m)
 σ_{hci} = Tekanan horizontal rata-rata pada lipatan (kN/m²)
 SF = Faktor aman
 S_v = Jarak tulangan arah vertikal (m)
 γ_b = Berat volume tanah (kN/m²)

- φ = Sudut gesek dalam tanah ($^{\circ}$)
 Z_i = kedalaman tulangan yang ditekuk masuk ke tanah (m)

2. Stabilitas eksternal

Perhitungan stabilitas eksternal pada lereng terdiri dari stabilitas terhadap geser, guling, eksentrisitas dan kapasitas dukung tanah seperti berikut ini.

a. Stabilitas terhadap geser

Perhitungan faktor aman stabilitas terhadap geser dihitung menggunakan Persamaan 3.13 berikut ini.

$$SF = \frac{L \times (q + \gamma b) \tan \varphi}{|q \times Ka \times H + Ka \times H^2 \times \gamma b - 2 \times c \times \sqrt{Ka} \times H|} \quad (3.13)$$

b. Stabilitas terhadap guling

Perhitungan faktor aman stabilitas terhadap guling dihitung menggunakan Persamaan 3.14 berikut ini.

$$SF = \frac{L^2 \times (\frac{1}{2}q + \frac{1}{2}\gamma b \times H)}{|\frac{1}{2}q \times Ka \times H^2 + \frac{1}{6}Ka \times H^3 \times \gamma b - c \times \sqrt{Ka} \times H^2|} \quad (3.14)$$

c. Stabilitas terhadap eksentrisitas

Resultan gaya dalam teras dihitung menggunakan Persamaan 3.15 berikut ini.

$$e \leq \frac{1}{6} \times L$$

$$\frac{1}{6} \times L \geq \frac{|\frac{1}{2}q \times Ka \times H^2 + \frac{1}{6}Ka \times H^3 \times \gamma b - c \times \sqrt{Ka} \times H^2|}{(q \times L + \gamma b \times H \times L)} \quad (3.15)$$

d. Stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah

Perhitungan faktor aman stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah dihitung menggunakan Persamaan 3.16 berikut ini.

$$SF = \frac{\sigma_{ult}}{q_{ult}} \quad (3.16)$$

Rumus untuk mencari nilai q_{ult} dapat dilihat pada Persamaan 3.17 berikut ini.

$$q_{ult} = c \cdot Nc + 0,5L \cdot \gamma b \cdot N\gamma \quad (3.17)$$

$$\sigma_{ult} \geq \text{Gaya Vertikal}$$

Rumus untuk mencari nilai σ_{ult} dapat dilihat pada Persamaan 3.18 berikut ini.

$$\sigma_{ult} = c \cdot Nc + q \cdot Nq + 0,5L \cdot \gamma b \cdot N\gamma \quad (3.18)$$

Gaya vertikal dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.19 berikut ini.

$$\text{Gaya vertikal} = q \cdot L + H \cdot \gamma b \cdot L \quad (3.19)$$

3.4 Penurunan Tanah

Jika suatu lapisan tanah diberikan beban di atasnya, maka partikel tanah akan mengalami penambahan tegangan yang diakibatkan oleh beban yang bekerja di atasnya, sehingga tanah akan mengalami penurunan (*settlement*). Penurunan tersebut dapat terjadi karena adanya deformasi partikel tanah, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan lainnya. Penurunan tanah yang sangat besar merupakan salah satu permasalahan utama pada pekerjaan konstruksi.

Penurunan langsung atau penurunan elastis disebabkan karena adanya deformasi elastis tanah kering, tanah basah, dan tanah jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Umumnya, teori penurunan ini diturunkan dari teori elastisitas. *Immediate settlement* atau penurunan langsung ini terjadi dalam kondisi *undrained* atau tidak adanya volume. Penurunan langsung terjadi dalam waktu yang singkat selama pelaksanaan konstruksi. Besarnya penurunan elastis ini bergantung pada besarnya modulus elastisitas kekakuan tanah dan beban timbunan di atas tanah asli. Pada penurunan tanah, parameter yang dibutuhkan untuk perhitungannya adalah *undrained* modulus dengan uji tanah yang diperlukan seperti SPT, sondir (*dutch cone penetration test*), dan *pressuremeter test*. Untuk perhitungan mencari penurunan tanah langsung dapat dilakukan dengan Persamaan 3.20 berikut ini.

$$S_i = \Delta\sigma \times B \times \frac{1-\mu_s^2}{E} \times I_p \quad (3.20)$$

Dengan:

S_i = Penurunan langsung (m)

$\Delta\sigma$ = Beban timbunan (kN/m²)

B = Lebar dasar timbunan (m)

E_s = Modulus elastisitas tanah

M_s = Poisson's ratio

I_p = non-dimensional influence factor

Tegangan tanah yang terjadi merupakan tegangan tanah terbagi merata berbentuk trapezium yang berasal dari timbunan. Dapat dirumuskan dengan Persamaan 3.21 berikut.

$$\Delta\sigma = q \times I_p \quad (3.21)$$

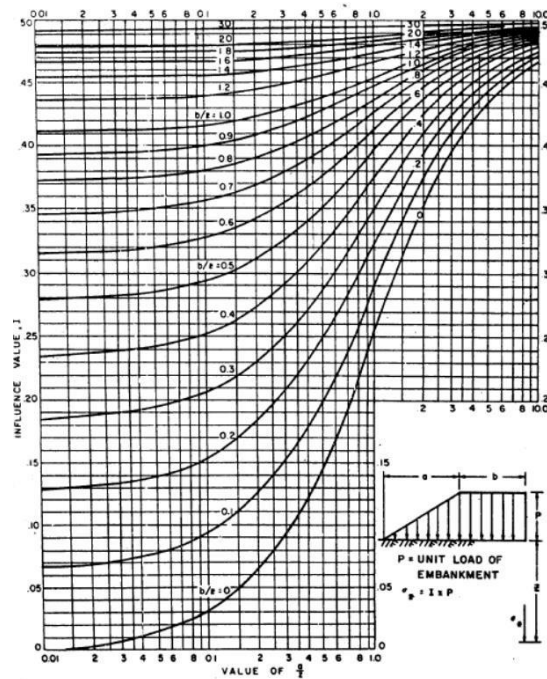
Dengan:

$\Delta\sigma$ = Penambahan Tegangan (kN/m²)

q = Beban Timbunan (kN/m²)

I_p = *non-dimensional influence factor*

Influence factor yang digunakan dapat dicari dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Grafik Influence Factor

Nilai penurunan memiliki Batasan tertentu dalam kriteria penurunannya. Mengacu pada SNI 8640-2017, penurunan izin untuk semua jenis struktur bawah adalah sebesar $<15 \text{ cm} + b/600$ (b dalam satuan cm).

3.5 Geotekstil

Geotekstil merupakan lembaran sintesis yang sifatnya mudah tembus air. Geotekstil umumnya digunakan pada pondasi, batuan, tanah dan atau aplikasi geoteknik lainnya. Lembaran sintesis geotekstil terbuat dari bahan-bahan yang terdiri dari benang dan serat polimer. Adapun jenis geotekstil dibagi menjadi dua yaitu.

1. Geotekstil teranyam

Geotekstil teranyam atau *woven geotextile* merupakan serat polimer yang berbentuk benang yang dianyam menjadi lembaran yang bentuknya menyerupai karung beras dan memiliki warna hitam disertai dengan perlindungan terhadap sinar ultra violet. Geotekstil ini memiliki kuat tarik lebih besar dibandingkan geotekstil tidak teranyam. Geotekstil teranyam

memiliki fungsi sebagai bahan stabilisasi tanah yang umumnya digunakan pada tanah lunak agar tanah tersebut tidak mengalami penurunan.

2. Geotekstil tidak teranyam

Geotekstil tidak teranyam atau *non woven geotextile* merupakan lembaran sintesis yang berebentuk seperti karpet kain yang terbuat dari bahan polimer *polyester* (PET) atau *polypropylene* (PP) yang dimana serat-serat tersebut dijadikan lembaran dengan cara mekanis, yaitu dengan tekanan pada temperatur tinggi sehingga dapat berbentuk seperti karpet kain. Fungsi dari geotekstil tidak teranyam adalah sebagai pemisah yang memisahkan atau mencegah tercampurnya material yang satu dengan material yang lainnya, sebagai contoh aplikasi pada tanah lunak geotekstil ini mencegah naiknya lumpur ke sistem perkerasan sehingga terhindar dari efek *pumping* yang akan merusak perkerasan sehingga memudahkan proses pemadatan. Selain itu geotekstil ini memiliki fungsi lain sebagai penyaring dikarenakan sifatnya yang tembus air. Serta berfungsi juga sebagai stabilisator atau biasa disebut dengan perkuatan.

3.6 *Software GeoStudio*

Geostudio merupakan program analisis geoteknik terintegrasi yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng, aliran air tanah, dan perpindahan panas serta massa yang ada di tanah dan batuan. GeoStudio terdiri dari *SLOPE / W*, *SEEP / W*, *SIGMA / W*, *QUAKE / W*, *TEMP / W*, dan *CTRAN / W*, dikarenakan program ini terintegrasi maka dapat menggunakan hasil dari satu produk ke produk lainnya. Pada penelitian ini menggunakan produk *SLOPE / W* dari GeoStudio.

SLOPE / W merupakan program stabilitas lereng tanah dan lereng batu yang dapat digunakan untuk menganalisis segala permasalahan stabilitas lereng dengan secara efektif menganalisis masalah sederhana hingga yang kompleks dengan berbagai bentuk permukaan gelincir, kondisi tekanan air pori, sifat tanah, serta kondisi pembebanan. *SLOPE/W* bisa digunakan untuk menganalisis stabilitas tanah yang telah diberi perkuatan seperti perkuatan *soil nailing*, *anchor*, geotekstil dan macam-macam perkuatan lainnya

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian adalah suatu cara pelaksanaan untuk mencari jawaban dari permasalahan yang telah diajukan dengan cara mengumpulkan informasi atau data dan melakukan penyelidikan terhadap data yang sudah didapatkan. Penelitian yang akan dilakukan ialah analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil pada proyek Jalan Tol Pejagan-Pemalang dengan menggunakan program *GeoStudio* 2018 yang menghasilkan nilai faktor aman (*Safety fator*) dengan menggunakan variasi tinggi 6 meter, 8 meter, dan 10 meter. Diharapkan hasil dari analisis yang akan dilakukan dapat menghasilkan nilai faktor aman (*safety factor*) paling baik, sehingga pada perencanaan perkuatan stabilitas lereng dapat digunakan sebagai acuan untuk kondisi tanah dan nilai pembebanan tertentu.

4.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan penelitian seperti berikut ini.

1. Pengumpulan data

Tahapan ini meliputi tahap pengambilan dan pengumpulan data tanah (data uji lapangan dan uji laboratorium) yang diperlukan untuk keperluan analisis pada proyek Jalan Tol Pemalang - Batang STA 1+600.

2. Pengolahan dan analisis data

Pada tahapan ini data yang sebelumnya sudah didapatkan kemudian diolah untuk dilakukan analisis stabilitas timbunan pada badan jalan. Data tersebut diolah dengan cara *input* data ke dalam program *GeoStudio* dengan variasi tinggi timbunan 6 meter, 8 meter, dan 10 meter dengan keadaan timbunan tanah asli dan timbunan tanah asli dengan geotekstil.

3. Hasil dan kesimpulan

Tahapan ini merupakan proses penulisan ke dalam laporan mengenai hasil

yang telah didapatkan dari tahapan analisis. Dari hasil tersebut akan menghasilkan solusi dari permasalahan yang ada yang kemudian diambil kesimpulan berdasarkan teori yang sudah ada.

4.3 Analisis data

Metode analisis data adalah metode yang dilakukan untuk memudahkan peneliti dalam memahami data yang diperoleh. Berikut merupakan data-data yang diperoleh sehingga selanjutnya akan dianalisis berdasarkan tahap pengerjaannya.

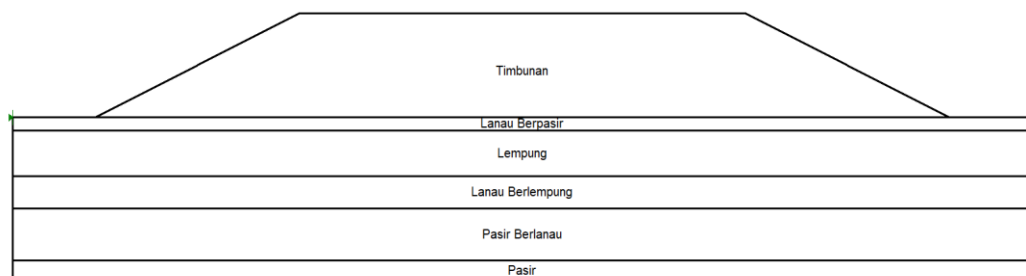
4.4.1 Parameter tanah

Data parameter tanah yang diperoleh dari hasil penyelidikan tanah dalam proyek Pembangunan Jalan Tol Pemalang – Batang dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Data Parameter Tanah STA 1+600

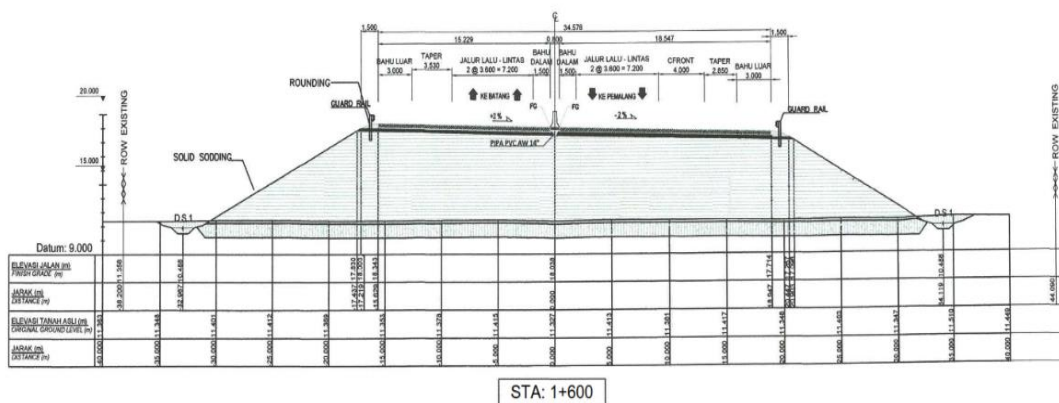
Nama	Satuan	Lanau Berpasir	Lempung	Lanau Berlempung	Pasir Berlanau	Pasir	Timbunan
		<i>Undrained</i>	<i>Drained</i>	<i>Undrained</i>	<i>Drained</i>	<i>Undrained</i>	
γ_{unsat}	kN/m ³	16	15	16	15	17	17
γ_{sat}	kN/m ³	17	16	17	16	18	18
E	kN/m ²	25000	5370	8160	35000	56000	2500
v		0.31	0.33	0.32	0.32	0.3	0.33
c	kN/m ²	1	26.84	63.13	5	5	35
ϕ	°	31	24	28	36.4	28.23	10
kedalaman	m	0-1	1-4.5	4.5-7	7-11	11-12.5	

Berdasarkan data parameter tanah diatas apabila diplot sesuai dengan lapisan tanahnya akan terlihat seperti Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.1 Lapisan Tanah STA 1+600

Selain data parameter tanah, didapatkan juga gambar potongan melintang dan parameter jalan. Data geometri potongan melintang jalan yang diperoleh dari PT. Pemalang Batang Toll Road dalam proyek Pembangunan Jalan Tol Pemalang – Batang. Pada data tersebut diperoleh tinggi timbunan eksisting sebesar 8 m dengan lebar 80 m. Gambar potongan melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.2 Potongan Melintang Jalan STA 1+600

4.4.2 Beban Lalu Lintas

Data beban lalu lintas yang digunakan sebesar 15 kN/m^2 , karena jalan tol Pemalang – Batang ini termasuk dalam kelas jalan primer arteri yang dapat dilihat berdasarkan Tabel 4.2 dibawah ini. Sedangkan beban dari perkerasan yang digunakan adalah 10 kN/m^2 diperoleh dari data sekunder.

Tabel 4.2 Beban Lalu Lintas

Sistem Jaringan	Fungsi Jalan	LHR	Beban Lalu Lintas (kN/m^2)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	> 10.000	15
		< 10.000	12
Sekunder	Arteri	> 20.000	15
		< 20.000	12
	Kolektor	> 6.000	12
		< 6.000	10
	Lokal	> 500	10
		< 500	10

4.4.3 Data Beban Gempa

Data beban gempa yang diperoleh berdasarkan pada peta zonasi gempa yang tertera pada website www.rsa.ciptakrya.pu.go.id dan diperoleh nilai PGA sebesar 0.281 g, namun dalam permodelan menggunakan nilai 50% dari nilai PGA yaitu 0,1405.

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas	T0(detik)	Ts(detik)	Sds(g)	Sd1(g)
SBC - Batuan	0.09	0.43	0.37	0.16

Rentang T(s) Value: 6

PGA MCEG: 0.2817 (g) bedrock

SS MCEr: 0.6159 (g) bedrock

S1 MCEr: 0.3050 (g) bedrock

TL: 20 Detik

Save

Gambar 4.3 Nilai PGA di lokasi Penelitian

4.4.4 Data Geotekstil

Untuk geotekstil yang digunakan adalah produk dari blablabla. Data geotekstil dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 4.3 Data Geotekstil

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik Ijin	T	55	kN/m
Regangan	ϵ	30	%
Kekuatan Normal	EA	184	kN/m

4.4 Variasi Permodelan Pada Timbunan Eksisting Menggunakan Geoslope 2018

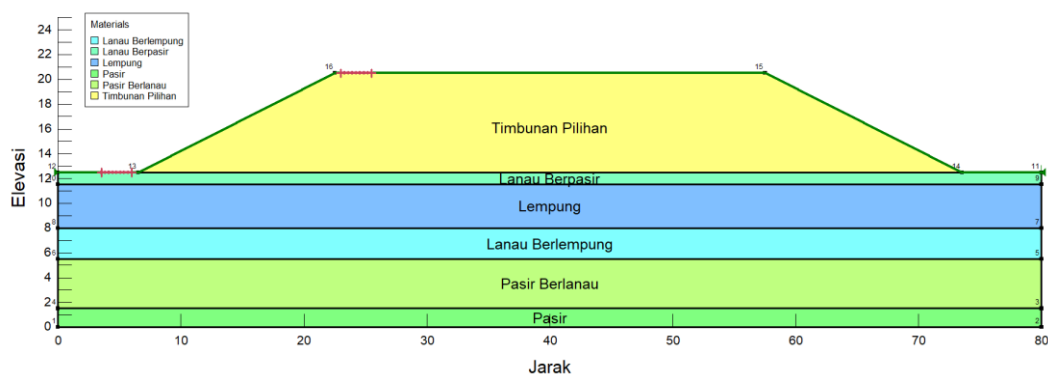
Analisis dilakukan dengan menggunakan program geoslope 2018. Permodelan dilakukan pada kondisi timbunan eksisting yaitu lereng timbunan dengan ketinggian 8 meter yang kemudian dilakukan beberapa permodelan, antara lain :

1. Kondisi tanpa perkuatan dan tanpa beban lalu lintas,

2. Kondisi terpengaruhi beban lalu lintas,
3. Kondisi terpengaruhi beban gempa, dan
4. Kondisi dengan perkuatan.

4.4.1 Permodelan Timbunan Eksisting dengan Kondisi tanpa Perkuatan

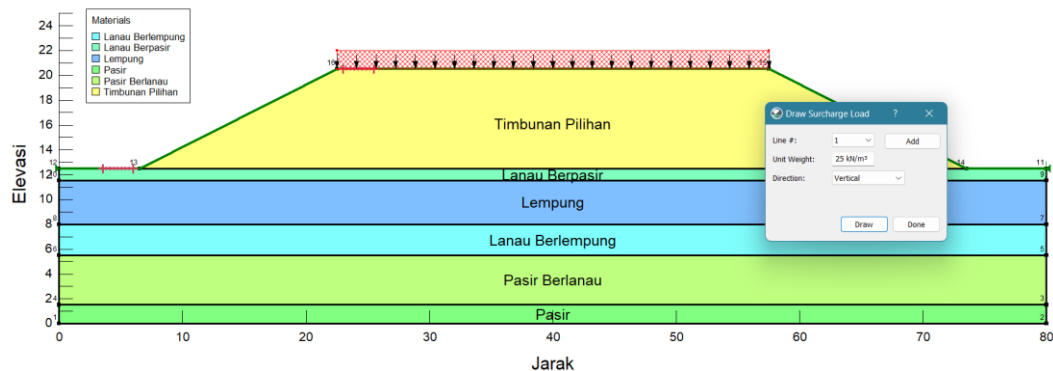
Analisis dilakukan menggunakan program Geoslope 2018. Tahapan yang pertama dimulai dengan permodelan lereng sesuai dengan geometri potongan melintang jalan tol Pemalang-Batang Sta 1+600, input data yang sudah ditentukan, lalu dilakukan analisis untuk mencari angka aman (SF). Pada tahapan ini analisis yang dilakukan ialah mencari angka aman dari lereng timbunan tanpa perkuatan serta mencari bidang longsor pada lereng. Permodelan lereng timbunan eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Permodelan Timbunan Eksisting Tanpa Perkuatan dan Tanpa Beban Lalu Lintas

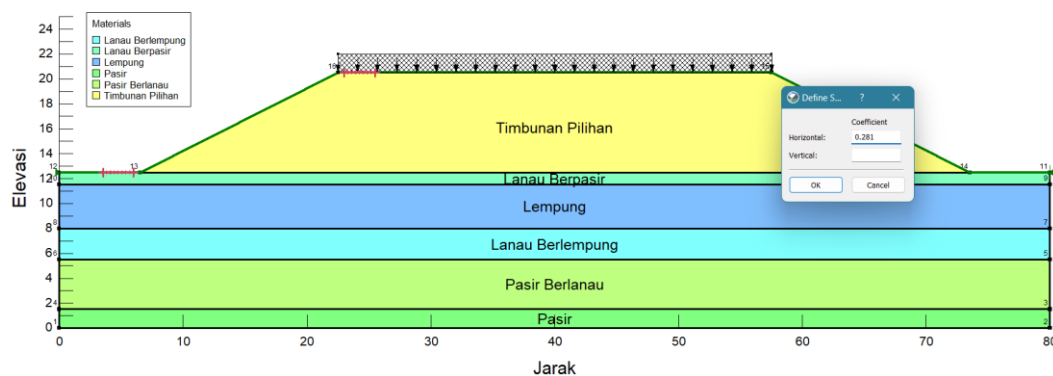
4.4.2 Permodelan Timbunan Eksisting dengan Kondisi Terpengaruhi Beban Lalu Lintas

Analisis dilakukan menggunakan program Geoslope 2018. Tahapan yang pertama dimulai dengan permodelan lereng sesuai dengan geometri potongan melintang jalan tol Pemalang-Batang Sta 1+600, input data yang sudah ditentukan, lalu dilakukan analisis untuk mencari angka aman (SF). Pada tahapan ini analisis yang dilakukan ialah mencari angka aman dari lereng timbunan eksisting tanpa perkuatan dan dalam kondisi tidak terpengaruhi beban lalu lintas serta mencari bidang longsor pada lereng. Permodelan lereng timbunan eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Permodelan Timbunan Eksisting Terpengaruhi Beban Lalu Lintas

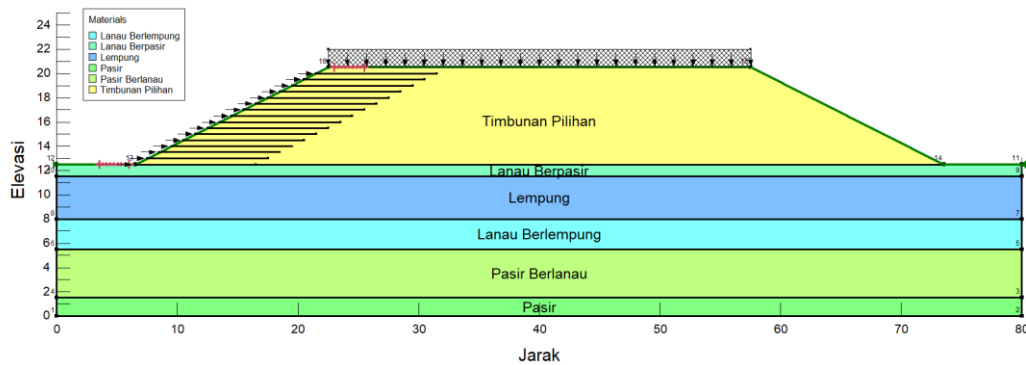
4.4.3 Permodelan Timbunan Eksisting dengan Kondisi Terpengaruhi Beban Gempa Analisis dilakukan menggunakan program Geoslope 2018. Tahapan yang pertama dimulai dengan permodelan lereng sesuai dengan geometri potongan melintang jalan tol Pemalang-Batang Sta 1+600, input data yang sudah ditentukan, lalu dilakukan analisis untuk mencari angka aman (SF). Pada tahapan ini analisis yang dilakukan ialah mencari angka aman dari lereng timbunan tanpa perkuatan dan dalam kondisi terpengaruhi beban gempa serta mencari bidang longsor pada lereng. Permodelan lereng timbunan eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Permodelan Timbunan Eksisting Terpengaruhi Beban Gempa

4.4.4 Permodelan Timbunan Eksisting dengan Kondisi diberi Perkuatan Geotekstil Analisis dilakukan menggunakan program Geoslope 2018. Tahapan yang pertama dimulai dengan permodelan lereng sesuai dengan geometri potongan melintang jalan tol Pemalang-Batang Sta 1+600, input data yang sudah ditentukan,

lalu dilakukan analisis untuk mencari angka aman (SF). Pada tahapan ini analisis yang dilakukan ialah mencari angka aman dari lereng timbunan yang sudah diberi perkuatan geotekstil serta mencari bidang longsor pada lereng. Permodelan lereng timbunan eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini.



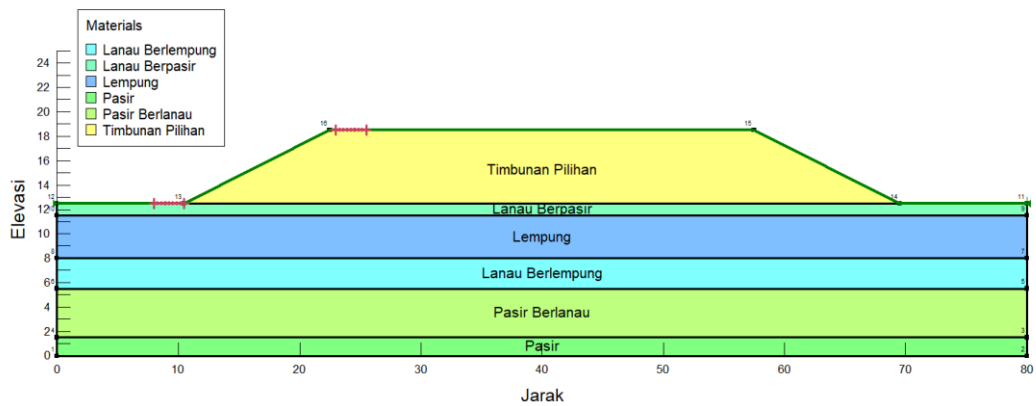
Gambar 4.7 Permodelan Timbunan Eksisting dengan Perkuatan

4.5 Permodelan dengan Variasi Ketinggian Pada Lereng Timbunan

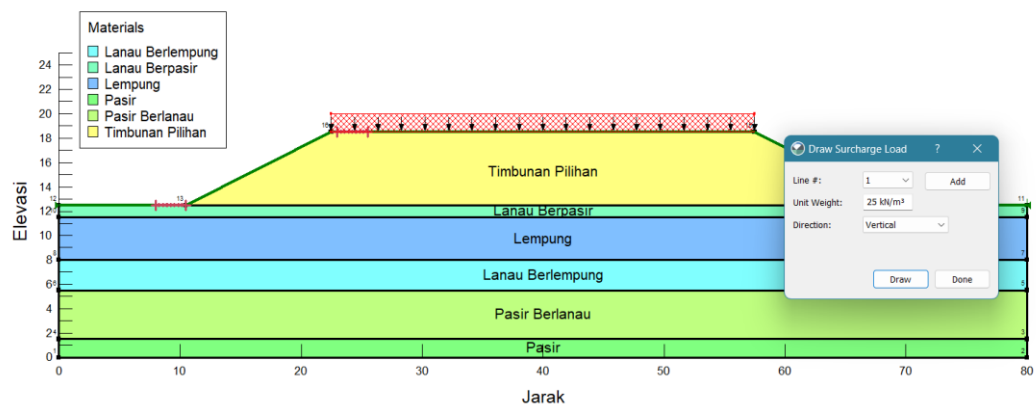
Permodelan selanjutnya dilakukan dengan perbedaan ketinggian. Pada permodelan sebelumnya yang merupakan permodelan pada lereng timbunan eksisting dengan ketinggian 8 meter. Kemudian dilakukan permodelan dengan variasi ketinggian 6 meter dan 10 meter.

4.5.1 Permodelan Pada Variasi Ketinggian 6 meter

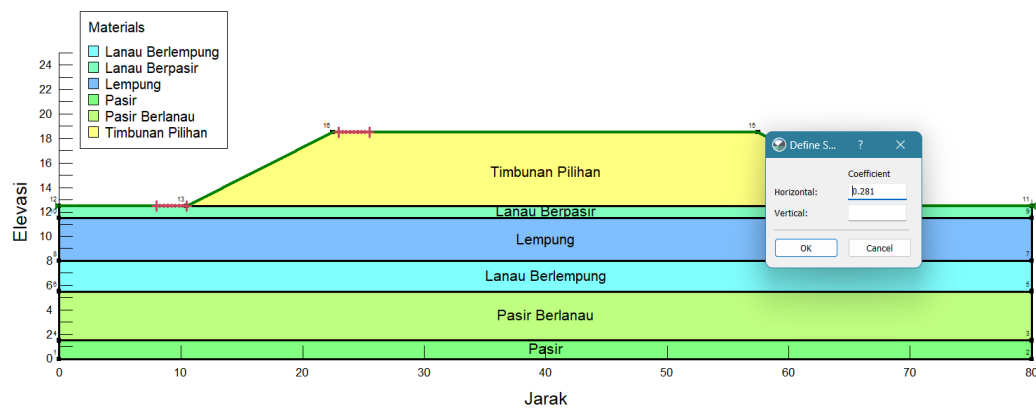
Analisis dilakukan menggunakan program Geoslope 2018. Dimulai dengan permodelan lereng sesuai dengan geometri potongan melintang jalan tol Pemalang-Batang Sta 1+600, input data yang sudah ditentukan, lalu dilakukan analisis untuk mencari angka aman (SF). Pada tahapan ini analisis yang dilakukan ialah mencari angka aman dari lereng timbunan dengan empat kondisi yaitu kondisi tanpa beban lalu lintas, dengan beban lalu lintas, dengan beban gempa, dan dengan perkuatan sudah diberi perkuatan geotekstil serta mencari bidang longsor pada lereng. Permodelan lereng timbunan ketinggian 6 meter dapat dilihat pada berikut ini.



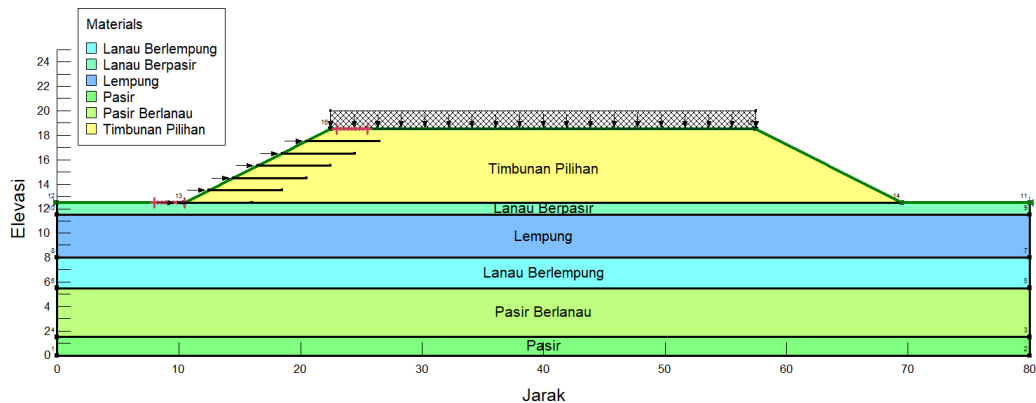
Gambar 4.8 Permodelan Timbunan 6 meter Tanpa Perkuatan dan Tanpa Beban Lalu Lintas



Gambar 4.9 Permodelan Timbunan 6 meter Terpengaruhi Beban Lalu Lintas



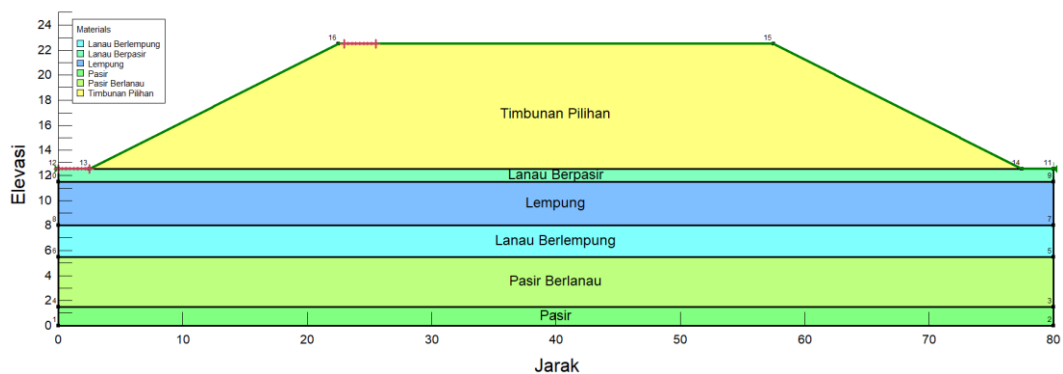
Gambar 4.10 Permodelan Timbunan 6 meter Terpengaruhi Beban Gempa



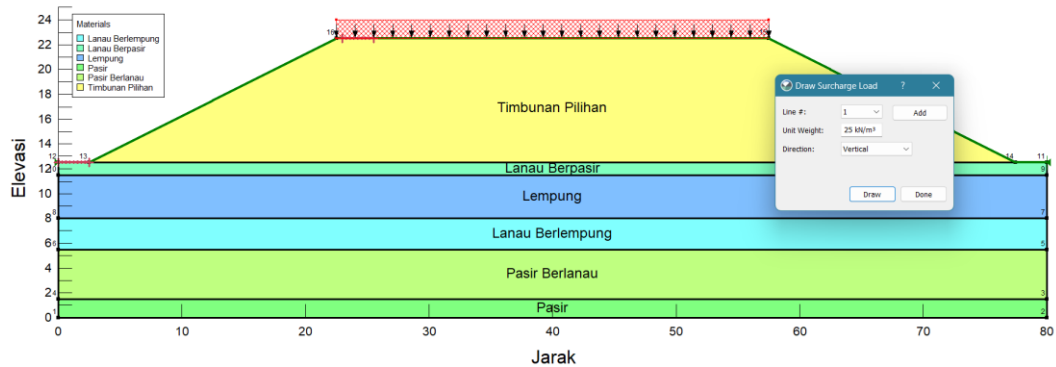
Gambar 4.11 Permodelan Timbunan 6 meter dengan Perkuatan

4.5.2 Permodelan Pada Variasi Ketinggian 10 meter

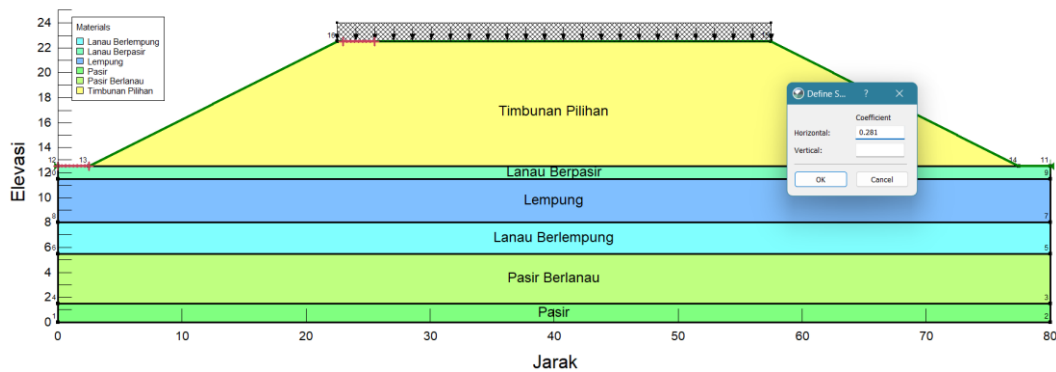
Analisis dilakukan menggunakan program Geoslope 2018. Dimulai dengan permodelan lereng sesuai dengan geometri potongan melintang jalan tol Pemalang-Batang Sta 1+600, input data yang sudah ditentukan, lalu dilakukan analisis untuk mencari angka aman (SF). Pada tahapan ini analisis yang dilakukan ialah mencari angka aman dari lereng timbunan dengan kondisi tanpa beban lalu lintas, dengan beban lalu lintas, dengan beban gempa, dan dengan perkuatan sudah diberi perkuatan geotekstil serta mencari bidang longsor pada lereng. Permodelan lereng timbunan ketinggian 10 meter dapat dilihat pada berikut ini



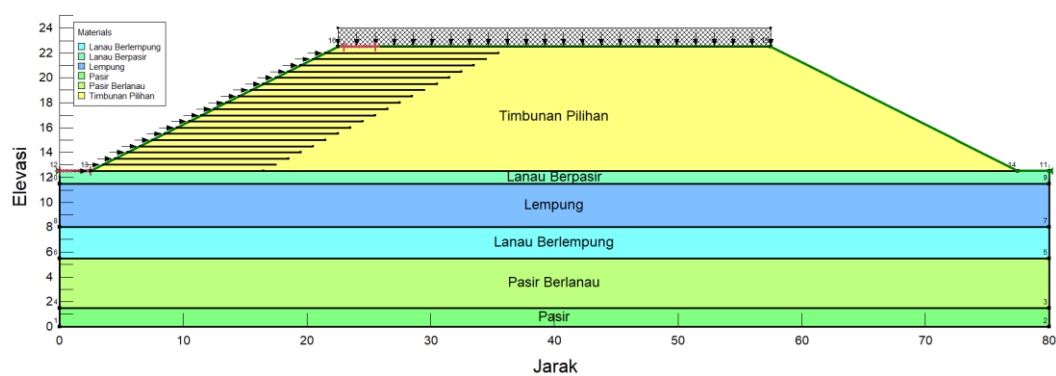
Gambar 4.12 Permodelan Timbunan 10 meter Tanpa Perkuatan dan Tanpa Beban Lalu Lintas



Gambar 4.13 Permodelan Timbunan 10 meter Terpengaruhi Beban Lalu Lintas



Gambar 4.14 Permodelan Timbunan 10 meter Terpengaruhi Beban Gempa



Gambar 4.15 Permodelan Timbunan 10 meter dengan Perkuatan

4.6 Tahapan Analisis

Adapun tahapan analisis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan program *GeoStudio 2018* sebagai berikut ini.

1. Tahapan Permodelan

Tahap ini merupakan tahapan permodelan kondisi stabilitas lereng dengan variasi ketinggian 6m, 8m, dan 10m.

2. Tahapan Analisis

Tahap ini merupakan tahapan analisis stabilitas lereng menggunakan program *SLOPE/W* pada lereng asli untuk mendapatkan nilai angka aman (*safety factor*) pada kondisi sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.

3. Permodelan *SLOPE/W 2018*

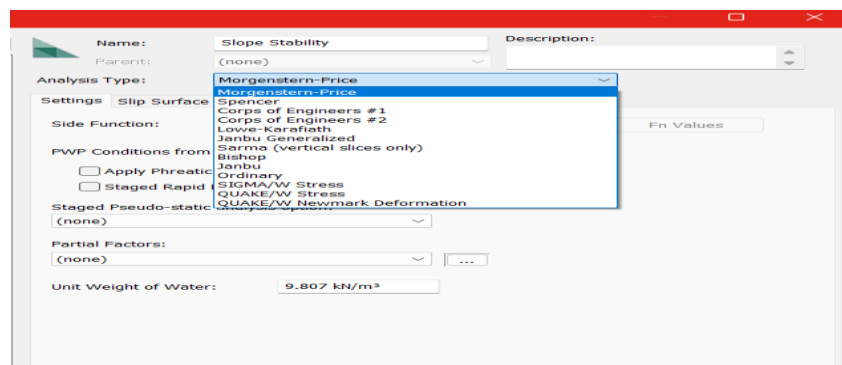
Pengoperasian program *SLOPE/W* dimodelkan dengan setengah bagian timbunan dengan material *Mohr Coloumb*.

a. Pengaturan awal

Hal pertama yang perlu diatur yaitu *Define Analysis* yang diperuntukkan untuk menentukan pengaturan dalam menganalisis stabilitas kelongsoran lereng. Dengan cara sebagai berikut.

1) Menentukan Metode Analisis

Ada beberapa metode analisis lereng yang ada pada program *SLOPE/W*, seperti *Bishop*, *Spencer*, *Janbu*, *Janbu Generalized*, *Morgenstern-Price*, *Sarma*, dan *Ordinary*

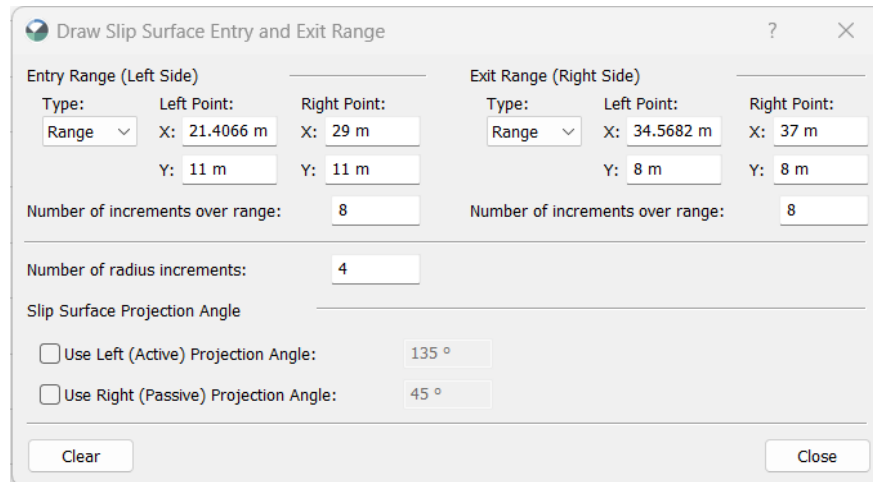


Gambar 4.16 Tampilan Metode Analisis

2) Menentukan bidang longsor

Pengaturan ini bertujuan untuk mengatur arah kelongsoran. Arah kelongsoran dapat ditentukan sesuai keinginan, dari arah kiri maupun

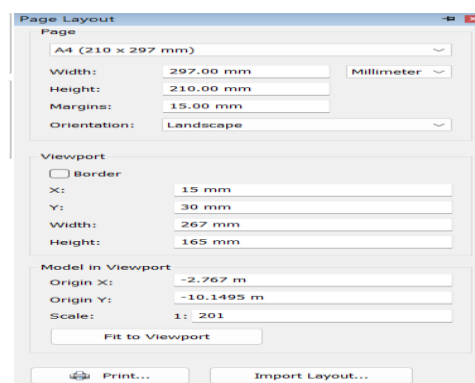
arah kanan. Untuk menentukan bidang longsor dapat ditentukan dengan memilih *Entry and Exit*.



Gambar 4.17 Tampilan Penentuan *Slip Surfaces*

3) Pengaturan Kertas Kerja

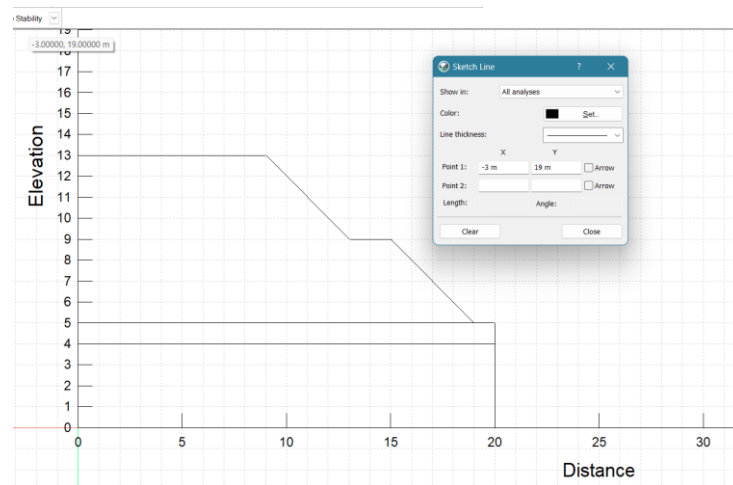
Kertas kerja dapat diatur dengan cara klik “Window” pada toolbar, kemudian klik “Page Layout Properties” untuk mengatur ukuran kertas dan juga mencetak hasil analisis.



Gambar 4.18 Tampilan Pengaturan Kertas

b. Membuat sketsa gambar

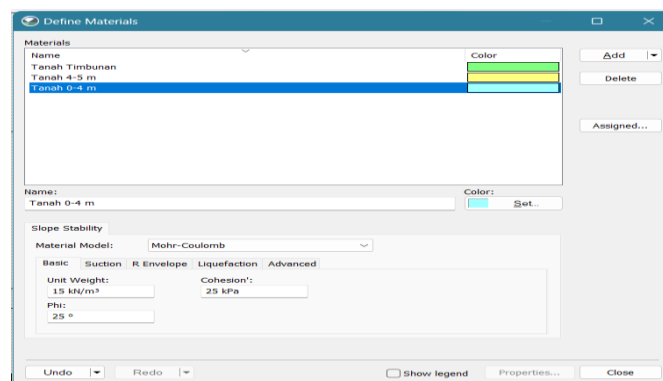
Pada langkah ini harus dilakukan dengan benar agar sketsa gambar timbunan sesuai dengan perencanaan. Dilakukan dengan cara klik “Sketch Lines” pada toolbar, kemudian masukkan angka koordinat dengan format (X;Y).



Gambar 4.19 Sketsa Timbunan

c. Mendefinisikan parameter tanah

Berat isi tanah (γ), sudut geser (ϕ), dan kohesi (c) adalah data parameter tanah yang dimasukkan. Pastikan satuan harus sama terlebih dahulu sebelum dimasukkan. Dilakukan dengan cara klik “Define” pada toolbar, kemudian klik “Materials”, muncul jendela Define Materials dan klik “add”. berikan nama material, lalu gunakan “Mohr-Coulomb” pada “Material model”.



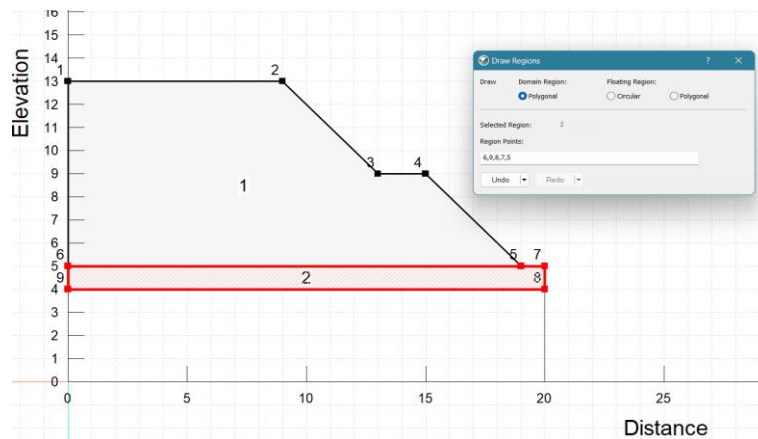
Gambar 4.20 Tampilan Pengaturan Material

d. Menentukan parameter tanah tiap lapisan

Ada dua tahapan untuk menentukan parameter tanah ke masing-masing lapisan tanah, yaitu:

1) Menggambar batas lapisan tanah

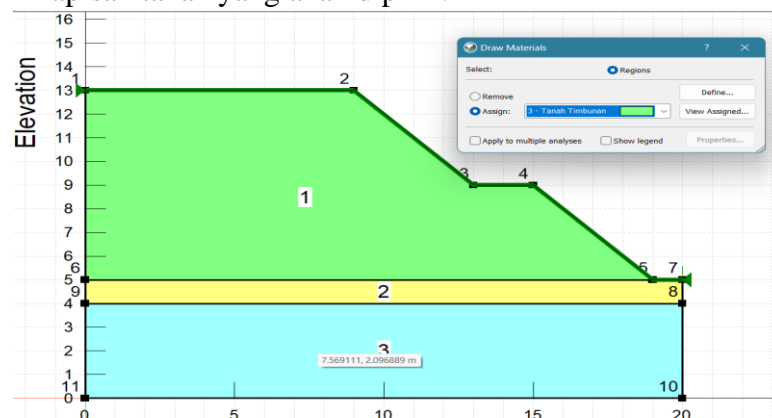
Garis batas lapisan tanah digambar sesuai dengan koordinat. dengan cara klik “Draw Regions” pada toolbar, lalu input angka koordinat dengan format (X;Y).



Gambar 4.21 Tampilan Penggambaran Batas Lapisan Tanah

2) Memilih parameter tanah

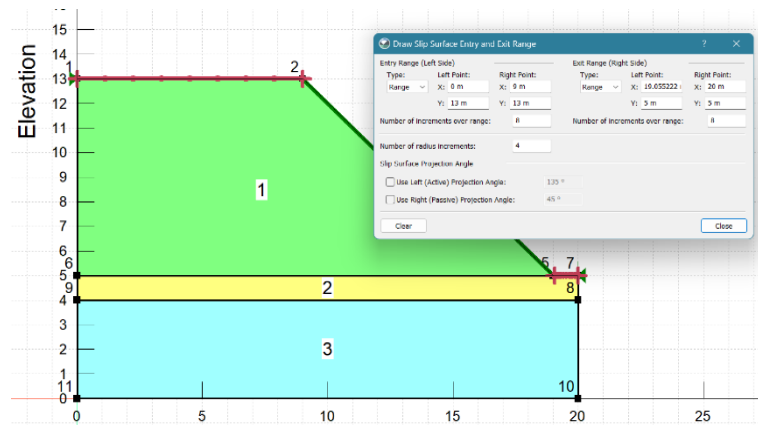
Parameter tanah dipilih sesuai dengan lapisan tanah. Dengan cara klik “Draw Materials” kemudian pilih jenis materialnya dan klik pada lapisan tanah yang akan dipilih.



Gambar 4.22 Tampilan Penambahan Material pada setiap Lapisan Tanah

e. Menggambar Entry and Exit bidang longsor

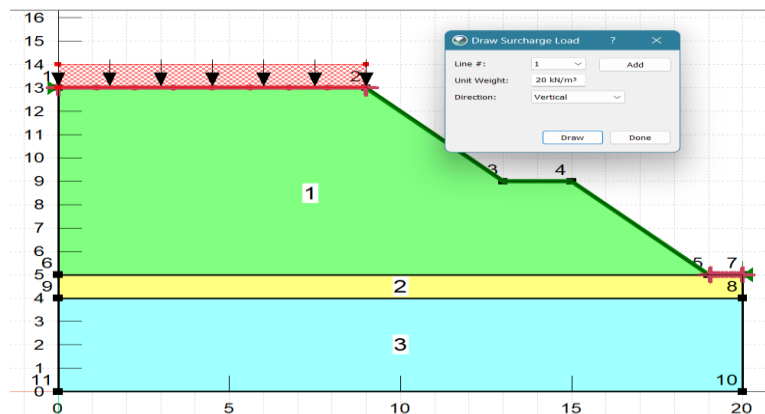
Langkah ini untuk memberikan gambaran di bagian mana longsor akan terjadi. Dengan cara klik “Define” pada toolbar, lalu klik “slip surface”, kemudian klik “Entru and Exit” dan input koordinatnya.



Gambar 4.23 Tampilan Pengaturan Bidang Longsor

f. Menggambar beban merata

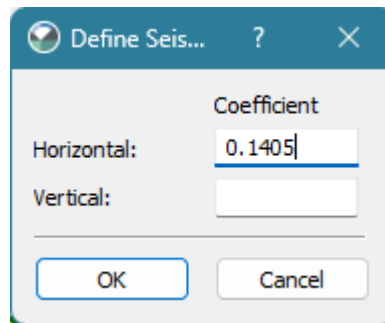
Input beban yang bekerja diatas tanah timbunan terlebih dahulu lalu gambar sesuai dengan yang sudah direncanakan dengan cara klik “Define” pada toolbar, lalu klik “Surcharge Loads”, klik “add” lalu masukan letak koordinat beban merata dan nilai beban meratanya.



Gambar 4.24 Tampilan Pengaturan Beban Merata

g. Memasukan beban gempa

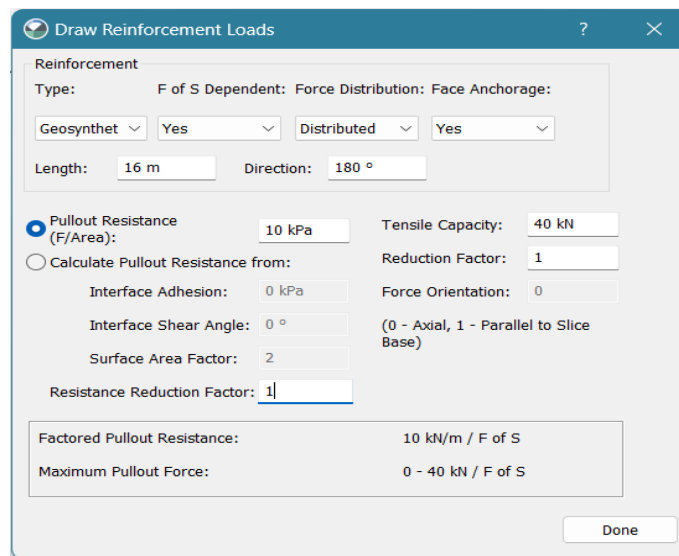
Nilai beban gempa yang dimasukkan merupakan koefisien gempa arah vertikal dan horizontal yang berdasarkan percepatan gempa daerah yang ditinjau dengan cara meninjau dari web www.rsa.ciptakarya.pu.go.id. Klik “Define” pada toolbar, lalu klik “seismic loads”, kemudian isikan koefisien gempa.



Gambar 4.25 Tampilan Pengaturan Beban Gempa

h. Menggambar perkuatan geotekstil

Pada penggambaran perkuatan geotekstil diperlukan data kuat tarik geotekstil dari produsen geotekstil tersebut, kemudian input koordinat perletakkan geotekstil dan juga panjang geotekstil.



Gambar 4.26 Tampilan Pengaturan Perkuatan

i. Menghitung Angka Aman

Perhitungan angka aman dilakukan di program *SLOPE/W* yang dilakukan dengan cara pada “menu bar” klik “start” pada bagian kiri halaman klik “solve Manager” kemudian muncul angka aman pada lereng yang sudah ditinjau sebelumnya.

4. Perhitungan Kebutuhan Geotekstil

Pada perhitungan geotekstil ini dilakukan analisis yang meliputi:

a. Jarak vertikal

Menghitung jarak vertikal antar geotekstil.

b. Stabilitas internal

Untuk mendapatkan panjang geotekstil dilakukan perhitungan stabilitas internal pada tombunan dengan penambahan perkuatan geotekstil.

c. Stabilitas Eksternal

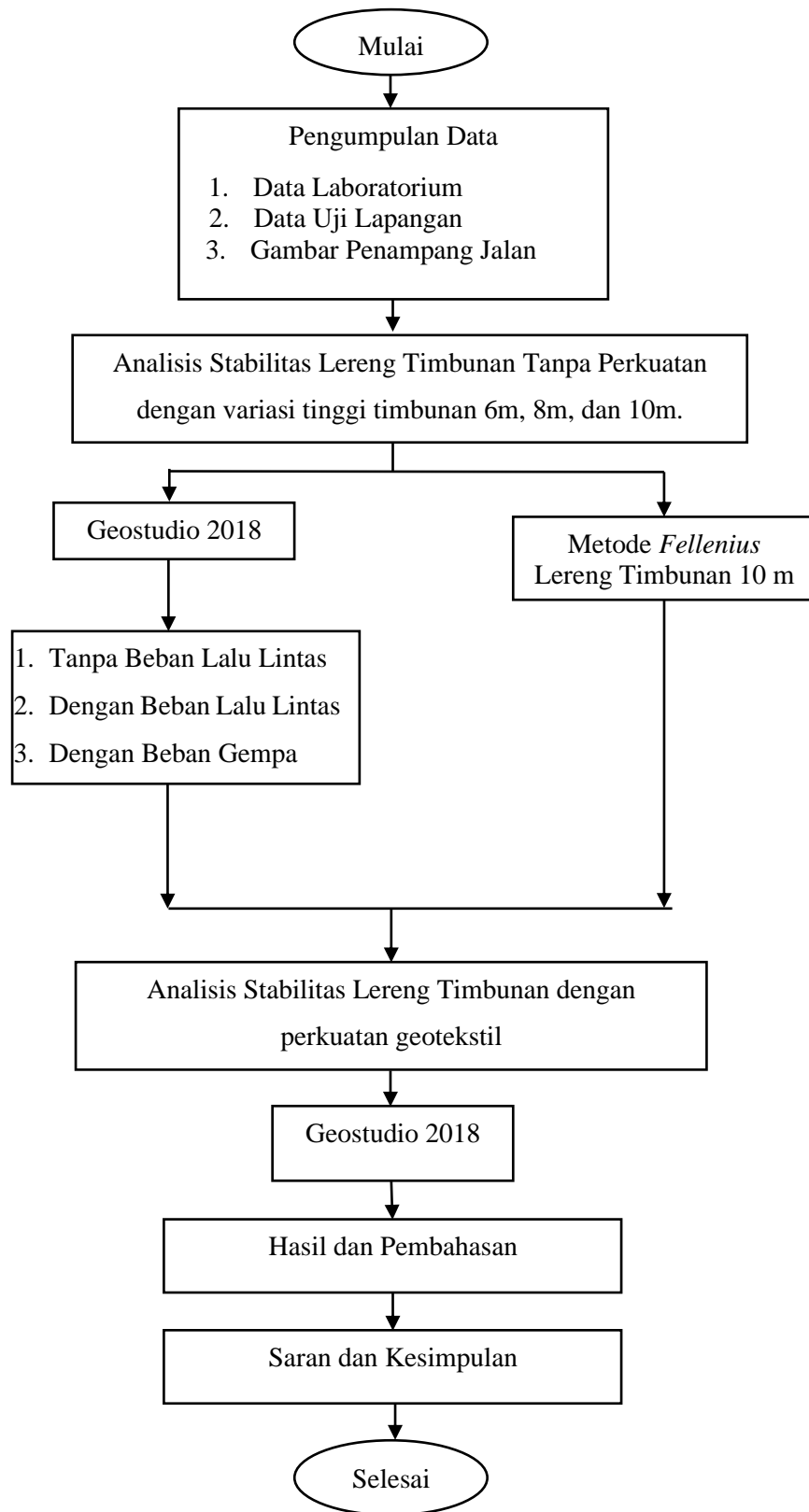
Untuk mendapatkan panjang efektif dan over lapping geotekstil dilakukan perhitungan stabilitas eksternal dengan penambahan perkuatan geotekstil.

5. Pembahasan

Pembahasan dari penelitian ini berisi tentang hasil analisis stabilitas lereng asli tanpa perkuatan geotekstil dan setelah diberi perkuatan geotekstil dengan menggunakan program *SLOPE/W*.

4.7 Bagan Alir

Adapun bagan alir penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.27 berikut.



Gambar 4.27 Bagan Alir Penelitian

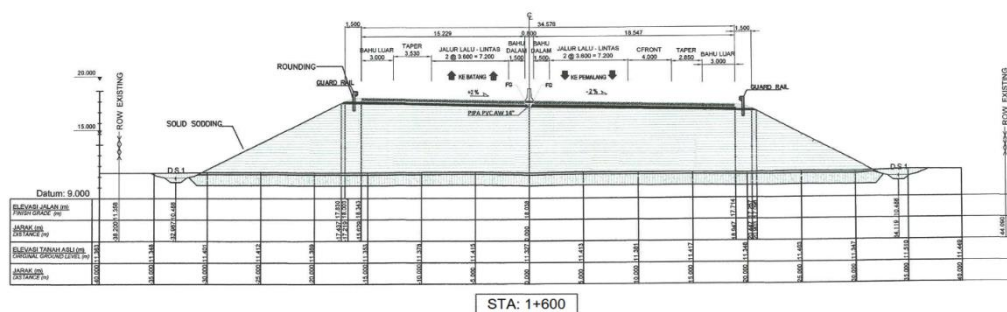
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Data

5.1.1 Data Potongan Melintang Jalan

Data geometri potongan melintang jalan yang diperoleh dari PT. Pemalang Batang Toll Road dalam proyek Pembangunan Jalan Tol Pemalang – Batang. Pada data tersebut diperoleh tinggi timbunan eksisting sebesar 8 m dengan lebar 80 m.

Gambar 5.1 Potongan Melintang Jalan STA 1+600

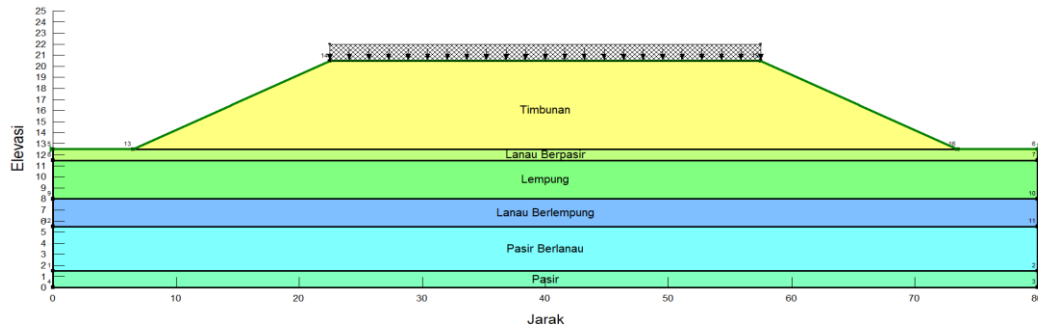


5.2 Analisis Stabilitas Timbunan Tanpa Perkuatan dengan Geostudio 2018.

Analisis yang dilakukan menggunakan program *SLOPE/W* Geostudio 2018. Tahapan yang dilakukan dimulai dengan permodelan lereng pada aplikasi sesuai dengan data geometri potongan melintang jalan tol Pemalang – Batang STA 1+600, memasukan data yang sudah diperoleh, selanjutnya dianalisis hingga diperoleh angka amannya. Analisis yang dilakukan pada tahap ini adalah mencari nilai SF dari lereng timbunan tanpa perkuatan serta mencari bentuk bidang longsor dari lerengnya. Berikut adalah hasil analisis yang dilakukan pada lereng timbunan dengan ketinggian 6m, 8m, dan 10m.

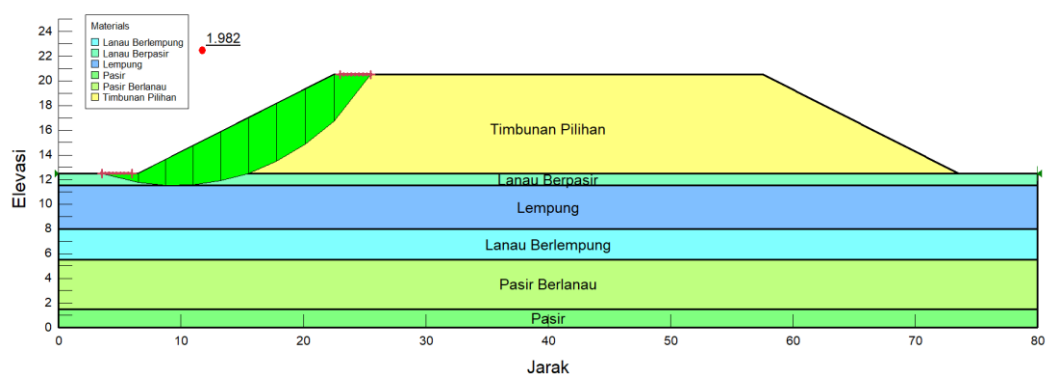
5.2.1 Analisis Stabilitas Timbunan Tinggi 8 m

Berikutnya dilakukan analisis pada lereng timbunan dengan ketinggian 8 meter. Tinggi lereng timbunan ini merupakan lereng eksisting yang berada pada lokasi studi kasus. Beban yang bekerja juga ditambahkan yaitu sebesar 25 kN/m^2 . Permodelan lereng timbunan dengan ketinggian 8 meter dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



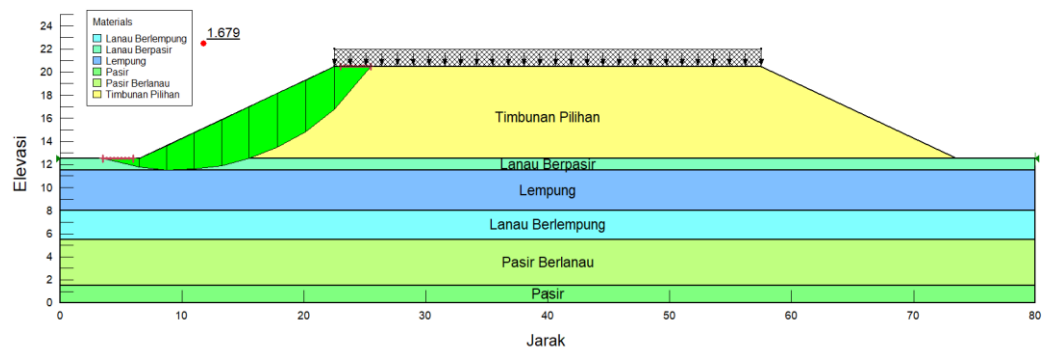
Gambar 5.2 Permodelan Lereng Timbunan 8 meter

Setelah permodelan, selanjutnya dilakukan tahap analisis dengan menggunakan program *SLOPE/W* Geostudio 2018 dengan tidak memasukkan beban lalu lintas dan beban gempa terlebih dahulu. Angka keamanan terhadap kelongsoran lereng yang didapat sebesar 1,982. Adapun hasil analisis menggunakan program Geoslope 2018 pada lereng timbunan 8 meter sebagai berikut.



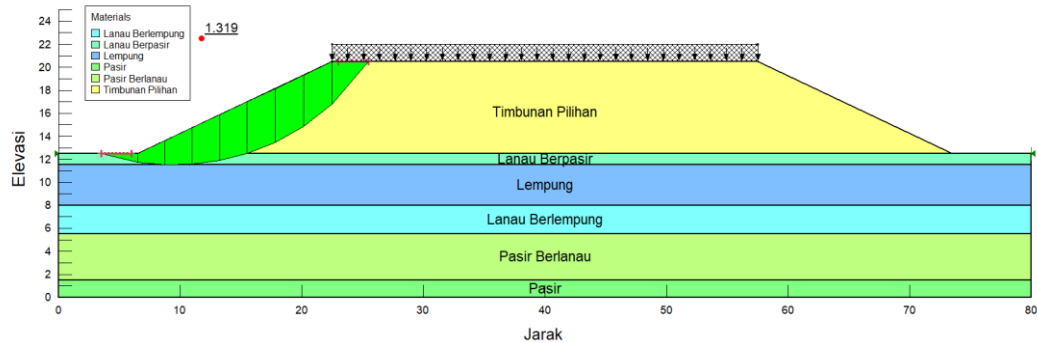
Gambar 5.3 Hasil Analisis Lereng timbunan 8 m Tanpa Perkuatan Geotekstil, Tanpa Beban Lalu Lintas, dan Tanpa Beban Gempa

Selanjutnya dilakukan tahap analisis dengan menggunakan program *SLOPE/W* Geostudio 2018 dengan tidak memasukkan beban gempa terlebih dahulu. Angka keamanan terhadap kelongsoran lereng yang didapat sebesar 1,679. Adapun hasil analisis menggunakan program Geoslope 2018 pada lereng timbunan 8 meter sebagai berikut.



Gambar 5.4 Hasil Analisis Lereng timbunan 8 m Tanpa Perkuatan Geotekstil dan Tanpa Beban Gempa

Setelah menganalisis lereng timbunan tanpa memberikan beban gempa dan tanpa perkuatan, selanjutnya dilakukan analisis dengan memasukkan beban gempa dan tanpa perkuatan. Didapat nilai angka keamanan terhadap lereng sebesar 1,319. Adapaun hasil analisis menggunakan program *SLOPE/W* Geostudio 2018 pada lereng timbunana 8 meter.

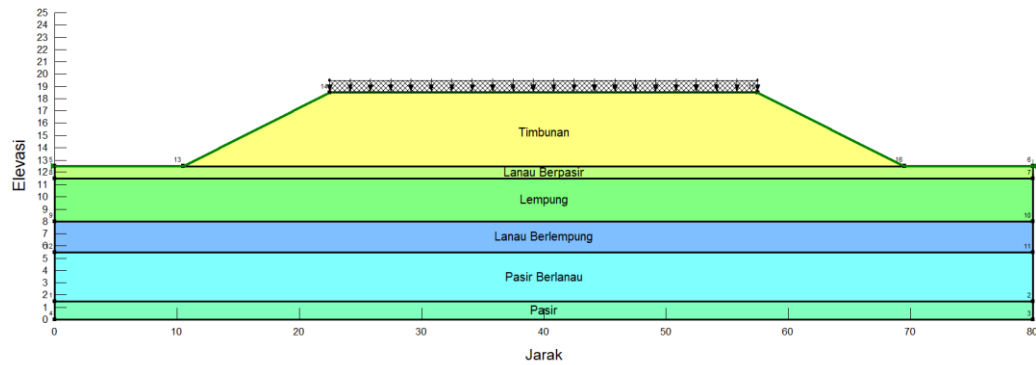


Gambar 5.5 Hasil Analisis Lereng timbunan 8 m Tanpa Perkuatan Geotekstil dengan Beban Gempa

Dari analisis yang dilakukan pada lereng timbunan 8 meter tanpa perkuatan dengan kondisi tanpa beban lalu lintas, tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa, mendapatkan nilai angka aman yang masing-masing 1,982; 1,679 dan 1,319. Angka aman yang sudah diperoleh tersebut baik dalam terpengaruhi beban gempa ($SF > 1,5$) maupun tidak terpengaruhi beban gempa ($SF > 1,1$) sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan. Dapat disimpulkan bahwa pada lereng timbunan dengan ketinggian 8 meter tidak diperlukan perkuatan menggunakan geotekstil karena lereng timbunan sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan.

5.2.2 Analisis Stabilitas Timbunan Tinggi 6 m

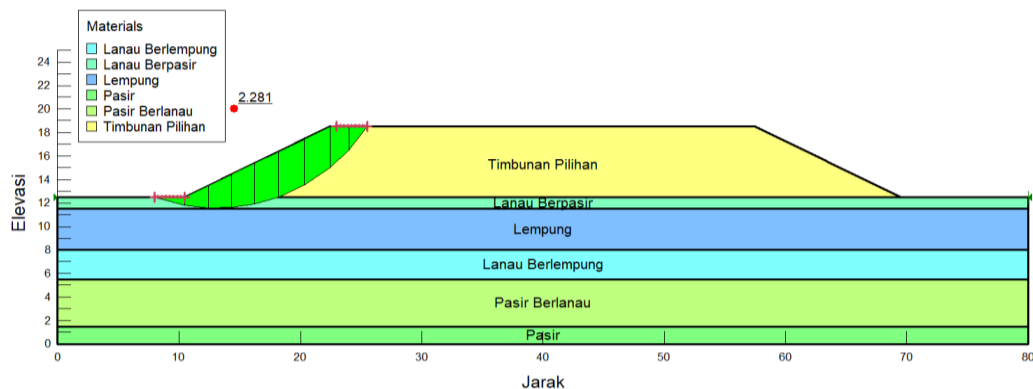
Permodelan dilakukan sesuai dengan data yang sudah diperoleh yaitu data potongan melintang jalan dan data parameter tanah serta beban yang bekerja juga ditambahkan yaitu beban merata sebesar 25 kN/m^2 . Permodelan lereng timbunan dengan ketinggian 6 meter dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.6 Permodelan Lereng Timbunan 6 meter

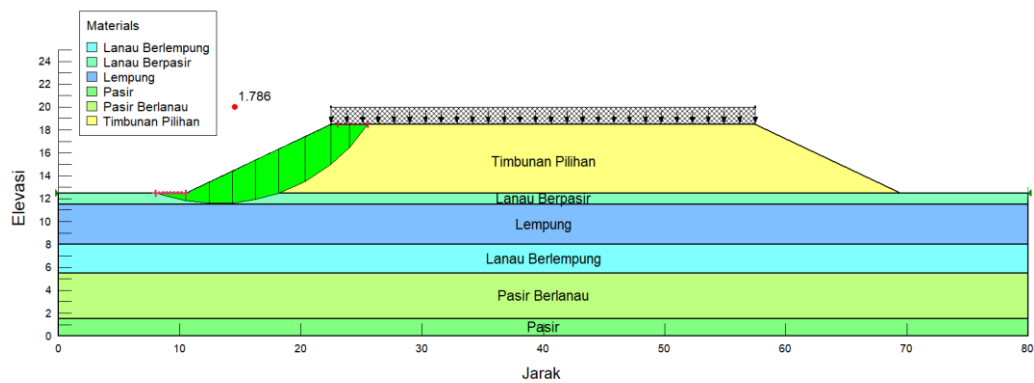
Setelah permodelan, selanjutnya dilakukan tahap analisis dengan menggunakan program *SLOPE/W* Geostudio 2018 dengan tidak memasukkan beban lalu lintas dan beban gempa terlebih dahulu. Angka aman terhadap kelongsoran lereng didapat sebesar 2,281. Adapun hasil analisis menggunakan program Geoslope 2018 pada lereng timbunan 6 meter sebagai berikut.

Gambar 5.7 Hasil Analisis Lereng timbunan 6 m Tanpa Perkuatan



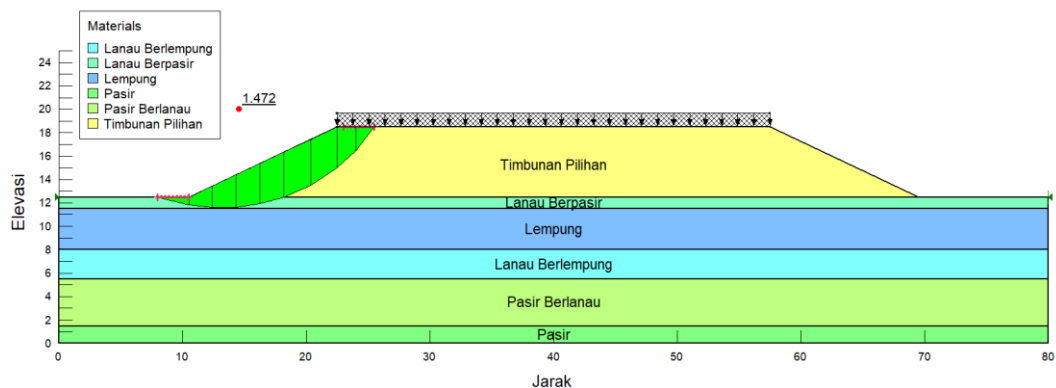
Geotekstil, Tanpa Beban Lalu Lintas, dan Tanpa Beban Gempa

Selanjutnya dilakukan tahap analisis dengan tidak memasukkan beban gempa terlebih dahulu. Angka keamanan terhadap kelongsoran lereng yang didapat sebesar 1,786. Adapun hasil analisis menggunakan program Geoslope 2018 pada lereng timbunan 6 meter sebagai berikut.



Gambar 5.8 Hasil Analisis Lereng timbunan 6 m Tanpa Perkuatan Geotekstil dan Tanpa Beban Gempa

Setelah menganalisis lereng timbunan tanpa memberikan beban gempa dan tanpa perkuatan, selanjutnya dilakukan analisis dengan memasukkan beban gempa dan tanpa perkuatan. Didapat nilai angka keamanan terhadap lereng sebesar 1,171. Adapaun hasil analisis menggunakan program *SLOPE/W* Geostudio 2018 pada lereng timbunana 6 meter.



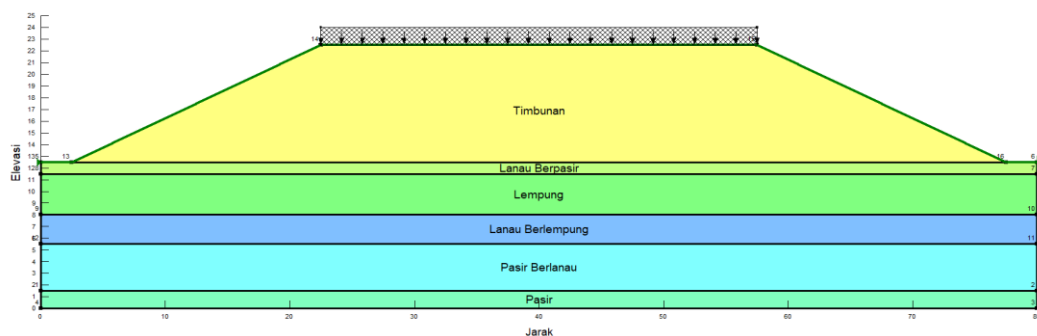
Gambar 5.9 Hasil Analisis Lereng timbunan 6 m Tanpa Perkuatan Geotekstil dengan Beban Gempa

Dari analisis yang dilakukan pada lereng timbunan 6 meter tanpa perkuatan dalam kondisi tanpa beban lalu lintas, tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa, mendapatkan nilai angka aman (SF) yang masing-masing 2,281; 1,786 dan 1,472. Angka aman yang sudah diperoleh tersebut baik dalam terpengaruhi beban gempa ($SF > 1,5$) maupun tidak terpengaruhi beban gempa ($SF > 1,1$) sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan. Dapat disimpulkan bahwa pada lereng

timbunan dengan ketinggian 6 meter diperlukan perkuatan menggunakan geotekstil karena lereng timbunan belum memenuhi nilai SF yang disyaratkan.

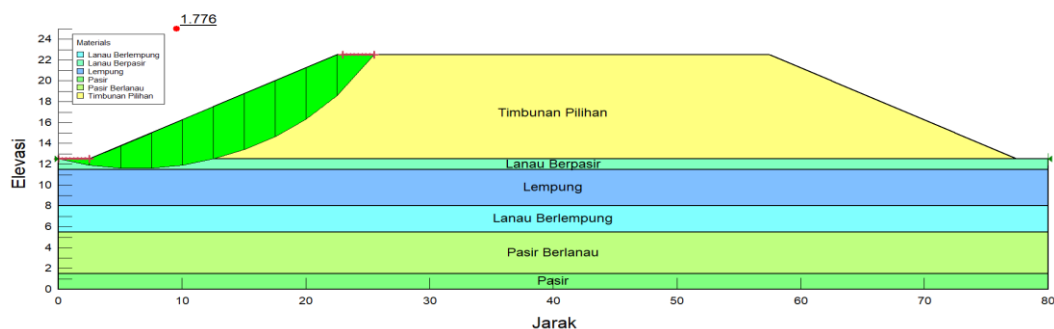
5.2.3 Analisis Stabilitas Timbunan Tinggi 10 m

Berikutnya dilakukan analisis pada lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter. Tinggi lereng timbunan ini merupakan lereng eksisting yang berada pada lokasi studi kasus. Beban yang bekerja juga ditambahkan yaitu sebesar 25 kN/m^2 . Permodelan lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.



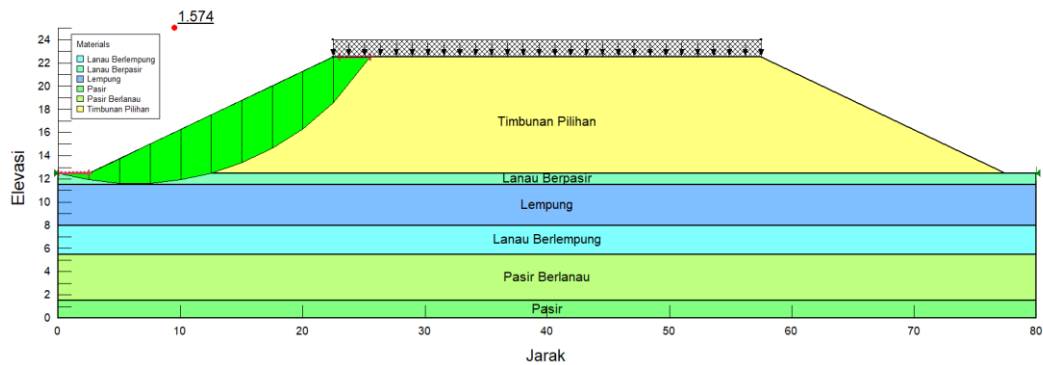
Gambar 5.10 Permodelan Lereng Timbunan 10 meter

Setelah permodelan, selanjutnya dilakukan tahap analisis dengan menggunakan program *SLOPE/W* Geostudio 2018 dengan tidak memasukkan beban lalu lintas dan beban gempa terlebih dahulu. Angka keamanan terhadap kelongsoran lereng yang didapat sebesar 1,776. Adapun hasil analisis menggunakan program Geoslope 2018 pada lereng timbunan 10 meter sebagai berikut.



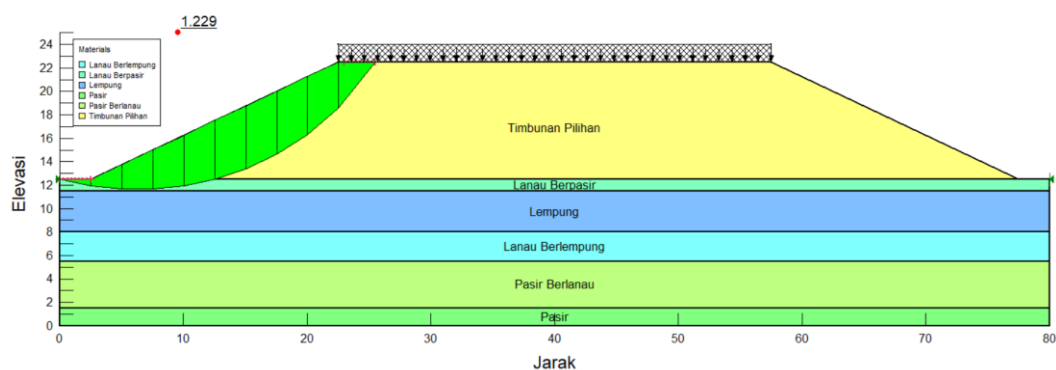
Gambar 5.11 Hasil Analisis Lereng timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Geotekstil dan Tanpa Beban Gempa

Setelah permodelan, selanjutnya dilakukan tahap analisis dengan menggunakan program *SLOPE/W* Geostudio 2018 dengan tidak memasukkan beban gempa terlebih dahulu. Angka keamanan terhadap kelongsoran lereng yang didapat sebesar 1,574. Adapun hasil analisis menggunakan program Geoslope 2018 pada lereng timbunan 10 meter sebagai berikut.



Gambar 5.12 Hasil Analisis Lereng timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Geotekstil dan Tanpa Beban Gempa

Setelah menganalisis lereng timbunan tanpa memberikan beban gempa dan tanpa perkuatan, selanjutnya dilakukan analisis dengan memasukkan beban gempa dan tanpa perkuatan. Didapat nilai angka keamanan terhadap lereng sebesar 1,002. Adapun hasil analisis menggunakan program *SLOPE/W* Geostudio 2018 pada lereng timbunan 10 meter.



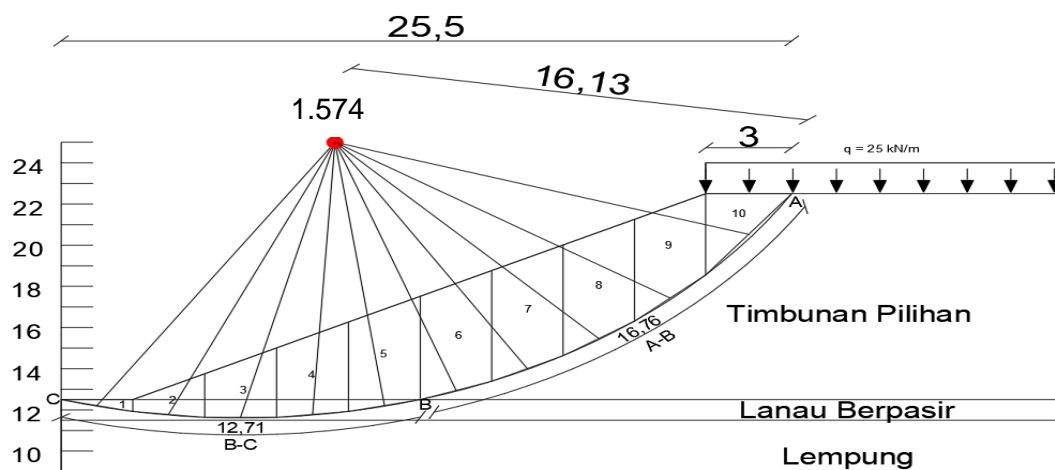
Gambar 5.13 Hasil Analisis Lereng timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Geotekstil dengan Beban Gempa

Dari analisis yang dilakukan pada lereng timbunan 10 meter tanpa perkuatan dengan kondisi tanpa beban lalu lintas dan tanpa beban gempa maupun dengan

beban gempa, mendapatkan nilai angka aman yang masing-masing 1,776; 1,574 dan 1,229. Angka aman yang sudah diperoleh tersebut baik dalam terpengaruhi beban gempa ($SF > 1,5$) maupun tidak terpengaruhi beban gempa ($SF > 1,1$) sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan. Dapat disimpulkan bahwa pada lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter diperlukan perkuatan menggunakan geotekstil karena lereng timbunan belum memenuhi nilai SF yang disyaratkan.

5.3 Analisis Stabilitas Timbunan Tanpa Perkuatan dengan Perhitungan Manual

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan secara manual dengan menggunakan metode irisan (Fellenius). Perhitungan manual ini dilakukan untuk membandingkan hasil yang didapatkan dari perhitungan pada program *SLOPE/W* Geostudio 2018 dengan perhitungan manual menggunakan metode Fellenius. Lereng timbunan yang akan dianalisis adalah lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter. Dimana sebelumnya pada program *SLOPE/W* Geostudio 2018 dengan permodelan pada ketinggian 10 meter sudah didapatkan hasil analisis dan bidang longsornya. Nilai angka aman (SF) yang diperoleh pada lereng tersebut akan digunakan untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi.



Gambar 5.14 Permodelan Lereng Metode Fellenius

Pada perhitungan ini bidang longsor dibagi menjadi 10 irisan atau 10 pias dengan panjang bidang longsor arah horizontal adalah 23 meter. Permodelan lereng dapat dilihat pada Gambar 5.14 diatas. Adapun langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode fellenius sebagai berikut,

1. Perhitungan berat setiap irisan (W_i)

$$W_i = \gamma \times A_i$$

Sedangkan untuk irisan atau pias yang di atasnya terdapat beban, perhitungan berat dapat dilakukan seperti berikut.

$$W_i = (\gamma \times A_1) + (q \times L)$$

Dimana nilai q adalah beban merata yang diberikan oleh beban struktur dan beban lalu lintas sebesar 25 kN/m^2 , sedangkan nilai L adalah lebar dari irisan yang terkena beban itu sendiri (m).

Berikut contoh perhitungan berat irisan. Sedangkan untuk rekapitulasi perhitungan berat tiap irisan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

$$\begin{aligned} W_1 &= \gamma \times A_1 \\ &= 5 \times 0,7194 \\ &= 3,597 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{10} &= (\gamma \times A_{10}) + (q \times L_{10}) \\ &= (35 \times 5,913) + (25 \times 3 \times 1) \\ &= 281,955 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Perhitungan $W \sin a$ untuk setiap pias

$$\begin{aligned} \text{Pias 1} &= W \times \sin \alpha \\ &= 3,597 \times (-0,224) \\ &= -0,807 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pias 10} &= W \times \sin \alpha \\ &= 330,797 \times 0,763 \\ &= 215,187 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan berat tiap pias dapat dilihat pada Tabel 5.4.

3. Perhitungan $W \cos a$ untuk setiap pias

$$\begin{aligned} \text{Pias 1} &= W \times \cos \alpha \\ &= 3,597 \times 0,974 \\ &= 3,505 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pias\ 10 &= W \times \cos \alpha \\
 &= 281,955 \times 0,6462 \\
 &= 182,189\ kN/m
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan berat tiap pias dapat dilihat pada Tabel 5.4.

4. Perhitungan tahanan longsor akibat komponen gesekan pada kedua lapis.

$$\begin{aligned}
 Pias\ 1 &= W \cos \alpha \times \tan \varphi \\
 &= 3,505 \times \tan(23) \\
 &= -11,849\ kN
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pias\ 10 &= W \cos \alpha \times \tan \varphi \\
 &= 182,189 \times \tan(10) \\
 &= 86,323\ kN
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan berat tiap pias dapat dilihat pada Tabel 5.4.

5. Perhitungan tahanan longsor akibat komponen kohesi

Berdasarkan hasil pengukuran dari potensi kelongsoran pada lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter, didapatkan garis lengkung pada lereng timbunan (A-B) sebesar 17,280 m dan panjang garis lengkung (B-C) sebesar 9,470 m. Setelah diketahui panjang garis lengkung, selanjutnya adalah menghitung nilai tahanan longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \sum c_i a_i &= (12,71 \times 5) + (16,76 \times 35) \\
 &= 650,150\ kN
 \end{aligned}$$

6. Gaya akibat beban merata (P_q)

Pada lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter terdapat beban merata di atasnya. Beban tersebut merupakan beban yang terdiri dari beban perkerasan sebesar $15\ kN/m^2$ dan beban lalu lintas sebesar $10\ kN/m^2$ yang apabila dijumlahkan menjadi $25\ kN/m^2$. Nilai beban tersebut diperhitungkan sebagai gaya yang menggerakkan tanah.

$$\begin{aligned}
 P_q &= q \times A \\
 &= 25 \times 3 \times 1 \\
 &= 75\ kN
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan manual lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter dengan menggunakan metode Fellenius.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hitungan Metode Fellenius

Irisan	Sudut	Φ	C	Luas / Area	Berat (W)	Sin θ	Cos θ	W Sin θ	W cos θ	(W cos θ) . (tan Φ)
	derajat	derajat	kPa	m ²	kN	-	-	kN	kN	kN
1	-12.965	23	5	0.7194	3.5970	-0.22444	0.9745	-0.80733	3.50523	-11.8495
2	-6.454	23	5	1.8014	9.0070	-0.11245	0.9937	-1.01284	8.94987	-30.2552
	-6.454	10	35	1.5756	55.1460	-0.11245	0.9937	-6.2012	54.7962	25.9633
3	-0.0134	23	5	2.1586	10.7930	-0.00023	1	-0.00253	10.793	-36.4859
	-0.0134	10	35	4.7269	165.4415	-0.00023	1	-0.03878	165.441	78.3886
4	3.427	23	5	1.8044	9.0220	0.0598	0.9982	0.53952	9.00585	-30.4444
	3.427	10	35	7.8782	275.7370	0.0598	0.9982	16.4893	275.244	130.4144
5	10.951	23	5	0.7247	3.6235	0.19004	0.9818	0.68863	3.55746	-12.0261
	10.951	10	35	11.0295	386.0325	0.19004	0.9818	73.3635	378.997	179.5745
6	16.625	10	35	12.9442	453.0470	0.28622	0.9582	129.67	434.094	205.6799
7	22.564	10	35	13.3888	468.6080	0.38386	0.9234	179.881	432.708	205.0235
8	31.962	10	35	12.8511	449.7885	0.52955	0.8483	238.184	381.547	180.7825
9	40.093	10	35	11.0634	387.2190	0.64425	0.7648	249.464	296.152	140.3213
10	49.727	10	35	5.9130	330.7975	0.7632	0.6462	215.188	182.189	86.3239
Total				88.5792				1095.41	2636.98	1111.4109

7. Perhitungan nilai angka aman (SF)

Nilai angka aman (SF) lereng timbunan pada ketinggian 10 meter tanpa perkuatan geotekstil yang dihitung dengan menggunakan metode Fellenius adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\sum c_i a_i + (W \cos \theta \times \tan \varphi)}{(W \sin \alpha) + (P \times q)} \\
 &= \frac{(650,15) + (1111,41)}{(1095,41) + (75)} \\
 &= 1,505
 \end{aligned}$$

Nilai angka aman (SF) yang didapatkan dengan perhitungan manual metode Fellenius adalah 1,505. Nilai tersebut menandakan lereng dalam keadaan kurang stabil yang dapat menyebabkan longsor mengalami kelongsoran. Hasil yang didapatkan dari perhitungan manual metode *Fellenius* memiliki nilai yang berbeda namun tidak signifikan dengan nilai yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan program SLOPE/W Geostudio 2018 dengan metode perhitungan *Morgenstern-Price*. Secara berurutan nilainya adalah 1.505 dan 1,574. Dari dua nilai tersebut

dapat menjelaskan bahwa lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter Sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan dan tidak diperlukan perkuatan supaya lereng memenuhi syarat tersebut.

5.4 Perhitungan Desain Perkuatan Geotekstil

Perkuatan lereng dengan menggunakan geotekstil dilakukan sebagai upaya dalam meningkatkan nilai angka aman (SF) dan juga diharapkan dapat meningkatkan kestabilan lereng timbunan. Pemasangan geotekstil dilakukan dengan cara disusun tiap lembar, dimulai dengan pemasangan dari lapisan paling bawah timbunan kemudian disusun di atasnya sesuai dengan jarak dan panjang ataupun ketentuan lainnya yang telah direncanakan sebelumnya.

Dalam perencanaan perkuatan menggunakan geotekstil pada lereng timbunan data yang diperlukan adalah spesifikasi geotekstil dan data material tanah yang akan diberikan perkuatan. Data tersebut diperlukan supaya dalam proses perkuatan lereng timbunan menjadi stabil dan tahan terhadap gaya dalam maupun gaya luar yang terjadi.

1. Data Geotekstil

Geotekstil yang digunakan dalam penelitian ini merupakan geotekstil yang diproduksi oleh PT. Prima Geotex Indo dengan tipe *Woven PP Geotextile Type 250*. Spesifikasi geotekstil yang digunakan sebagai berikut.

- a. Tipe Perkuatan : *Woven PP Geotextile Type 250*
- b. Produsen : PT. Prima Geotex Indo
- c. Kuat Tarik Ultimit (T) : 55 kN/m
- d. Regangan (ϵ) : 30 %
- e. Kekakuan Normal (EA) : 184 kN/m

2. Parameter Timbunan

Didapatkan juga data material tanah pada lereng timbunan yang akan diberikan perkuatan geotekstil. Berikut merupakan data material tanah lereng timbunan.

- a. Berat volume tanah : 18 kN/m³
- b. Kohesi : 35 kN/m²

c. Sudut gesek dalam : 10

5.5 Perhitungan Kebutuhan Geotekstil

Perhitungan kekuatan menggunakan geotekstil terdapat 2 hal yang perlu ditinjau yaitu stabilitas internal dan stabilitas eksternal. Lereng timbunan yang diperkuat menggunakan geotekstil adalah lereng timbunan dengan ketinggian 8 m, 10 m. Geotekstil diaplikasikan pada lereng timbunan tersebut dikarenakan nilai angka aman (SF) pada analisis sebelumnya belum sesuai dengan yang disyaratkan yaitu nilai angka aman (SF) masih kurang dari 1,1 (SF<1,1 terpengaruhi beban gempa). Dilakukan perkuatan geotekstil pada lereng tersebut bertujuan untuk meningkatkan nilai angka aman (SF) agar sesuai dengan yang disyaratkan (SF>1,1 terpengaruhi beban gempa). Sehingga lereng dapat dikatakan aman dan stabil.

5.8.1 Stabilitas Eksternal

Stabilitas eksternal diperuntukkan untuk menentukan jarak arah vertikal lapisan geotekstil (S_v) dan panjang minimum geotekstil yang digunakan (L). Dalam perhitungan, nilai angka aman yang digunakan sebesar 1,1. Adapun perhitungan stabilitas eksternal sebagai berikut.

1. Koefisien tanah aktif

$$\begin{aligned} Ka &= \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \\ &= \tan^2\left(45 - \frac{10}{2}\right) \\ &= 0,704 \end{aligned}$$

2. Jarak arah vertical antar lapisan geotekstil (S_v)

- a. Perhitungan jarak arah vertikal antar lapis geotekstil (S_v) pada lereng timbunan dengan ketinggian 6 m.

$$\begin{aligned} \sigma_{hc} &= (q \times Ka) + (Ka \times H \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\ &= (25 \times 0,704) + (0,704 \times 6 \times 18) - (2 \times 35 \times \sqrt{0,704}) \\ &= 34,907 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma_{hc} \times SF}$$

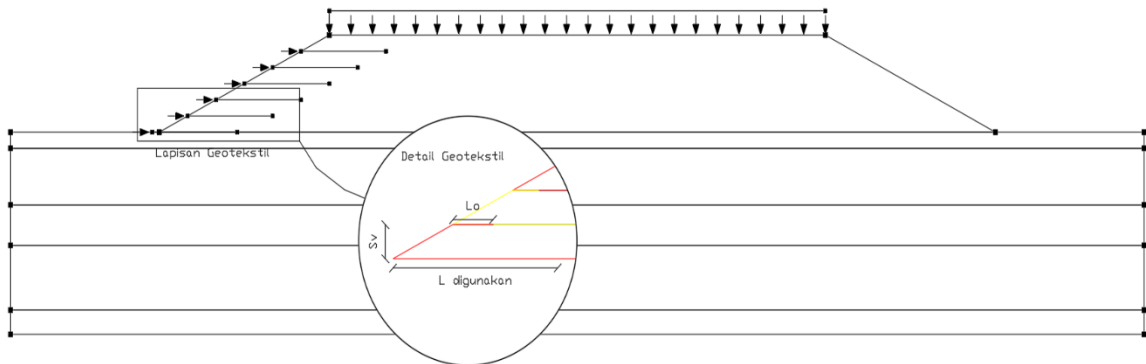
$$S_v = \frac{\left(\frac{T_{ult}}{2}\right)}{\sigma_{hc} \times SF}$$

$$S_v = \frac{\left(\frac{55}{2}\right)}{34,907 \times 1,5}$$

$$S_v = 0,525 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat nilai S_v sebesar 0,525 m. Maka digunakan jarak vertikal minimum antar geotekstil sebesar 1 m. Hal ini disebutkan dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan No.003/BM/2009, disebutkan bahwa spasi perkuatan yang digunakan sebesar 1000 mm. Setelah mendapatkan nilai S_v , selanjutnya menentukan kebutuhan lapisan geotekstil yang dibutuhkan pada lereng timbunan ketinggian 6 m.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lapis geotekstil teoritis} &= \frac{H}{S_v} \\ &= \frac{6}{1} \\ &= 6 \text{ lapis geotekstil} \end{aligned}$$



Gambar 5.15 Detail Pemasangan Geotekstil Lereng Timbunan 6 m

- b. Perhitungan jarak arah vertikal antar lapis geotekstil (S_v) pada lereng timbunan dengan ketinggian 8 m.

$$\begin{aligned} \sigma_{hc} &= (q \times Ka) + (Ka \times H \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\ &= (25 \times 0,704) + (0,704 \times 8 \times 18) - (2 \times 35 \times \sqrt{0,704}) \\ &= 60,254 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma_{hc} \times SF}$$

$$S_v = \frac{\left(\frac{T_{ult}}{2}\right)}{\sigma_{hc} \times SF}$$

$$S_v = \frac{\left(\frac{55}{2}\right)}{60,254 \times 1,5}$$

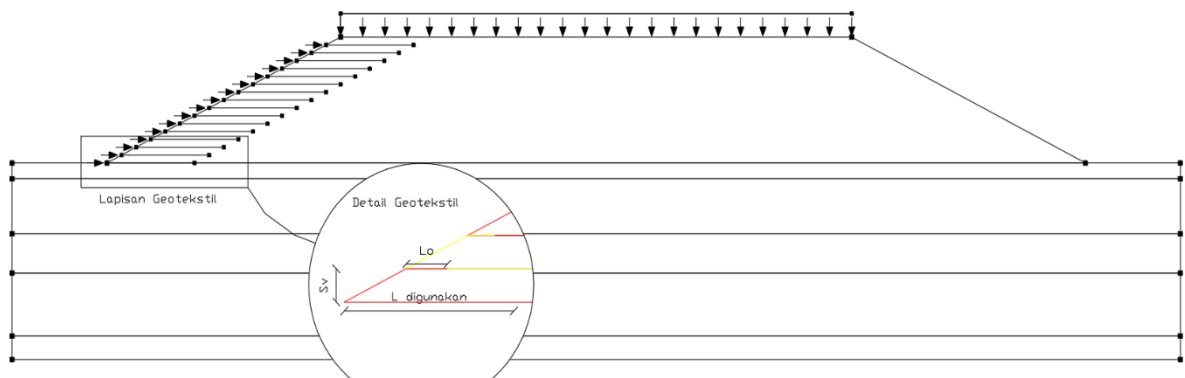
$$S_v = 0,304 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat nilai S_v sebesar 0,304 m. Maka digunakan jarak vertical minimum antar geotekstil sebesar 0,5 m. Setelah mendapatkan nilai S_v , selanjutnya menentukan kebutuhan lapisan geotekstil yang dibutuhkan pada lereng timbunan ketinggian 8 m.

$$\text{Jumlah lapis geotekstil teoritis} = \frac{H}{S_v}$$

$$= \frac{8}{0,5}$$

$$= 16 \text{ lapis geotekstil}$$



Gambar 5.16 Detail Pemasangan Geotekstil Lereng Timbunan 8 m

- a. Perhitungan jarak arah vertikal antar lapis geotekstil (S_v) pada lereng timbunan dengan ketinggian 10 m.

$$\sigma_{hc} = (q \times Ka) + (Ka \times H \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{Ka})$$

$$= (25 \times 0,704) + (0,704 \times 10 \times 18) - (2 \times 35 \times \sqrt{0,704})$$

$$= 34,907 \text{ kN/m}^2$$

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma_{hc} \times SF}$$

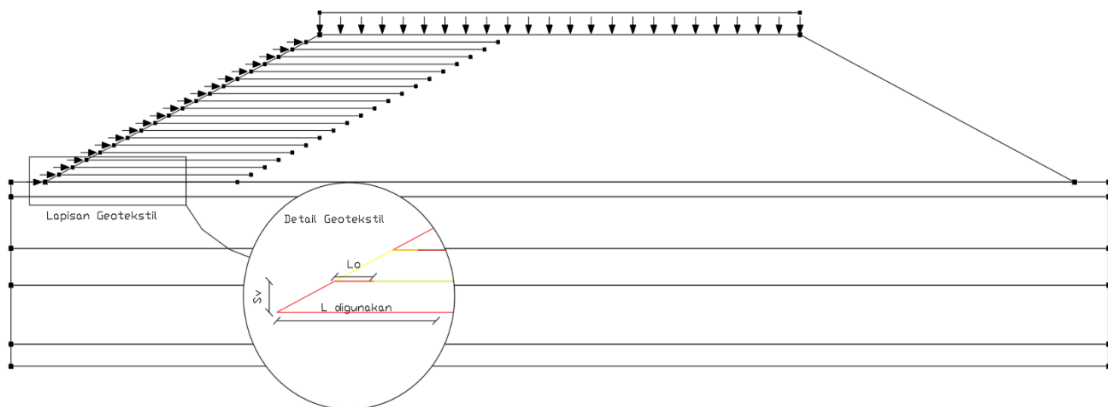
$$S_v = \frac{\left(\frac{T_{ult}}{2}\right)}{\sigma_{hc} \times SF}$$

$$S_v = \frac{\left(\frac{55}{2}\right)}{85,601 \times 1,5}$$

$$S_v = 0,214 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat nilai S_v sebesar 0,214 m. Maka digunakan jarak vertical minimum antar geotekstil sebesar 0,5 m. Setelah mendapatkan nilai S_v , selanjutnya menentukan kebutuhan lapisan geotekstil yang dibutuhkan pada lereng timbunan ketinggian 10 m.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lapis geotekstil teoritis} &= \frac{H}{S_v} \\ &= \frac{10}{0,5} \\ &= 20 \text{ lapis geotekstil} \end{aligned}$$



Gambar 5.17 Detail Pemasangan Geotekstil Lereng Timbunan 10 m

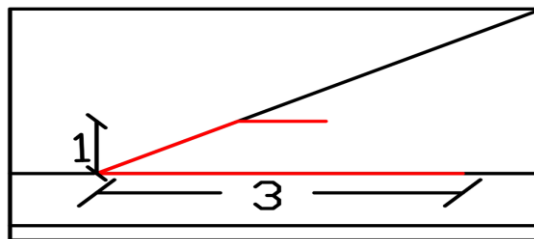
2. Perhitungan panjang geotekstil
 - a. Perhitungan Panjang geotekstil (L) pada lereng timbunan dengan ketinggian 6 m.
 - 1) Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\sum MR}{\sum MD}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times \gamma b \times H \times L^2\right)}{\left(q \times K_a \times \frac{1}{2} \times H^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H\right) - \left(2 \times c \times \sqrt{K_a} \times \frac{1}{2} \times H^2\right)} \\
&= \frac{\left(\frac{1}{2} \times 25 \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 18 \times 6 \times L^2\right)}{\left(25 \times 0,704 \times \frac{1}{2} \times 6^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,704 \times 18 \times 6^2 \times \frac{1}{3} \times 6\right) - \left(2 \times 35 \times \sqrt{0,704} \times \frac{1}{2} \times 6^2\right)} \\
SF &= \frac{66,5 \times L^2}{284,18}
\end{aligned}$$

$$L = 2,531 \text{ m}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap guling yaitu 2,531 meter, dibulatkan menjadi 3 meter.



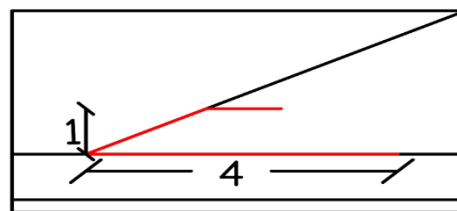
Gambar 5.18 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Guling Pada Lereng Timbunan 6 m

2) Stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned}
SF &= \frac{(q \times \tan \delta \times L) + (H \times \gamma b \times \tan \delta \times L)}{(q \times K_a \times H) + \left(\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma b \times H^2\right) - (2 \times c \times \sqrt{K_a} \times H)} \\
&= \frac{(25 \times \tan 6,667 \times L) + (6 \times 18 \times \tan 6,667 \times L)}{(25 \times 0,704 \times 6) + \left(\frac{1}{2} \times 0,704 \times 18 \times 6^2\right) - (2 \times 35 \times \sqrt{0,704} \times 6)} \\
&= \frac{15,545 \times L}{18,684}
\end{aligned}$$

$$L = 1,802 \text{ m}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap geser yaitu 1,802 meter, dibulatkan menjadi 2 meter.



Gambar 5.19 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser Pada Lereng Timbunan 6 m

3) Stabilitas terhadap eksentrisitas

$$\frac{1}{6} \times L \geq e$$

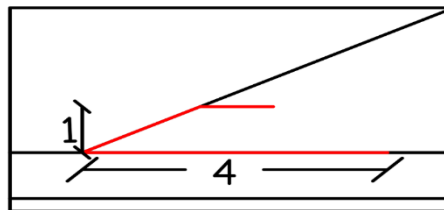
$$e = \frac{\sum MD}{Rv}$$

$$= \frac{(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2) + (\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

$$\frac{L}{6} \geq \frac{284,176}{133 \times L}$$

$$L = 3,580 \text{ m}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap eksentrisitas yaitu 3,580 meter, dibulatkan menjadi 4 meter.



Gambar 5.20 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Eksentrisitas Pada Lereng Timbunan 6 m

4) Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\varphi = 10^\circ$$

$$Nc = 8,85$$

$$Nq = 2,47$$

$$N\gamma = 1,22$$

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{(H \times \gamma b) \times q}$$

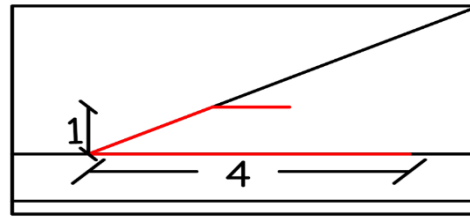
$$\sigma_{ult} = ((c \times Nc) + (0,5 \times L \times \gamma b \times N\gamma)) \times SF$$

$$L \leq \frac{((c \times Nc) + (0,5 \times L \times \gamma b \times N\gamma)) \times SF}{(H \times \gamma b) \times q}$$

$$L \leq \frac{((35 \times 8,85) + (0,5 \times L \times 18 \times 1,22)) \times 1,5}{(6 \times 18) \times 25}$$

$$L = 3,987 \text{ m}$$

Panjang geotekstil pada Perhitungan stabilitas terhadap daya dukung tanah yaitu 3,987 meter, dibulatkan menjadi 4 meter



Gambar 5.21 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Pada Lereng Timbunan 6 m

b. Perhitungan Panjang geotekstil (L) pada lereng timbunan dengan ketinggian 8 m.

1) Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\sum MR}{\sum MD}$$

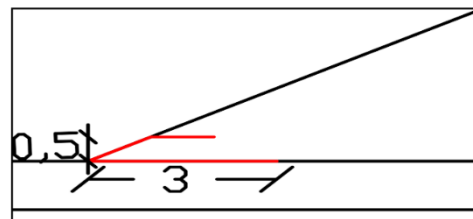
$$= \frac{\left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times \gamma b \times H \times L^2\right)}{\left(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H\right) - \left(2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2\right)}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2} \times 25 \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 18 \times 8 \times L^2\right)}{\left(25 \times 0,704 \times \frac{1}{2} \times 8^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,704 \times 18 \times 8^2 \times \frac{1}{3} \times 8\right) - \left(2 \times 35 \times \sqrt{0,704} \times \frac{1}{2} \times 8^2\right)}$$

$$SF = \frac{84,5 \times L^2}{234,83}$$

$$L = 2,041 \text{ m}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap guling yaitu 2,041 meter, dibulatkan menjadi 3 meter.



Gambar 5.22 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Guling Pada Lereng Timbunan 8 m

2) Stabilitas terhadap geser

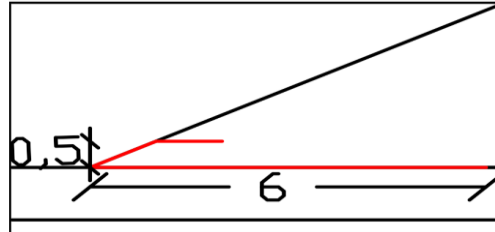
$$SF = \frac{(q \times \tan \delta \times L) + (H \times \gamma b \times \tan \delta \times L)}{(q \times Ka \times H) + \left(\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2\right) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times H)}$$

$$= \frac{(25 \times \tan 6,667 \times L) + (8 \times 18 \times \tan 6,667 \times L)}{(25 \times 0,704 \times 8) + \left(\frac{1}{2} \times 0,704 \times 18 \times 8^2\right) - \left(2 \times 35 \times \sqrt{0,704} \times 8\right)}$$

$$= \frac{19,753 \times L}{76,476}$$

$$L = 5,807 \text{ m}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap geser yaitu 5,807 meter, dibulatkan menjadi 6 meter.



Gambar 5.23 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser Pada Lereng Timbunan 8 m

3) Stabilitas terhadap eksentrisitas

$$\frac{1}{6} \times L \geq e$$

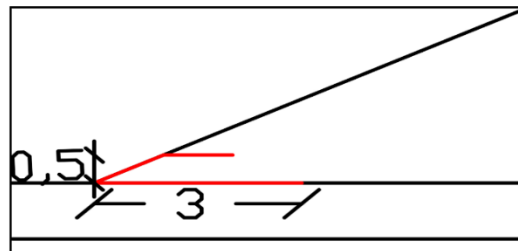
$$e = \frac{\sum MD}{Rv}$$

$$= \frac{(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2) + (\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

$$\frac{L}{6} \geq \frac{234,833}{169 \times L}$$

$$L = 2,887 \text{ m}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap eksentrisitas yaitu 2,877 meter, dibulatkan menjadi 3 meter.



Gambar 5.24 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Eksentrisitas Pada Lereng Timbunan 8 m

4) Stabilitas terhadap daya dukung tanah

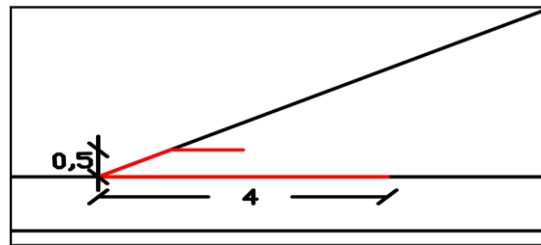
$$\varphi = 10^\circ$$

$$Nc = 8,85$$

$$Nq = 2,47$$

$$\begin{aligned}
 N\gamma &= 1,22 \\
 L &\leq \frac{\sigma_{ult}}{(H \times \gamma b) \times q} \\
 \sigma_{ult} &= ((c \times Nc) + (0,5 \times L \times \gamma b \times N\gamma)) \times SF \\
 L &\leq \frac{((c \times Nc) + (0,5 \times L \times \gamma b \times N\gamma)) \times SF}{(H \times \gamma b) \times q} \\
 L &\leq \frac{((35 \times 8,85) + (0,5 \times L \times 18 \times 1,22)) \times 1,5}{(8 \times 18) \times 25} \\
 L &= 3,046 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Panjang geotekstil pada Perhitungan stabilitas terhadap daya dukung tanah yaitu 3,046 meter, dibulatkan menjadi 4 meter.



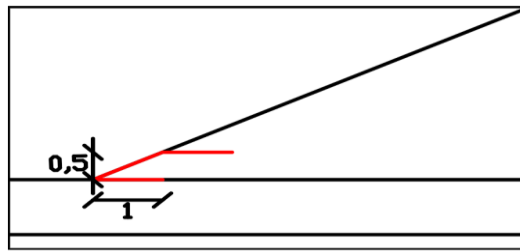
Gambar 5.25 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Pada Lereng Timbunan 8 m`

c. Perhitungan Panjang geotekstil (L) pada lereng timbunan dengan ketinggian 10 m.

1) Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\sum MR}{\sum MD} \\
 &= \frac{\left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times \gamma b \times H \times L^2\right)}{\left(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H\right) - \left(2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2\right)} \\
 &= \frac{\left(\frac{1}{2} \times 25 \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 18 \times 10 \times L^2\right)}{\left(25 \times 0,704 \times \frac{1}{2} \times 10^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,704 \times 18 \times 10^2 \times \frac{1}{3} \times 10\right) - \left(2 \times 35 \times \sqrt{0,704} \times \frac{1}{2} \times 10^2\right)} \\
 SF &= \frac{102,5 \times L^2}{55,526} \\
 L &= 0,901 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap guling yaitu 0,901 meter, dibulatkan menjadi 1 meter.



Gambar 5.26 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Guling Pada Lereng Timbunan 10 m

2) Stabilitas terhadap geser

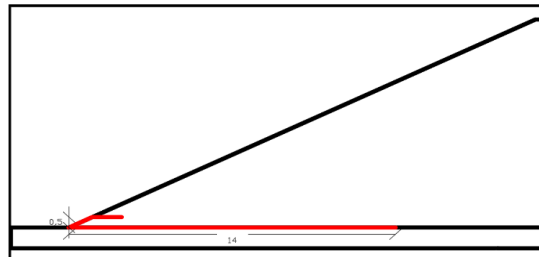
$$SF = \frac{(q \times \tan \delta \times L) + (H \times \gamma b \times \tan \delta \times L)}{(q \times Ka \times H) + \left(\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2\right) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times H)}$$

$$= \frac{(25 \times \tan 6,667 \times L) + (10 \times 18 \times \tan 6,667 \times L)}{(25 \times 0,704 \times 10) + \left(\frac{1}{2} \times 0,704 \times 18 \times 10^2\right) - (2 \times 35 \times \sqrt{0,704} \times 10)}$$

$$= \frac{23,961 \times L}{222,331}$$

$$L = 13,918 \text{ m}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap geser yaitu 13,918 meter, dibulatkan menjadi 14 meter.



Gambar 5.27 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser Pada Lereng Timbunan 10 m

3) Stabilitas terhadap eksentrisitas

$$\frac{1}{6} \times L \geq e$$

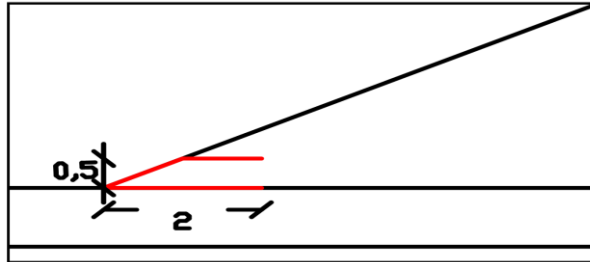
$$e = \frac{\sum MD}{Rv}$$

$$= \frac{(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2) + \left(\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H\right) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

$$\frac{L}{6} \geq \frac{55,526}{205 \times L}$$

$$L = 1,274 \text{ m}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap eksentrisitas yaitu 1,274 meter, dibulatkan menjadi 2 meter.



Gambar 5.28 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Eksentrisitas Pada Lereng Timbunan 10 m

4) Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\varphi = 10^\circ$$

$$Nc = 8,85$$

$$Nq = 2,47$$

$$N\gamma = 1,22$$

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{(H \times \gamma b) \times q}$$

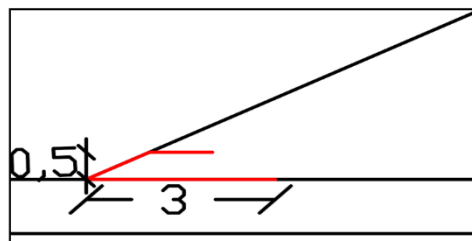
$$\sigma_{ult} = ((c \times Nc) + (0,5 \times L \times \gamma b \times N\gamma)) \times SF$$

$$L \leq \frac{((c \times Nc) + (0,5 \times L \times \gamma b \times N\gamma)) \times SF}{(H \times \gamma b) \times q}$$

$$L \leq \frac{((35 \times 8,85) + (0,5 \times L \times 18 \times 1,22)) \times 1,5}{(10 \times 18) \times 25}$$

$$L = 2,464 \text{ m}$$

Panjang geotekstil pada Perhitungan stabilitas terhadap daya dukung tanah yaitu 2,464 meter, dibulatkan menjadi 3 meter.



Gambar 5.29 Panjang Geotekstil Berdasarkan Perhitungan Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah Pada Lereng Timbunan 10 m

Berikut adalah rekapitulasi kebutuhan geotekstil tiap lereng timbunan pada STA. 1+600 berdasarkan Perhitungan stabilitas eksternal pada Tabel 5.5

Tabel 5.2 Rekapitulasi Kebutuhan Geotekstil

Tinggi Timbunan (H)	Panjang Geotekstil yang digunakan (L)	Jarak antar Lapis Geotekstil (Sv)	Banyak Lapis Geotekstil
6 m	4 m	1 m	6 lapis
8 m	6 m	0,5 m	16 lapis
10 m	14 m	0,5 m	20 lapis

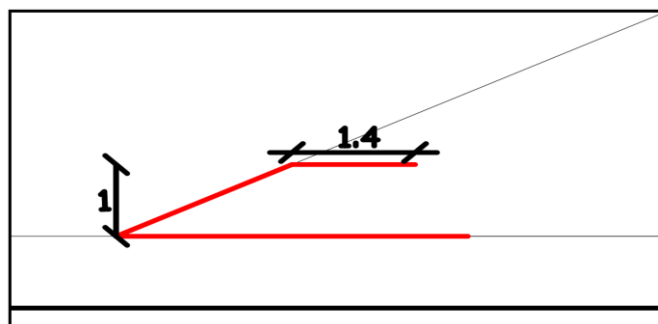
5.8.2 Stabilitas Internal

1. Panjang *overlapping* geotekstil (L_o)

a. Perhitungan L_o lereng timbunan 6 m

$$\begin{aligned}
 L_o &= \frac{\sigma_{hc} \times S_v \times SF}{2 \times \gamma b \times H \times \tan \varphi} \\
 &= \frac{34,907 \times 1 \times 1,5}{2 \times 18 \times 6 \times \tan (10)} \\
 &= 1,374 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, didapat Panjang L_o sebesar 1,374 m. Maka digunakan panjang *overlapping* geotekstil sebesar 1,4 m.



Gambar 5.30 Panjang *Overlapping* Geotekstil Pada Lereng Timbunan 6 m

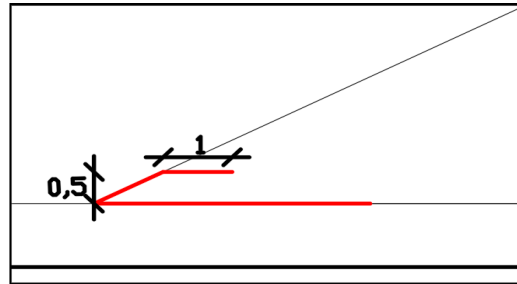
b. Perhitungan L_o lereng timbunan 8 m

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times S_v \times SF}{2 \times \gamma b \times H \times \tan \varphi}$$

$$= \frac{\sigma_{hc} \times 0,5 \times 1,5}{2 \times 18 \times 8 \times \tan(10)}$$

$$= 0,889 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan, didapat Panjang L_o sebesar 0,889 m. Maka digunakan panjang *overlapping* geotekstil sebesar 1 m.



Gambar 5.31 Panjang *Overlapping* Geotekstil Pada Lereng Timbunan 8 m

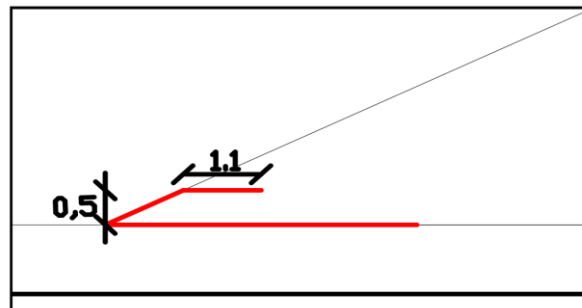
c. Perhitungan L_o lereng timbunan 10 m

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times S_v \times SF}{2 \times \gamma b \times H \times \tan \varphi}$$

$$= \frac{\sigma_{hc} \times 0,5 \times 1,5}{2 \times 18 \times 10 \times \tan(10)}$$

$$= 1,011 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan, didapat Panjang L_o sebesar 1,011 m. Maka digunakan panjang *overlapping* geotekstil sebesar 1,1 m.



Gambar 5.32 Panjang *Overlapping* Geotekstil Pada Lereng Timbunan 10 m

2. Panjang efektif geotekstil (L_e)

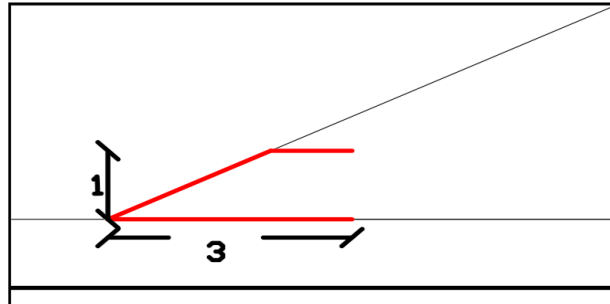
a. Perhitungan L_e lereng timbunan 6 m

$$L_e = \frac{SF \times S_v \times K_a \times \gamma b \times H}{2 \times \gamma b \times H \times \tan \varphi}$$

$$= \frac{1,5 \times 1 \times 0,704 \times 18 \times 6}{2 \times 18 \times 6 \times \tan(10)}$$

$$= 2,994 \text{ m}$$

Berdasarkan Perhitungan, didapat panjang L_e sebesar 2,994 m. Maka digunakan panjang efektif geotekstil sebesar 3 m.



Gambar 5.33 Panjang Efektif Geotekstil Pada Lereng Timbunan 6 m

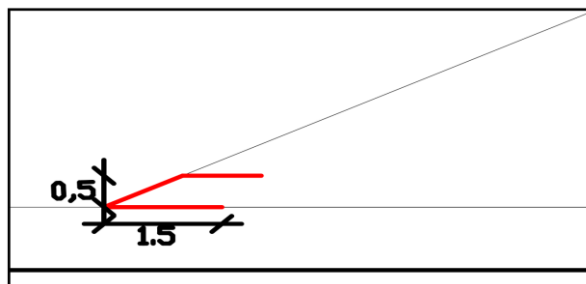
b. Perhitungan L_e lereng timbunan 8 m

$$L_e = \frac{SF \times S_v \times Ka \times \gamma b \times H}{2 \times \gamma b \times H \times \tan\varphi}$$

$$= \frac{1,5 \times 0,5 \times 0,704 \times 18 \times 8}{2 \times 18 \times 8 \times \tan(10)}$$

$$= 1,497 \text{ m}$$

Berdasarkan Perhitungan, didapat panjang L_e sebesar 1,497 m. Maka digunakan panjang efektif geotekstil sebesar 1,5 m.



Gambar 5.34 Panjang Efektif Geotekstil Pada Lereng Timbunan 8 m

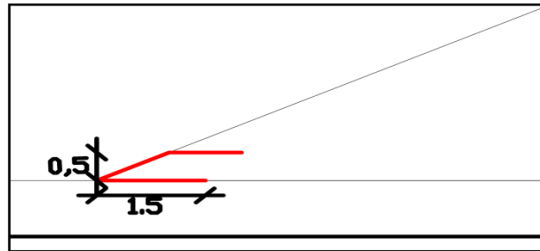
c. Perhitungan L_e lereng timbunan 10 m

$$L_e = \frac{SF \times S_v \times Ka \times \gamma b \times H}{2 \times \gamma b \times H \times \tan\varphi}$$

$$= \frac{1,5 \times 0,5 \times 0,704 \times 18 \times 10}{2 \times 18 \times 10 \times \tan(10)}$$

$$= 1,497 \text{ m}$$

Berdasarkan Perhitungan, didapat panjang L_e sebesar 1,497 m. Maka digunakan panjang efektif geotekstil sebesar 1,5 m.



Gambar 5.35 Panjang Efektif Geotekstil Pada Lereng Timbunan 10 m

Berikut adalah rekapitulasi kebutuhan geotekstil tiap lereng timbunan pada STA. 1+600 berdasarkan perhitungan stabilitas internal Pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Stabilitas Internal

Tinggi Timbunan (H)	Panjang <i>Overlapping</i> Geotekstil (L_0)	Panjang Efektif Geotekstil (L_e)
6 m	1,4 m	3 m
8 m	1 m	1,5 m
10 m	1,1 m	1,5 m

5.8.3 Cek Gaya Tarik Tanah – Geotekstil

Untuk mengetahui apakah geotekstil yang akan digunakan mampu menahan gaya tarik yang terjadi dengan nilai S_v 0,5 m, diperlukan pengecekan dengan cara perhitungan tegangan geser yang bekerja. Geotekstil harus mampu menahan gaya tarik yang terjadi terhadapnya, yaitu gaya yang terjadi akibat beban dari tanah timbunan. Dalam melakukan pengecekan gaya tarik yang bekerja pada geotekstil terhadap tanah timbunan dengan menggunakan asumsi panjang geotekstil sesuai dengan panjang dasar timbunan yaitu m. Adapun perhitungan gaya tarik geotekstil terhadap tanah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 T &= \tan(a) \times \sigma_n \times b \times L \\
 &= \tan(60) \times \left(\frac{1}{2} \times 0,5 \times 10 \times \tan(10) \times 70\right) \\
 &= 53,446 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan gaya tarik yang bekerja pada geotekstil adalah sebesar 53,446 kN/m, sedangkan pada jenis geotekstil yang akan digunakan

memiliki kuat tarik sebesar 55 kN/m. Maka berdasarkan perhitungan pengecekan yang dilakukan, geotekstil yang digunakan mampu menahan gaya tarik yang bekerja atau dapat dikatakan aman.

5.6 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geotekstil menggunakan *SLOPE/W Geostudio 2018*

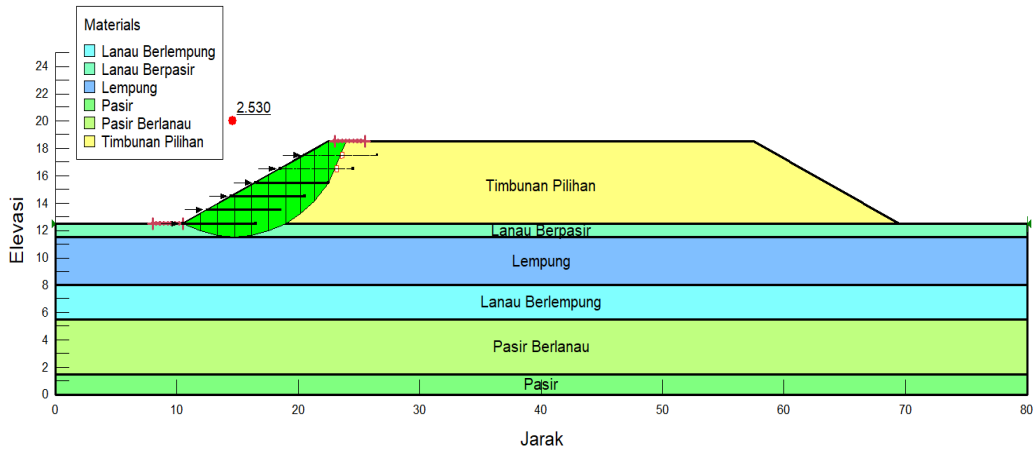
Setelah melakukan perhitungan geotekstil sesuai dengan yang dibutuhkan, selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan *SLOPE/W Geostudio 2018*. Dalam analisis, jumlah dan panjang geotekstil yang dimasukkan harus sesuai dengan hasil perhitungan sebelumnya. Beban yang dipakai adalah beban perkerasan, beban lalu lintas, dan beban gempa. Lereng dinyatakan aman apabila nilai SF-nya melebihi nilai SF yang disyaratkan, maka lereng tersebut masih tidak aman dan diperlukan analisis lanjutan dengan menggunakan bantuan program *SLOPE/W Geostudio 2018*. Berikut merupakan rekapitulasi nilai angka aman (SF) pada analisis sebelumnya.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Nilai SF Lereng Tanpa Perkuatan

Tinggi Lereng	Nilai SF		
	Lereng Tanpa Beban Lalu Lintas	Lereng Tanpa Beban Gempa	Lereng dengan Beban Gempa
6 m	2,281	1,768	1,472
8 m	1,982	1,679	1,319
10 m	1,776	1,574	1,229

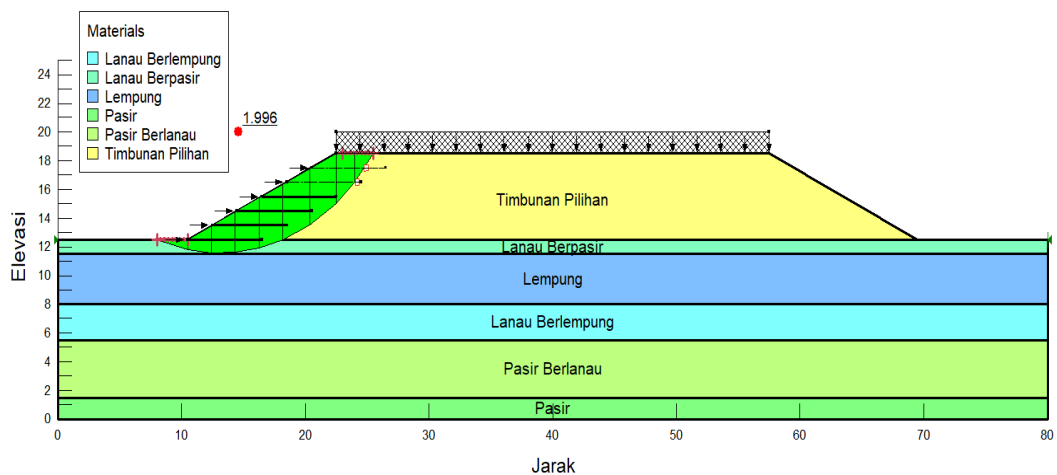
5.6.1 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan 6 meter

Pada Tabel 5.4, telah diperoleh hasil analisis pada lereng timbunan ketinggian 6 meter. Selanjutnya dilakukan analisis dengan diberi perkuatan di semua kondisi lereng, yaitu kondisi tanpa beban lalu lintas, dengan beban lalu lintas dan tanpa beban gempa, serta dengan beban gempa. Untuk mengetahui berapa besar peningkatan SF setelah diberi perkuatan. Berikut merupakan hasil analisis perkuatan lereng menggunakan geotekstil sesuai dengan perhitungan kebutuhan geotekstil pada timbunan 6 meter.



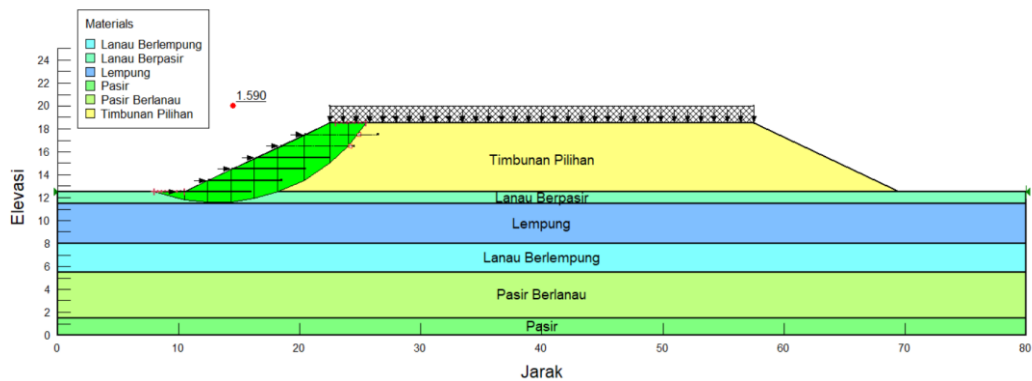
Gambar 5.36 Hasil Analisis Lereng Timbunan 6 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Lalu Lintas

Didapatkan nilai SF sebesar 2,530 pada kondisi tanpa beban lalu lintas setelah diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan geotekstil diperoleh SF sebesar 2,281. Ini menunjukkan adanya peningkatan SF sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.



Gambar 5.37 Hasil Analisis Lereng Timbunan 6 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Gempa

Didapatkan nilai SF sebesar 1,996 pada kondisi tanpa beban gempa setelah diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan geotekstil diperoleh SF sebesar 1,785. Ini menunjukkan adanya peningkatan SF sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.

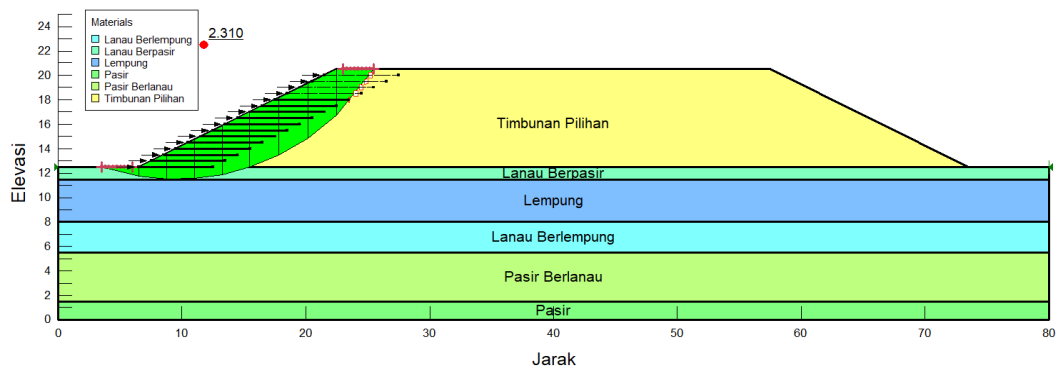


Gambar 5.38 Hasil Analisis Lereng Timbunan 6 meter dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Gempa

Didapatkan nilai SF sebesar 1,590 pada kondisi dengan beban gempa setelah diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan geotekstil diperoleh SF sebesar 1,472. Ini menunjukkan adanya peningkatan SF sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.

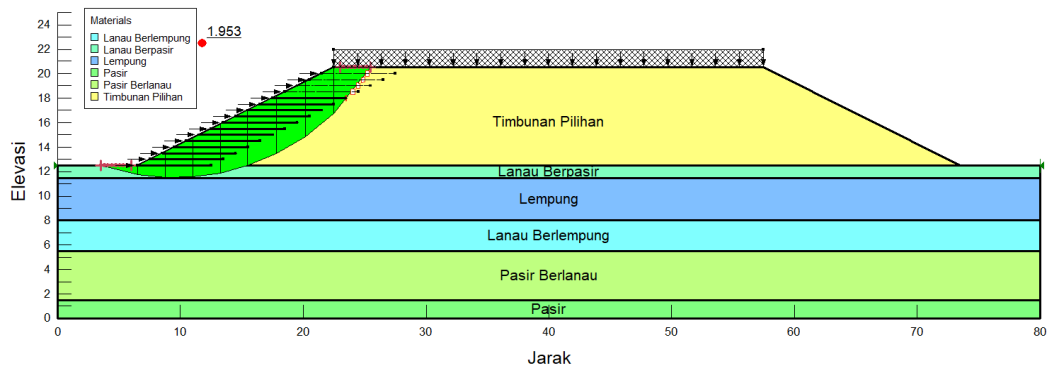
5.6.2 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan 8 meter

Pada Tabel 5.4, telah diperoleh hasil analisis pada lereng timbunan ketinggian 8 meter. Selanjutnya dilakukan analisis dengan diberi perkuatan di semua kondisi lereng, yaitu kondisi tanpa beban lalu lintas, dengan beban lalu lintas dan tanpa beban gempa, serta dengan beban gempa. Untuk mengetahui berapa besar peningkatan SF setelah diberi perkuatan. Berikut merupakan hasil analisis perkuatan lereng menggunakan geotekstil sesuai dengan perhitungan kebutuhan geotekstil pada timbunan 8 meter.



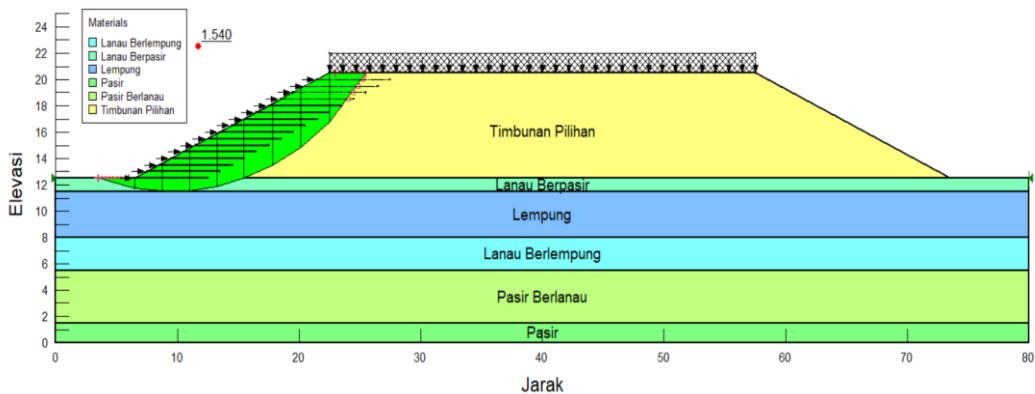
Gambar 5.39 Hasil Analisis Lereng Timbunan 8 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Lalu Lintas

Didapatkan nilai SF sebesar 2,310 pada kondisi tanpa beban lalu lintas setelah diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan geotekstil diperoleh SF sebesar 1,982. Ini menunjukkan adanya peningkatan SF sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.



Gambar 5.40 Hasil Analisis Lereng Timbunan 8 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Gempa

Didapatkan nilai SF sebesar 1,953 pada kondisi tanpa beban gempa setelah diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan geotekstil diperoleh SF sebesar 1,679. Ini menunjukkan adanya peningkatan SF sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.

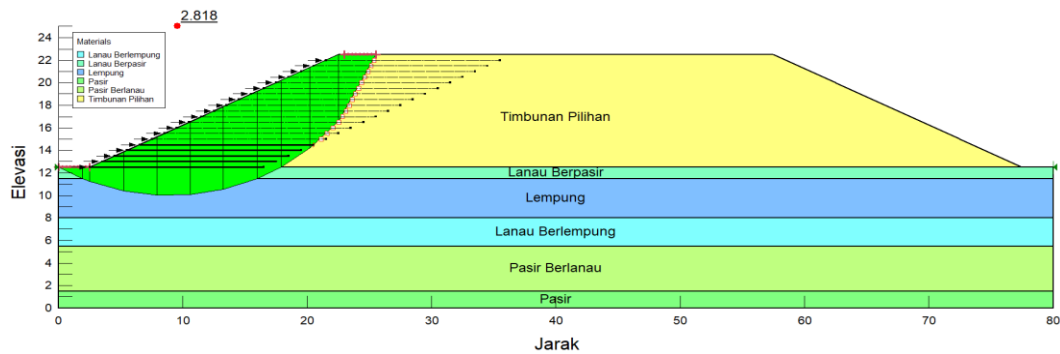


Gambar 5.41 Hasil Analisis Lereng Timbunan 8 meter dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Gempa

Didapatkan nilai SF sebesar 1,540 pada kondisi dengan beban gempa setelah diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan geotekstil diperoleh SF sebesar 1,319. Ini menunjukkan adanya peningkatan SF sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.

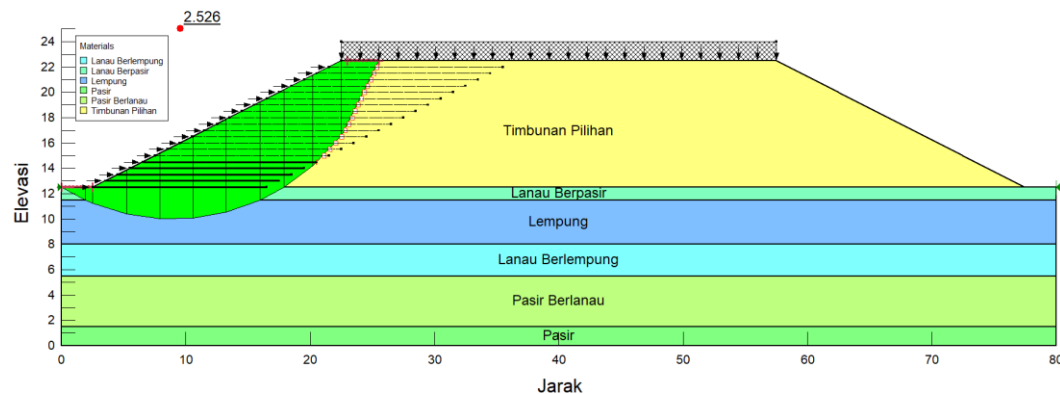
5.9.3 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan 10 meter

Pada Tabel 5.4, telah diperoleh hasil analisis pada lereng timbunan ketinggian 10 meter. Selanjutnya dilakukan analisis dengan diberi perkuatan di semua kondisi lereng, yaitu kondisi tanpa beban lalu lintas, dengan beban lalu lintas dan tanpa beban gempa, serta dengan bebna gempa. Untuk mengetahui berapa besar peningkatan SF setelah diberi perkuatan. Berikut merupakan hasil analisis perkuatan lereng menggunakan geotekstil sesuai dengan perhitungan kebutuhan geotekstil pada timbunan 10 meter.



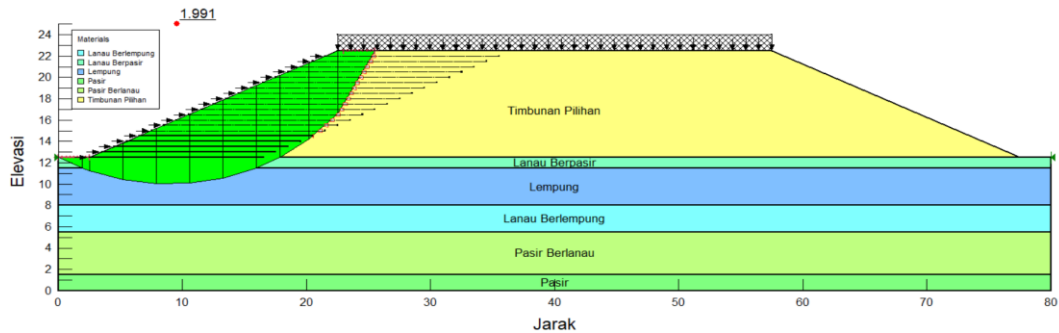
Gambar 5.42 Hasil Analisis Lereng Timbunan 10 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Lalu Lintas

Didapatkan nilai SF sebesar 2,818 pada kondisi tanpa beban lalu lintas setelah diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan geotekstil diperoleh SF sebesar 1,776. Ini menunjukkan adanya peningkatan SF sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.



Gambar 5.43 Hasil Analisis Lereng Timbunan 10 meter dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Gempa

Didapatkan nilai SF sebesar 2,526 pada kondisi tanpa beban gempa setelah diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan geotekstil diperoleh SF sebesar 1,574. Ini menunjukkan adanya peningkatan SF sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.



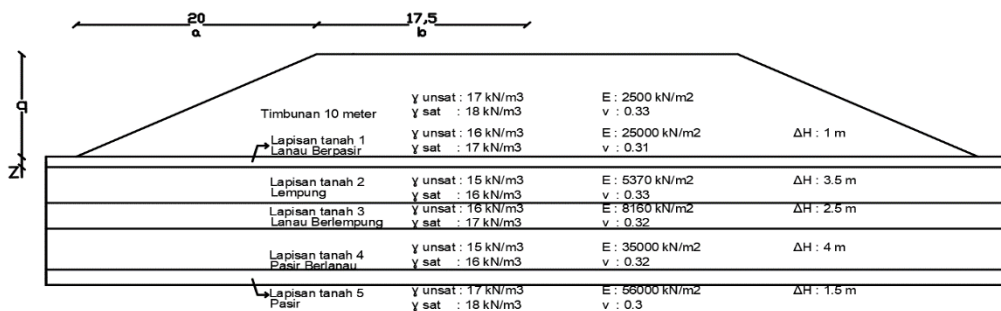
Gambar 5.44 Hasil Analisis Lereng Timbunan 10 meter dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Gempa

Didapatkan nilai SF sebesar 1,991. Nilai tersebut sudah memenuhi nilai angka aman SF yang disyaratkan yaitu $SF > 1,1$. Setelah diberi perkuatan geotekstil. Sedangkan pada kondisi tanpa perkuatan geotekstil diperoleh SF sebesar 1,229. Perbedaan nilai SF ini menunjukkan adanya peningkatan SF sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.

5.7 Analisis Penurunan Tanah

Analisis penurunan tanah segera pada lereng timbunan STA. 1+600 dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual, perhitungan dilakukan dengan menggunakan permodelan lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter. Adapun analisis perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai factor pengaruh atau *influence factor* (I_p)

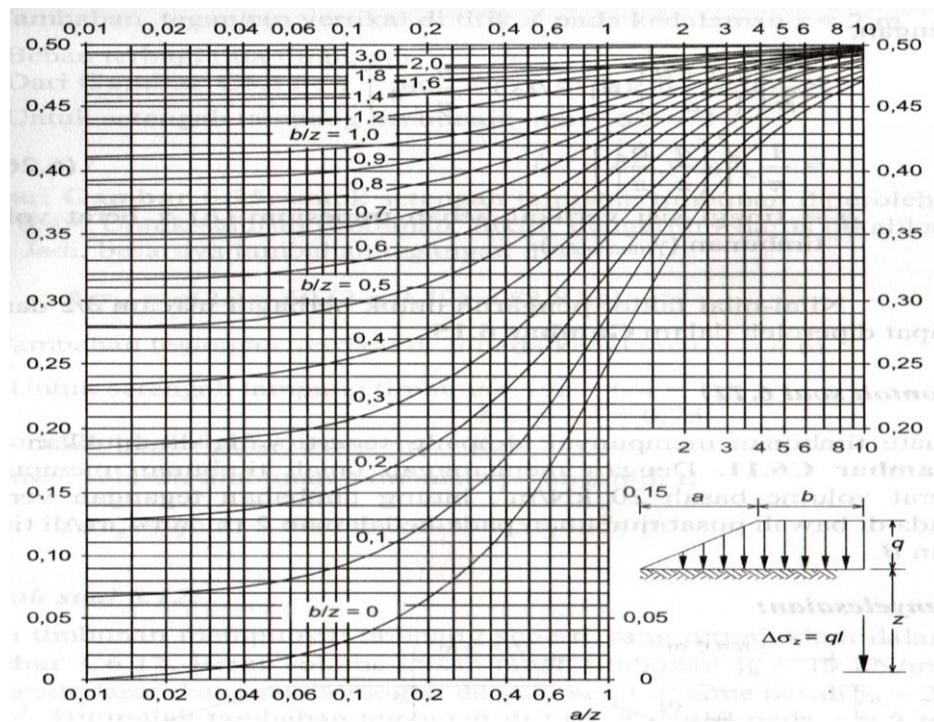


Gambar 5.45 Analisis Perhitungan Penurunan Tanah Segera

Dari gambar didapatkan nilai a sebesar 20 m dan nilai b sebesar 17,5 m, dengan tambahan tegangan vertical di lapis 1 yaitu z sebesar 8 m, maka:

$$\frac{a}{z} = \frac{20}{1} = 20$$

$$\frac{b}{z} = \frac{17,5}{1} = 17,5$$



Gambar 5.46 Grafik *Influence Factor*

Berdasarkan Gambar Grafik *Influence Factor*, maka didapatkan *Influence Factor* pada tanah lapis sebesar 0,5.

2. Distribusi Tegangan Tanah ($\Delta\sigma$)

$$\begin{aligned} \Delta\sigma \text{ tanah lapis 1} &= q \times I_p \\ &= 16 \times 0,5 \\ &= 8 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3. Penurunan Segera (S_i)

$$\begin{aligned} S_i \text{ tanah lapis 1} &= \Delta\sigma \times B \times \frac{1 - \mu_s^2}{E} \times I_p \\ &= 8 \times 17,5 \times \frac{1 - 0,31^2}{25000} \times 0,5 \\ &= 0,00253 \text{ m} \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil analisis penurunan tanah segera pada lereng timbunan ketinggian 10 meter dengan menggunakan perhitungan manual dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Penurunan Tanah Segera

Lapis Tanah	Jenis Tanah	H	ΔH	I_p	E	μ_s	$1 - \mu_s^2$	$\Delta\sigma$	Si
		(m)	(m)		(kN/m ²)			(kN/m ²)	(m)
1	Lanau Berpasir	0-1	1	0,5	25000	0,31	0,903	8	0,00253
2	Lempung	1-4,5	3,5	0,48	5370	0,33	0,891	7,2	0,01004
3	Lanau Berlempung	4,5-7	2,5	0,482	8160	0,32	0,897	7,23	0,00671
4	Pasir Berlanau	7-11	4	0,476	35000	0,3	0,91	7,14	0,00155
5	Pasir	11-12,5	1,5	0,5	56000	0,33	0,891	8,5	0,00118
Total penurunan tanah segera pada lereng timbunan 10 meter									0,02201

Berdasarkan pada perhitungan manual penurunan tanah segera pada lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter, didapatkan nilai penurunan tanah segera sesuai dengan yang ada pada Tabel 5.5 diatas.

Mengacu pada SNI 8460-2017 tentang Penurunan Izin, berikut adalah perhitungan penurunan yang diizinkan pada penurunan langsung.

$$\text{Penurunan Izin} < 15 \text{ cm} + \frac{b}{600}$$

$$\text{Penurunan Izin} < 15 \text{ cm} + \frac{7500}{600}$$

$$\text{Penurunan Izin} < 15 \text{ cm} + 12,5 \text{ cm}$$

$$\text{Penurunan Izin} < 27,5 \text{ cm}$$

Nilai penurunan tanah pada lereng ketinggian 10 meter yaitu 0,02201 meter atau 2,201 cm, nilai ini jauh lebih kecil daripada nilai penurunan yang diizinkan yaitu 27,5 cm. Maka, penurunan yang terjadi pada lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter tergolong sangat aman.

5.8 Pembahasan

Analisis stabilitas lereng timbunan yang dilakukan di Jalan Tol Pemalang – Batang STA 1+600 ini, memiliki tujuan untuk mengetahui nilai angka aman (SF) pada lereng eksisting dan mencari pada ketinggian berapa tanah timbunan tersebut mengalami kelongsoran, serta mencari angka aman (SF) lereng timbunan yang

telah diberikan perkuatan dengan menggunakan geotekstil. Oleh karena itu, pada analisis stabilitas lereng timbunan ini menggunakan variasi tinggi timbunan. Variasi tinggi timbunan adalah 6 m, 8 m, dan 10 m. Perhitungan analisis yang dilakukan yaitu menggunakan program aplikasi *SLOPE/W Geostudio 2018*. serta menggunakan perhitungan manual dengan metode Fellenius. Data beban yang digunakan merupakan akumulasi dari beban lalu lintas kendaraan dan beban struktur jalan, serta mempertimbangkan beban gempa yang sesuai dengan zonasi gempa pada daerah Balikpapan. Nilai angka aman (SF) yang disyaratkan adalah $SF > 1,5$ dan $SF > 1,1$ jika terpengaruhi gempa. Besaran nilai angka aman (SF) tersebut didasarkan pada SNI 8460-2017, dikarenakan kondisi tanah yang bervariasi yang diketahui melalui data sekunder parameter tanah tanpa diketahuinya data penyelidikan tanah pada lokasi studi kasus.

Selain variasi ketinggian yang berbeda, tipe analisis yang dilakukan juga ada 4 tipe. Analisis yang dilakukan untuk mencari nilai angka aman (SF) pada tiap variasi ketinggian diawali dengan lereng timbunan tanpa beban lalu lintas, lereng timbunan dengan beban lalu lintas, dan lereng timbunan dengan beban gempa, serta lereng timbunan dengan perkuatan.

Hasil keseluruhan analisis yang telah dilakukan meliputi analisis angka aman, perhitungan manual menggunakan metode *Fellenius* dan penurunan tanah dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Analisis Angka Aman, Perhitungan *Fellenius*, dan Penurunan Tanah

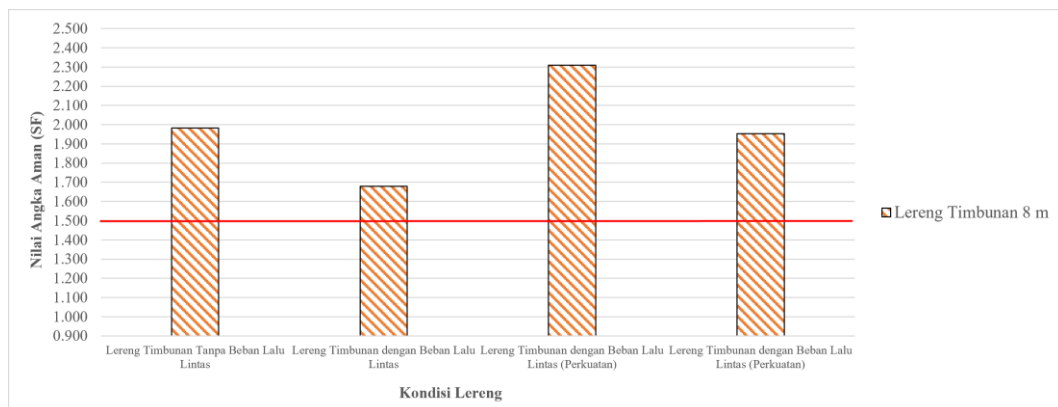
Tinggi Timbunan	Safety Factor							Penurunan Tanah
	Tanpa Perkuatan Tanah				Setelah Diperkuat Geotekstil			
	Tanpa Beban Lalu Lintas	Beban Lalu Lintas	Beban Gempa	Metode <i>Fellenius</i>	Tanpa Beban Lalu Lintas	Beban Lalu Lintas	Beban Gempa	
6 m	2,281	1,786	1,472	-	2,530	1,996	1,590	-
8 m	1,982	1,679	1,319	-	2,310	1,953	1,540	-
10 m	1,776	1,574	1,229	1,023	2,818	2,526	1,991	2,201 cm

7.8.1 Lereng Timbunan Eksisting (8 meter)

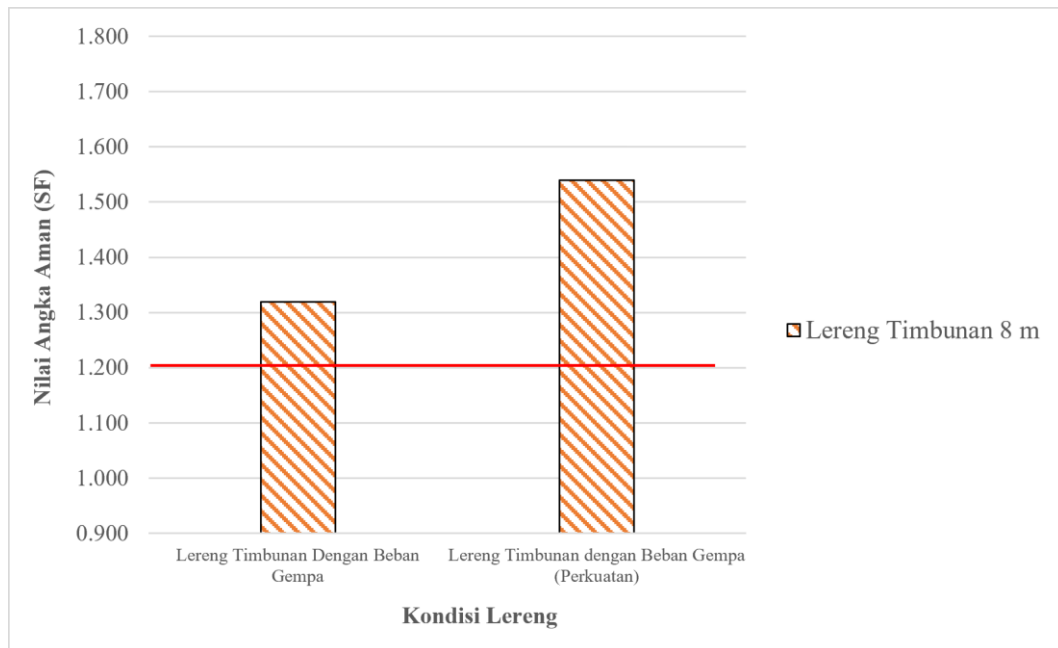
Dari hasil analisis lereng timbunan eksisting yaitu lereng dengan ketinggian 8 meter dengan 3 kondisi yaitu kondisi tanpa beban lalu lintas, kondisi dengan beban lalu lintas, kondisi dengan beban gempa.. Didapatkan nilai SF secara berturut turut sebesar 1,982; 1,679; 1,319. Sedangkan setelah diberi perkuatan didapatkan nilai SF sebesar 2,310; 1,953; 1,540. Nilai angka aman sebelum dan sesudah diberi perkuatan pada kondisi tanpa beban lalu lintas dan juga kondisi dengan beban lalu lintas sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan yaitu $SF > 1,5$. Namun tetap dilakukan analisis dengan pemberian perkuatan geotekstil untuk mengetahui seberapa besar peningkatan SF setelah diberi perkuatan. Sedangkan pada kondisi terpengaruhi beban gempa nilai SF sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan $SF > 1,1$ (terpengaruhi beban gempa) sehingga tidak diperlukan perkuatan, namun perkuatan tetap dilakukan untuk membandingkan seberapa besar pengaruh perkuatan geotekstil terhadap nilai SF. Setelah dilakukan perkuatan, didapatkan peningkatan pada nilai SF.

Tabel 5.7 Nilai Angka Aman Lereng Timbunan 8 m

Tinggi Lereng (meter)	Tanpa Perkuatan			Dengan Perkuatan		
	Tanpa Beban lalu Lintas	Dengan Beban Lalu Lintas	Dengan Beban Gempa	Tanpa beban Lalu Lintas	Dengan Beban Lalu Lintas	Dengan Beban gempa
8	1,982	1,679	1,319	2,310	1,953	1,540



Gambar 5.47 Grafik Nilai Angka Aman ($SF > 1,5$) Tanpa Pengaruh Beban Gempa Lereng Timbunan 8 meter



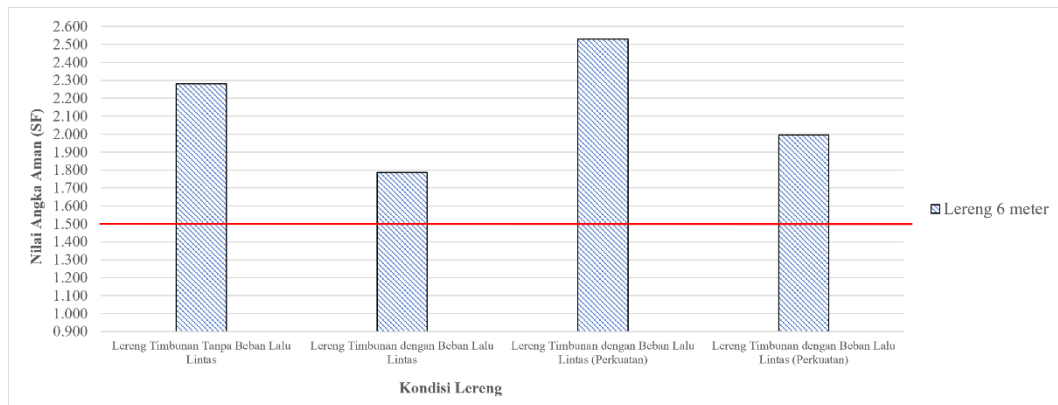
Gambar 5.48 Grafik Nilai Angka Aman ($SF > 1,1$) Terpengaruhi Beban Gempa Lereng Timbunan 8 meter

7.8.2 Lereng Timbunan 6 meter

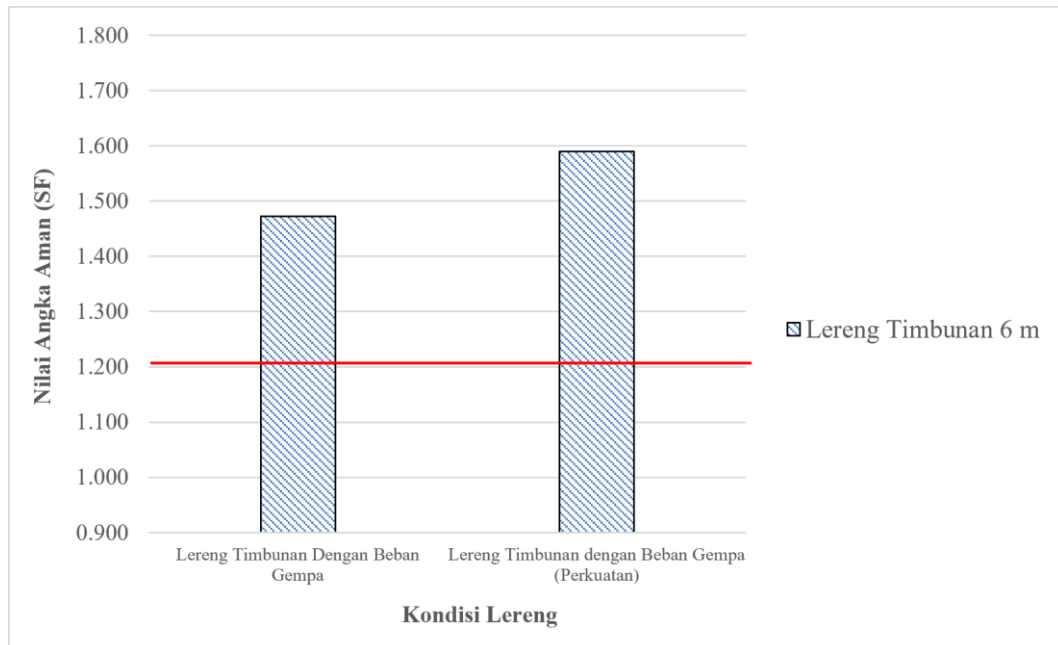
Dari hasil analisis lereng timbunan dengan ketinggian 6 meter dengan 3 kondisi yaitu kondisi tanpa beban lalu lintas, kondisi dengan beban lalu lintas, kondisi dengan beban gempa.. Didapatkan nilai SF secara berturut turut sebesar 2,281; 1,786; 1,472. Sedangkan setelah diberi perkuatan didapatkan nilai SF sebesar 2,530; 1,996; 1,590. Nilai angka aman sebelum dan sesudah diberi perkuatan pada kondisi tanpa beban lalu lintas dan juga kondisi dengan beban lalu lintas sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan yaitu $SF > 1,5$. Namun tetap dilakukan analisis dengan pemberian perkuatan geotekstil untuk mengetahui seberapa besar peningkatan SF setelah diberi perkuatan. . Sedangkan pada kondisi terpengaruhi beban gempa nilai SF sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan $SF > 1,1$ (terpengaruhi beban gempa) sehingga tidak diperlukan perkuatan, namun perkuatan tetap dilakukan untuk membandingkan seberapa besar pengaruh perkuatan geotekstil terhadap nilai SF. Setelah dilakukan perkuatan, didapatkan peningkatan pada nilai SF.

Tabel 5.8 Nilai Angka Aman Lereng Timbunan 6 m

Tinggi Lereng (meter)	Tanpa Perkuatan			Dengan Perkuatan		
	Tanpa Beban lalu Lintas	Dengan Beban Lalu Lintas	Dengan Beban Gempa	Tanpa beban Lalu Lintas	Dengan Beban Lalu Lintas	Dengan Beban gempa
6	2,281	1,786	1,472	2,530	1,996	1,590



Gambar 5.49 Grafik Nilai Angka Aman (SF>1,5) Tanpa Pengaruh Beban Gempa Lereng Timbunan 6 meter



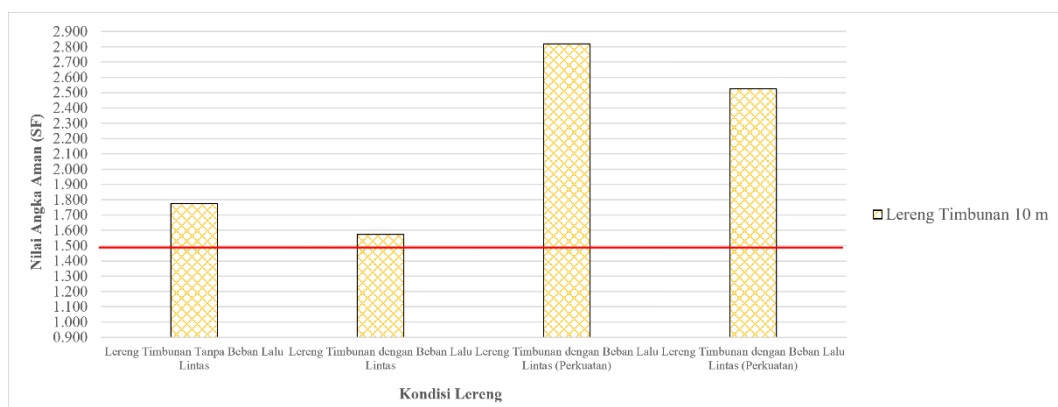
Gambar 5.50 Grafik Nilai Angka Aman (SF>1,1) Terpengaruhi Beban Gempa Lereng Timbunan 6 meter

5.8.3 Lereng Timbunan 10 meter

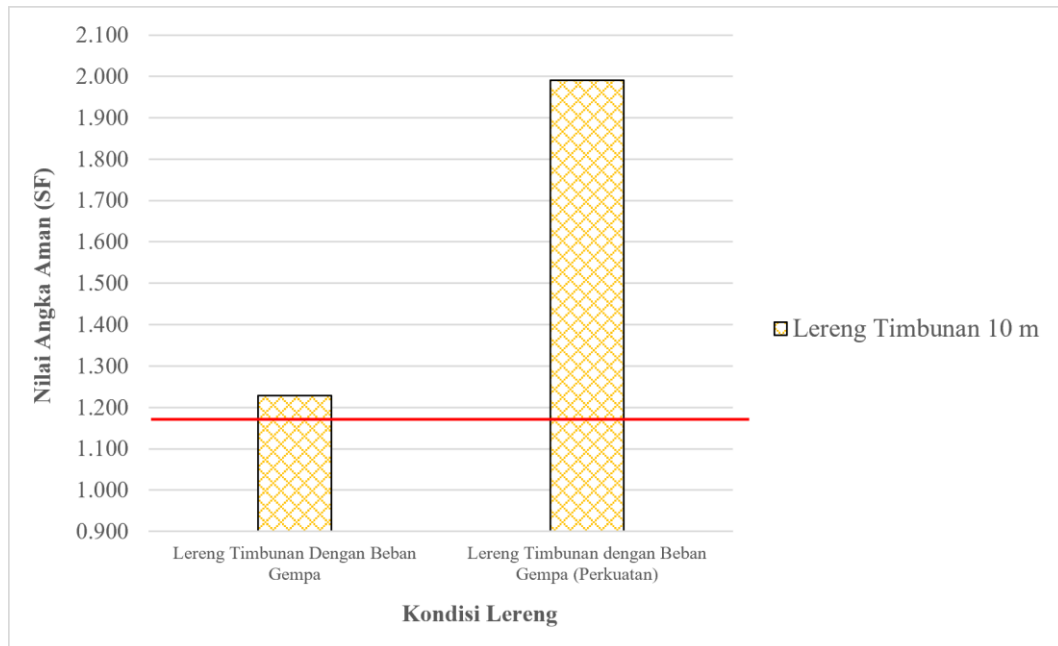
Dari hasil analisis lereng timbunan eksisting yaitu lereng dengan ketinggian 8 meter dengan 3 kondisi yaitu kondisi tanpa beban lalu lintas, kondisi dengan beban lalu lintas, kondisi dengan beban gempa.. Didapatkan nilai SF secara berturut turut sebesar 1,776; 1,574; 1,229. Sedangkan setelah diberi perkuatan didapatkan nilai SF sebesar 2,818; 2,526; 1,991. Nilai angka aman sebelum dan sesudah diberi perkuatan pada kondisi tanpa beban lalu lintas dan juga kondisi dengan beban lalu lintas sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan yaitu $SF > 1,5$. Namun tetap dilakukan analisis dengan pemberian perkuatan geotekstil untuk mengetahui seberapa besar peningkatan SF setelah diberi perkuatan. . Sedangkan pada kondisi terpengaruhi beban gempa nilai SF sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan $SF > 1,1$ (terpengaruhi beban gempa) sehingga tidak diperlukan perkuatan, namun perkuatan tetap dilakukan untuk membandingkan seberapa besar pengaruh perkuatan geotekstil terhadap nilai SF. Setelah dilakukan perkuatan, didapatkan peningkatan pada nilai SF.

Tabel 5.9 Nilai Angka Aman Lereng Timbunan 10 m

Tinggi Lereng (meter)	Tanpa Perkuatan			Dengan Perkuatan		
	Tanpa Beban lalu Lintas	Dengan Beban Lalu Lintas	Dengan Beban Gempa	Tanpa beban Lalu Lintas	Dengan Beban Lalu Lintas	Dengan Beban gempa
10	1,776	1,574	1,229	2,818	2,526	1,991



**Gambar 5.51 Grafik Nilai Angka Aman (SF>1,5) Tanpa Pengaruh Beban Gempa
Lereng Timbunan 10 meter**



**Gambar 5.52 Grafik Nilai Angka Aman (SF>1,1) Terpengaruhi Beban Gempa
Lereng Timbunan 10 meter**

Pada lereng dengan ketinggian 10 meter juga dilakukan perhitungan metode Fellenius, perhitungan ini hanya dilakukan pada lereng dengan ketinggian 10 meter dikarenakan lereng ini merupakan lereng dengan kondisi paling ekstrim. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk membandingkan hasil antara perhitungan manual dan perhitungan dengan menggunakan program. Perhitungan dengan metode Fellenius didapatkan SF sebesar 1,505, sedangkan hasil dari program aplikasi *SLOPE/W* Geostudio 2018 dengan metode perhitungan *Morgenstern-Price* didapatkan SF sebesar 1,574. Terdapat selisih perbedaan hasil dikarenakan pengambilan bidang longsor yang membuat perbedaan hasil angka aman. Namun, kedua hasil tersebut tetap menyatakan bahwa lereng timbunan tersebut sudah memenuhi nilai SF yang disyaratkan ($SF > 1,5$). Oleh karena itu lereng tersebut masih dapat dikatakan stabil dan tidak memiliki potensi terjadinya longsor.

5.8.4 Penurunan Tanah

Penelitian ini juga dilakukan analisis penurunan tanah langsung yang terjadi. Metode yang digunakan dalam analisis penurunan tanah ini menggunakan metode perhitungan manual untuk lereng dengan kondisi paling kritis yaitu lereng dengan

ketinggian 10 meter. Pada lapisan tanah pertama yaitu tanah lanau berpasir dengan kedalaman 0-1 meter, memiliki nilai penurunan sebesar 0,00253 meter. Pada lapisan tanah kedua yaitu tanah lempung dengan kedalaman 1-4,5 meter, memiliki nilai penurunan sebesar 0,01004 meter. Pada lapisan tanah ketiga yaitu tanah lanau berlempung dengan kedalaman 4,5-7 meter, memiliki nilai penurunan sebesar 0,00671 meter. Pada lapisan tanah keempat yaitu tanah pasir berlanau dengan kedalaman 7-11 meter, memiliki nilai penurunan sebesar 0,00155 meter. Pada lapisan tanah kelima yaitu tanah lanau berpasir dengan kedalaman 11-12,5 meter, memiliki nilai penurunan sebesar 0,00118 meter. Apabila diakumulasikan, total penurunan tanah langsung yang terjadi dari lapisan tanah teratas hingga terbawah sebesar 0,02201 meter.

Tabel 5.10 Penurunan Tanah Langsung STA 1+600

Lapis Tanah	Jenis Tanah	H	ΔH	I_p	E	μ_s	$1 - \mu_s^2$	$\Delta\sigma$	Si
		(m)	(m)		(kN/m ²)			(kN/m ²)	(m)
1	Lanau Berpasir	0-1	1	0,5	25000	0,31	0,903	8	0,00253
2	Lempung	1-4,5	3,5	0,48	5370	0,33	0,891	7,2	0,01004
3	Lanau Berlempung	4,5-7	2,5	0,482	8160	0,32	0,897	7,23	0,00671
4	Pasir Berlanau	7-11	4	0,476	35000	0,3	0,91	7,14	0,00155
5	Pasir	11-12,5	1,5	0,5	56000	0,33	0,891	8,5	0,00118
Total penurunan tanah segera pada lereng timbunan 10 meter									0,02201

Berdasarkan Tabel 5.10, didapatkan nilai penurunan tanah segera pada lereng dengan ketinggian 10 meter yaitu 0,02201 meter atau 2,201 cm, dengan nilai penurunan yang diizinkan sebesar 27,5 cm. Maka, penurunan langsung yang terjadi pada lereng ketinggian 10 meter tergolong sangat aman.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis stabilitas timbunan yang telah dilakukan didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil analisis lereng timbunan tanah tanpa perkuatan geotekstil.
 - a. Tinggi timbunan 6 meter tanpa pengaruh beban lalu lintas dan beban gempa didapat angka aman sebesar 2,281 dan yang terpengaruhi beban lalu lintas 1,786 serta dengan pengaruh beban gempa sebesar 1,472.
 - b. Tinggi timbunan 8 meter tanpa pengaruh beban lalu lintas dan beban gempa didapat angka aman sebesar 1,982 dan yang terpengaruhi beban lalu lintas 1,679 serta dengan pengaruh beban gempa sebesar 1,319.
 - c. Tinggi timbunan 10 meter tanpa pengaruh beban lalu lintas dan beban gempa didapat angka aman sebesar 1,776 dan yang terpengaruhi beban lalu lintas 1,574 serta dengan pengaruh beban gempa sebesar 1,229.
2. Hasil analisis lereng timbunan dengan ketinggian 10 meter menggunakan *SLOPE/W Geostudio 2018* dengan metode perhitungan *Morgenstern-Price* didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,574. Perhitungan manual dengan metode *Fellenius* didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,505.
3. Hasil analisis lereng timbunan tanah yang sudah diberi perkuatan geotekstil.
 - a. Tinggi timbunan 6 meter tanpa pengaruh beban lalu lintas dan beban gempa didapat angka aman sebesar 2,530 dan yang terpengaruhi beban lalu lintas 1,996 serta dengan pengaruh beban gempa sebesar 1,590.

- b. Tinggi timbunan 8 meter tanpa pengaruh beban lalu lintas dan beban gempa didapat angka aman sebesar 2,310 dan yang terpengaruhi beban lalu lintas 1,953 serta dengan pengaruh beban gempa sebesar 1,540.
 - c. Tinggi timbunan 10 meter tanpa pengaruh beban lalu lintas dan beban gempa didapat angka aman sebesar 2,818 dan yang terpengaruhi beban lalu lintas 2,526 serta dengan pengaruh beban gempa sebesar 1,991.
4. Hasil analisis penurunan tanah timbunan pada lereng dengan ketinggian 10 meter didapatkan angka penurunan sebesar 0,002201 m atau 2,201 cm.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang akan diberikan oleh penulis pada penelitaian selanjutnya seperti berikut ini.

1. Pada penelitian ini hanya menggunakan satu parameter perkuatan yaitu perkuatan jenis geotekstil, untuk penelitan lebih lanjut dapat mempertimbangkan penggunaan parameter perkuatan sebagai perbandingan.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan simulasi perhitungan penurunan tanah dengan software aplikasi *Geostudio 2018* sehingga dapat membandingkan hasil dari perhitungan yang dilakukan secara manual dan hasil perhitunagn yang didapt dari program.

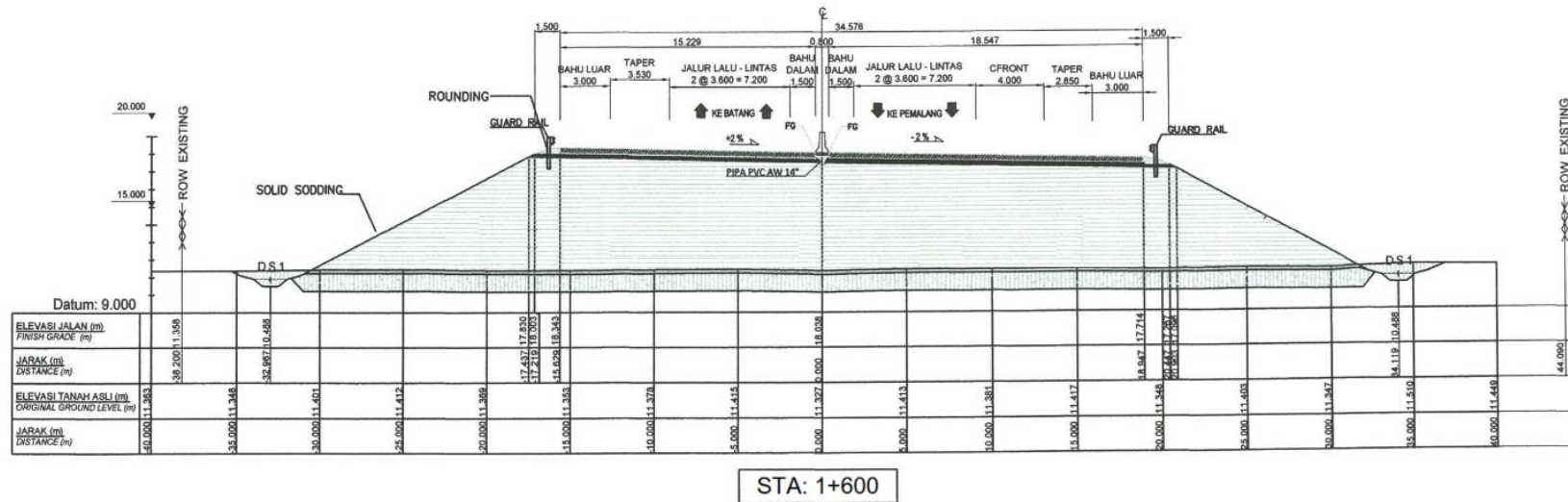
DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional. 2005. Penyusunan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah. SNI 7124:2005. Jakarta.
- Bina Marga. 2009. Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Bowles, J.E. 1989. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Terjemahan. Erlangga. Jakarta.
- Bowles, J.E. 1993. Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- Das, B.M. 1988. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Edisi Peretama. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das, B.M. 1995. Mekanika Tanah : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1. Erlangga. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. 2009. Modul Pelatihan Geosintetik Volume 3: Perencanaan Geosintetik Untuk Perkuatan Lereng. Jakarta
- GeoStudio*. 2022. *Stability Modelling*, GEO-SLOPE International Ltd, www.geo-slope.com
- GeoStudio*. 2021. *Slope Modelling*, GEO-SLOPE International Ltd, www.geo-slope.com
- GeoStudio*. 2013. *Stress-Deformation Modelling with SIGMA/W*, GEO-SLOPE International Ltd, www.geo-slope.com
- Ghosh, P., Biswas, A. 2012. Pengaruh Perkuatan Pada Stabilitas Lereng Menggunakan GeoSlope. *International Journal of Computer Applications*. Jadavpur University. India.
- Hakam, A. 2010. Stabilitas Lereng dan Dinding Penahan Tanah, Universitas Andalas Press. Padang
- Hardiyatmo, H.C. 2002. Mekanika Tanah I. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Hardiyatmo, H.C. 2013. Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya (Perancangan Dan Aplikasi), 2nd ed. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

- Hardiyatmo, H.C. 2014. Mekanika Tanah 2, 5th Ed. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pamungkas, F., Suyadi, W., dan Zaika, Y. 2015. Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan Perangkat Lunak (Studi Kasus Pada Sungai Parit Raya). *Penelitian*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Prasetyo, I. 2017. Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Tugas Akhir*. Universitas Sebelas Maret.
- Purwanto, Edy. 2012. Hand Out Mata Kuliah Perkuatan Tanah. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- PUPR, 2017. Peta Sumber Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. KemenPUPR. Bandung
- Sekarti, D.N.A. 2018 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Surachmat, D., Wijaya, H., Kawanda, A. 2019. Analisis Penurunan Tanah Dengan Menggunakan Geotekstil Pada Timbunan. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Vol. 2, No. 4, November 2019: Hal 197-202. Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 – Data Proyek Jalan Tol Pemalang – Batang



Gambar L – 1. Potongan Melintang Lereng Timbunan Badan Jalan

Lampiran 2 – Data Parameter Tanah

Tabel L – 2. Data Parameter Tanah Lereng Timbunan STA 1+600 Jalan Tol Pemalang – Batang

STA 1+600									
Kedalaman			Jenis Tanah	Parameter					
				γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	E (kN/m ²)	v	c	ϕ
0	-	1	Lanau Berpasir	16	17	25000	0.31	5	23
1	-	4.5	Lempung	15	16	5370	0.33	26.84	24
4.5	-	7	Lanau Berlempung	16	17	8160	0.32	63.13	28
7	-	11	Pasir Berlanau	15	16	35000	0.32	5	36.4
11	-	12.5	Pasir	17	18	56000	0.30	5	28.23
			Timbunan Pilihan	17	18	2500	0.33	35	10

Lampiran 3 – Data Geotekstil

Tabel L – 3. Spesifikasi Geotekstil Woven PT Prima Geotex Indo

Item	Colour (Warna)	Tensile Strength (Kekuatan Tarik)	Elongation (Mulus)	CBR Brust Strength (Kekuatan Jebol)	Grab Strength	Index Puncture (Index Ketahanan Tusuk)
Test Method	ASTM D5261	ASTM D4595-11	ASTM D4595 -11	ASTM D6241-14	ASTM D4533-15	ASTM D4833-07
Unit	-	kN/m	%	N	N	N
250 Gr	Black	MD = 56.5 CD = 55.7	MD = 23 CD = 22	6892	MD = 2115 CD = 1554	913

Lampiran 4 – Nilai PGA di Pernalang

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas	SBC - Batuan	T0(detik)	Ts(detik)	Sds(g)	Sd1(g)
Rentang T(s)	 Value: 6	0.09	0.43	0.37	0.16
PGA MCEG	<input type="text" value="0.2817"/> (g) bedrock				
SS MCEr	<input type="text" value="0.6159"/> (g) bedrock				
S1 MCEr	<input type="text" value="0.3050"/> (g) bedrock				
TL	<input type="text" value="20"/> Detik				

Save

Gambar L – 4. Nilai PGA di Pernalang

Sumber: Desain Spektra Indonesia, Kementrian PUPR (<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>)