

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN LERENG JALAN DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL MENGUNAKAN PROGRAM *GEOSLOPE 2018* (STUDI KASUS: PROYEK JALAN TAWANG – NGALANG SEGMENT IV STA. 7+750 GUNUNGGKIDUL D.I. YOGYAKARTA)

*(STABILITY ANALYSIS OF SLOPE ROAD EMBANKMENTS WITH
GEOTEXTILE REINFORCEMENT USING GEOSLOPE 2018 PROGRAM IN
TAWANG – NGALANG SEGMENT IV HIGHWAY CONSTRUCTION
PROJECT)*

*(CASE STUDIES: TAWANG-NGALANG ROAD SEGMENT IV STA.7+750
GUNUNGGKIDUL D.I. YOGYAKARTA)*

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Tajdid Afdhal
17511225**

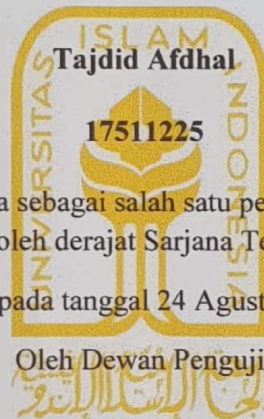
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN LERENG JALAN DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL MENGGUNAKAN PROGRAM *GEOSLOPE 2018* (STUDI KASUS: PROYEK JALAN TAWANG – NGALANG SEGMENT IV STA. 7+750 GUNUNGKIDUL D.I. YOGYAKARTA)

(*STABILITY ANALYSIS OF SLOPE ROAD EMBANKMENTS WITH
GEOTEXTILE REINFORCEMENT USING GEOSLOPE 2018 PROGRAM IN
TAWANG – NGALANG SEGMENT IV HIGHWAY CONSTRUCTION PROJECT*)
(*CASE STUDIES: TAWANG-NGALANG ROAD SEGMENT IV STA. 7+750
GUNUNGKIDUL D.I. YOGYAKARTA*)

Disusun Oleh:



Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 24 Agustus 2023

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I

Hanindya Kusuma A., S.T., M.T.
NIK: 04110407

Pembimbing II

Anisa Nur A., S.T., M.Eng.
NIK: 215111305

Penguji

M. Rifqi Abdurrozak
NIK: 135111101



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

29/8/2023
Ir. Yunaha Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 0951110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa sesungguhnya Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian tertentu dalam penulisan 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 dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian 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 peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, Agustus 2023
Yang membuat pernyataan,



Iajdid Afdhal
(17511225)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Stabilitas Timbunan Lereng Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program GEOSLOPE 2018 (Studi Kasus: Proyek Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV Sta. 7+750 Gunungkidul D. I. Yogyakarta)*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir.
2. Bapak/Ibu selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir yang telah memberikan saran, kritik, dan evaluasi agar kedepannya lebih baik dikemudian hari.
3. Bapak/Ibu selaku Dosen Penguji II Tugas Akhir yang telah memberikan saran, kritik, dan evaluasi agar kedepannya lebih baik dikemudian hari.
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Orang tua tercinta saya yaitu Ibu Rukanah, S.Pd.Ing dan Bapak Drs. Sujono serta kedua kakak saya yang telah berkorban begitu banyak, baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.

6. Bapak Ir. Suharyatma selaku Dosen Pembimbing Akademik yang memberikan bimbingan serta motivasi selama masa perkuliahan.
7. Sahabat-sahabat saya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberi motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil 2017 yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis dalam membuat Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Semoga penelitian yang telah dilakukan dalam bentuk laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya dan dapat untuk pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya.

Aamiin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 2023

Tajdid Afdhal
(17511225)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Studi Kasus	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan Geotekstil	6
2.2 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil	8
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Dilakukan	8
BAB III LANDASAN TEORI	11

3.1 Tanah	11
3.1.1 Tanah Lempung	11
3.1.2 Batuan Lempung	12
3.1.3 Pasir Lempungan	12
3.1.4 Batuan Pasir	12
3.1.5 Parameter Kuat Geser Tanah	12
3.1.6 Standard Penetration Test (SPT).	16
3.2 Lereng	18
3.2.1 Penyebab Kelongsoran	19
3.2.2 Pengaruh Kelongsoran	19
3.2.3 Jenis Longsor	21
3.3 Stabilitas Lereng	23
3.3.1 Teori Analisis Stabilitas Lereng	24
3.3.2 Metode Analisis Stabilitas Lereng	26
3.4 Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil	28
3.4.1 Geotekstil	28
3.4.2 Prinsip Geotekstil	31
3.4.3 Perkuatan Geotekstil	32
3.5 Program Konsolidasi	36
3.5.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penurunan Konsolidasi	37
3.6 Program <i>Geoslope</i> .	38
BAB IV METODE PENELITIAN	43
4.1 Tinjauan Umum	43
4.2 Data Penelitian	43
4.3 Tahapan Penelitian	43

4.4 Analisis Data.	44
4.4.1 Parameter Tanah	44
4.4.2 Beban Perkerasan Lalu Lintas	45
4.4.3 Beban Gempa	45
4.4.4 Geotekstil	46
4.5 Pengoperasian Program <i>Geoslope</i>	46
4.6 Bagan Alir Penelitian	50
BAB V ANALISIS DAN DATA PEMBAHASAN	52
5.1 Gambaran Umum.	52
5.2 Data Penelitian .	52
5.2.1 Data Parameter Tanah	52
5.2.2 Data Beban	53
5.2.3 Data Geotekstil	55
5.3 Analisis Stabilitas Timbunan Lereng.	55
5.3.1 Analisis Lereng Menggunakan Program <i>Geoslope 2018</i>	56
5.3.2 Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Masa Konstruksi	57
5.3.3 Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Pasca Konstruksi	63
5.3.4 Analisis Stabilitas Lereng Secara Manual dengan Metode <i>Fellenius</i>	64
5.4 Lereng Timbunan Sudut 32°	72
5.4.1 Analisis Menggunakan Program <i>Geoslope 2018</i> Lereng Timbunan Sudut 32° Tanpa Perkuatan	72
5.5 Perhitungan Geotekstil	79
5.5.1 Perhitungan Panjang Geotekstil per Zona	80
5.6 Analisis Menggunakan Program <i>Geoslope 2018</i> . Lereng Timbunan Sudut 32° Dengan Geotekstil	94

5.7 Analisis Penurunan Konsolidasi Tanah	102
5.7.1 Analisis Penurunan Tanah tanpa Perkuatan Pada Timbunan Lereng Asli Sudut 35°	102
5.7.2 Analisis Penurunan Tanah tanpa Perkuatan Pada Timbunan Lereng Sudut 32°	106
5.8 Pembahasan.	112
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	125
6.1 Kesimpulan	125
6.2 Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	127

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	9
Lanjutan Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	10
Tabel 3.1	Nilai Faktor Aman Untuk Perancangan Lereng	25
Tabel 3.2	Hubungan Nilai Faktor Aman dengan Intensitas Longsor	25
Tabel 3.3	Nilai Interface Tanah Kohesif dengan Geotekstil	31
Tabel 4.1	Data Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium	44
Lanjutan Tabel 4.1	Data Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium	45
Tabel 4.2	Parameter Beban Lalu Lintas	45
Tabel 4.3	Data Geotekstil	46
Tabel 5.1	Data Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium	53
Tabel 5.2	Beban Lalu Lintas	54
Tabel 5.3	Data Geotekstil	55
Tabel 5.4	Titik Koordinat Lereng Timbunan 9 m Tanpa Perkuatan	56
Tabel 5.5	Perhitungan Manual Metode <i>Fellenius</i>	69
Lanjutan Tabel 5.5	Perhitungan Manual Metode <i>Fellenius</i>	70
Tabel 5.6	Rekapitulasi Hitungan Nilai SF Asli	71
Tabel 5.7	Data Geotekstil Woven 250 Gr	82
Tabel 5.8	Koefisien Daya Dukung Tanah	82
Tabel 5.9	Hasil Panjang Geotekstil pada Perhitungan Stabilitas Eksternal	91
Tabel 5.10	Rekapitulasi Nilai Angka Aman (SF) Lereng Timbunan	121
Tabel 5.11	Rekapitulasi Penurunan Tanah Lereng Timbunan	122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV	2
Gambar 1.2	Potongan Melintang	3
Gambar 3.1	Lingkaran Mohr Saat Keruntuhan	14
Gambar 3.2	Penetrasi Dengan SPT	17
Gambar 3.3	Skema Pengujian Standard Penetration Test (SPT)	18
Gambar 3.4	Tampak Lereng Akibat Pengaruh Rangkak (<i>Creep</i>)	21
Gambar 3.5	Kelongsoran Lereng	22
Gambar 3.6	Longsoran Tranlasi	23
Gambar 3.7	Longsoran Rotasi	23
Gambar 3.8	Gaya-gaya yang Bekerja Pada Irisan	26
Gambar 3.9	Geotekstil Ayam (<i>Woven</i>)	29
Gambar 3.10	Geotekstil Nir-anyam (<i>Non Woven</i>)	29
Gambar 3.11	Geotekstil Sebagai Perkuatan (<i>Reinforcement</i>)	30
Gambar 3.12	Geotekstil Sebagai Pemisah (Separator)	30
Gambar 3.13	Lereng Timbunan di Atas Tanah Lunak	32
Gambar 3.14	Diagram Distribusi Tekanan Tanah Lateral	33
Gambar 4.1	Peta Zonasi Gempa	46
Gambar 4.2	Menentukan Metode Analisis	47
Gambar 4.3	Menentukan Bidang Longsor	47
Gambar 4.4	Mengatur Kertas Kerja	48
Gambar 4.5	Menggambar Model Awal <i>Geoslope</i>	48
Gambar 4.6	Bagan Alir Penelitian	51
Gambar 4.7	Bagan Alir Penggunaan Program <i>Geslope</i>	52

Gambar 5.1	Potongan Peta Stasiun Proyek Jalan Talang – Ngalang Segmen IV Sta. 7+ 650 sampai Sta. 8+ 000	52
Gambar 5.2	Peta Zonasi Gempa	55
Gambar 5.3	Pemodelan Lereng Timbunan Sudut 35° 9 m Tanpa Perkuatan	57
Gambar 5.4	Asumsi Fase Penimbunan Lereng Sudut 35° Masa Konstruksi	58
Gambar 5.5	Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 1 Tanpa Beban Gempa	59
Gambar 5.6	Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 1 dengan Beban Gempa	59
Gambar 5.7	Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 2 Tanpa Beban Gempa	60
Gambar 5.8	Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 2 dengan Beban Gempa	61
Gambar 5.9	Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 3 Tanpa Beban Gempa	62
Gambar 5.10	Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 3 dengan Beban Gempa	62
Gambar 5.11	Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 35° Pasca Konstruksi Tanpa Beban Gempa	63
Gambar 5.12	Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 35° Pasca Konstruksi dengan Beban Gempa	64
Gambar 5.13	Analisis Metode <i>Fellenius</i> Sudut 35° Tanpa Perkuatan dan Tanpa Beban Gempa	65
Gambar 5.14	Grafik Nilai SF tanpa Perkuatan Kondisi Eksisting	72

Gambar 5.15	Detail Pemodelan Awal Lereng Pada Kemiringan Sudut 32°	73
Gambar 5.16	Pemodelan Awal Lereng Pada Kemiringan Sudut 32°	73
Gambar 5.17	Asumsi Fase Penimbunan Lereng Timbunan Sudut 32°	74
Gambar 5.18	Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa Konstruksi Fase 1 Tanpa Beban Gempa	75
Gambar 5.19	Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa Konstruksi Fase 1 dengan Beban Gempa	75
Gambar 5.20	Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa Konstruksi Fase 2 Tanpa Beban Gempa	76
Gambar 5.21	Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa Konstruksi Fase 2 dengan Beban Gempa	77
Gambar 5.22	Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa Konstruksi Fase 3 Tanpa Beban Gempa	78
Gambar 5.23	Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa Konstruksi Fase 3 dengan Beban Gempa	78
Gambar 5.24	Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 32° Pasca Konstruksi Tanpa Perkuatan dan Tanpa Beban Gempa	79
Gambar 5.25	Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 32° Pasca Konstruksi Tanpa Perkuatan dengan Beban Gempa	80
Gambar 5.26	Pembagian Zona Pada Kemiringan Sudut 32°	81
Gambar 5.27	Detail Pemodelan Awal Lereng Kemiringan Sudut 32°	94
Gambar 5.28	Pemodelan Awal Lereng Kemiringan Sudut 32°	95
Gambar 5.29	Asumsi Fase Penimbunan Lereng Timbunan Sudut 32°	95
Gambar 5.30	Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 1 dengan Perkuatan Tanpa Beban Gempa	96

Gambar 5.31	Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 1 dengan Perkuatan dan Beban Gempa	97
Gambar 5.32	Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 2 dengan Perkuatan Tanpa Beban Gempa	98
Gambar 5.33	Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 2 dengan Perkuatan dan Beban Gempa	98
Gambar 5.34	Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 3 dengan Perkuatan Tanpa Beban Gempa	99
Gambar 5.35	Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 3 dengan Perkuatan dan Beban Gempa	100
Gambar 5.36	Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 32° Pasca Konstruksi dengan Perkuatan dan Tanpa Beban Gempa	101
Gambar 5.37	Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 32° Pasca Konstruksi dengan Perkuatan dan Beban Gempa	101
Gambar 5.38	Hasil Penurunan Konsolidasi pada 1 Bulan Lereng Asli Sudut 35°	103
Gambar 5.39	Hasil Penurunan Konsolidasi pada 6 Bulan Lereng Asli Sudut 35°	104
Gambar 5.40	Hasil Penurunan Konsolidasi pada 9 Bulan Lereng Asli Sudut 35°	106
Gambar 5.41	Detail Pemodelan Awal Lereng Pada Kemiringan Sudut 32°	107
Gambar 5.42	Pemodelan Awal Lereng Pada Kemiringan Sudut 32°	107
Gambar 5.43	Hasil Penurunan Konsolidasi pada 1 Bulan Lereng Sudut 32°	108
Gambar 5.44	Hasil Penurunan Konsolidasi pada 6 Bulan Lereng Sudut 32°	110
Gambar 5.45	Hasil Penurunan Konsolidasi pada 9 Bulan Lereng Sudut 32°	111

Gambar 5.46	Grafik Angka Aman (<i>SF</i>) Timbunan Lereng Asli Sudut 35°	113
Gambar 5.47	Hasil Angka Aman (<i>SF</i>) Timbunan Lereng Asli Tinggi 9 m Sudut 35° dengan Muka Air Tanah	115
Gambar 5.48	Grafik Angka Aman pada Timbunan Lereng Asli Tinggi 9 m Sudut 35° dengan Muka Air Tanah	116
Gambar 5.49	Grafik Angka Aman (<i>SF</i>) Timbunan Lereng Sudut 32°	117
Gambar 5.50	Grafik Angka Aman (<i>SF</i>) Timbunan Lereng Sudut 32° dengan Geotekstil	118
Gambar 5.51	Kurva Penurunan Tanah Timbunan Asli Sudut 35° tanpa Perkuatan	119
Gambar 5.52	Kurva Penurunan Tanah Timbunan Sudut 32° tanpa Perkuatan	120
Gambar 5.53	Perbandingan Nilai Angka Aman (<i>SF</i>) Berbagai Sudut Lereng Timbunan	123
Gambar 5.54	Nilai Penurunan Tanah Berbagai Sudut Lereng Timbunan	124

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Geometri Potongan Melintang	130
Lampiran 2	Data Tanah Uji Lapangan pada Stasiun 7+750	131
Lampiran 3	Data <i>Geotextile</i>	133
Lampiran 4	Kurva S Masa Penelitian	134

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

cm	= Centimeter
m	= Meter
mm	= Milimeter
γ_b	= Berat Volume Tanah (kN/m^3)
γ_{sat}	= Berat Volume Tanah Jenuh (kN/m^3)
FK	= Faktor Keamanan
N	= Newton
kN	= Kilo Newton
MPa	= Mega Pascal (N/mm^2)
%	= Persen
D	= Diameter (m)
S	= Jarak (m)
L	= Panjang (m)
SF	= <i>Safety Factor</i>
τ_f	= Kuat Geser Tanah (kN/m^2)
m^2	= Meter Persegi
c	= Kohesi (kN/m^2)
φ	= Sudut Geser Dalam ($^\circ$)
τ_d	= Tegangan Geser yang Terjadi Sepanjang Bidang Runtuh (kN/m^2)
σ	= Tegangan Normal (kN/m^2)

- σ'_f = Tegangan Normal Efektif Saat Terjadi Keruntuhan (kN/m^2)
 τ'_f = Tegangan Geser Efektif Saat Terjadi Keruntuhan (kN/m^2)
 u = Tekanan Air Pori (kN/m^3)
 R = Jari-jari Lingkaran Bidang Longsor (m)
 n = Jumlah Irisan
 W_i = Berat Massa Tanah Irisan ke-i (kN)
 N_i = Resultan Gaya Normal Efektif yang Sepanjang Dasar Irisan (kN)
 θ_i = Sudut yang Didefinisikan ($^\circ$)
 a_i = Panjang Lengkung Lingkaran Pada Irisan (m)
 α = Sudut Geser Singgung Masing-masing Irisan ($^\circ$)
 N' = Gaya Normal Efektif (kN)
 σ_v = Tegangan Normal Pada Bidang Kontak (kN/m^2)
 T_a = Gaya Tarik Pada Tulangan (kN/m)
 K_a = Koefisien Tanah Aktif
 σ_{hc} = Tekanan Horizontal Rata-rata Pada Lipatan (kN/m^2)
 S_v = Jarak Tulangan Arah Vertikal (m)
 H = Tinggi Lapisan Tanah (m)
 q = Beban Merata (kN/m)
 LO = Panjang *Overlapping* (m)
 Z_i = Kedalaman Tulangan yang Ditekuk Masuk ke Tanah (m)

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang gencar melakukan pembangunan disegala sektor seperti sektor transportasi. Transportasi di Indonesia berperan penting dalam perkembangan perekonomian dan pariwisata, salah satu pusat pariwisata di Indonesia berada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Untuk mempermudah akses pariwisata tersebut maka dibangun jalan dan jembatan Tawang – Ngalang dengan maksud dan tujuan untuk meningkatkan aksesibilitas dan kapasitas jalan dalam melayani lalu lintas disektor pariwisata yang berguna untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Pembangunan ruas jalan Tawang – Ngalang merupakan alternatif jalan Jogja – Wonosari melalui jalur Piyungan – Petuk.

Dalam penelitian ini akan menganalisis stabilitas timbunan lereng asli dan timbunan lereng yang telah diberi perkuatan geotekstil yang terletak di Desa Ngalang, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul tepatnya di segmen IV Sta. 7+750. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan program *Geoslope 2018* dan perhitungan secara manual.

Hasil dari analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan lereng asli sudut 35° didapat nilai angka aman (SF) tanpa beban gempa saat masa konstruksi fase pertama sebesar $3,638 > 1,5$; fase kedua sebesar $1,759 > 1,5$; fase ketiga sebesar $1,396 < 1,5$ dan saat pasca konstruksi sebesar $1,303 < 1,5$. Sedangkan pada timbunan lereng asli sudut 35° didapat nilai angka aman (SF) dengan beban gempa saat masa konstruksi fase pertama sebesar $1,251 > 1,1$; fase kedua sebesar $0,729 < 1,1$; fase ketiga sebesar $0,674 < 1,1$ dan saat pasca konstruksi sebesar $0,644 < 1,1$. Hasil dari perhitungan manual dengan metode *Fellenius* tanpa beban gempa didapat nilai angka aman (SF) tanpa beban gempa sebesar $1,335 < 1,5$. Untuk timbunan lereng sudut 32° dengan geotekstil didapat nilai angka aman (SF) tanpa beban gempa saat masa konstruksi fase pertama sebesar $4,094 > 1,5$; fase kedua sebesar $2,797 > 1,5$; fase ketiga sebesar $2,602 > 1,5$ dan saat pasca konstruksi sebesar $2,566 > 1,5$. Sedangkan pada timbunan lereng sudut 32° dengan geotekstil didapat nilai angka aman (SF) dengan beban gempa saat masa konstruksi fase pertama sebesar $1,635 > 1,1$; fase kedua sebesar $1,231 > 1,1$; fase ketiga $1,192 > 1,1$ dan saat pasca konstruksi sebesar $1,187 > 1,1$. Hasil penurunan tanah yang terjadi pada timbunan lereng asli sudut 35° sebesar $0,0847$ m sedangkan pada timbunan lereng asli sudut 32° sebesar $0,03$ m.

Kata kunci: Stabilitas lereng, Geotekstil, Penurunan, *Geoslope 2018*

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries that is currently intensively carrying out development in all sectors such as the transportation sector. Transportation in Indonesia plays an important role in the development of the economy and tourism, one of the centers of tourism in Indonesia is in the province of the Special Region of Yogyakarta. To facilitate access to tourism, the Tawang - Ngalang road and bridge are built with the intent and purpose of increasing road accessibility and capacity in serving traffic in the tourism sector which is useful for improving people's welfare. The construction of the Tawang - Ngalang road is an alternative to the Jogja - Wonosari road via the Piyungan - Petuk route.

This study analyzed the stability of the original slope embankment and geotextile reinforced slope embankment. The purpose of this study was to determine the safety rate and the decline that occurred on the Tawang - Ngalang road section which is located in Ngalang Village, Gedangsari District, Gunungkidul Regency to be precise in segment IV Sta. 7+750. This analysis was carried out using the Geoslope 2018 program and manual calculations.

The results of the analysis using the 2018 Geoslope program on the original slope embankment at an angle of 35° obtained the safe number (SF) without earthquake loads during the first phase construction period of $3.638 > 1.5$; the second phase of $1.759 > 1.5$; the third phase was $1.396 < 1.5$ and during post-construction it was $1.303 < 1.5$. Meanwhile, on the original slope embankment at an angle of 35° , the safe number (SF) with earthquake loads during the first phase of construction gained $1.251 > 1.1$; the second phase of $0.729 < 1.1$; the third phase reached $0.674 < 1.1$ and during post-construction $0.644 < 1.1$. The output of manual calculations using the Fellenius method without an earthquake load, the safe number (SF) without an earthquake load recovered $1.335 < 1.5$. For embankments with a 32° angle slope with geotextile, the safe number (SF) without earthquake loads during the first phase of construction realized $4.094 > 1.5$; the second phase of $2.797 > 1.5$; the third phase attained $2.602 > 1.5$ and during post-construction it was $2.566 > 1.5$. Whereas on the 32° slope embankment with geotextile, the value of the safe number (SF) with earthquake loads during the first phase of construction attained $1.635 > 1.1$; the second phase of $1.231 > 1.1$; the third phase was $1.192 > 1.1$ and during post-construction it had $1.187 > 1.1$. The yield of land subsidence that occurred on the original slope embankment at an angle of 35° achieved 0.0847 m while slope embankment at an angle of 35° was 0.03 m.

Keywords: *Slope stability, Geotextile, Settlement, Geoslope 2018*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang gencar melakukan pembangunan disegala sektor seperti sektor transportasi. Transportasi di Indonesia berperan penting dalam perkembangan perekonomian dan pariwisata, maka dari itu pembangunan disektor transportasi gencar dilakukan demi tercapainya tujuan pembangunan nasional. Salah satu pusat pariwisata di Indonesia berada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta merupakan salah satu kota yang menjadi destinasi utama dalam hal pariwisata.

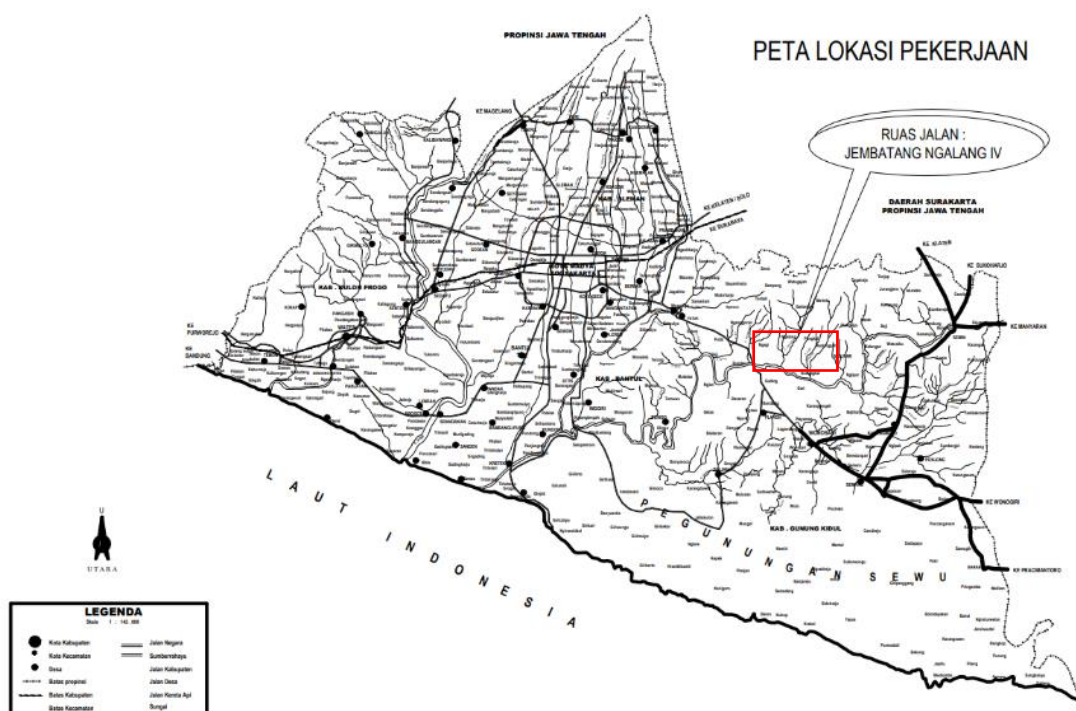
Untuk mempermudah akses pariwisata tersebut maka dibangun jalan dan jembatan Tawang – Ngalang dengan maksud dan tujuan untuk meningkatkan aksesibilitas dan kapasitas jalan dalam melayani lalu lintas disektor pariwisata yang berguna untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Pembangunan ruas jalan Tawang – Ngalang merupakan jalur alternatif jalan Jogja – Wonosari melalui jalur Piyungan – Petuk.

Dalam pembangunan konstruksi khususnya konstruksi jalan, sering dijumpai peristiwa kelongsoran lereng yang kebanyakan terjadi pada saat musim hujan. Hal ini terjadi akibat peningkatan air pori pada lereng yang berakibat terjadinya penurunan kuat geser tanah dan sudut geser dalam. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dapat menghasilkan tegangan geser pada seluruh massa tanah dan suatu gerakan akan terjadi kecuali tahanan geser pada setiap permukaan runtuh yang mungkin terjadi lebih besar dari tegangan geser yang bekerja (Bowles, 1991).

Pada pekerjaan di lapangan, dibutuhkan metode yang lebih efektif untuk memperbaiki dan memperkuat jenis tanah yang kurang baik pada lereng tersebut. Salah satu perbaikan yang dilakukan yaitu memberikan perkuatan untuk

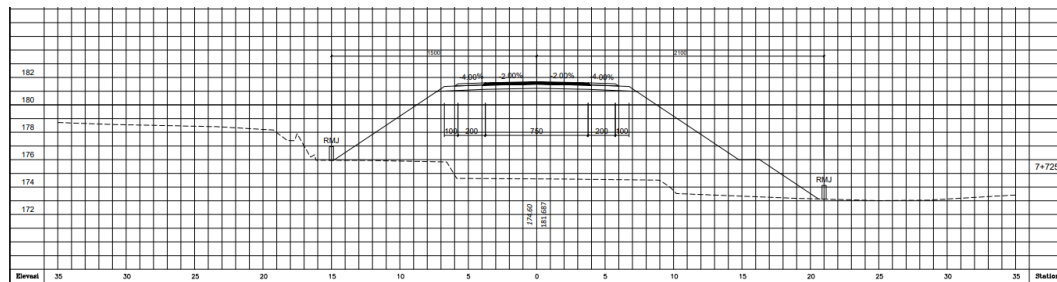
meningkatkan daya dukung tanah. Untuk menangani hal tersebut telah ditemukan suatu lapisan sintesis yang berketahanan tinggi terhadap proses pelapukan yang diletakkan di atas tanah dasar sebelum dilakukan penimbunan tanah untuk badan jalan yang disebut geotekstil. Geotekstil merupakan suatu terobosan dalam rekayasa perbaikan dan perkuatan tanah yang diharapkan mampu meningkatkan daya dukung tanah.

Pada proses pembangunan jalan kabupaten di Kabupaten Gunungkidul, dilakukan penimbunan dengan menggunakan perkuatan *shotcrete*. Penelitian ini melakukan analisis stabilitas timbunan tanah menggunakan perkuatan geotekstil dengan program komputer yaitu *Geoslope*. Analisis dilakukan dengan tujuan mengetahui besarnya angka aman dan bidang longsor potensial pada tanah agar perkuatan dapat efektif dan ruas jalan kabupaten yang telah dibangun dapat berfungsi secara optimal. Adapun lokasi penelitian dan geometri potongan melintang dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2 di bawah ini.



Gambar 1.1 Lokasi Jalan Tawang – Ngalang

(Sumber: Dinas PUPR D.I. Yogyakarta, 2022)



Gambar 1.2 Potongan Melintang

(Sumber: Dinas PUPR D. I. Yogyakarta, 2022)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang diteliti, adapun secara khusus pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut ini.

1. Bagaimana angka aman (SF) stabilitas lereng timbunan asli dengan menggunakan program *Geoslope 2018*?
2. Bagaimana angka aman (SF) stabilitas lereng timbunan setelah diubah sudut kemiringan lereng menggunakan program *Geoslope 2018*?
3. Bagaimana angka aman (SF) stabilitas lereng timbunan setelah diubah sudut kemiringan lereng dan diberi perkuatan menggunakan program *Geoslope 2018*?
4. Bagaimana penurunan konsolidasi yang terjadi setelah diubah sudut kemiringan lereng tanpa diberi perkuatan menggunakan program *Geoslope 2018*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui angka aman (SF) stabilitas lereng asli dengan menggunakan program *Geoslope 2018*.
2. Mengetahui angka aman (SF) stabilitas lereng timbunan setelah diubah sudut kemiringan lereng menggunakan program *Geoslope 2018*.
3. Mengetahui angka aman (SF) stabilitas lereng timbunan setelah diubah sudut kemiringan lereng dan diberi perkuatan menggunakan program *Geoslope 2108*.

4. Mengetahui penurunan konsolidasi yang terjadi pada lereng timbunan setelah diubah sudut kemiringan lereng tanpa diberi perkuatan menggunakan program *Geoslope 2018*.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan tentang desain tinggi timbunan paling efektif dan aman dengan bahan perkuatan geotekstil pada Proyek Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV Kabupaten Gunungkidul.
2. Mengetahui dan dapat mengoperasikan program *Geoslope* dalam menganalisis kestabilan lereng.
3. Membantu penelitian-penelitian sejenis sebagai bahan masukan dan inovasi teknologi dalam rekayasa geoteknik yang berpengaruh dalam perkembangan konstruksi di Indonesia.

1.5 Batasan Penelitian

Permasalahan yang ada perlu dibatasi dengan beberapa batasan agar penelitian ini dapat berjalan secara sistematis, adapun batasan-batasan yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Timbunan lereng pada Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV.
2. Data tanah asli yang digunakan dari Laporan Analisa Geoteknikal Proyek Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV.
3. Tidak memperhitungkan muka air tanah.
4. Tidak mengacu pada gambar ROW di lapangan.
5. Perencanaan geosintetik yang digunakan adalah jenis geotekstil yang ditunen (*woven*) produksi PT. Prima Geotex Indo dengan kuat tarik ultimit 60 kN/m^2 .
6. Metode perhitungan menggunakan program bantu dengan *software Geoslope 2018*.
7. Beban gempa yang digunakan sesuai lokasi penelitian.
8. Beban lalu lintas yang digunakan mengacu pada Departemen Pekerjaan Umum (2009).

1.6 Studi Kasus

Adapun studi kasus yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Lokasi Proyek

Lokasi penelitian ini dilakukan yaitu pada Proyek Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV, Gunungkidul, D. I. Yogyakarta dengan denah lokasi pada STA 7+750.

2. Potongan Melintang

Potongan melintang pada lokasi penelitian yaitu STA 7+750 merupakan geometri tanah timbunan yang digunakan. Geometri potongan melintang akan dianalisis dengan variasi ketinggian timbunan mulai dari 4 m sampai 9 m.

Potongan melintang pada STA 7+750 dapat dilihat pada Lampiran 1.

3. Data Tanah

Data tanah yang digunakan yaitu hasil dari uji lapangan dan uji laboratorium dari sampel tanah untuk desain yang diperoleh dari Laporan Analisa Geoteknikal Proyek Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV. Data tanah yang diambil pada titik BH-06 STA 7+750. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan Geotekstil

Sekarti (2018) melakukan penelitian mengenai analisis stabilitas timbunan di Jalan Tol Semarang – Solo ruas Salatiga Kartasura. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui nilai faktor keamanan (SF) lereng timbunan dengan variasi penambahan trap berdasarkan analisis kelongsoran menggunakan program Slope/W dengan metode Fellenius, Janbu Simplified dan Morgenstern Price. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah timbunan dengan variasi geometri penambahan trap tanpa pengaruh beban gempa menggunakan metode Fellenius, Janbu Simplified dan Morgenstern Price terjadi peningkatan SF berturut-turut sebesar 9,72%, 9,36% dan 10,8%, sedangkan dengan pengaruh beban gempa sebesar 1,86%, 1,94% dan 2%. Hasil SD yang paling kritis jika dibandingkan dengan metode kesetimbangan lainnya adalah pada metode Janbu Simplified. Beban gempa dapat mempengaruhi kestabilan timbunan secara signifikan dengan rata-rata sebesar 44,4062% menurunkan tingkat kestabilan suatu timbunan.

Hediyanto (2018) melakukan penelitian mengenai analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dinding kantilever dan sheetpile pada Bantaran Sungai Code. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor aman (SF) dari lereng eksisting, perkuatan kantilever dan perkuatan sheetpile menggunakan program Geoslope/W dan mengetahui pergerakan tanah pada kedua variasi perkuatan tersebut dengan pembandingan pada saat terjadi gempa dan non gempa menggunakan program Sigma/W. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh faktor aman (SF) lereng eksisting akibat berat sendiri sebesar 1,118 akibat gempa sebesar sebesar 0,565. Faktor aman (SF) lereng dengan perkuatan kantilever akibat berat sendiri sebesar 2,639 akibat gempa sebesar 1,789. Faktor aman (SF) lereng dengan perkuatan sheetpile kantilever akibat berat sendiri sebesar 2,726 akibat gempa sebesar 1,846. Dari perencanaan dua variasi perkuatan tersebut faktor aman (SF) > 1,5 maka lereng

stabil. Diperoleh hasil terbesar pergerakan tanah perkuatan kantilever pada saat non gempa pada potongan A-A sebesar 0,7 meter, potongan B-B sebesar 1,1 meter dan potongan C-C sebesar sebesar 0,1 meter. Hasil terbesar pergerakan tanah perkuatan sheetpile pada saat non gempa pada potongan A-A sebesar 0,44 meter, potongan B-B sebesar 1,03 meter, dan potongan C-C sebesar 0,088 meter.

Utomo (2019) melakukan penelitian analisis stabilitas lereng dengan perkuatan soil nailing dengan menggunakan program Geoslope pada studi kasus di Bantaran Sungai Code, tepatnya di Padukuhan Gemawang, Desa Sinduadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui faktor keamanan lereng alami berdasarkan analisis kelongsoran metode perhitungan manual fellenius dan bishop yang disederhankan. Kemudian untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng berdasarkan analisis kelongsoran menggunakan program geoslope dan mengetahui nilai faktor keamanan perkuatan soil nailing berdasarkan analisis kelongsoran metode perhitungan baji (wedge). Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah perhitungan manual metode fellenius didapatkan $SF = 0,929 < 1,3$ (tidak aman) dan metode bishop didapatkan $SF = 1,125$ (tidak aman). Sedangkan analisis program geoslope metode fellenius didapatkan $SF = 0,933 < 1,3$ (tidak aman) dan metode bishop didapatkan $SF = 1,125 < 1,3$ (tidak aman). Untuk perhitungan perkuatan soil nailing metode baji (wedge), pada sudut nail 10° didapatkan $SF = 1,5391 > 1,3$ (aman) dan program geoslope didapatkan SF tanpa beban gempa $2,294 > 1,3$ (aman). Pada sudut nail 20° didapatkan $SF = 1,5977 > 1,3$ (aman) dan SF dengan beban gempa $1,503 > 1,3$ (aman). Pada sudut nail 30° didapatkan $SF = 1,6051 > 1,3$ (aman) dan untuk program geoslope didapatkan SF tanpa beban gempa = $3,253 > 1,3$ (aman) dan SF dengan beban gempa = $1,653 > 1,3$ (aman). Dari hasil analisis ditemukan perbedaan nilai SF antara metode baji (wedge) dengan program geoslope, disebabkan karena metode baji (wedge) menggunakan bidang gelincir longsor planar dan geoslope menggunakan bidang gelincir longsor lingkaran.

2.2 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil

Abdul (2018) melakukan penelitian mengenai analisis stabilitas lereng menggunakan geotekstil dengan program *GEOSLOPE* pada studi kasus di Jalan Tol Semarang – Solo Sta. 2+200. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui nilai keamanan lereng dengan perkuatan geotekstil. Kesimpulan yang didapat dari penelitian tersebut adalah stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan program PLAXIS Versi 8.2 didapat nilai angka aman, akibat beban sendiri sebesar 1,873, akibat beban sendiri dan beban kendaraan sebesar 1,81. Akibat beban sendiri, beban kendaraan dan beban gempa sebesar 1,792. Nilai aman ini memenuhi syarat angka aman $> 1,5$.

Kafilanda (2019) melakukan penelitian mengenai analisis stabilitas lereng menggunakan geotekstil dengan program *GEOSLOPE* pada studi kasus di Jalan Tol Balikpapan – Samarinda Sta. 1+975. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui nilai faktor keamanan (safety factor) pada lereng dengan diberikan perkuatan geotekstil. Kesimpulan yang didapat dari penelitian tersebut diantaranya adalah faktor keamanan (SF) dari hasil analisis menggunakan program SLOPE/W sebesar $1,159 < 1,5$ serta faktor keamanan (SF) menggunakan metode Fellenius dan hitungan manual pada kondisi asli tanah timbunan $0,95 < 1,5$ (tidak aman), sehingga perlu adanya perkuatan. Dari hasil Analisa dengan menggunakan SLOPE/W diperoleh perbandingan antara nilai SF pada tanah timbunan yang diperkuat dengan perkuatan geotekstil dengan variasi geotekstil panjang per zona dan ditambahkan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar 1,681 dan untuk nilai SF pada lereng yang diperkuat geotekstil tanpa beban gempa sebesar 2,303. Kemudian pada zona 3 dan 2 menghasilkan nilai SF 2,128 dan dengan beban gempa pada zona 3 dan 2 menghasilkan nilai SF sebesar 1,511. Sehingga dari hasil perhitungan perangkat lunak terlihat bahwa hasilnya aman.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Dilakukan

Perbandingan penelitian atau tugas akhir ini dengan beberapa penelitian diatas disajikan dalam bentuk table, kemudian dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Abdul (2018)	Kafilanda (2019)	Sekarti (2018)	Herdiyanto (2018)	Utomo (2019)	Tajdid (2022)
Judul Penelitian	Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Geotekstil dengan Program <i>Geoslope</i> Pada Studi Kasus Jalan Tol Semarang – Solo Sta. 2+200,	Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Geotekstil dengan Program <i>GEOSLOPE</i> Pada Studi Kasus di Jalan Tol Balikpapan – Samarinda Sta. 1+975.	Analisis Stabilitas Timbunan di Jalan Tol Semarang – Solo ruas Salatiga Kartasura.	Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Dinding Kantilever dan <i>Sheetpile</i> pada Bantaran Sungai Code.	Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan <i>Soil Nailing</i> dengan Menggunakan Program <i>GEOSLOPE</i> Pada Studi Kasus Bantaran Sungai Code.	Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program <i>GEOSLOPE 2018</i> Pada Studi Kasus Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV.
Tujuan Penelitian	Mengetahui nilai faktor kemanan dengan dan tanpa perkuatan geotekstil menggunakan program PLAXIS 8.2.	Mengetahui nilai faktor keamanan pada lereng dengan diberikan perkuatan geotekstil dengan program <i>Geoslope</i> .	Mengetahui nilai faktor keamanan lereng timbunan dengan variasi penambahan trap berdasarkan analisis kelongsoran menggunakan program <i>Slope/W</i> .	Mengetahui faktor aman (SF) dari lereng eksisting, perkuatan kantilever dan perkuatan <i>sheetpile</i> menggunakan program <i>Geoslope/W</i> .	Mengetahui faktor keamanan lereng alami berdasarkan analisis kelongsoran metode perhitungan manual <i>Fellenius</i> dan Bishop yang disederhanakan.	Mengetahui nilai faktor kemanan lereng eksisting dengan perkuatan geotekstil menggunakan program <i>Geoslope</i> .

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Abdul (2018)	Kafilanda (2019)	Sekarti (2018)	Herdiyanto (2018)	Utomo (2019)	Tajdid (2022)
Metode Penelitian	Analisis menggunakan program PLAXIS v.8.2. untuk kestabilan lereng dengan dan tanpa beban gempa.	Analisa menggunakan <i>software Geolope</i> untuk kestabilan lereng dan perhitungan manual.	Analisa menggunakan pengujian tanah langsung di laboratorium dan faktor aman dengan program <i>Slope/W</i> .	Analisa menggunakan program <i>Geoslope</i> untuk kestabilan lereng dengan kekuatan kantilever dan <i>sheetpile</i> .	Analisa menggunakan program <i>Geoslope</i> dan metode <i>Fellenius</i> dan Bishop untuk dibandingkan dengan perhitungan manual.	Analisis menggunakan program <i>Geoslope</i> untuk kestabilan angka aman lereng eksisting dengan kekuatan geotekstil.
Hasil Penelitian	Faktor aman (SF) lereng tanpa kekuatan geotekstil belum aman dan faktor aman (SF) dengan kekuatan geotekstil aman terhadap kelongsoran karena nilai angka aman $> 1,5$	Faktor keamanan pada hasil analisis menggunakan program <i>Slope/W</i> diperkuat dengan geotekstil dan ditambahkan beban gempa sebesar 2,303.	Timbunan dengan variasi geometri penambahan trap tanpa pengaruh beban gempa menggunakan <i>Fellenius</i> terjadi peningkatan SF sebesar 9,72%	Faktor aman (SF) lereng dengan kekuatan <i>sheetpile</i> akibat berat sendiri sebesar 2,726 dan akibat beban gempa sebesar 1,846	Faktor aman pada sudut nail 10° sebesar 1,5391 dan dengan program <i>Geoslope</i> dengan beban gempa sebesar 1,278 $> 1,1$ (aman)	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah merupakan campuran butiran-butiran mineral dengan kandungan organik hasil pelapukan batuan, secara fisik maupun kimiawi. Proses pembentukan tanah secara fisik terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia atau hancurnya akibat perubahan suhu cuaca. Pengaruh tersebut menjadikan partikel-partikel berbentuk bulat, gerigi atau bentuk-bentuk lainnya.

Umumnya, proses pembentukan tanah secara kimiawi terjadi akibat pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama mengandung asam atau alkali). Pengaruh tersebut dikenal dengan sebutan tanah residual (*residual oil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya maka disebut tanah terangkut (*transported oil*).

Tanah dengan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan seperti pasir, lempung, lanau atau lumpur. Ukuran butiran juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus, sebagai contoh lempung dan pasir. Lempung merupakan jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir merupakan jenis tanah yang bersifat tidak kohesif dan tidak plastis. (Hardiyatmo, 2012).

3.1.1 Tanah Lempung

Tanah lempung adalah tanah berukuran mikronis sampai sub mikronis dimana yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung bersifat sangat keras saat keadaan kering, bersifat plastis saat kadar air sedang, dan bersifat lengket lunak saat kadar air tinggi (Terzaghi, 1987).

Tanah lempung mempunyai ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kembang susut tinggi, dan proses konsolidasi lambat. Memahami mineral tanah tersebut dapat mengamati perilaku tanah lempung (Hardiyatmo, 2012).

3.1.2 Batuan Lempung

Batuan yang mempunyai struktur padat terdiri dari susunan mineral lebih banyak daripada batuan lanau. Batuan lempung juga salah satu jenis batuan sedimen yang bersifat liat atau plastis terdiri dari susunan *hidrous aluminium silikat* (mineral lempung) berbutir halus (Citra, 2016).

3.1.3 Pasir Lempungan

Tanah jenis ini terdiri dari tanah pasir dan tanah liat. Susunan tanah ini terdiri dari 70% tanah lempung, 50% tanah pasir 43% tanah lanau. Tanah ini mempunyai ukuran antara pasir dan lempung yang bertekstur kasar, lengket, dan ada sedikit partikel-partikel tanahnya (Arnaiz, 2022).

3.1.4 Batuan Pasir

Batuan sedimen yang terdiri dari mineral berukuran pasir atau butir-butir batuan dari pecahan batuan-batuann lainnya. Batuan ini terbentuk dari *feldspar* yang berasal dari kulit bumi. Butiran batuan pasir terdiri dari mineral, batuan, atau bahan organik yang persenan butirannya tergantung dari sumber butirannya dan bagaimana porses transportasinya (Aletheia, 2022).

3.1.5 Parameter Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah terjadi ketika tanah tersebut terbebani dan terjadi perlawanan tegangan geser. Keruntuhan geser tanah juga dapat terjadi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah.

Kuat geser tanah dapat diartikan sebagai gaya perlawanan butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan ini dapat diartikan apabila tanah mengalami pembebanan maka ditahan oleh:

1. Gesekan antara butiran tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal bidang gesernya, dan
2. Kohesi tanah (jenis dan kepadatan) tetapi tidak berpengaruh pada tegangan normal yang terjadi pada bidang geser.

Menurut teori Mohr (1910) kondisi keruntuhan tanah dapat terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng dan gaya dorong pada dinding penahan tanah (Hardiyatmo, 2010). Hubungan fungsi kedua tegangan antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuh dapat dinyatakan oleh Persamaan 3.1 berikut ini.

$$\tau = f(\sigma) \quad (3.1)$$

Keterangan:

τ = Tegangan geser (kN/m²)

σ = Tegangan normal (kN/m²)

Nilai kekuatan geser tanah dapat diperlukan untuk menghitung tanah yang bekerja pada dinding penahan tanah atau untuk menghitung daya dukung tanah. Apabila tegangan normal bekerja pada permukaan tanah maka gaya geser juga bekerja, maka harga τ akan besar akibat deformasi dan mencapai harga batas.

Kekuatan geser tanah secara sederhana dibagi dalam nilai yang tergantung pada tahanan geser antara butir-butir tanah dan kohesi pada permukaan tanah itu sendiri. Seperti penjelasan sebelumnya, tanah terbagi menjadi tanah kohesif dan tanah tidak kohesif. Tanah pasir berkohesi nol adalah tanah tidak kohesif, sedangkan tanah lempung adalah tanah kohesif. Jika tanah berkohesi nol berada pada keadaan tidak jenuh, maka sifat kohesi tersebut dilihat sebagai tegangan permukaan air pori-pori. Kekuatan geser tanah berubah sesuai jenis dan kondisi tanah itu sendiri.

Terzaghi (1925) mengubah persamaan Coulumb lebih efektif karena tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori, persamaan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 3.2 dan 3.3 berikut ini.

$$\tau = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \sigma' \quad (3.2)$$

Karena, $\sigma' = \sigma - u$, maka

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \varphi' \quad (3.3)$$

Keterangan:

σ' = Tegangan normal efektif (kN/m^2)

c' = Kohesi tanah efektif (kN/m^2)

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

u = Tekanan air pori (kN/m^2)

Kuat geser tanah bisa dinyatakan dalam bentuk tegangan efektif σ'_1 dan σ'_3 saat terjadi keruntuhan. Lingkaran Mohr berbentuk setengah lingkaran dengan koordinat (τ) dan (σ') dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Lingkaran Mohr Saat Keruntuhan

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Dari lingkaran Mohr pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa:

c' = Kohesi (kN/m^2)

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

σ'_1 = Tegangan utama mayor efektif (kN/m^2)

σ'_3 = Tegangan utama minor efektif (kN/m^2)

θ = Sudut keruntuhan ($^\circ$)

$\tau'f$ = Tegangan geser efektif pada saat terjadi keruntuhan

$\sigma'f$ = Tegangan normal efektif pada saat terjadi keruntuhan

Dari lingkaran Mohr terdapat hubungan parameter yang dapat dijelaskan pada Persamaan 3.4, 3.5, dan 3.6 dibawah ini.

$$\tau f' = (\sigma'_1 - \sigma'_3) \sin 2\theta \quad (3.4)$$

$$\sigma f' = (\sigma'_1 - \sigma'_3) + (\sigma'_1 - \sigma'_3) \sin 2\theta \quad (3.5)$$

$$\sin \theta = \frac{(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2}{(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2} \quad (3.6)$$

Untuk mempelajari kuat geser tanah, terdapat istilah yang sering digunakan, yaitu:

1. Kelebihan tekanan pori yaitu kelebihan tekanan air pola akibat dari tambahan tekanan mendadak.
2. Tekanan *overburden* efektif yaitu tekanan akibat beban tanah dan air di atasnya dikurangi tekanan air pori.
3. Tekanan *overburden* yaitu tekanan pada suatu titik dalam tanah akibat berat material tanah dan air yang berada diatas titik tersebut.
4. Tekanan prakonsolidasi yaitu tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah tersebut.
5. Tekanan *normally consolidated* yaitu tanah dimana tegangan efektif yang membebani pada waktu sekarang adalah nilai tegangan maksimum yang pernah dialaminya.
6. Tekanan *overconsolidated* yaitu tanah dimana tegangan efektif yang pernah membebani pada waktu lampau lebih besar daripada tegangan efektif yang bekerja pada waktu sekarang.
7. *Over Consolidation Ratio (OCR)* yaitu nilai perbandingan antara tekanan prakonsolidasi dengan tekanan *overburden* efektif yang ada sekarang. Jadi apabila, $OCR = 1$ tanah dalam keadaan *normally consolidated* dan apabila $OCR > 1$ tanah dalam keadaan *overconsolidated*.

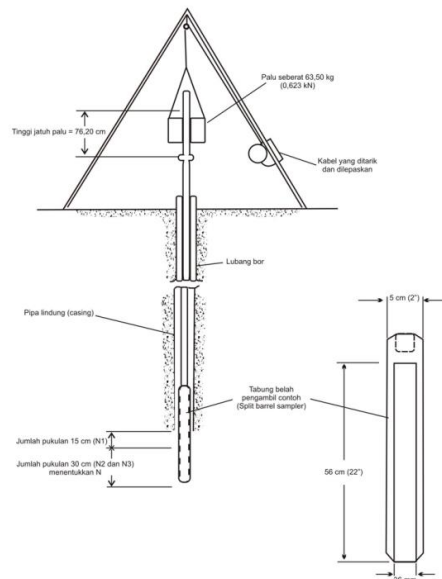
Parameter kuat geser tanah didapat dengan uji laboratorium terhadap sampel tanah asli (*undisturbed*), tanah tersebut harus diambil dengan hati-hati supaya tidak

berubah kondisinya (kadar air dan susunan butirannya) karena bisa berakibat fatal pada sampel. Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah yaitu sebagai berikut.

1. Uji kuat geser langsung (*direct shear test*)
2. Uji tekan bebas (*unconfined compression test*)
3. Uji Triaksial (*triaxial test*)
4. Uji geser kipas (*vane shear test*)

3.1.6 Standard Penetration Test (SPT)

Standard Penetration Test (SPT) merupakan metode uji yang dilakukan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui perlawanan dinamik tanah. Metode pengujian *standard penetration test* (SPT) terdiri dari uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah dengan pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm arah vertikal. Dalam metode ini sistem beban jatuh menggunakan palu dengan berat 63,5 kg dan dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan uji SPT dibagi dalam tiga tahap pelaksanaan serta berturut-turut setebal 150 mm setiap tahap pelaksanaannya. Pada tahap pertama dilakukan pencatatan sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua dan ketiga dijumlahkan supaya memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT (dinyatakan pukulan/0,3 m). Alat pada saat uji SPT dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



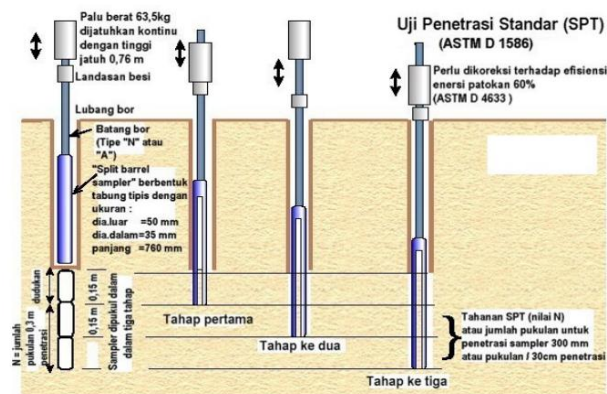
Gambar 3.2 Penetrasi Dengan SPT

(Sumber: SNI 4153-2008)

Pengujian standard penetrasi ini bertujuan memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter ini diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus yang berguna untuk mengidentifikasi lapisan tanah di lapangan yang mencakup bagian desain pondasi. Standard yang digunakan ini menguraikan prinsip-prinsip cara uji penetrasi yang meliputi: sistem peralatan uji penetrasi di lapangan yang terdiri atas peralatan konus dengan metode SPT dan perlengkapan lainnya, persyaratan peralatan pengujian, cara uji, laporan pengujian dan contoh pengujian. Cara uji ini berlaku untuk jenis tanah pada umumnya (SNI 4153, 2008).

Nilai SPT diperoleh dengan cara yang digunakan pada tabung belah standar dipukul sedalam 15 cm (6''). Kemudian dilakukan pemukulan tahap kedua sedalam 30 cm (12''), jumlah pukulan tahap kedua ini dibutuhkan untuk penetrasi tabung belah standar sedalam 30 cm dan didefinisikan sebagai nilai-N. Pengujian lebih baik dilakukan dengan menghitung pukulan yang tiap pukulan menembus sedalam 7,62 cm (3 inci) atau setiap 15 cm (6 inci). Dengan metode ini kedalaman sembarang jenis tanah pada dasar lubang bor dapat ditaksir dan elevasi yang mengganggu dalam usaha menembus lapisan tanah keras seperti batu tetap tercatat. Hitung jumlah pukulan atau tumbukan N pada penetrasi yang pertama, penetrasi 15

cm yang kedua dan ketiga serta catat jumlah pukulan N setiap penetrasi 15 cm. Jumlah pukulan yang dihitung adalah $N_2 + N_3$. Selanjutnya nilai N_1 tidak diperhitungkan karena masih keadaan kotor hasil pengeboran. Jika nilai N lebih besar daripada 50 pukulan, maka pengujian harus dihentikan dan tambah pengujian sampai minimum 6 m. Catat kembali jumlah pukulan pada setiap penetrasi 5 cm untuk jenis tanah keras tersebut. Skema pengujian SPT dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Skema Pengujian Standard Penetration Test (SPT)

(Sumber: SNI 4235-2008)

3.2 Lereng

Lereng adalah permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Lereng atau talud dapat terbentuk secara alami melalui proses geologi atau terbentuk karena dibuat manusia untuk tujuan tertentu. Dalam bidang teknik sipil terdapat tiga jenis lereng yaitu.

1. Lereng alam, lereng yang terbentuk karena peristiwa alam seperti lereng suatu bukit.
2. Lereng buatan dari tanah asli, tanah yang dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air irigasi.
3. Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan seperti tanggul untuk jalan bendungan tanah.

Pada suatu tempat dimana terdapat dua permukaan tanah dengan elevasi ketinggian berbeda, maka akan terjadi gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga

tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah dengan sebutan gaya potensial gravitasi dan menyebabkan kelongsoran.

3.2.1 Penyebab Kelongsoran

Menurut Hardiyatmo (2010) kelongsoran lereng alam dapat terjadi akibat hal-hal sebagai berikut.

1. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban dapat berupa bangunan baru dan tambahan beban air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenangi di permukaan tanah dan beban dinamis yang disebabkan oleh tumbuhan-tumbuhan tertiuap angin dan lain-lain.
2. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng.
3. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng.
4. Perubahan posisi muka air secara cepat (rapid drawdown) pada bendung, sungai dan lain-lain.
5. Gempa bumi.
6. Tekanan tanah lateral oleh air yang mengisi retakan menyebabkan tanah terdorong ke arah lateral.
7. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, rembesan oleh genangan air di dalam tanah pada lereng lempung yang mudah kembang susut dan lain-lain.

3.2.2 Pengaruh Kelongsoran

Menurut Hardiyatmo (2010) ada beberapa hal yang mempengaruhi kelongsoran sebagai berikut.

1. Pengaruh Iklim

Hardiyatmo (2010) menyatakan di dekat permukaan tanah, kuat geser tanah berubah dari waktu ke waktu bergantung pada iklim. Beberapa jenis tanah mengembang saat musim hujan dan menyusut saat musim kemarau. Pada musim hujan, kuat geser tanah menjadi sangat rendah dibanding saat musim kemarau. Oleh sebab itu, kuat geser tanah yang digunakan dalam analisis

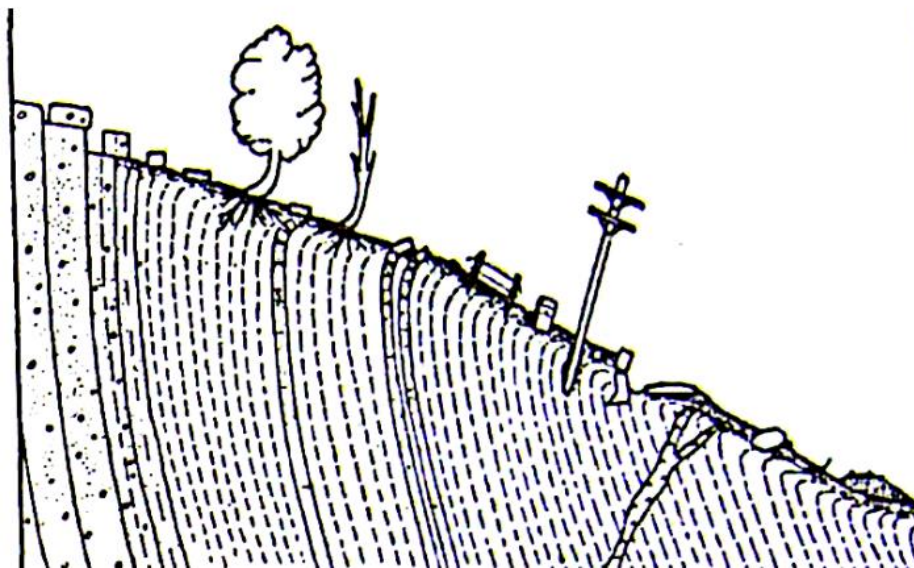
stabilitas lereng harus berdasar pada kuat geser tanah yang terendah yaitu saat musim hujan atau kuat geser saat tanah jenuh air.

2. Pengaruh Air

Hardiyatmo (2010) menyatakan pengaruh aliran air atau rembesan menjadi faktor yang sangat penting dalam stabilitas lereng, namun pengaruh ini sulit diidentifikasi dengan baik. Rembesan air yang terjadi di dalam tanah menyebabkan gaya rembesan yang sangat berpengaruh pada stabilitas lereng. Erosi pada permukaan lereng menyebabkan permukaan tanah terkikis yang dapat mengurangi tinggi lereng sehingga menambah stabilitas lereng, sebaliknya erosi yang memotong kaki lereng menyebabkan tinggi lereng bertambah dan mengurangi stabilitas lereng.

3. Pengaruh Rangkak (*Creep*)

Hardiyatmo (2010) menyatakan di dekat permukaan tanah miring, tanah dipengaruhi siklus kembang-susut. Siklus ini terjadi akibat perubahan temperature, perubahan musim hujan ke musim kemarau, dan di daerah dingin dapat terjadi akibat pengaruh pembekuan air. Saat tanah mengembang, tanah akan naik melawan gaya-gaya gravitasi. Sedangkan saat tanah menyusut, tanah akan turun dengan bantuan gravitasi. Hasil Gerakan kedua tersebut adalah gerakan perlahan lereng turun ke arah bawah ke dalam zona rangkak bervariasi dari beberapa centimeter sampai beberapa meter bergantung sifat tanah dan kondisi iklim. Gerakan lereng akibat rangkak (*creep*) diilustrasikan oleh Taylor (1962) pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Tampak Lereng Akibat Pengaruh Rangkak (*Creep*)

(Sumber: Taylor, 1962)

Seperti dalam gambar diatas, rangkak dapat menyebabkan hal-hal sebagai berikut.

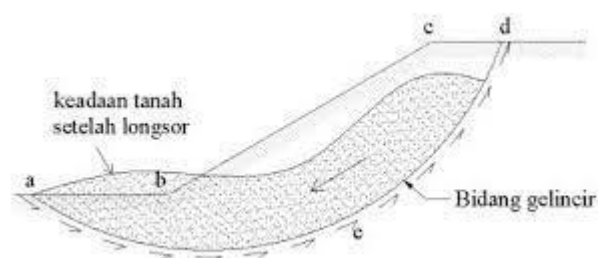
1. Blok batuan dapat bergerak.
2. Pohon-pohon melengkung ke atas.
3. Bagiah bawah lereng melengkung menarik batuan.
4. Bangunan monument, Menara, dan lain-lain miring.
5. Dinding penahan tanah dan pondasi retak.
6. Jalan raya dan jalan rel keluar dari alur.
7. Batu-batu besar menggelinding.

3.2.3 Jenis Longsor

Longsoran merupakan gerakan material pembentuk lereng dari kegagalan geser, sepanjang satu atau lebih bidang longsor yang terjadi. Massa tanah yang bergerak menyatu atau terpecah-pecah menjadi butiran. Perpindahan material secara total sebelum terjadi longsor bergantung pada besarnya regangan sampai kuat geser mencapai puncak dan pada tebal zona longsornya (Hardiyatmo, 2010).

Longsor sering terjadi akibat pergerakan tanah di daerah lereng curam, kondisi tanah tidak homogen, dan tidak kondisi tanah tidak memiliki lekatan antar lapisan tanah. Rembesan, aktifitas geologi seperti patahan lempeng bumi, rekahan dan liniasi juga faktor lain yang menyebabkan longsor. Faktor yang cukup penting seperti kondisi lingkungan setempat, kekuatan material, kedudukan muka air tanah dan kondisi aliran drainase juga dapat menyebabkan terjadinya longsor (Verhoef, 1985).

Longsor dapat dicegah dengan gaya dorong (penyebab longsor) tidak melebihi gaya perlawanan yang berasal dari tahanan geser tanah sepanjang bidang longsor, lebih jelasnya seperti pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.5 Kelongsoran Lereng

(Sumber: Hardiyatmo 2010)

Menurut Hardiyatmo (2010), longsor yang sering terjadi selama ini dibagi menjadi berbagai jenis kelongsoran, yaitu:

1. Longsor Tranlasi

Longsor ini terjadi akibat massa tanah bergerak dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau landai menggelombang. Longsor tranlasi merupakan gerakan sepanjang bidang tanah lemah secara pedekatan sejajar permukaan lereng sehingga menyebabkan gerakan tanah tranlasi seperti pada Gambar 3.6. Kondisi tranlasi tanah lempung terjadi disepanjang lapisan tipis pasir atau lanau, khususnya jika bidang lemah sejajar dengan lereng. Longsor lereng pada tanah lempung mengandung lapisan pasir atau lanau yang disebabkan oleh tekanan air pori tinggi dalam pasir atau lanau.

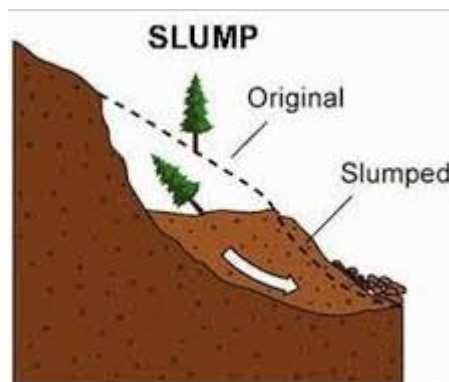


Gambar 3.6 Longsoran Tranlasi

(Sumber: Hardiyatmo 2010)

2. Longsoran Rotasi

Longsoran ini terjadi akibat saat massa tanah dan batuan bergerak di bidang gelincir membentuk cekung seperti pada Gambar 3.7. Longsoran ini mempunyai bidang longsor yang melengkung ke atas dan sering terjadi pada massa tanah yang bergerak dalam kesatuan. Longsoran rotasi murni (shump) terjadi pada material yang homogen seperti timbunan buatan (tanggul).



Gambar 3.7 Longsoran Rotasi

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

3.3 Stabilitas Lereng

Permukaan tanah yang tidak horizontal menyebabkan komponen gravitasi cenderung menggerakkan tanah ke bawah. Kelongsoran lereng terjadi karena komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dikerahkan oleh tanah pada bidang longsor dapat terlampaui. Pada permukaan tanah miring, analisis stabilitas disebut dengan analisis stabilitas lereng (Hardiyatmo, 2010).

Stabilitas lereng dipengaruhi oleh dua faktor yaitu pengaruh luar yang menyebabkan gaya geser bertambah tanpa adanya perubahan kuat geser tanah, sedangkan pengaruh dalam terjadi tanpa perubahan kondisi luar atau gempa bumi (Hardiyatmo, 2010).

3.3.1 Teori Analisis Stabilitas Lereng

Menurut Hardiyatmo (2010) tujuan analisis stabilitas adalah menentukan faktor aman bidang longsor yang berpotensi. Beberapa gagasan dibuat dalam menganalisis stabilitas lereng, yaitu sebagai berikut.

1. Kelongsoran lereng terjadi sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
2. Massa tanah longsor dianggap sebagai benda massif.
3. Kuat geser tanah dianggap isotropis karena tanah geser dari massa tanah setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung pada orientasi permukaan longsor.
4. Mendefinisikan faktor aman dengan menunjukkan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor.

Analisis stabilitas lereng pada umumnya mempertimbangkan keseimbangan batas plastis. Parameter untuk menganalisis stabilitas lereng menggunakan faktor aman (*safety factor*) dari bidang longsor potensial. Faktor aman lereng dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 sesuai besar kestabilan lereng sebagai berikut.

Tabel 3.1 Nilai Faktor Aman Untuk Perancangan Lereng

Faktor Aman (SF)	Keadaan Lereng
SF < 1,00	Lereng kondisi tidak mantap (lereng labil)
1,00 < SF < 1,20	Lereng kondisi kemandapan diragukan
1,30 < SF < 1,40	Lereng kondisi memuaskan
1,50 < SF < 1,70	Lereng kondisi mantap (lereng stabil)

Sumber: Sosrodarsono (2003)

Tabel 3.2 Hubungan Nilai Faktor Aman dengan Intensitas Longsor

Faktor Aman (SF)	Kemungkinan Longsor
SF < 1,07	Longsor terjadi biasa/sering (lereng labil)
1,07 < SF < 1,25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
SF > 1,25	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

Sumber: Bowless (1989)

Faktor keamanan minimum yang disyaratkan untuk analisis menggunakan model pseudostatik adalah lebih besar dari 1,1 ($SF > 1,1$) sedangkan untuk kondisi tanpa beban gempa sebesar 1,25 berdasarkan SNI 8640:2017 7.5.1.1.

Nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam tanah (ϕ) sangat berpengaruh pada stabilitas lereng, seperti contoh tanah kondisi semakin kering memiliki faktor aman tinggi. Sebaliknya tanah kondisi jenuh memiliki faktor aman kecil, hal ini menyebabkan ketidakstabilan lereng karena muka air tanah naik sehingga menambah derajat kejenuhan dan tekanan air pori yang mengurangi tegangan efektif serta kuat geser tanah.

Nilai perbandingan antara gaya yang menahan dengan gaya yang menggerakkan didefinisikan sebagai faktor aman stabilitas lereng seperti pada Persamaan 3.7 berikut.

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (3.7)$$

Dengan τ sebagai tahanan geser maksimum yang dikerahkan oleh tanah, τ_d sebagai tegangan geser akibat gaya berat tanah yang akan longsor dan SF sebagai

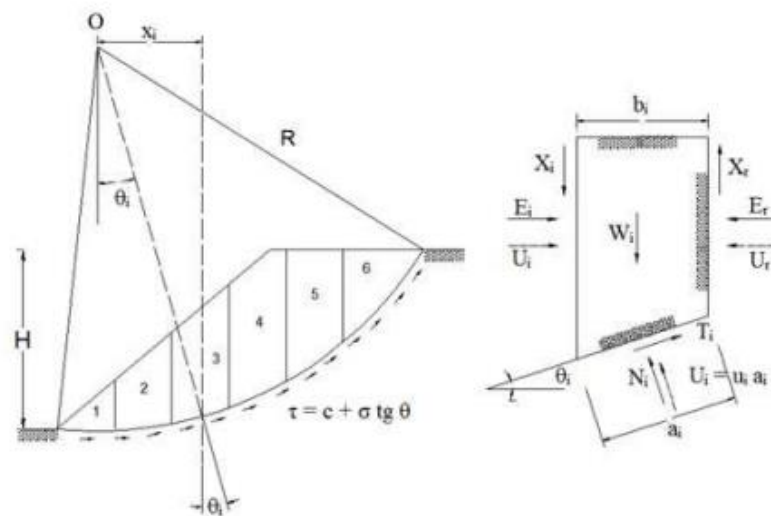
faktor aman. Pengertian Mohr Coloumb tentang tahanan geser maksimum bahwa tahanan geser dapat dikerahkan oleh tanah sepanjang bidang longsor, sedangkan nilai tegangan geser didefinisikan akibat beban tanah dan beban lain pada bidang longsor.

3.3.2 Metode Analisis Stabilitas Lereng

Metode untuk menganalisis stabilitas lereng yang sering digunakan, yaitu sebagai berikut.

1. Metode *Fellenius*

Analisis stabilitas menggunakan metode *fellenius* lebih banyak digunakan pada kondisi tanah tidak homogen dan terdapat aliran air tidak menentu. Berat tanah di atas titik bidang longsor mempengaruhi gaya normal di lingkaran bidang longsor, metode ini menyebabkan tanah yang kemungkinan longsor dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Selanjutnya memperhatikan keseimbangan tiap irisannya.



Gambar 3.8 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Irisan

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Keterangan:

X_1, X_r = Gaya geser efektif sepanjang irisan

E_1, E_r = Gaya normal efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan

T_i = Resultan gaya geser efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan

N_i = Resultan gaya normal efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan

U_i, U_r = Tekanan air pori yang bekerja di kedua sisi irisan

U_i = Tekanan air pori di dasar irisan

Keseimbangan arah vertical dan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori adalah.

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i$$

Atau,

$$\begin{aligned} N_i &= W_i \cos \theta_i - U_i \\ &= W_i \cos \theta_i - u_i \alpha_i \end{aligned} \quad (3.8)$$

Faktor aman didefinisikan sebagai,

$$F = \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}} = \frac{\sum Mr}{\sum Md}$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan didefinisikan sebagai $R \sin \theta$, maka:

$$\sum Md = R \sum_{n=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i \quad (3.9)$$

Keterangan:

R = Jari-jari lingkaran bidang longsor.

n = Jumlah irisan.

W_i = Berat massa tanah irisan ke- i .

N_i = Resultan gaya normal efektif bekerja sepanjang dasar irisan.

θ_i = Sudut terdefiniskan.

Menggunakan cara sama untuk menentukan momen menahan tanah yang akan longsor, adalah:

$$\sum M_r = R \sum_{n=1}^{i=n} (c \alpha_i + N_i \operatorname{tg} \varphi) \quad (3.10)$$

Maka persamaan faktor aman,

$$F = \frac{\sum_{n=1}^{i=n} (c a_i + N_i \operatorname{tg} \varphi)}{\sum_{n=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (3.11)$$

Apabila pada lereng terdapat air, maka tekanan air pori bidang longsor tidak membuat momen bertambah akibat tanah yang akan longsor (Md) karena resultan gaya akibat tekanan air pori titik pusat lingkaran.

$$F = \frac{\sum_{n=1}^{i=n} c a_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \operatorname{tg} \varphi}{\sum_{n=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (3.12)$$

Keterangan:

- F = Faktor aman
- c = Kohesi tanah (kN/m²)
- φ = Sudut gesek dalam tanah (°)
- a_i = Panjang lengkung lingkaran pada risan ke-*i* (m)
- W_i = Berat risan tanah ke-*i* (kN)
- u_i = Tekanan air pori pada risan ke-*i* (kN/m²)
- θ_i = Sudut terdefiniskan

Apabila terdapat gaya-gaya selain berat tanahnya sendiri seperti bangunan di atas lereng, maka beban ini dihitung sebagai Md.

3.4 Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil

3.4.1 Geotekstil

Pada tugas akhir ini, menggunakan perkuatan tanah jenis geotekstil. Geotekstil merupakan salah satu jenis geosintetik berbahan sintetik yang bersifat lolos terhadap air serta dipasang bersama pondasi, tanah, batuan, atau material geoteknik lainnya. Proses pembuatan geotekstil mengombinasikan antara elemen pada tekstil menjadi struktur tekstil lembaran. Elemen tersebut berupa filamen (serat menerus) berbentuk benang polimer tipis memanjang atau serabut serat (*stable fiber*) yang berbentuk filamen pendek. Geotekstil dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Geotekstil anyam (*woven*)

Geotekstil jenis ini dibuat dengan cara dianyam seperti pada Gambar 3.9, geotekstil jenis ini juga bersifat kuat tarik tinggi sehingga pada aplikasi di lapangan berguna untuk lapisan perkuatan dan sebagai lapisan pemisah. Geotekstil anyam sebagai perkuatan berfungsi sebagai tulangan pada tanah, sedangkan geotekstil anyam sebagai pemisah berfungsi memisahkan antara tanah lunak dengan tanah kasar.



Gambar 3.9 Geotekstil Anyam (Woven)

(Sumber: Isparmo, 2010)

2. Geotekstil nir-anyam (*non woven*)

Geotekstil nir-anyam dibuat dengan cara jaringan atau serat-serat pembentukannya diletakkan satu sama lain dengan cara diikat atau dengan bahan perekat seperti pada Gambar 3.10 berikut.



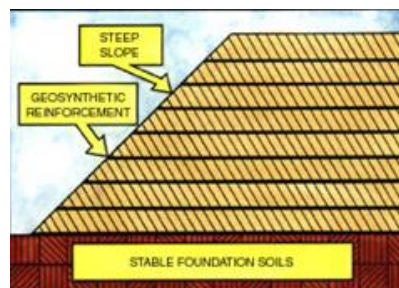
Gambar 3.10 Geotekstil Nir-anyam (Non Woven)

(Sumber: Isparmo, 2010)

Menurut Isparmo (2010) geotekstil mempunyai fungsi sebagai bahan perkuatan geoteknik dan sebagai bahan pemisah sebagai berikut.

1. Fungsi Bahan Perkuatan Geoteknik

Tanah mempunyai kekuatan terhadap tekan tetapi tidak dapat menahan tarik, geotekstil hadir memenuhi kelemahan tanah terhadap tarik. Geotekstil berkemampuan kuat menahan tarik sehingga fungsi geotekstil pada geoteknik sama seperti fungsi tulangan pada beton. Geotekstil dapat diletakkan di bawah tanah timbunan yang dibangun di atas tanah lunak, dapat juga digunakan untuk dinding penahan tanah dan dapat digunakan sebagai penyusun struktur perkerasan jalan beserta tanah dasarnya seperti pada Gambar 3.11 berikut.

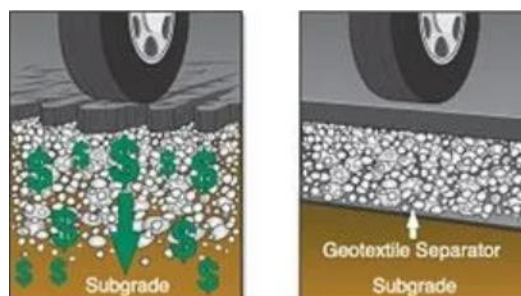


Gambar 3.11 Geotekstil Sebagai Perkuatan (Reinforcement)

(Sumber: Isparmo, 2010)

2. Fungsi Bahan Pemisah

Pada dua jenis material yang berbeda, geotekstil dibutuhkan sebagai pemisah untuk menghindari kontaminasi dan pencampuran yang mungkin terjadi antara kedua material, contohnya saat penggunaan geotekstil dalam konstruksi jalan untuk memisahkan agregat dengan lapisan tanah dasar yang punya daya dukung lemah seperti pada Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3.12 Geotekstil Sebagai Pemisah (Separator)

(Sumber: Isparmo, 2010)

Menurut Hardiyatmo (2010) tanah bersifat menjadi kuat terhadap tarik disebabkan oleh interaksi antara tanah dengan tulangnya yang menimbulkan gesekan sehingga tanah mentransfer gaya-gaya yang bekerja ke tulang-tulangan. Interaksi pada tanah dengan geotekstil juga dipengaruhi oleh nilai *interface*. Nilai *interface* diperoleh dari uji geser dan uji tarik. Beberapa peneliti mengusulkan nilai *interface* dan mencantumkan dalam penawaran teknis produk geotekstil. Berikut merupakan nilai *interface* yang diusulkan untuk jenis tanah kohesif beserta keterangan asumsi dan jenis tanah seperti pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.3 Nilai Interface Tanah Kohesif dengan Geotekstil

Sumber Referensi	Nilai <i>Interface</i>	
	Geotekstil <i>non woven</i>	Geotekstil <i>woven</i>
Suryokekono (2000)	0,67	
	Asumsi praktis di lapangan	
Brinkgreeve (2002)	–	
	Asumsi praktik untuk analisis numeris <i>geoslope</i>	
Kamon (2008)	–	0,85
		<i>Polypropylen woven</i>
Rifa'i (2009)	0,84 – 1,3	0,78 – 0,95
	TS600 – R206	BW250
Mariapan (2011)	–	0,85
		<i>Polypropylen woven</i>
Produsen Geotekstil (2001)	0,92	0,84
	<i>Geosynthetic Clay (GCL)</i>	

Sumber: Ismanti (2012)

3.4.2 Prinsip Geotekstil

Prinsip kerja geotekstil terjadi karena tegangan geser akibat gesekan bidang kontak dinyatakan pada Persamaan 3.13 berikut.

$$\tau = c + \sigma_v \operatorname{tg} \varphi \quad (3.13)$$

Keterangan:

τ = Tegangan geser yang terjadi di permukaan bidang kontak antara tulang dan butiran-butiran tanah (kN/m²)

c = Kohesi (kN/m²)

σ_v = Tegangan normal pada bidang kontak (interface) antara tanah dengan tulangan (kN/m^2)

φ = Sudut gesek antara tanah dan tulangan ($^\circ$)

Gaya-gaya tarik yang terjadi pada geotekstil dinyatakan dalam Persamaan 3.14 berikut.

$$T_o = \tau \times b \times L \times \text{tg } \varphi \quad (3.14)$$

Keterangan:

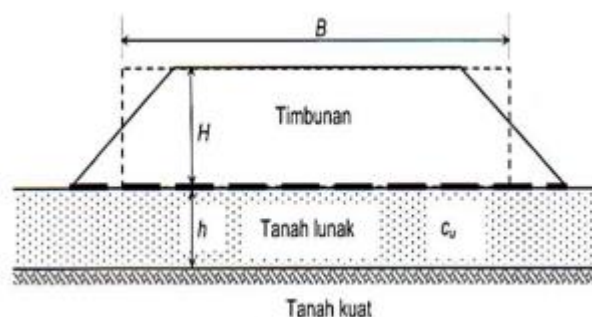
T_o = Gaya tarik pada tulangan (kN/m)

b = Lebar tulangan (m)

L = Panjang tulangan (m)

3.4.3 Perkuatan Geotekstil

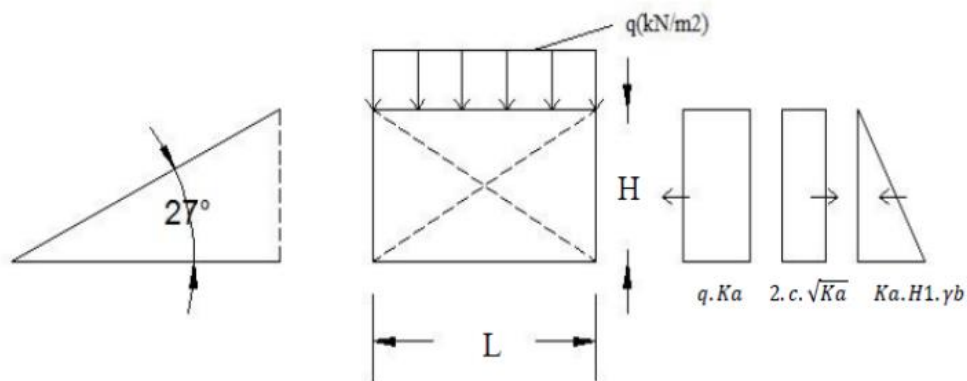
Perkuatan geotekstil pada lereng timbunan berfungsi sebagai pemisah atau sebagai tulangan. Geotekstil dapat menaikkan kapasitas dukung tanah. Lereng timbunan di atas tanah lunak berkecenderungan bergerak arah lateral akibat tekanan tanah horizontal yang bekerja pada lereng timbunan. Tekanan tersebut menimbulkan tegangan geser pada dasar timbunan, oleh karena itu, dasar timbunan diberi perkuatan geotekstil dengan kuat tarik tinggi untuk menambah kestabilan timbunan seperti pada Gambar 3.13 di bawah ini.



Gambar 3.13 Lereng Timbunan di Atas Tanah Lunak

(Sumber: Hardiyatmo, 2008)

Dalam merencanakan perkuatan geotekstil perlu menghitung gaya-gaya stabilitas lereng seperti stabilitas eksternal dan stabilitas internal. Stabilitas eksternal meliputi stabilitas terhadap geser, stabilitas terhadap guling, eksentrisitas, dan kapasitas dukung tanah. Stabilitas internal meliputi stabilitas terhadap gaya-gaya geotekstil dan efektivitas geotekstil. Berikut gambar distribusi tekanan tanah lateral pada lereng ditunjukkan oleh Gambar 3.14 di bawah ini.



Gambar 3.14 Diagram Dstribusi Tekanan Tanah Lateral

(Sumber: Purwanto, 2012)

Berdasarkan gambar diagram distribusi di atas dapat dihitung dengan Persamaan 3.15 sampai Persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \left(\frac{\phi}{2} \right) \right) \quad (3.15)$$

$$\sigma_{hc} = q \cdot k_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a} + k_a \cdot H \cdot \gamma_b \quad (3.16)$$

$$S_v = \frac{T a}{\sigma_{hc}} \quad (3.17)$$

Keterangan:

- K_a = Koefisien tanah aktif.
- = 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).
- c = Kohesi (kN/m^2).

SF = Faktor Aman.

T_a = Kuat tarik geotekstil *allowable*.

1. Stabilitas Eksternal

a. Stabilitas Terhadap Geser

Faktor aman terhadap geser dinyatakan dalam Persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$SF = \frac{L \cdot (1 + \gamma b) \cdot \tan \varphi}{(q \cdot k_a \cdot H + k_a \cdot H^2 \cdot \gamma b) - 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a \cdot H}} \quad (3.18)$$

Keterangan:

SF = Faktor aman.

φ = Sudut geser antara tanah dengan geotekstil (°).

L = Panjang geotekstil (m).

H = Tinggi lapisan tanah (m).

γ_b = Berat volume tanah (kN/m³)

K_a = Koefisien tanah aktif.

c = Kohesi (kN/m²)

q = Beban merata (kN/m²)

b. Stabilitas Terhadap Guling

Faktor aman terhadap guling dinyatakan dalam Persamaan 3.19 sebagai berikut.

$$SF = \frac{L^2 \cdot (0,5 \cdot q + 0,5 \cdot \gamma b \cdot H)}{0,5 \cdot q \cdot k_a \cdot H^2 + \left(\frac{1}{6}\right) \cdot k_a \cdot H^2 \cdot \gamma b - c \cdot (k_a)^{0,5} \cdot H^2} \quad (3.19)$$

Keterangan:

SF = Faktor aman.

- L = Panjang geotekstil (m).
 H = Tinggi lapisan tanah (m).
 γ_b = Berat volume tanah (kN/m³)
 c = Kohesi (kN/m²)
 q = Beban merata (kN/m²)

c. Stabilitas Terhadap Eksentrisitas

Pada stabilitas eksentrisitas, nilai $\frac{1}{6} L$ harus lebih besar dari nilai eksentrisitas dalam Persamaan 3.20 dan Persamaan 3.21 sebagai berikut.

$$\frac{1}{6} L \geq e \quad (3.20)$$

$$\frac{1}{6} L \geq \frac{0,5 \cdot q \cdot k_a \cdot H^2 + \left(\frac{1}{6}\right) \cdot k_a \cdot H^2 \cdot \gamma_b - c \cdot (k_a^{0,5}) \cdot H^2}{(q \cdot L + \gamma_b \cdot H \cdot L)} \quad (3.21)$$

Keterangan:

- e = Nilai eksentrisitas tanah (m).
 q = Beban merata (kN/m²).
 K_a = Koefisien tanah aktif.
 H = Tinggi lapisan tanah (m).
 c = Kohesi (kN/m²)
 L = Panjang geotekstil (m).
 γ_b = Berat volume tanah (kN/m³)

d. Stabilitas Terhadap Kapasitas Dukung Tanah

Faktor aman terhadap stabilitas kapasitas dukung tanah dinyatakan dalam Persamaan 3.22 sampai dengan Persamaan 3.24 sebagai berikut.

$$SF = \frac{\sigma_{ult}}{q_{ult}} \quad (3.22)$$

$$q_{ult} = c \cdot N_c + 0,5 \cdot L \cdot \gamma_b \cdot N_\gamma \quad (3.23)$$

$$\sigma_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot L \cdot \gamma_b \cdot N_\gamma \quad (3.24)$$

2. Stabilitas Internal

a. Panjang Geotekstil *Overlapping*

Panjang geotekstil *overlapping* dinyatakan dalam Persamaan 3.25 sebagai berikut.

$$LO = \frac{\sigma_{hc} \times S_v \times SF}{2 \times Z_i \times \gamma_b \times \tan \phi} \quad (3.25)$$

Keterangan:

LO = Panjang geotekstil *overlapping* (m).

σ_{hc} = Tegangan ultimit (kN/m^2)

S_v = Jarak tulangan arah vertikal (m).

Z_i = Kedalaman tulangan yang ditekek masuk ke tanah (m).

γ_b = Berat volume tanah (kN/m^3)

SF = Faktor aman

ϕ = Sudut gesek antara tanah dengan geotekstil ($^\circ$).

b. Panjang Efektif Geotekstil

Panjang efektif geotekstil dinyatakan dalam Persamaan 3.26 sebagai berikut.

$$L_{ef} = \frac{SF \times S_v \times K_a \times \gamma_b \times Z_i}{2 \times \gamma_b \times Z_i \times \tan \phi} \geq 0,5 \text{ m} \quad (3.26)$$

Keterangan:

L_{ef} = Panjang efektif geotekstil (m)

K_a = Koefisien tanah aktif

S_v = Jarak tulangan arah vertikal (m)

Z_i = Kedalaman tulangan yang ditekek masuk ke tanah (m)

γ_b = Berat volume tanah (kN/m^3)

SF = Faktor aman

ϕ = Sudut geser antara tanah dengan geotekstil ($^\circ$)

3.5 Penurunan Konsolidasi

Apabila lapisan tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah lalu diberi beban, maka tekanan air pori dalam tanah tersebut bertambah. Perbedaan tekanan air pori

di lapisan tanah mengakibatkan air mengalir menuju lapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah serta beriringan dengan penurunan tanah. Permeabilitas tanah yang kecil membutuhkan waktu untuk berproses. Konsolidasi merupakan berkurangnya volume atau bekurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan yang terjadi dimana proses tersebut dipengaruhi oleh kecepatan keluarnya air pori dari rongga tanah. Nilai penurunan dapat ditentukan dengan berpedoman pada titik referensi ketinggian pada tempat tertentu (Hardiyatmo, 2010).

3.5.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penurunan Konsolidasi

Penurunan tanah dapat disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut (Whittaker B.N. and Reddish D.J., 1989).

1. Penurunan muka tanah alami yang disebabkan oleh proses-proses geologi seperti aktifitas vulkanik dan tektonik, siklus geologi, adanya rongga di bawah permukaan tanah dan sebagainya.
2. Penurunan muka tanah yang disebabkan oleh pengambilan bahan cair dari dalam tanah seperti air tanah atau minyak bumi.
3. Penurunan muka tanah yang disebabkan oleh adanya beban-beban berat di atasnya seperti struktur bangunan sehingga lapisan-lapisan tanah di bawahnya mengalami konsolidasi. Penurunan muka tanah ini sering disebut *settlement*.
4. Penurunan muka tanah akibat pengambilan bahan padat dari tanah (seperti aktivitas penambangan).

Berikut merupakan gambar hubungan antara tekanan dengan angka pori berdasarkan Hardiyatmo, 2009 yang tersaji pada Gambar 3.15 berikut.



Gambar 3.15 Kurva Hubungan antara Tekanan dengan Angka Pori

(Sumber: Hardiyatmo, 2009)

3.6 Program *Geoslope*

Geoslope merupakan aplikasi pemodelan geoteknik dan geolingkungan yang meliputi *SLOPE/W*, *SEEP/W*, *SIGMA/W*, *QUAKE/W*, *TEMP/W*, dan *CTRA/W*. Fitur dalam *software* ini dapat menganalisis dan menguraikan berbagai masalah yang berada di proyek seperti tanah longsor, pertambangan dan lainnya agar lebih fleksibel. Dalam penelitian ini menggunakan analisis *SLOPE/W* untuk menghitung faktor aman tanah dan kemiringan batuan karena bisa menganalisis berbagai kasus dari yang sederhana sampai kompleks dengan berbagai kondisi seperti permukaan miring, tekanan air pori, sifat tanah, dan beban konsentrasi.

Metode *limit equilibrium* didasarkan pada prinsip statika, yaitu penjumlahan dari momen, gaya vertikal dan gaya horizontal. Metode ini tidak menjelaskan tentang *strains* dan *displacements* sehingga menyebabkan kesulitan menggunakan metode *limit equilibrium* karena kurangnya hubungan konstitutif tegangan-regangan yang memastikan kompatibilitas perpindahan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan elemen hingga yang dihitung tegangan daripada menentukan tegangan dari persamaan statika. Skema ini telah diimplementasikan pada *software GeoStudio*. Tegangan yang dihitung dengan

SIGMA/W, misalnya menggunakan SLOPE/W untuk menghitung faktor keamanan. Untuk lebih jelasnya sebagai berikut.

1. Batasan Lainnya

Selain distribusi tegangan yang tidak realistis, rumus kesetimbangan batas memiliki keterbatasan lain. Salah satu keterbatasan yang paling utama adalah kesulitan dengan konvergensi dalam kondisi tertentu. Sebagian besar masalah konvergensi muncul dengan beban lateral yang *mewakili anchors, nails, fabrics* dan sebagainya. Struktur tanah yang memerlukan perkuatan biasanya memiliki bentuk curam dan akibatnya permukaan gelincir kritis posisi miring pada sudut yang curam. Gaya lateral bersamaan dengan permukaan *slip* yang curam menyulitkan untuk mendapatkan solusi konvergen. Selain itu, faktor keamanan minimum yang dapat diperoleh sering kali secara langsung berdekatan dengan permukaan *slip* percobaan yang solusi konvergennya tidak dapat dihitung. Hal ini menimbulkan keraguan pada validasi faktor keamanan yang diperoleh. Permasalahan ini dibahas lebih lanjut dalam bab tentang pemodelan tulangan di *SLOPE/W*.

2. Bentuk *Slip Surface*

Analisis stabilitas keseimbangan batas merupakan persyaratan untuk menganalisis banyak permukaan *slip* percobaan dan mengetahui permukaan slip dengan faktor keamanan terendah. Pendekatan uji coba bentuk permukaan slip meliputi.

- a. Apakah *slip* melingkar.
- b. *Linier* sepotong-potong.
- c. Beberapa kombinasi melengkung dan *linier*.

SLOPE/W memiliki berbagai opsi untuk menentukan permukaan *slip* percobaan. Posisi permukaan gelincir kritis dipengaruhi oleh sifat-sifat kekuatan tanah. Posisi dari permukaan slip kritis untuk tanah gesek murni ($c=0$) secara radikal berbeda untuk tanah yang diberi kekuatan tak terdrainase ($\phi=0$). Untuk menentukan posisi permukaan slip kritis secara akurat perlu parameter kekuatan efektif.

3. Gaya Rembesan

Analisis gaya yang bekerja pada elemen dapat menggunakan salah satu batas gaya air dengan bobot total atau gaya rembesan dengan bobot terendam. Penggunaan gaya batas dan bobot total merupakan metode yang paling tepat. Hal ini menjadikan rumus *SLOPE/W* menggunakan konsep gaya batas dan berat total (Lambe dan Whitman, 1968).

Sangat penting untuk tidak mencampurkan beban terendam dan gaya rembesan dengan batas air dan berat total. *SLOPE/W* menggunakan bobot total secara keseluruhan dan tidak ada upaya yang dilakukan untuk menambahkan gaya rembesan secara manual melalui beban titik terkonsentrasi.

Teknik analisis stabilitas keseimbangan batas pada geoteknik memiliki keterbatasan karena tidak mempertimbangkan kompatibilitas regangan dan perpindahan. Hal ini menyebabkan tegangan distribusi yang dihitung seringkali tidak realistis. Untuk menangani hal tersebut, perlu menyertakan hubungan konstitutif *stress – strain*.

Perhitungan *geoslope* dilakukan dengan menginput data material properties dan mengatur tipe analisis. Setelah itu lakukan *verify* untuk mengecek hasil input data. Hasil pengecekan tersebut kemudian ditampilkan dengan *slope w contour* dan grafis bidang longsor yang berbentuk lingkaran. Nilai faktor aman akan tampil serta diagram *polygon* dapat dilihat tiap pias bidang longsor.

Terdapat berbagai metode perhitungan faktor keamanan (SF) antara lain metode *ordinary*, metode *bishop*, dan metode *janbu*. Berikut merupakan cara mengoperasikan *software Geoslope*.

1. Pengaturan Awal

Tahap awal sebelum mengoperasikan *software geoslope* seperti mengatur kertas kerja, skala gambar, dan jarak *grid*. Berikut beberapa langkah awal yaitu.

- a. Pilih menu utama *set*, kemudian klik *page* untuk mengatur kertas kerja.
- b. Pilih menu utama *set*, kemudian klik *scale* untuk mengatur skala gambar.
- c. Pilih menu utama *set*, kemudian klik *grid* untuk mengatur jarak *grid*.

2. Menyimpan Data

Untuk menyimpan file analisis hasil pengoperasian meliputi beberapa langkah, yaitu.

- a. Pilih menu *file*.
- b. Setelah memilih menu *file*, kemudian pilih *Save* dengan nama

3. Membuat Sketsa Gambar

Untuk membuat model lereng berdasarkan permasalahan. Berikut beberapa langkah, yaitu.

- a. Pilih menu utama *sketch*.
- b. Kemudian pilih *lines* dan gambar model geometri lereng.

4. Analysis Settings

Untuk membantu dalam mengatur analisis stabilitas lereng. Berikut beberapa langkah dalam *analysis setting*, yaitu.

- a. Pertama, tentukan *Project ID*. Pilih menu utama *Key In*, kemudian klik *analysis settings*.
- b. Kedua, tentukan metode analisis. Pilih *tabsheet method* pada *analysis settings*.
- c. Ketiga, tentukan bidang gelincir. Pilih *tabsheet slip surface* pada *analysis settings*. Pergerakan arah longsor dapat ditentukan sesuai keinginan dan bidang longsor ditentukan dengan klik option *Entry and Exit*.

5. Identifikasi Parameter Tanah

Parameter tanah dalam analisis ini berupa berat isi tanah, kohesi, dan sudut geser. Terdapat beberapa langkah dalam mendefinisikan parameter tanah yaitu klik *Key In* pada menu utama kemudian klik *material properties*.

6. Memilih Parameter Tiap Lapisan Tanah

Parameter tiap lapis tanah dipilih setelah *input* data parameter tanah. Berikut beberapa langkah dalam memilih parameter tiap lapis tanah, yaitu.

- a. Pertama, pilih menu utama *sketch* kemudian pilih *lines* serta gambar tiap lapis tanah. Setelah itu klik *pointer* dan tarik sampai membentuk lapis tanah sesuai keinginan.

- b. Kedua, gambar *properties* tanah dengan cara klik *draw* lalu pilih *regions*. Pada titik pertama acuan, gambar garis mengelilingi lapis tanah kemudian pilih tipe material.
7. Menggambar *Entry and Exit* Bidang Longsor
Berikut beberapa langkah menggambar *Entry and Exit*, yaitu.
 - a. Pilih menu utama *draw*, kemudian klik *slip surface*.
 - b. Pilih *Entry and Exit*.
8. Menggambar Beban Merata
Berikut beberapa langkah menggambar beban merata, yaitu.
 - a. Pilih menu utama *draw*, kemudian klik *pressure lines*.
 - b. Pada *pressure lines* masukkan beban yang diinginkan kemudian mulai menggambar.
9. Mengontrol Masukan Data
Langkah ini dilakukan setelah data-data dalam analisis sudah termodelkan. Tujuannya menghindari kesalahan dalam *input* data. Caranya apabila melihat pada *tabsheet verify* kesalahannya 0 errors maka *solving the problem* dapat dijalankan. Adapun beberapa langkah dalam pemeriksaan data yaitu klik *verify* pada menu utama.
10. Memilih *Solving The Problem*
Solving the problem berfungsi menghitung angka aman pada lereng yang dianalisis. Berikut beberapa langkah untuk *solving the problems*, yaitu.
 - a. Pertama, pilih *SOLVE* pada menu utama.
 - b. Kedua, pilih *start* untuk mulai perhitungan.
 - c. Ketiga, selama perhitungan akan ditampilkan angka keamanan minimum dari tiap *slip surface* yang dianalisis.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV. Penelitian ini meliputi analisis stabilitas lereng timbunan badan jalan dengan perkuatan geotekstil menggunakan program *Geoslope 2018* untuk mengetahui *output* berupa nilai *Safety Factor* dengan variasi ketinggian timbunan lereng. Dari hasil analisis yang akan dilakukan, diharapkan mendapat tinggi timbunan yang paling baik nilai faktor aman pada kondisi yang ditinjau. Sehingga pada perencanaan lereng timbunan badan jalan dengan perkuatan geotekstil dapat dijadikan acuan untuk kondisi tanah yang direkomendasikan.

4.2 Data Penelitian

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder Proyek Jalan Tawang – Ngalang sebagai berikut:

1. Data penyelidikan tanah, yang meliputi:
 - a. Data tanah uji lapangan
 - b. Data tanah uji laboratorium
2. Data beban kendaraan
3. Data beban gempa
4. Data geotekstil

4.3 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini memiliki proses yang dibagi menjadi beberapa tahapan, sebagai berikut.

1. Pengumpulan Data

Untuk mendapat informasi yang dibutuhkan agar mencapai tujuan hasil penelitian. Tahap pengambilan data tanah (data uji lapangan dan uji

laboratorium) untuk analisis dari Laporan Analisa Geoteknikal Proyek Jalan Tawang – Nglawang.

2. Pengolahan dan Analisis Data

Tahapan ini mengolah data yang sudah didapat dan menganalisis stabilitas lereng timbunan tanah asli dan timbunan tanah asli dengan perkuatan geotekstil menggunakan *software Geoslope 2018*.

3. Pembahasan dan Kesimpulan

Pada tahap ini, dilakukan penulisan ke dalam laporan yang berisi hasil-hasil dari tahapan analisis kemudian mendapat solusi dari masalah-masalah yang terjadi dan mendapat kesimpulan berdasarkan teori yang sudah ada.

4.4 Analisis Data

Metode analisis data berfungsi untuk mempermudah memahami data yang didapat. Data yang diperoleh sebagai berikut.

4.4.1 Parameter Tanah

Parameter tanah pada penelitian ini didapat berdasarkan data sekunder dari Laporan Akhir Penyelidikan Tanah Pembangunan Ruas Jalan Tawang – Ngalang Segmen IV. Parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium

Parameter	Satuan	Timbunan	Lempung Padat	Batu Lempung	Lapili
γ <i>Unsaturated</i>	kN/m ³	14,2	16,3	17,2	17,1
γ <i>Saturated</i>	kN/m ³	16	18	19	19
<i>E</i>		7512	14465	27540	20670
<i>V</i>		0,29	0,32	0,34	0,34
Kohesi	kN/m ²	10,6	16,6	22,5	13,6
Sudut geser ϕ	°	13,6	25,5	27,2	23,17
Permeabilitas K _x	m/hari	0,0027	0,00003	0,0003	0,01

Lanjutan Tabel 4.1 Data Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium

Parameter	Satuan	Timbunan	Lempung Padat	Batu Lempung	Lapili
Permeabilitas Ky	m/hari	0,0027	0,00003	0,0003	0,01

Sumber: PT. Geomine Bara Studio (2022)

4.4.2 Beban Perkerasan dan Lalu Lintas

Data beban perkerasan yang digunakan dari data sekunder sebesar 10 kN/m^2 . Sedangkan untuk data beban lalu lintas mengacu pada Departemen Pekerjaan Umum (2009) yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

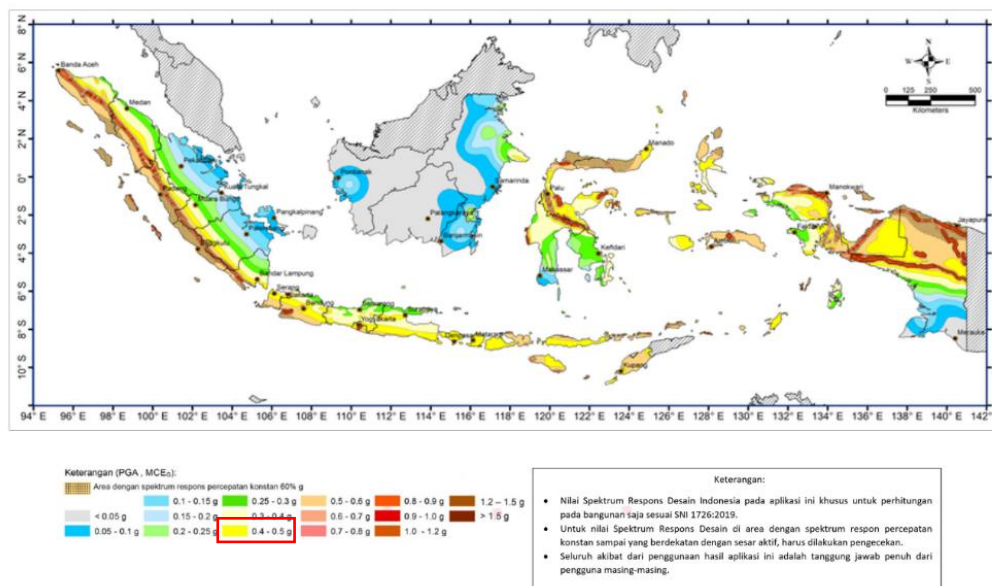
Tabel 4.2 Parameter Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m^2)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	> 10000	15
		< 10000	12
Sekunder	Arteri	> 20000	15
		< 20000	12
	Sekunder	> 6000	12
		< 6000	10
	Lokal	> 500	10
		< 500	10

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2009)

4.4.3 Beban Gempa

Beban gempa dalam analisis stabilitas lereng ini yaitu beban gempa dinamis. Pada wilayah Gunungkidul memiliki percepatan gempa sebesar $0,4 - 0,5 \text{ g}$. Pada analisis ini memakai beban gempa dengan nilai $0,5 \text{ g}$. Peta zonasi gempa dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Peta Zonasi Gempa

(Sumber: Peta Gempa, 2019)

4.4.4 Geotekstil

Data geotekstil dalam penelitian ini merupakan geotekstil *woven* atau geotekstil teranyam yang berasal PT. Prima Geotex Indo seperti pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Data Geotekstil

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik Ijin	T	60	kN/m
Regangan	ϵ	19	%
Kekakuan Normal	EA	570	kN/m

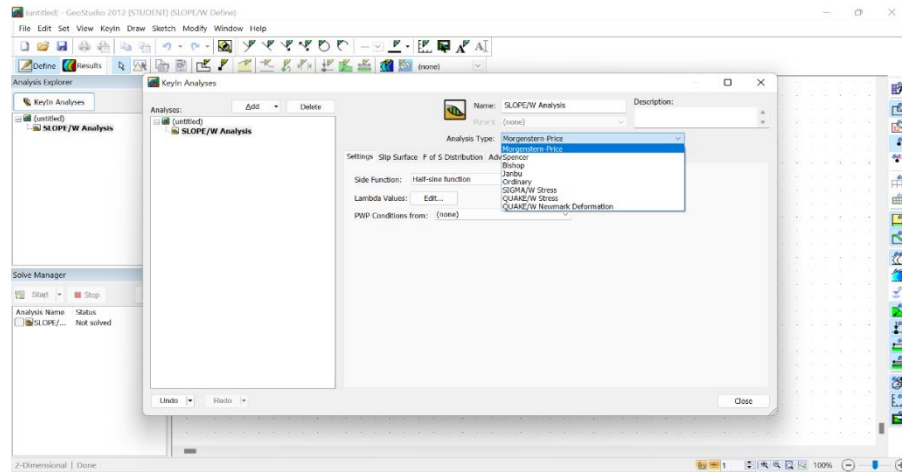
Sumber: PT. Prima Geotex Indo (2020)

4.5 Pengoperasian Program Geoslope

Berikut adalah langkah-langkah menggunakan program *Geoslope 2018*.

1. Menentukan *Analysis Type*

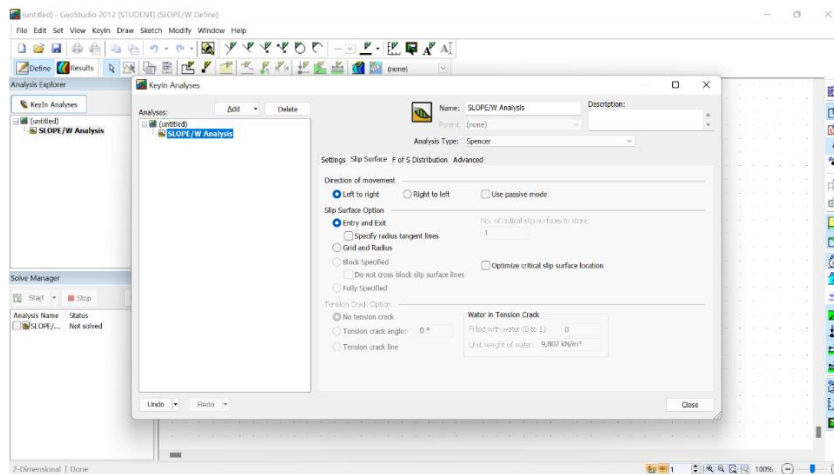
Pilih beberapa jenis metode analisis stabilitas lereng seperti pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Menentukan Metode Analisis

2. Menentukan *Slip Surface Option*

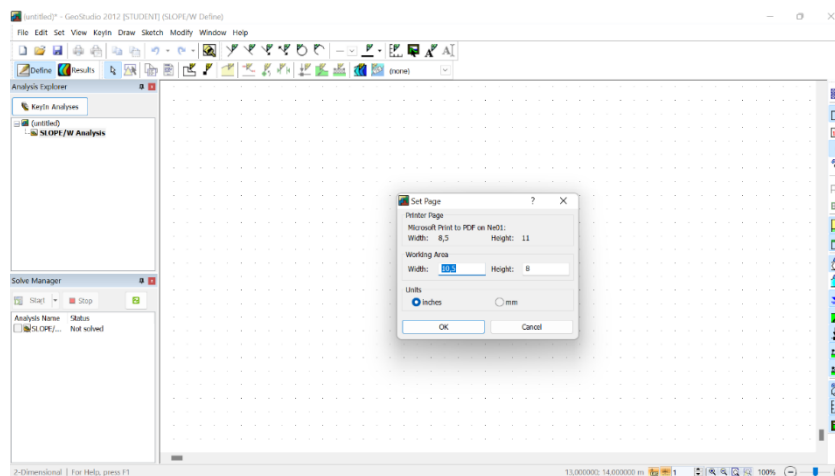
Untuk mengatur arah longsor sesuai kondisi lapangan seperti pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Menentukan Bidang Longsor

3. Mengatur *Set Page*

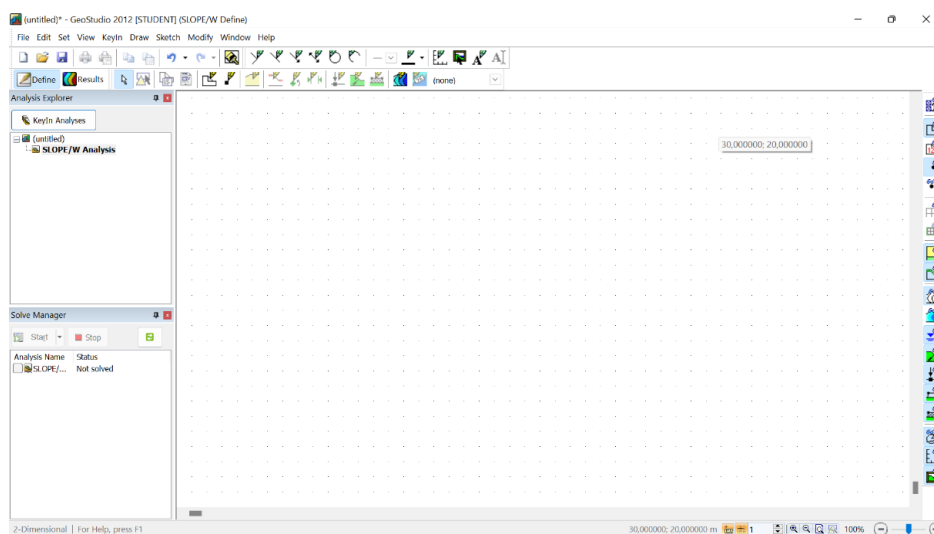
Untuk mengatur ukuran kertas cetakan hasil analisis dengan cara klik *Set* pada *Toolbar*, kemudian pilih *Page* seperti pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Mengatur Kertas Kerja

4. Membuat Sketsa Gambar

Membuat sketsa gambar timbunan dengan cara klik *Sketch Polyline* pada *Toolbar*, kemudian ketik angka koordinat dengan format (X;Y) seperti pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Menggambar Model Awal Geoslope

5. Mendefinisikan Parameter Tanah

Memasukkan data parameter tanah seperti berat isi tanah (γ), kohesi (c), dan sudut geser (ϕ). Sebelum memasukkan data parameter tanah, tidak lupa mengubah parameter satuan. Berikut cara *input* parameter tanah:

- a. Klik *KeyIn* pada *Toolbar*

- b. Kemudian klik *Materials*
 - c. Setelah itu akan muncul jendela *KeyIn Materials* dan klik *Add*
 - d. Masukkan nama material, kemudian pilih *Material Model* dengan *Mohr Coloumb*.
6. Menggambar Batas Lapis Tanah
Menyesuaikan koordinat gambar lereng, supaya penggambaran bisa presisi dengan cara memasukkan koordinat (X dan Y) dengan bantuan *mouse*. Berikut cara menggambar batas lapis tanah:
 - a. Klik *Draw Regions* pada *Toolbar*
 - b. Kemudian ketik angka koordinat dengan format (X;Y) atau bisa langsung menggambar dengan *mouse* sesuai batasan tanah
 - c. Untuk menggambar dengan mouse harus sekali jadi atau sekali klik (tidak boleh jeda).
7. Menentukan Parameter Tanah
Menentukan parameter tanah sesuai data dengan cara klik *Draw Materials*, kemudian pilih jenisnya pada tiap lapis tanah.
8. Menggambar *Entry and Exit* Bidang Longsor
Menggambar supaya mengetahui visualisasi lokasi bidang longsor yang akan terjadi dengan cara klik *KeyIn* pada *Toolbar*, kemudian pilih *Slip Surface*, lalu klik *Entry and Exit* dan tulis koordinatnya.
9. Menggambar Beban Merata
Memasukkan berat isi bahan beban yang bekerja di atas tanah timbunan sesuai gambar dengan cara klik *KeyIn* pada *Toolbar*, kemudian pilih *Surcharge Loads*, lalu klik *Add* sesuai koordinat perletakkan beban merata dan tulis besaran berat isi bahan.
10. Memasukkan Beban Gempa
Memasukkan beban gempa arah horizontal dan vertikal sesuai peta daerah gempa yang ditinjau, kemudian pilih *Seismic Loads* dan masukkan koefisien gempa.
11. Menggambar Perkuatan Geotekstil

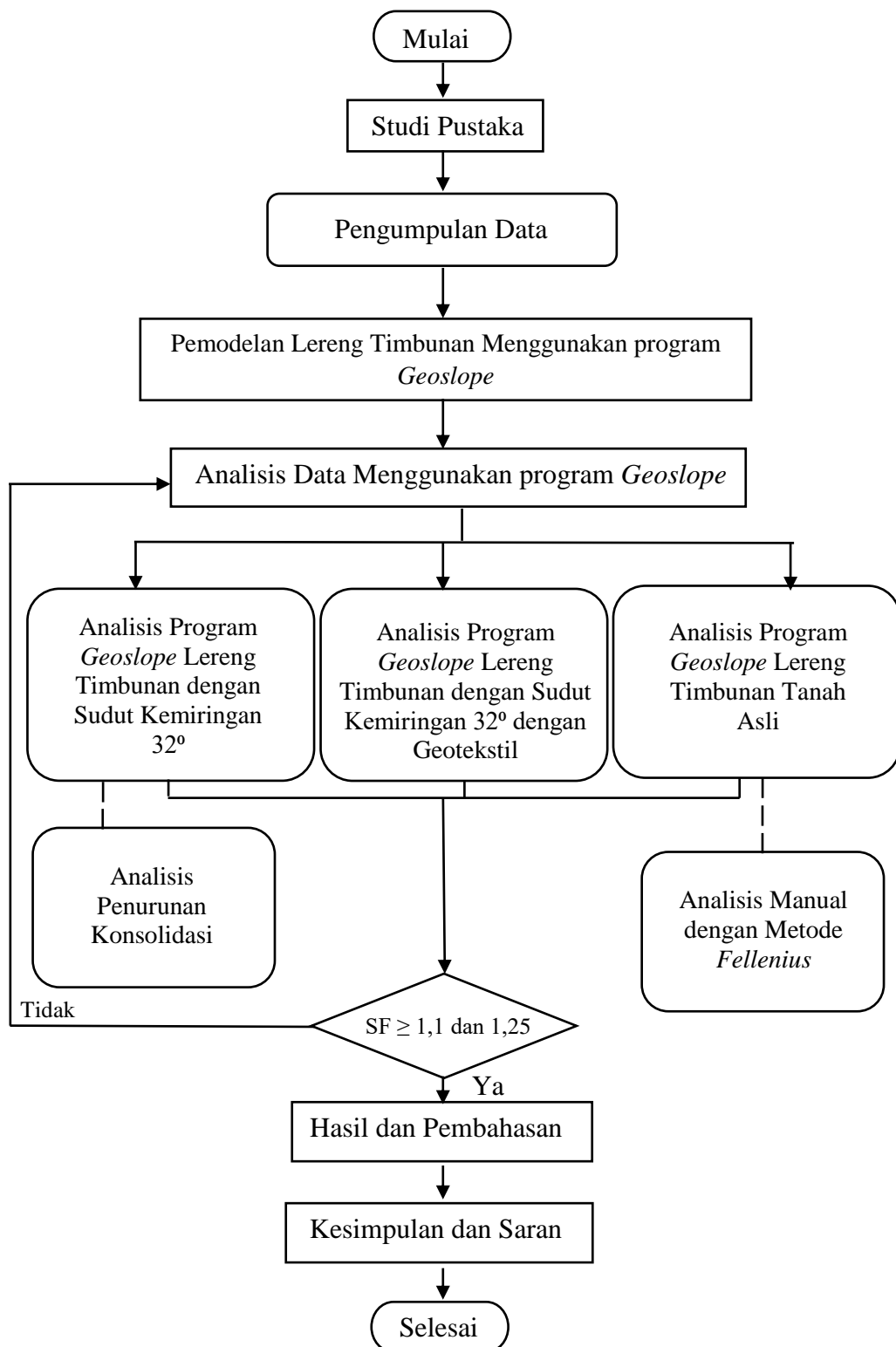
Menggambar geotekstil sesuai data kuat tarik dengan memperhatikan koordinat.

12. Melihat Hasil *Safety Factor*

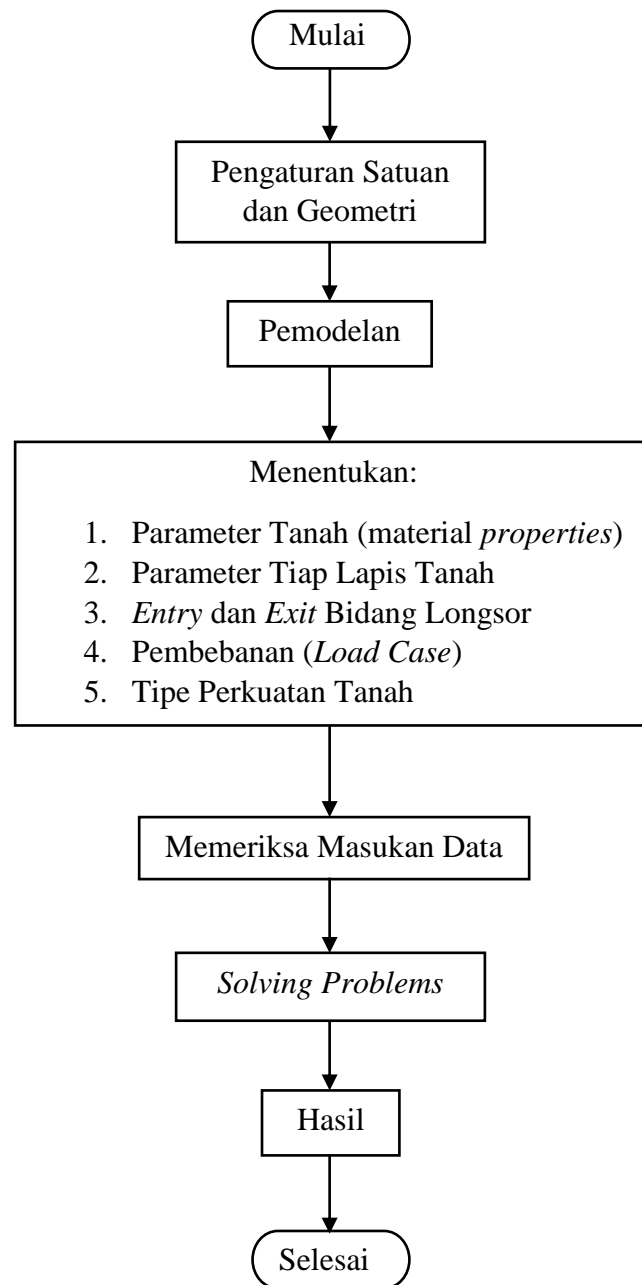
Apabila sudah mengikuti semua langkah-langkah di atas, pilih *Start* pada *Menu Bar*, kemudian klik *Solve Manager*.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian atau *flowchart* dalam penelitian ini dan pengoperasian *software* dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.7 Bagan Alir Penggunaan Program *Geoslope 2018*

BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Gambaran Umum

Analisis stabilitas lereng timbunan yang akan ditinjau menggunakan program *Geoslope 2018* pada kondisi tanah asli tanpa dan dengan perkuatan geotekstil saat masa konstruksi dari mulai fase timbunan sebesar 4 m, 6,5 m, dan 9 m dan juga saat pasca konstruksi. Pada analisis ini memerlukan data potongan melintang, pembebanan, beban gempa, dan geotekstil. Gambar potongan melintang pada analisis ini dapat dilihat pada Gambar 5.1 di bawah ini.



**Gambar 5.1 Potongan Peta Stasiun Proyek Jalan Talang – Ngalang Segmen
IV Sta. 7 + 650 sampai Sta. 8 + 000**

(Sumber: Dinas PUPR D. I. Yogyakarta, 2022)

5.2 Data Penelitian

Penelitian stabilitas lereng timbunan pada analisis ini membutuhkan data parameter yang ada di lapangan seperti data parameter tanah, beban-beban yang bekerja serta data geotekstil.

5.2.1 Data Parameter Tanah

Dalam analisis stabilitas lereng timbunan pada penelitian ini menggunakan data lapangan yang didapat dari PT. Geomine Bara Studio sebagai pelaksana konsultan dan kontraktor pemboran investigasi tanah pada proyek tersebut. Data parameter dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Data Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium

Parameter	Satuan	Timbunan	Lempung Padat	Batu Lempung	Lapili
γ Unsatured	kN/m ³	14,2	16,3	17,2	17,1
γ Satured	kN/m ³	16	18	19	19
E		7512	14465	27540	20670
V		0,29	0,32	0,34	0,34
Kohesi	kN/m ²	10,6	16,6	22,5	13,6
Sudut geser ϕ	°	13,6	25,5	27,2	23,17
Permeabilitas K _x	m/hari	0,0027	0,00003	0,0003	0,01
Permeabilitas K _y	m/hari	0,0027	0,00003	0,0003	0,01

Sumber: PT. Geomine Bara Studi (2022)

5.2.2 Data Beban

Beban-beban yang bekerja pada lereng timbunan dalam penelitian ini merupakan beban lalu lintas dan beban gempa.

1. Beban Lalu Lintas

Data beban perkerasan yang digunakan berdasarkan data sekunder sebesar 10 kN/m² (SNI 8460:2017). Sedangkan Data lalu lintas yang digunakan berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum (2009) dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

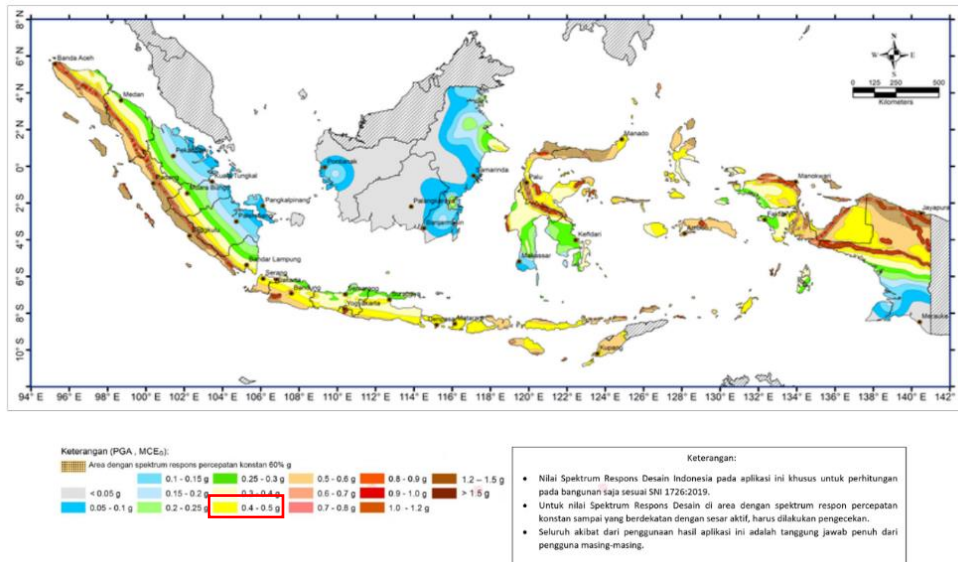
Tabel 5.2 Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m ²)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	> 10000	15
		< 10000	12
Sekunder	Arteri	> 20000	15
		< 20000	12
	Sekunder	> 6000	12
		< 6000	10
	Lokal	> 500	10
		< 500	10

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2009)

2. Beban Gempa

Data beban gempa dalam analisis stabilitas lereng timbunan ini yaitu beban gempa dinamis. Pada wilayah Gunungkidul memiliki percepatan gempa sebesar 0,4 – 0,5 g. Pada analisis ini memakai beban gempa dengan nilai 0,5 g. Peta zonasi gempa dapat dilihat pada Gambar 5.2 di bawah ini.



Gambar 5.2 Peta Zonasi Gempa

(Sumber: Peta Gempa, 2019)

5.2.3 Data Geotekstil

Data geotekstil yang digunakan adalah geotekstil jenis woven yang dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Data Geotekstil

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik Ijin	T	60	kN/m
Regangan	ϵ	19	%
Kekakuan Normal	EA	570	kN/m

Sumber: PT. Prima Geotex Indo (2020)

5.3 Analisis Stabilitas Timbunan Lereng

Analisis ini bertujuan mengetahui angka keamanan yang terjadi pada lereng eksisting saat konstruksi mulai dari tinggi 4 m, 6,5 m, dan 9 m serta variasi sudut lereng eksisting tanpa dan dengan perkuatan geotekstil. Pada analisis ini juga memperhitungkan beban perkerasan, beban lalu lintas serta beban gempa. Perhitungan analisis dengan bantuan program *Geoslope 2018* dan perhitungan manual metode *fellenius*.

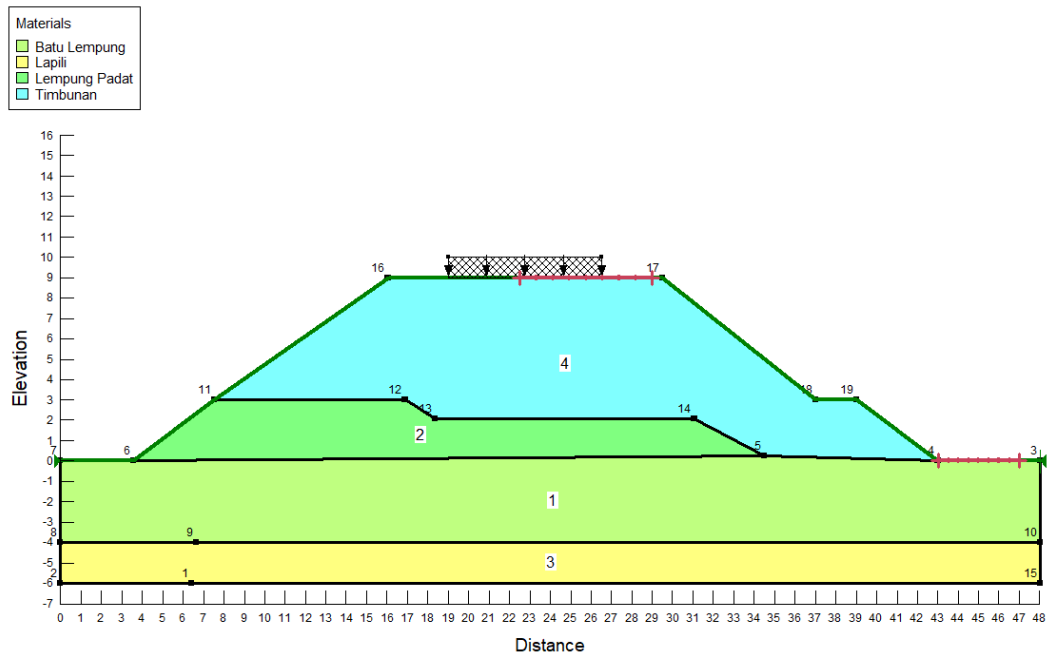
5.3.1 Analisis Lereng Menggunakan Program *Geoslope 2018*

Pada analisis lereng menggunakan program *Geoslope* ada beberapa tahapan, mulai dari *input* data, perhitungan, dan hasil analisis. Pada tahap input data pemodelan leeng dilakukan sesuai geometri potongan melintang jalan Tawang-

Ngalang Segmen IV Sta.7+750. Dengan titik-titik koordinat yang dimasukkan pada pemodelan yang tersaji dalam Tabel 5.4 dan pemodelan lereng pada Gambar 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Titik Koordinat Lereng Timbunan 9 m Tanpa Perkuatan

No	X (m)	Y (m)	No	X (m)	Y(m)
1	6,5	-6	11	7,5	3
2	0	-6	12	17	3
3	48	0	13	18,5	2
4	43	0	14	31	2,1
5	34,5	0,3	15	48	-6
6	3,5	0	16	16	9
7	0	0	17	29,5	9
8	0	-4	18	37	3
9	6,6	-4	19	39	3
10	48	-4			

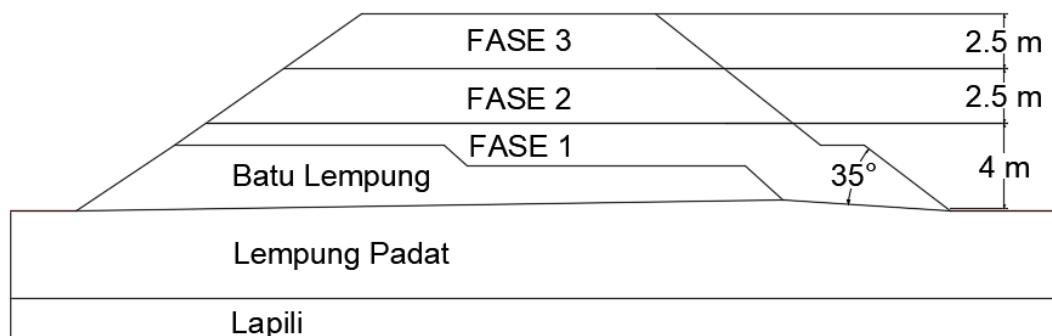


Gambar 5.3 Pemodelan Lereng Timbunan Asli Sudut 35° 9 m Tanpa Perkuatan

5.3.2 Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Masa Konstruksi

Kondisi masa konstruksi pada lereng timbunan asli terjadi saat pembuatan timbunan, saat masa konstruksi tanah bersifat *drained* berdasarkan Tabel 5.1 karena struktur pada tanah masih terdrainase dengan baik. Beban merata saat masa konstruksi sebesar 10 kN/m^2 akibat beban struktur perkerasan jalan di atas tanah timbunan.

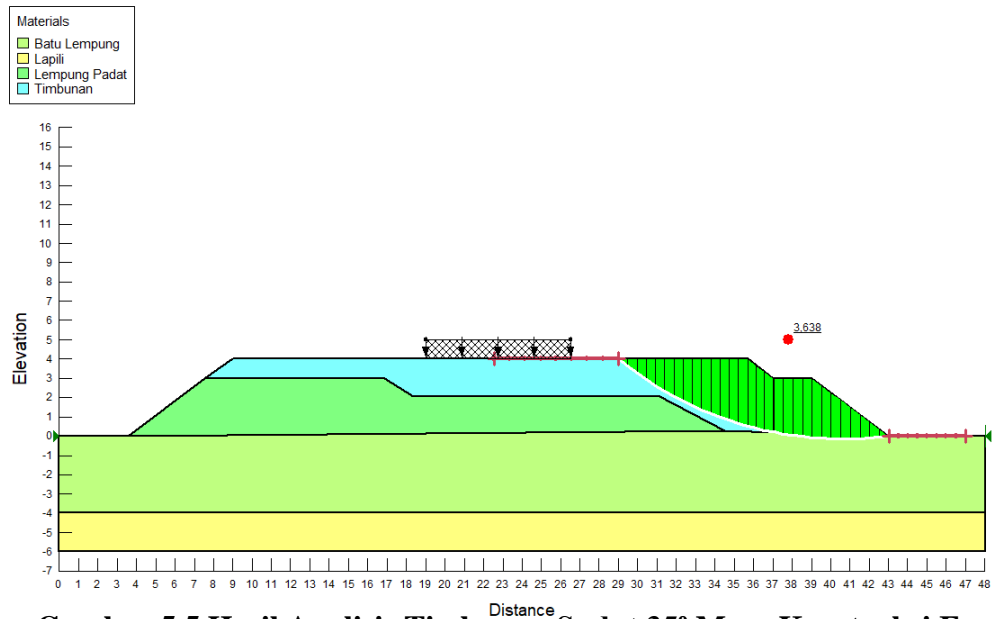
Analisis stabilitas tanah timbunan masa konstruksi dilakukan 3 tahapan dengan asumsi penimbunan fase pertama selesai saat tinggi timbunan mencapai 4 meter kemudian dianalisis kondisi timbunan tersebut. Selanjutnya asumsi dilanjutkan pada ketinggian 6,5 m dan 9 m ditambah dengan beban struktur jalan sebesar 10 kN/m^2 . Berikut gambar asumsi fase penimbunan dapat dilihat pada Gambar 5.4 di bawah ini.



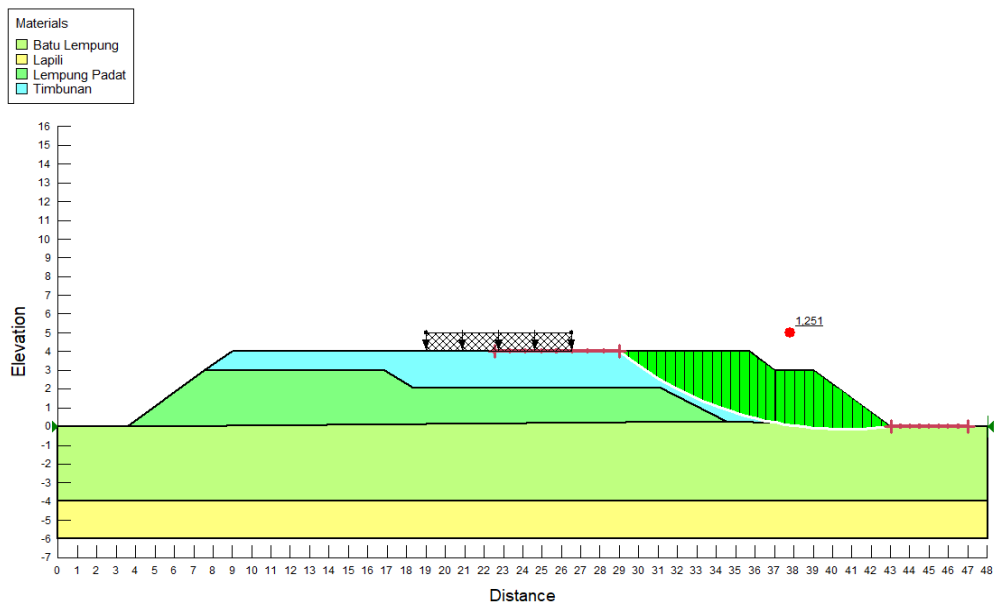
Gambar 5.4 Asumsi Fase Penimbunan Lereng Sudut 35° Masa Konstruksi

1. Penimbunan Lereng Fase 1

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase pertama 4 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $3,638 > 1,25$ yang berarti lereng tersebut sudah aman (SNI 8640:2017) dan dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,251 > 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman (SNI 8640:2017). Berikut gambar hasil *run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6.



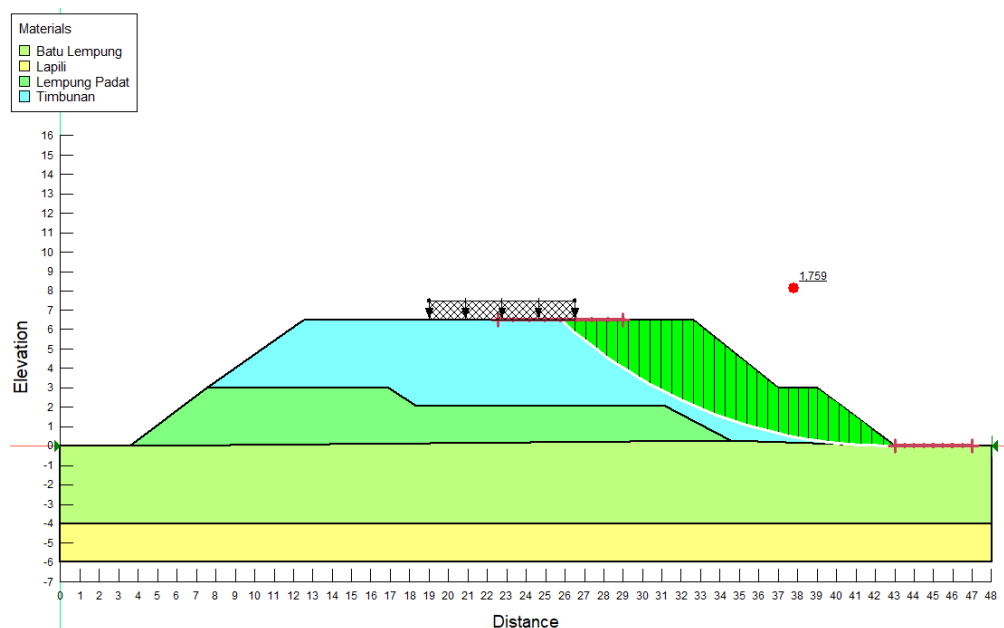
**Gambar 5.5 Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 1
Tanpa Beban Gempa**



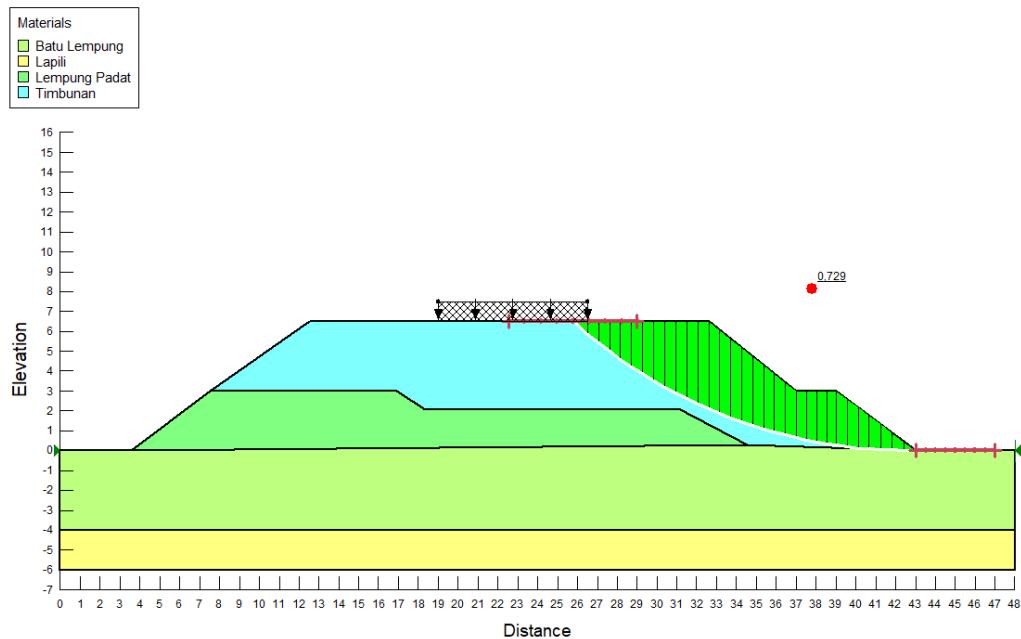
**Gambar 5.6 Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 1
dengan Beban Gempa**

2. Penimbunan Lereng Fase 2

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase kedua 6,5 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,759 > 1,25$ yang berarti lereng tersebut sudah aman (SNI 8640:2017), sedangkan dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $0,729 < 1,1$ yang berarti lereng tersebut belum aman (SNI 8640:2017). Berikut gambar hasil *run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8.



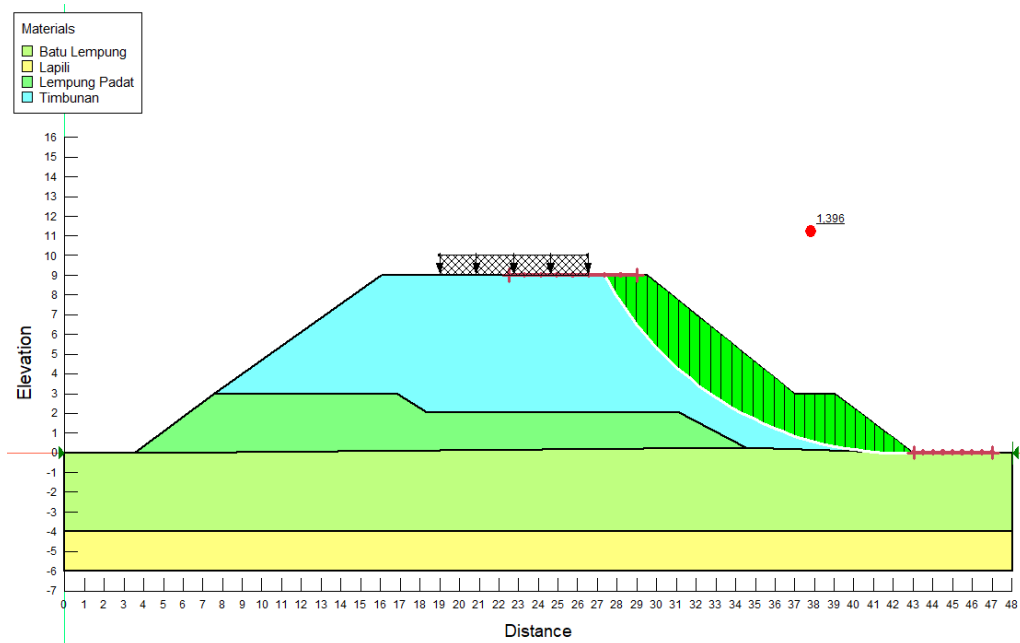
**Gambar 5.7 Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 2
Tanpa Beban Gempa**



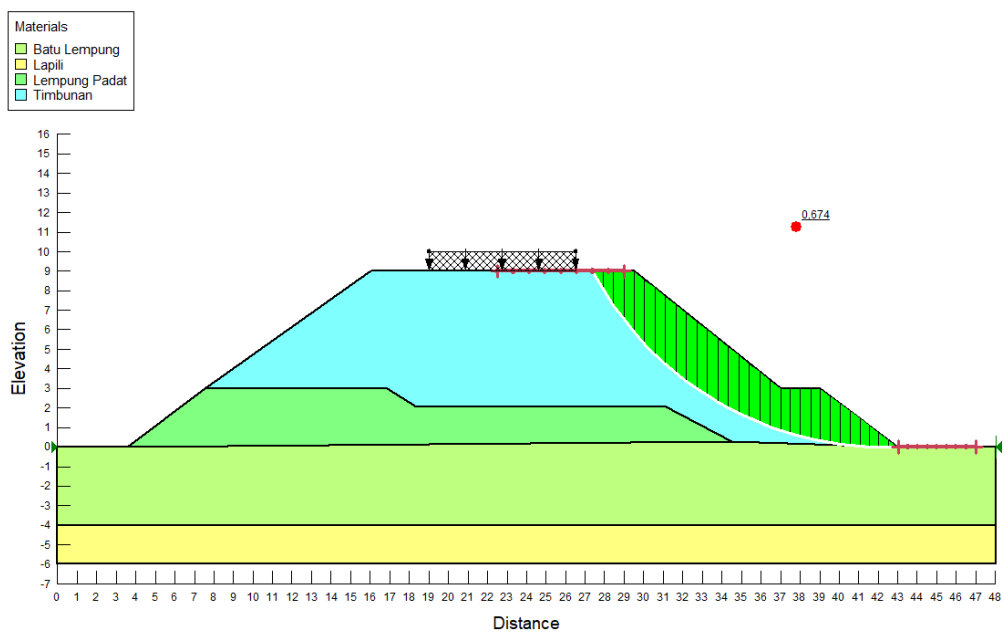
Gambar 5.8 Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 2 dengan Beban Gempa

3. Penimbunan Lereng Fase 3

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase ketiga 9 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,396 > 1,25$ yang berarti lereng tersebut sudah aman (SNI 8640:2017), sedangkan dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $0,674 < 1,1$ yang berarti lereng tersebut belum aman (SNI 8640:2017). Berikut gambar hasil *run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10.



Gambar 5.9 Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 3 Tanpa Beban Gempa



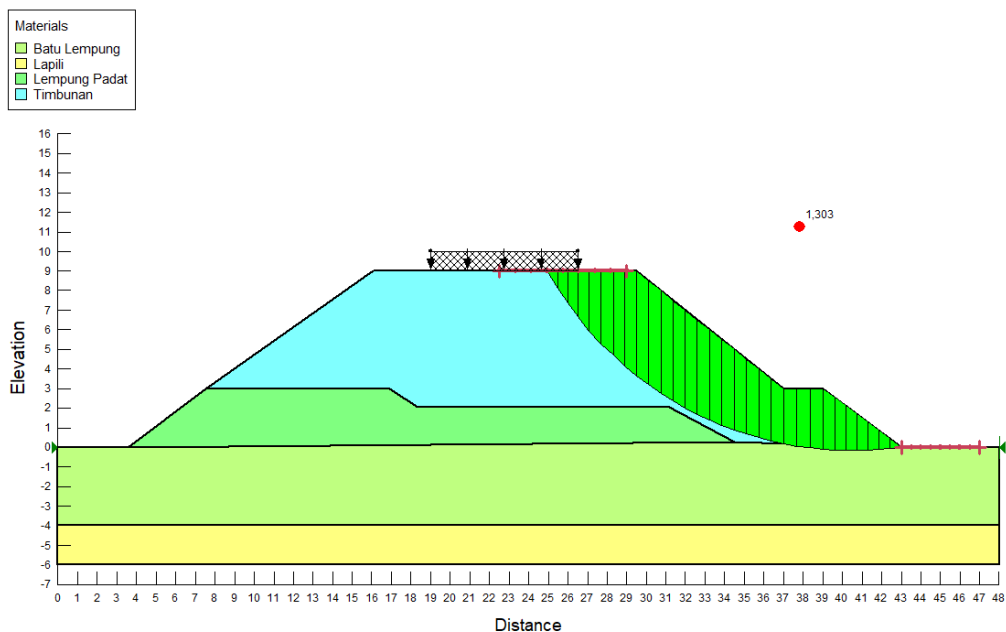
Gambar 5.10 Hasil Analisis Timbunan Sudut 35° Masa Konstruksi Fase 3 dengan Beban Gempa

5.3.3 Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Pasca Konstruksi

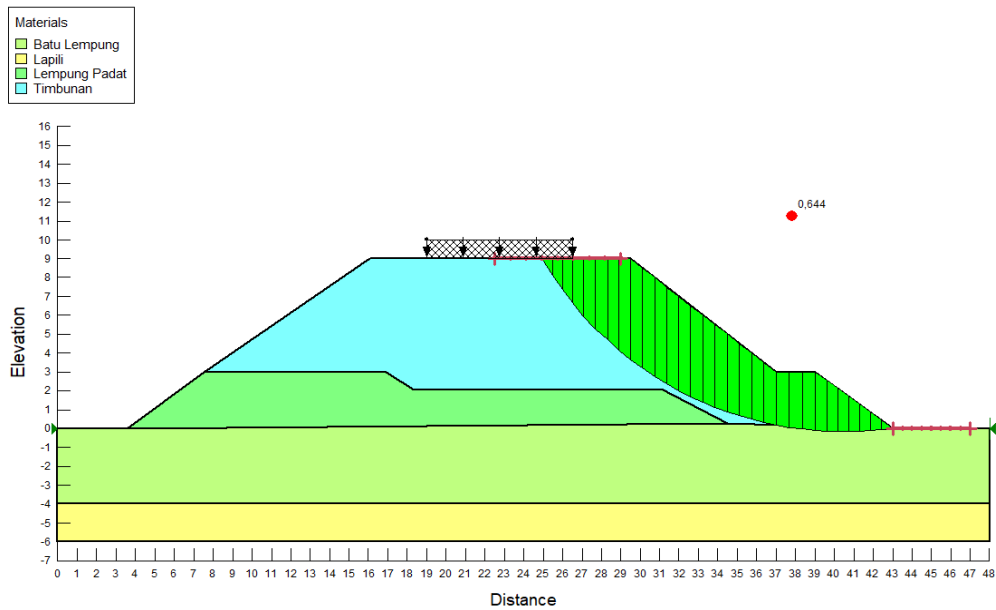
Kondisi pasca konstruksi pada lereng timbunan asli adalah saat timbunan siap difungsikan, saat pasca konstruksi tanah bersifat *undrained* berdasarkan Tabel 5.1 karena struktur pada tanah masih tidak terdrainase akibat adanya struktur perkerasan jalan. Beban merata saat masa konstruksi sebesar 25 kN/m^2 akibat beban struktur perkerasan jalan ditambah beban lalu lintas di atas tanah timbunan.

1. Pasca Konstruksi

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* dengan tinggi lereng 9 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,303 > 1,25$ yang berarti lereng tersebut sudah aman (SNI 8640:2017), sedangkan dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $0,644 < 1,1$ yang berarti lereng tersebut belum aman (SNI 8640:2017). Berikut gambar *hasil run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12.



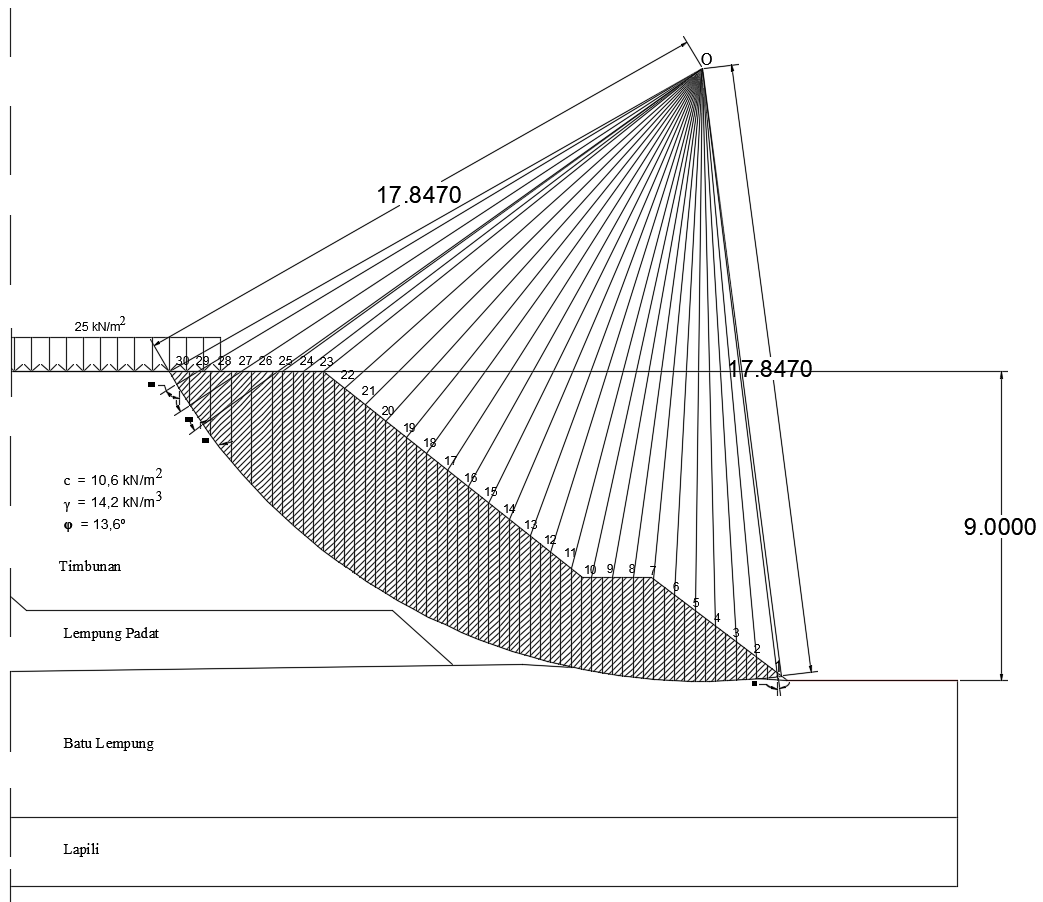
Gambar 5.11 Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 35° Pasca Konstruksi Tanpa Beban Gempa



Gambar 5.12 Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 35° Pasca Konstruksi dengan Beban Gempa

5.3.4 Analisis Stabilitas Lereng Secara Manual dengan Metode *Fellenius*

Selain menggunakan *software Geoslope*, dalam analisis ini juga membandingkan dengan hitungan secara manual, hanya pada lereng dengan kondisi perkuatan dan tanpa beban gempa dengan mengambil jari-jari kelongsoran 17,847 m yang didapat dari *run* menggunakan *Geoslope* untuk mengetahui perbandingan hasil nilai SF antara menggunakan aplikasi dan dengan cara perhitungan manual. Berikut merupakan gambar 5.13 untuk analisis dengan metode *Fellenius* secara manual.



Gambar 5.13 Analisis Metode *Fellenius* Sudut 35° Tanpa Perkuatan dan Tanpa Beban Gempa.

Bidang longsor ini dibagi menjadi 30 irisan. Panjang total bidang longsor arah horizontal sebesar 21,1119 m. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode *fellenius*. Untuk menghitung berat dari irisan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$W_i = \gamma \times A_i$$

Dimana,

$$W_i = \text{berat irisan ke-I (kN)}$$

$$\gamma = \text{phi tanah (kN/m}^3\text{)}$$

$$A_i = \text{luas irisan ke-i (m}^2\text{)}$$

Apabila terdapat beban di atasnya, maka berat irisan dihitung dengan rumus sebagai berikut.

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

Dimana,

$$W_i = \text{berat irisan ke-I (kN)}$$

$$\gamma = \text{phi tanah (kN/m}^3\text{)}$$

$$A_i = \text{luas irisan ke-i (m}^2\text{)}$$

$$q = \text{beban jalan (kN/m}^2\text{)}$$

$$L = \text{lebar irisan yang terkena beban (m)}$$

1. Berat Irisan Tanah

$$W_i = \gamma \times A_i$$

Dimana,

$$W_i = \text{berat irisan ke-I (kN)}$$

$$\gamma = \text{phi tanah (kN/m}^3\text{)}$$

$$A_i = \text{luas irisan ke-i (m}^2\text{)}$$

Berikut merupakan perhitungan untuk berat irisan tanpa perkuatan.

$$\begin{aligned} W_1 &= \gamma \times A_1 \\ &= 17,2 \times 0,0775 \\ &= 1,333 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= \gamma \times A_2 \\ &= 17,2 \times 0,3741 \\ &= 1,4345 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_3 &= \gamma \times A_3 \\ &= 17,2 \times 0,673 \\ &= 11,5756 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan berat irisan 1 sampai 30 dapat dilihat pada Tabel 5.5.

2. Perhitungan Radians

Menentukan radians tiap pias irisan pada longsor.

$$\begin{aligned} \text{Rad}_1 &= \alpha \times \frac{\pi}{180} \\ &= -0,12227 \times \frac{\pi}{180} \\ &= -0,12227 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rad}_2 &= \alpha \times \frac{\pi}{180} \\ &= -5,1818 \times \frac{\pi}{180} \\ &= -0,09048\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rad}_3 &= \alpha \times \frac{\pi}{180} \\ &= -3,3664 \times \frac{\pi}{180} \\ &= -0,05878\end{aligned}$$

Rekapitulasi besar sudut pada bidang longsor untuk tiap pias irisan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

3. Perhitungan Sin α

$$\begin{aligned}\text{Sin } \alpha_1 &= \text{Sin } (-0,12227) \\ &= -0,122\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sin } \alpha_2 &= \text{Sin } (-0,09048) \\ &= -0,0904\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sin } \alpha_3 &= \text{Sin } (-0,05878) \\ &= -0,0587\end{aligned}$$

Rekapitulasi Sin α pada bidang longsor untuk tiap pias irisan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

4. Perhitungan Cos α

$$\begin{aligned}\text{Cos } \alpha_1 &= \text{Cos } (-0,12227) \\ &= 0,9925\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cos } \alpha_2 &= \text{Cos } (-0,09048) \\ &= 0,9959\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cos } \alpha_3 &= \text{Cos } (-0,05878) \\ &= 0,9983\end{aligned}$$

Rekapitulasi Cos α pada bidang longsor untuk tiap pias irisan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

5. Perhitungan $W_i \times \text{Sin } \alpha_i$

$$\begin{aligned}\text{Pias 1} &= W_1 \times \text{Sin } \alpha_1 \\ &= 1,333 \times \text{Sin } (-0,12227)\end{aligned}$$

$$= 1,333 \times (-0,122)$$

$$= -0,16257 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pias 2} = W_2 \times \text{Sin } \alpha_2$$

$$= 6,4345 \times \text{Sin } (-0,09048)$$

$$= 6,4345 \times (-0,0904)$$

$$= -0,58137 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pias 3} = W_3 \times \text{Sin } \alpha_3$$

$$= 11,576 \times \text{Sin } (-0,05878)$$

$$= 11,576 \times (-0,0587)$$

$$= -0,68 \text{ kN/m}$$

6. Perhitungan $W_i \times \text{Cos } \alpha_i$

$$\text{Pias 1} = W_1 \times \text{Cos } \alpha_1$$

$$= 1,333 \times \text{Cos } (-0,12227)$$

$$= 1,333 \times 0,9925$$

$$= 1,323 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pias 2} = W_2 \times \text{Cos } \alpha_2$$

$$= 6,4345 \times \text{Cos } (-0,09048)$$

$$= 6,4345 \times 0,9959$$

$$= 6,4082 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pias 3} = W_3 \times \text{Cos } \alpha_3$$

$$= 11,576 \times \text{Cos } (-0,05878)$$

$$= 11,576 \times 0,9983$$

$$= 11,5556 \text{ kN/m}$$

Perhitungan di atas merupakan salah satu contoh perhitungan hanya pada salah satu pias saja. Untuk perhitungan yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Perhitungan Manual Metode *Fellenius*

No	Panjang Irisan (m)	Luas Irisan	Sudut Irisan (θ)	Radian (rad)	Sin ($^\circ$)	Cos ($^\circ$)	Berat Irisan, W_i (kN)	$W_i \times \sin\theta$ (kN)	$W_i \times \cos\theta$ (kN)
1	0,4226	0,0775	- 7,0025	-0,12226587	-0,122	0,9925	1,333	-0,162574648	1,323048935
2	0,6024	0,3741	- 5,1818	-0,09047587	- 0,0904	0,9959	6,43452	-0,581374878	6,408201845
3	0,601	0,673	- 3,3664	-0,05877841	- 0,0587	0,9983	11,5756	-0,680003678	11,55560948
4	0,6002	0,9597	- 1,5543	-0,02713857	- 0,0271	0,9996	16,50684	-0,44791707	16,50076171
5	0,6001	1,2343	0,2562	0,004472984	0,0045	1	21,22996	0,094960957	21,22974762
6	0,6006	1,4968	2,0669	0,03608873	0,0361	0,9993	25,74496	0,928901251	25,72819675
7	0,6019	1,7253	3,8797	0,067740794	0,0677	0,9977	29,67516	2,008681822	29,60709912
8	0,6039	1,7398	5,8897	0,102836032	0,1027	0,9947	29,92456	3,07190196	29,76646955
9	0,6065	1,6928	8,1004	0,141435556	0,141	0,99	29,11616	4,104344367	28,82542507
10	0,61	1,634	10,323	0,180242857	0,1793	0,9838	28,1048	5,038305384	27,64950744
11	0,6142	1,7235	12,504	0,21832381	0,2166	0,9763	24,4737	5,300845008	23,89274019
12	0,6192	1,9248	14,602	0,254955556	0,2522	0,9677	27,33216	6,89323638	26,44863442
13	0,6252	2,1128	16,679	0,291220635	0,2871	0,9579	30,00176	8,614155666	28,73850945
14	0,6321	2,2871	18,779	0,327887302	0,322	0,9467	32,47682	10,45895218	30,74661212
15	0,64	2,4472	20,906	0,365025397	0,357	0,9341	34,75024	12,40489805	32,46070986
16	0,6491	2,5927	23,063	0,402687302	0,3919	0,92	36,81634	14,42803287	33,87144459

Lanjutan Tabel 5.5 Perhitungan Manual Metode *Fellenius*

No	Panjang Irisan (m)	Luas Irisan	Sudut Irisan (θ)	Radian (rad)	Sin ($^{\circ}$)	Cos ($^{\circ}$)	Berat Irisan, Wi (kN)	Wi x sin θ (kN)	Wi x cos θ (kN)
17	0,6596	2,7228	25,256	0,440977778	0,4268	0,9043	38,66376	16,50261712	34,96498199
18	0,6714	2,8368	27,488	0,479949206	0,4617	0,887	40,28256	18,59983244	35,731371
19	0,685	2,9338	29,768	0,51975873	0,4967	0,8679	41,65996	20,69128336	36,15830555
20	0,7005	3,0128	32,1	0,56047619	0,5316	0,847	42,78176	22,74233836	36,23623924
21	0,7183	3,0726	34,494	0,60227619	0,5665	0,824	43,63092	24,71777266	35,95398302
22	0,7387	3,1115	36,958	0,645298413	0,6014	0,7989	44,1833	26,5734658	35,29893644
23	0,7624	3,092	39,457	0,688931746	0,6357	0,7719	43,9064	27,9118663	33,89247233
24	0,7901	2,8328	42,001	0,733350794	0,6694	0,7429	40,22576	26,92562784	29,88515239
25	0,8228	2,51	44,651	0,779620635	0,703	0,7112	35,642	25,05667076	25,34788777
26	0,8619	2,1559	47,429	0,828125397	0,7367	0,6763	30,61378	22,55209874	20,70281063
27	0,9096	1,7658	50,362	0,879336508	0,7703	0,6377	25,07436	19,31517981	15,98897615
28	0,969	1,3333	53,257	0,929884127	0,8016	0,5979	43,15786	34,59321128	25,8052439
29	1,0454	0,8494	56,129	0,980030159	0,8305	0,557	38,19648	31,72271785	21,27534386
30	1,1482	0,3007	59,236	1,034279365	0,8595	0,5111	32,97494	28,34177068	16,85499044
JUMLAH	21,1119							417,7217986	778,8494129

Maka nilai angka keamanan dari perhitungan di atas adalah.

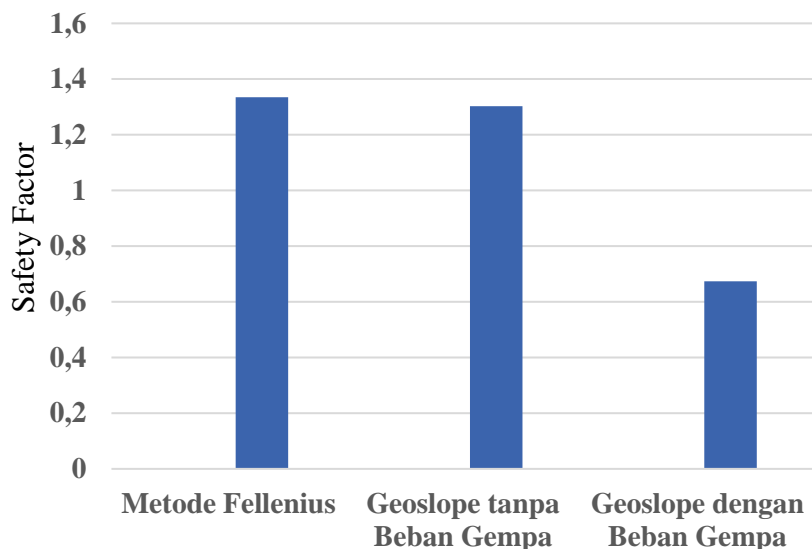
$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\Sigma(c \times L + \tan\theta \times W \cos \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha + (q \times L)} \\
 &= \frac{(10,6 \times 21,1119 + \tan 13,6^\circ \times 618,8494129)}{417,7217986 + (25 \times 21,1119)} \\
 &= 1,335
 \end{aligned}$$

Nilai angka aman yang dihasilkan dari perhitungan metode *fellenius* manual tanpa perkuatan dan tanpa beban gempa sebesar 1,335. Hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan hasil perhitungan metode *fellenius* menggunakan *software Geoslope 2018* yaitu sebesar 1,303.

Setelah dilakukan perhitungan secara manual maupun dengan program *Geoslope 2018* menggunakan metode *fellenius* maka didapat rekapitulasi hitungan seperti pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hitungan Nilai SF Asli

Metode	Manual (tanpa perkuatan dan tanpa beban gempa)	<i>Geoslope</i> (tanpa perkuatan dan tanpa beban gempa)	<i>Geoslope</i> (tanpa perkuatan dengan beban gempa)
<i>Safety Factor</i>	1,335	1,303	0,644



Gambar 5.14 Grafik Nilai SF tanpa Perkuatan Kondisi Eksisting

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan nilai angka aman (SF) di atas, lereng timbunan pada kondisi penambahan beban gempa nilai SF masih belum memenuhi persyaratan atau nilai SF pada lereng timbunan dengan beban gempa kurang dari 1,1. Oleh karena itu, dilakukan alternatif dengan memodifikasi sudut lereng timbunan dan menambah perkuatan.

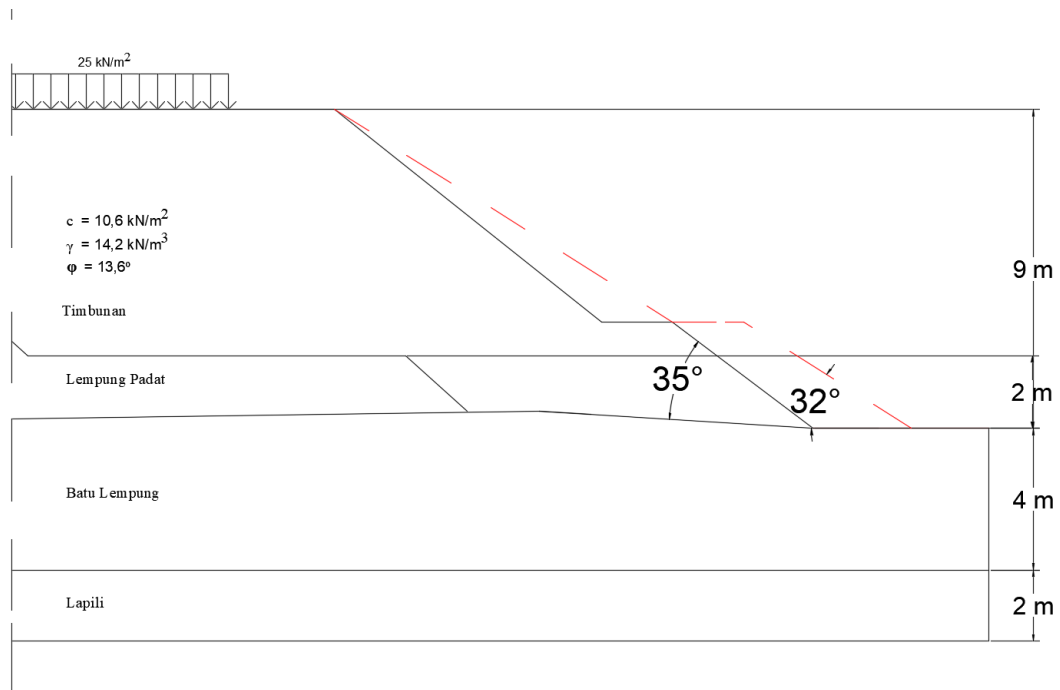
5.4 Lereng Timbunan Sudut 32°

5.4.1 Analisis Menggunakan Program *Geoslope* Lereng Timbunan Sudut 32° Tanpa Perkuatan

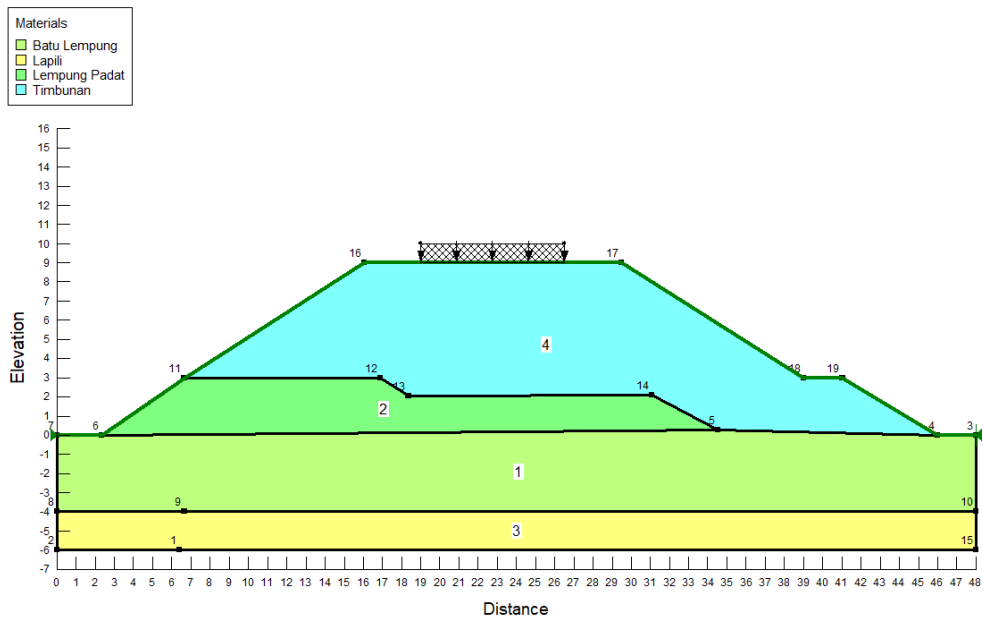
Hasil program *geoslope 2018* pada analisis ini merupakan lereng timbunan dengan sudut kemiringan 32° tanpa perkuatan. Analisis terdiri dari pemodelan awal lereng timbunan dan hasil analisis kondisi lereng timbunan adalah sebagai berikut.

1. Pemodelan Awal Lereng

Pemodelan lereng ini merupakan timbunan tanah asli yang sudah diganti sudut kemiringan lerengnya menjadi 32°. Geotekstil dipasang tiap zona berdasarkan perhitungan selanjutnya. Gambar pemodelan awal lereng terdapat pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16 sebagai berikut.



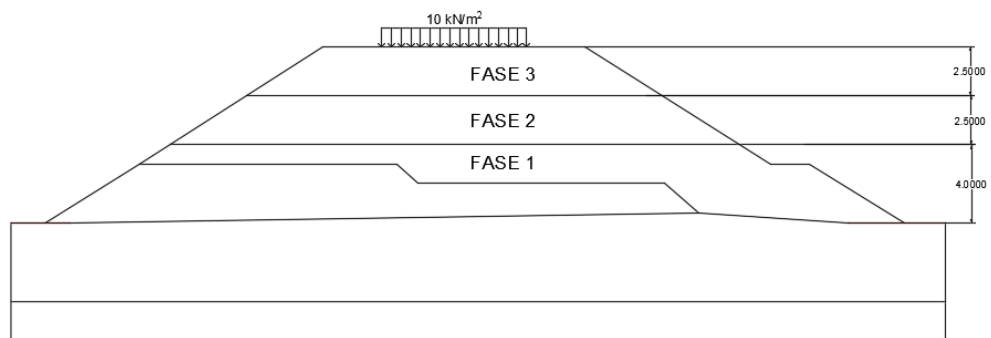
Gambar 5.15 Detail Pemodelan Awal Lereng Pada Kemiringan Sudut 32°



Gambar 5.16 Pemodelan Awal Lereng Pada Kemiringan Sudut 32°

2. Kondisi Masa Konstruksi

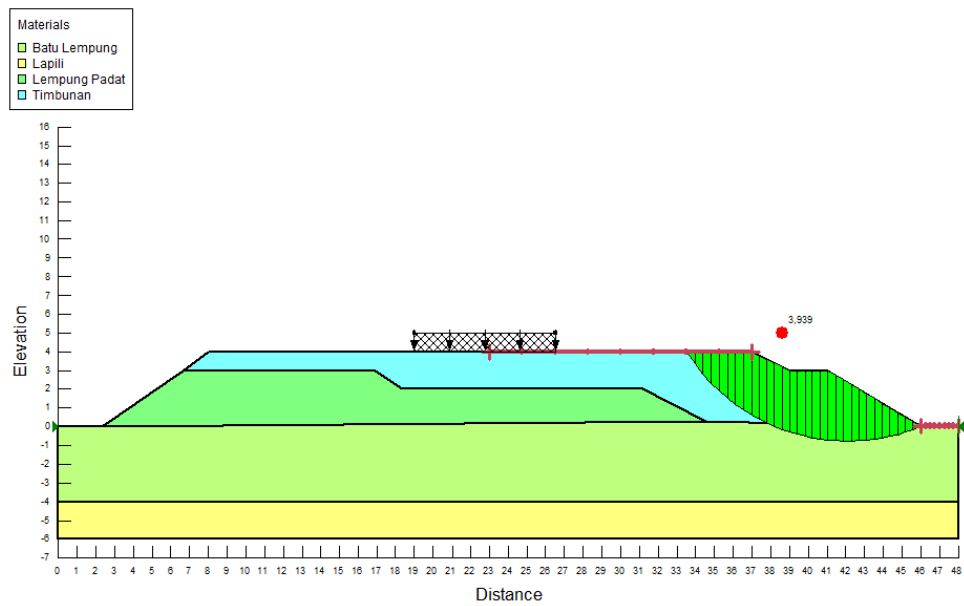
Analisis stabilitas tanah timbunan masa konstruksi dilakukan 3 tahapan dengan asumsi penimbunan fase pertama selesai saat tinggi timbunan mencapai 4 meter kemudian dianalisis kondisi timbunan tersebut. Selanjutnya asumsi dilanjutkan pada ketinggian 6,5 m dan 9 m ditambah dengan beban struktur jalan sebesar 10 kN/m^2 . Berikut gambar asumsi fase penimbunan dapat dilihat pada Gambar 5.17 di bawah ini.



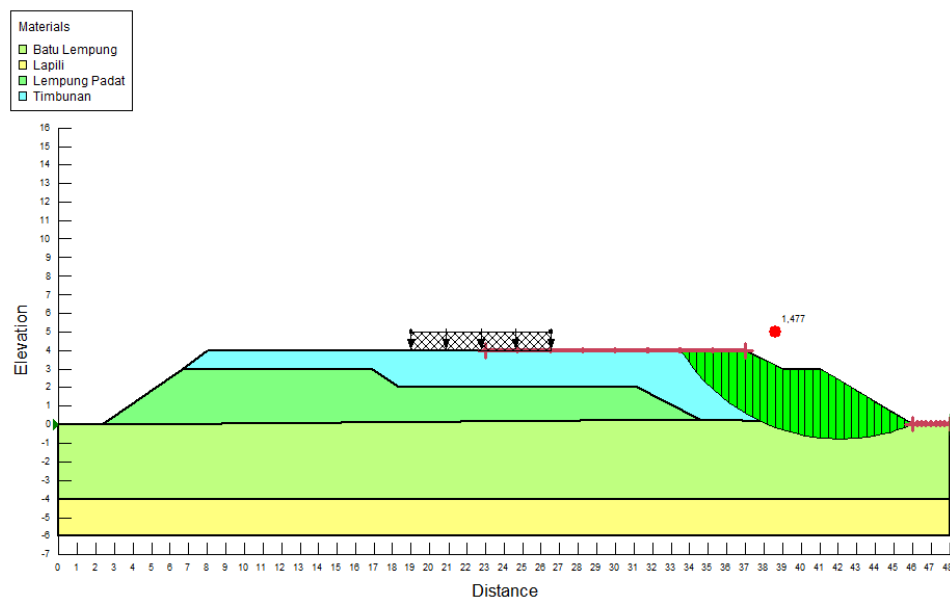
Gambar 5.17 Asumsi Fase Penimbunan Lereng Timbunan Sudut 32°

a. Penimbunan Lereng Fase 1

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase pertama 4 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22 dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,477 > 1,1$ dan tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $3,939 > 1,25$ yang berarti lereng tersebut sudah aman (SNI 8640:2017). Gambar hasil *run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.18 dan Gambar 5.19 sebagai berikut.



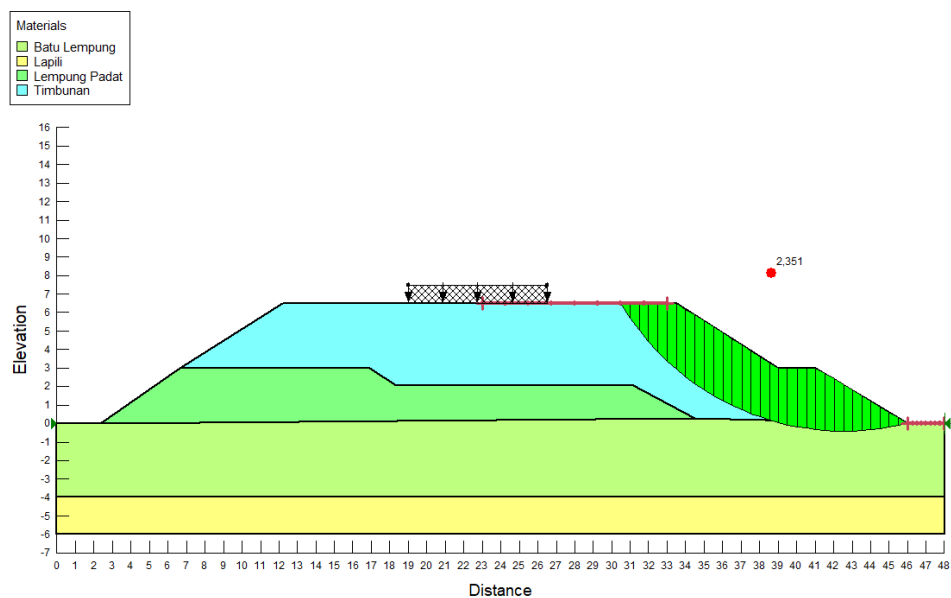
**Gambar 5.18 Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa
Konstruksi Fase 1 Tanpa Beban Gempa**



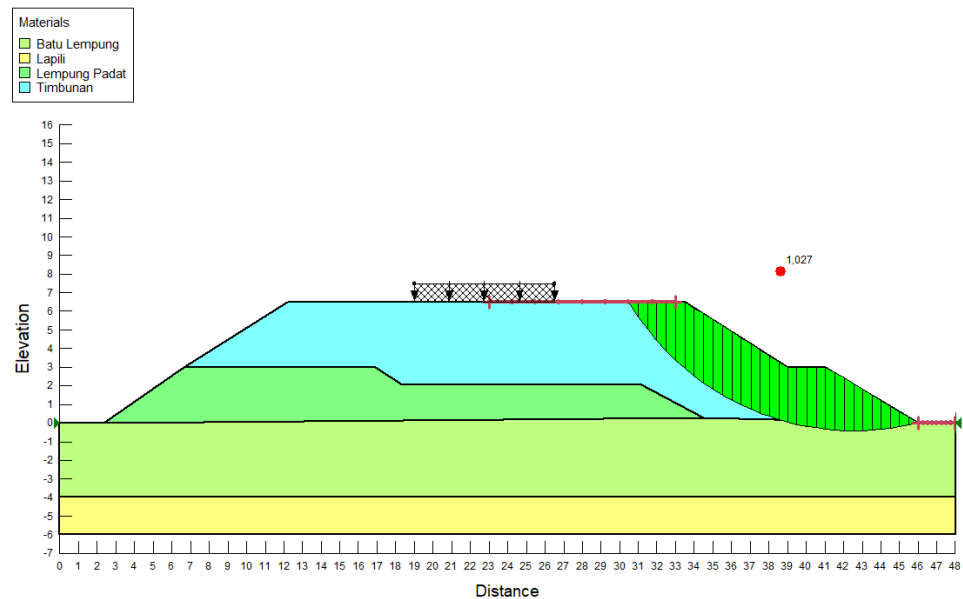
**Gambar 5.19 Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa
Konstruksi Fase 1 dengan Beban Gempa**

b. Penimbunan Lereng Fase 2

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase kedua 6,5 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24 dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,027 < 1,1$ yang berarti lereng tersebut belum aman (SNI 8640:2017) dan tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $2,351 > 1,25$ yang berarti lereng tersebut sudah aman (SNI 8640:2017). Gambar hasil *run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21 sebagai berikut.



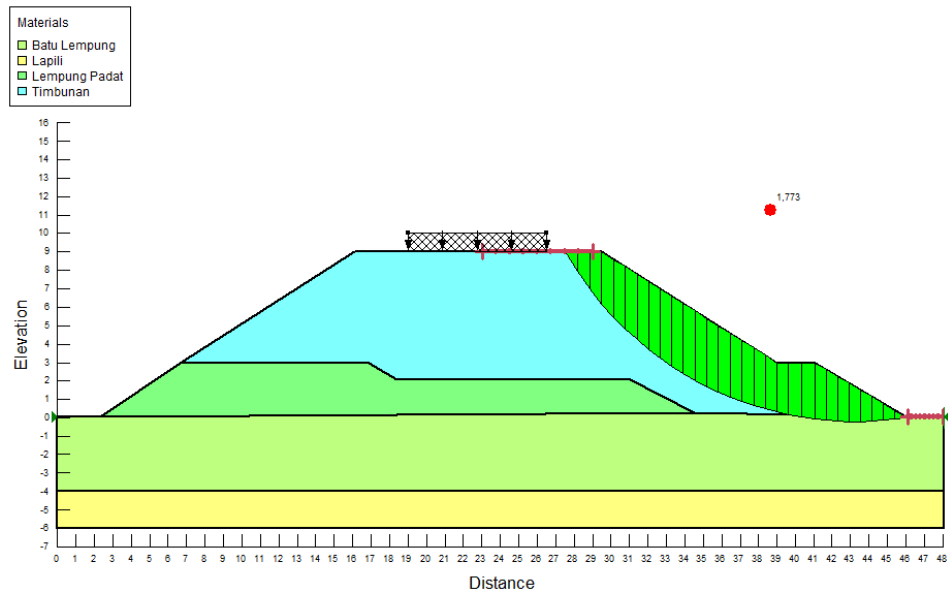
Gambar 5.20 Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa Konstruksi Fase 2 Tanpa Beban Gempa



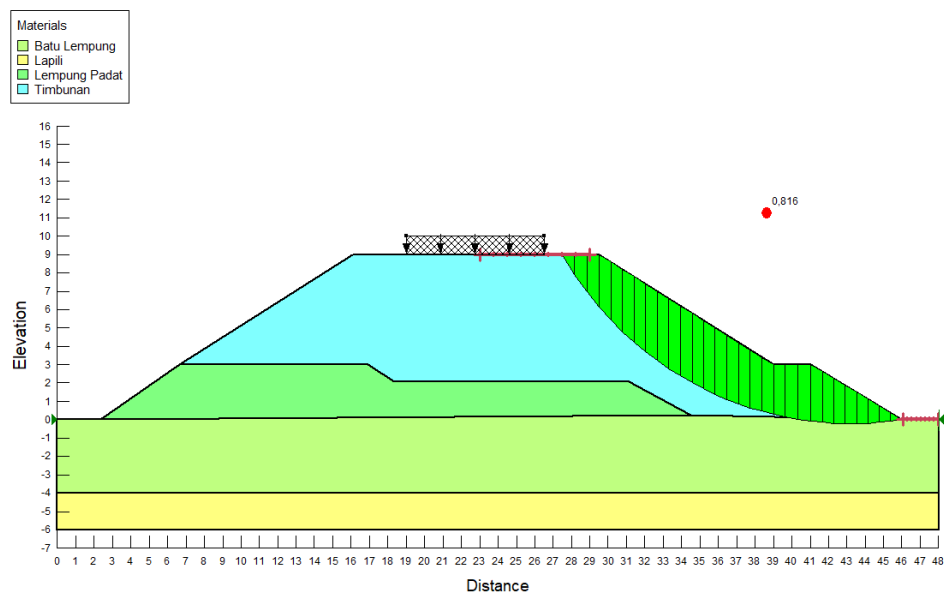
Gambar 5.21 Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa Konstruksi Fase 2 dengan Beban Gempa

c. Penimbunan Lereng Fase 3

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase ketiga 9 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* dapat dilihat pada Gambar 5.25 dan Gambar 5.26 dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $0,816 < 1,1$ yang berarti lereng tersebut belum aman (SNI 8640:2017) dan tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,773 > 1,25$ yang berarti lereng tersebut sudah aman (SNI 8640:2017). Gambar hasil *run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.22 dan Gambar 5.23 sebagai berikut.



**Gambar 5.22 Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa
Konstruksi Fase 3 Tanpa Beban Gempa**

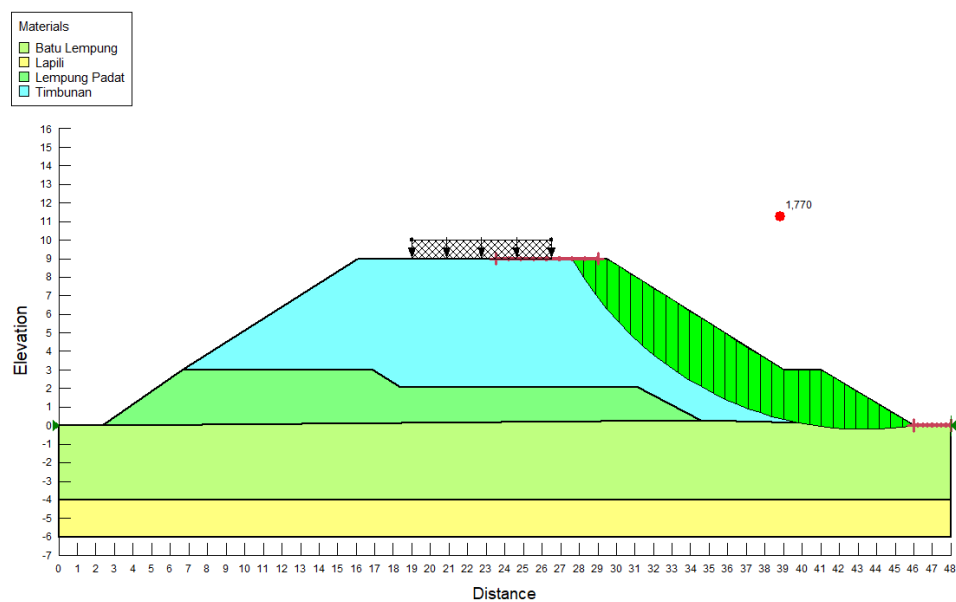


**Gambar 5.23 Hasil Analisis Timbunan Sudut Lereng 32° Masa
Konstruksi Fase 3 dengan Beban Gempa**

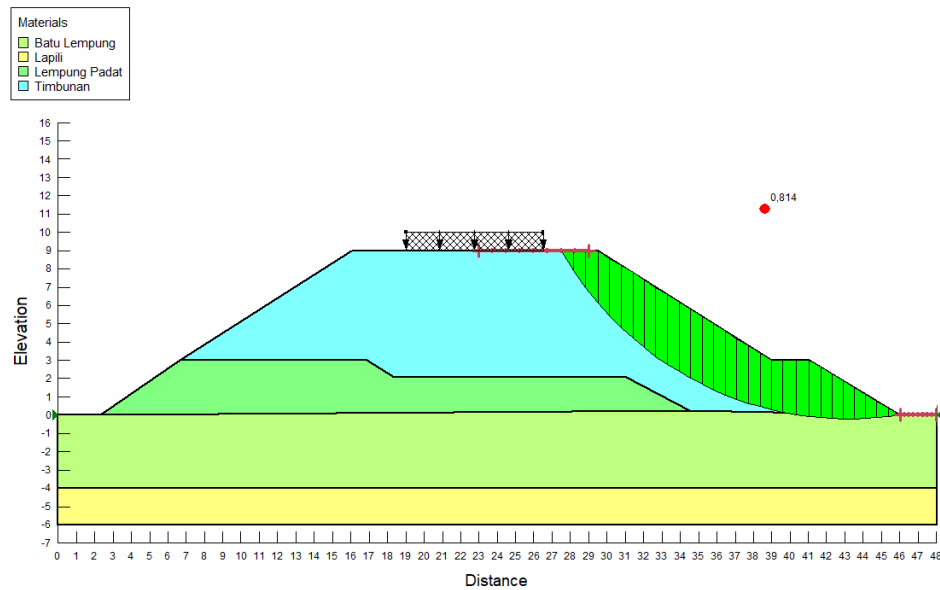
3. Kondisi Pasca Konstruksi

Kondisi pasca konstruksi pada lereng timbunan asli saat timbunan siap difungsikan, saat pasca konstruksi tanah bersifat *undrained* berdasarkan Tabel 5.1 karena struktur pada tanah masih tidak terdrainase akibat adanya struktur perkerasan jalan. Beban merata saat masa konstruksi sebesar 25 kN/m^2 akibat beban struktur perkerasan jalan di atas tanah timbunan.

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada Gambar 5.27 dan Gambar 5.28 dengan asumsi tinggi lereng 9 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* menghasilkan nilai SF sebesar $1,77 > 1,25$ tanpa beban gempa yang berarti lereng tersebut sudah aman (SNI 8640:2017) dan dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $0,814 < 1,1$ yang berarti lereng tersebut belum aman (SNI 8640:2017). Gambar hasil *run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.24 dan Gambar 5.25 sebagai berikut.



Gambar 5.24 Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 32° Pasca Konstruksi Tanpa Perkuatan dan Tanpa Beban Gempa



**Gambar 5.25 Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 32° Pasca
Konstruksi Tanpa Perkuatan dengan Beban Gempa**

5.5 Perhitungan Geotekstil

Pada penelitian ini digunakan geotekstil yang berspesifikasi kuat tarik ultimit (T_{ult}) sebesar 60 kN/m. Perhitungan variasi geotekstil yaitu panjang geotekstil tiap zona sebagai berikut.

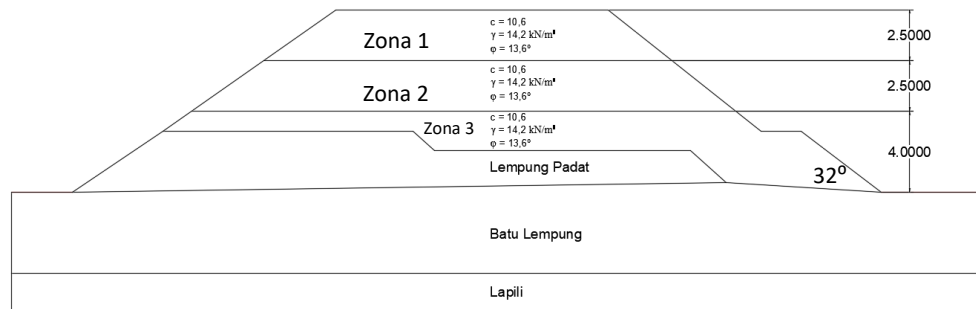
5.5.1 Perhitungan Panjang Geotekstil per Zona

1. Parameter Tanah Timbunan

Tanah yang diberi perkuatan geotekstil merupakan tanah timbunan karena kelongsoran terjadi pada tanah timbunan. Parameter tanah timbunan yang akan digunakan untuk mendesain perkuatan geotekstil sebagai berikut.

- a. Berat Volume Tanah (γ) : 14,2 kN/m³
- b. Kohesi (c) : 10,6 kN/m²
- c. Sudut Gesek Dalam (ϕ) : 13,6°

Berikut merupakan pembagian zona perhitungan geotekstil terdapat pada Gambar 5.26.



Gambar 5.26 Pembagian Zona Pada Kemiringan Sudut 32°

2. Data Geotekstil

Data geotekstil dalam penelitian ini menggunakan geotekstil jenis *woven* atau anyaman produksi dari PT. Prima Geotex Indo yang mempunyai *mass* 250 Gr dengan kekuatan tarik sebesar 60 kN/m dan nilai regangan sebesar 19% sehingga nilai kekakuan normal (EA) yang diinput dalam program *Geoslope* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} EA &= \frac{F_g}{\Delta l / l} \\ &= \frac{60}{0,19} \\ &= 315,7894 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Nilai kuat tarik yang diijinkan (T_{all}) merupakan nilai kuat tarik yang sudah dikurangi dengan nilai angka aman sebesar 2. Sehingga nilai kuat tarik yang diijinkan (T_{all}) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_{all} &= \frac{T_{ult}}{SF_{geo}} \\ &= \frac{60}{2} \\ &= 30 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Data-data untuk perhitungan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Data Geotekstil Woven 250 Gr

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat tarik ultimit	T_{ult}	60	kN/m
Kuat tarik allowable	T_{all}	30	kN/m
Regangan	ε	19	%
Kekakuan normal	EA	315,7894	kN/m

Sumber: PT. Prima Geotex Indo (2020)

3. Nilai Koefisien Daya Dukung Tanah

Nilai koefisien daya dukung tanah dalam analisis ini menggunakan data dari Departemen Pekerjaan Umum (2009). Nilai koefisien daya dukung tanah dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Koefisien Daya Dukung Tanah

ϕ	N_c	N_q	N_γ
22	16,88	7,82	7,13
23	18,05	8,66	8,2
24	19,32	9,6	9,44
25	20,72	10,66	10,8
26	22,25	11,85	12,54
27	23,94	13,2	14,47

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

4. Stabilitas Eksternal

a. Menentukan jarak vertikal minimal antar lapis geotekstil (S_v)

1.) Analisis zona 1

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \\ &= \tan^2\left(45 - \frac{13,6}{2}\right) \\ &= 0,6192 \end{aligned}$$

Jarak vertikal minimum lapis geotekstil (S_v) zona 1

$$H_1 = 2,5 \text{ m}$$

$$\sigma_{hc} = q \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} + K_a \cdot H_1 \cdot \gamma_b$$

$$= 25.0,6192 - 2.10,6.\sqrt{0,6192} + 0,6192.2,5.14,2$$

$$= 20,7794 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SF} = 1,3$$

$$\text{Sv}_1 = \frac{T_{\text{all}}}{\sigma_{\text{hc}} \cdot \text{SF}}$$

$$= \frac{30}{20,7794 \cdot 1,3}$$

$$= 1,1105 \text{ m (dipakai 1 m)}$$

$$\text{Banyak lapis geotekstil} = \frac{H_1}{\text{Sv}_1}$$

$$= \frac{2,5}{1,1105}$$

$$= 2 \text{ lapis}$$

2.) Analisis zona 2

$$\text{Ka} = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$= \tan^2\left(45 - \frac{13,6}{2}\right)$$

$$= 0,6192$$

$$H_2 = 2,5 \text{ m}$$

$$\sigma_{\text{hc}} = q \cdot \text{Ka} - 2 \cdot c \cdot \sqrt{\text{Ka}} + \text{Ka} \cdot H_2 \cdot \gamma_b$$

$$= 25.0,6192 - 2.10,6.\sqrt{0,6192} + 0,6192.2,5.14,2$$

$$= 20,7794 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SF} = 1,3$$

$$\text{Sv}_2 = \frac{T_{\text{all}}}{\sigma_{\text{hc}} \cdot \text{SF}}$$

$$= \frac{30}{20,7794 \cdot 1,3}$$

$$= 1,1105 \text{ m (dipakai 1 m)}$$

$$\text{Banyak lapis geotekstil} = \frac{H_2}{\text{Sv}_2}$$

$$= \frac{2,5}{1,1105}$$

$$= 2 \text{ lapis}$$

3.) Analisis zona 3

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \\ &= \tan^2\left(45 - \frac{13,6}{2}\right) \\ &= 0,6192 \end{aligned}$$

$$H_3 = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc} &= q \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} + K_a \cdot H_3 \cdot \gamma_b \\ &= 25 \cdot 0,6192 - 2 \cdot 10,6 \cdot \sqrt{0,6192} + 0,6192 \cdot 4 \cdot 14,2 \\ &= 33,9684 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$SF = 1,3$$

$$\begin{aligned} Sv_3 &= \frac{T_{all}}{\sigma_{hc} \cdot SF} \\ &= \frac{30}{33,9684 \cdot 1,3} \\ &= 0,6793 \text{ m (dipakai 1 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_3}{Sv_3} \\ &= \frac{4}{1} \\ &= 4 \text{ lapis} \end{aligned}$$

b. Perhitungan panjang geotekstil

1.) Stabilitas terhadap guling

a.) Zona 1

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\sum MR}{\sum MD} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times \gamma_b \times H \times L^2\right)}{\left(q \times K_a \times \frac{1}{2} \times H^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H\right) - \left(2 \times c \times K_a^{0,5} \times \frac{1}{2} \times H^2\right)} \\ &= \frac{\left(\frac{1}{2} \times 25 \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 14,2 \times 2,5 \times L^2\right)}{\left(25 \times 0,6192 \times \frac{1}{2} \times 2,5^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,6192 \times 14,2 \times 2,5^2 \times \frac{1}{3} \times 2,5\right) - \left(2 \times 10,6 \times 0,6192^{0,5} \times \frac{1}{2} \times 2,5^2\right)} \\ 1,3 &= \frac{(12,5 \times L^2) + (17,75 \times L^2)}{48,375 + 22,8975 - 52,131} \\ 1,3 &= \frac{30,25 \times L^2}{19,1415} \\ L^2 &= \frac{19,1415}{30,25} \end{aligned}$$

$$L = \sqrt{\frac{24,884}{30,25}}$$

$$L = 0,907 \text{ m}$$

$$L = 0,9 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap guling pada zona 1 dipakai sepanjang 0,9 m.

b.) Zona 2

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

$$= \frac{\left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times \gamma b \times H \times L^2\right)}{\left(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H\right) - \left(2 \times c \times Ka^{0,5} \times \frac{1}{2} \times H^2\right)}$$

=

$$\frac{\left(\frac{1}{2} \times 25 \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 14,2 \times 2,5 \times L^2\right)}{\left(25 \times 0,6192 \times \frac{1}{2} \times 2,5^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,6192 \times 14,2 \times 2,5^2 \times \frac{1}{3} \times 2,5\right) - \left(2 \times 10,6 \times 0,6192^{0,5} \times \frac{1}{2} \times 2,5^2\right)}$$

$$1,3 = \frac{(12,5 \times L^2) + (17,75 \times L^2)}{48,375 + 22,8975 - 52,131}$$

$$1,3 = \frac{30,25 \times L^2}{19,1415}$$

$$L^2 = \frac{24,884}{30,25}$$

$$L = \sqrt{\frac{24,884}{30,25}}$$

$$L = 0,907 \text{ m}$$

$$L = 0,9 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap guling pada zona 2 dipakai sepanjang 0,9 m.

c.) Zona 3

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

$$= \frac{\left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times \gamma b \times H \times L^2\right)}{\left(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H\right) - \left(2 \times c \times Ka^{0,5} \times \frac{1}{2} \times H^2\right)}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{2} \times 25 \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 14,2 \times 4 \times L^2\right)}{\left(25 \times 0,6192 \times \frac{1}{2} \times 4^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,6192 \times 14,2 \times 4^2 \times \frac{1}{3} \times 4\right) - \left(2 \times 10,6 \times 0,6192^{0,5} \times \frac{1}{2} \times 4^2\right)}$$

$$1,3 = \frac{(12,5 \times L^2) + (28,4 \times L^2)}{123,84 + 93,78816 - 133,457}$$

$$1,3 = \frac{40,9 \times L^2}{84,17116}$$

$$L^2 = \frac{109,4225}{40,9}$$

$$L = \sqrt{\frac{109,4225}{40,9}}$$

$$L = 1,635 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap guling pada zona 3 dipakai sepanjang 1,6 m.

2.) Stabilitas terhadap geser

a.) Zona 1

$$SF = \frac{(q \times \tan \delta \times L^2) + (H \times \gamma b \times \tan \delta \times L^2)}{(q \times K_a \times H) + \left(\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma b \times H^2\right) - (2 \times c \times K_a^{0,5} \times H)}$$

$$\text{Dengan nilai } \delta = \frac{2}{3} \times 13,6 = 9,067$$

$$SF = \frac{(25 \times \tan 9,067 \times L^2) + (2,5 \times 14,2 \times \tan 9,067 \times L^2)}{(25 \times 0,6192 \times 2,5) + \left(\frac{1}{2} \times 0,6192 \times 14,2 \times 2,5^2\right) - (2 \times 10,6 \times 0,6192^{0,5} \times 2,5)}$$

$$1,3 = \frac{(3,9895 \times L^2) + (5,6652 \times L^2)}{38,7 + 27,477 - 41,7053}$$

$$1,3 = \frac{9,6547 \times L^2}{24,4717}$$

$$L^2 = \frac{31,81321}{9,6547}$$

$$L = \sqrt{\frac{31,81321}{9,6547}}$$

$$L = 1,81 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap geser pada zona 1 dipakai sepanjang 1,8 m.

b.) Zona 2

$$SF = \frac{(q \times \tan \delta \times L^2) + (H \times \gamma b \times \tan \delta \times L^2)}{(q \times K_a \times H) + \left(\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma b \times H^2\right) - (2 \times c \times K_a^{0,5} \times H)}$$

$$\text{Dengan nilai } \delta = \frac{2}{3} \times 13,6 = 9,067$$

$$SF = \frac{(25 \times \tan 9,067 \times L^2) + (2,5 \times 14,2 \times \tan 9,067 \times L^2)}{(25 \times 0,6192 \times 2,5) + \left(\frac{1}{2} \times 0,6192 \times 14,2 \times 2,5^2\right) - (2 \times 10,6 \times 0,6192^{0,5} \times 2,5)}$$

$$1,3 = \frac{(3,9895 \times L^2) + (5,6652 \times L^2)}{38,7 + 27,477 - 41,7053}$$

$$1,3 = \frac{9,6547 \times L^2}{24,4717}$$

$$L^2 = \frac{31,81321}{9,6547}$$

$$L = \sqrt{\frac{31,81321}{9,6547}}$$

$$L = 1,81 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap geser pada zona 2 dipakai sepanjang 1,8 m.

c.) Zona 3

$$SF = \frac{(q \times \tan \delta \times L^2) + (H \times \gamma b \times \tan \delta \times L^2)}{(q \times K_a \times H) + \left(\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma b \times H^2\right) - (2 \times c \times K_a^{0,5} \times H)}$$

$$\text{Dengan nilai } \delta = \frac{2}{3} \times 13,6 = 9,067$$

$$SF = \frac{(25 \times \tan 9,067 \times L^2) + (2,5 \times 14,2 \times \tan 9,067 \times L^2)}{(25 \times 0,6192 \times 4) + \left(\frac{1}{2} \times 0,6192 \times 14,2 \times 4^2\right) - (2 \times 10,6 \times 0,6192^{0,5} \times 4)}$$

$$1,3 = \frac{(3,9895 \times L^2) + (5,6652 \times L^2)}{61,92 + 70,3411 - 66,7285}$$

$$1,3 = \frac{9,6547 \times L^2}{65,5326}$$

$$L^2 = \frac{85,1924}{9,6547}$$

$$L = \sqrt{\frac{85,1924}{9,6547}}$$

$$L = 2,97 \text{ m}$$

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

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap geser pada zona 3 dipakai sepanjang 3 m.

3.) Stabilitas terhadap eksentrisitas

a.) Zona 1

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

$$\text{Dengan nilai } e = \frac{\Sigma MD}{R_v}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{(q \times K_a \times \frac{1}{2} \times H^2) + (\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H) - (2 \times c \times \sqrt{K_a} \times \frac{1}{2} \times H^2)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

$$\frac{L}{6} =$$

$$\frac{(25 \times 0,6192 \times \frac{1}{2} \times 2,5^2) + (\frac{1}{2} \times 0,6192 \times 14,2 \times 2,5^2 \times \frac{1}{3} \times 2,5) - (2 \times 10,6 \times \sqrt{0,6192} \times \frac{1}{2} \times 2,5^2)}{(2,5 \times 14,2 \times L) + (25 \times L)}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{48,375 + 22,8975 - 52,13163}{60,5L}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{19,14087}{60,5L}$$

$$L^2 = \frac{114,84522}{60,5}$$

$$L = 1,377 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap eksentrisitas pada zona 1 dipakai sepanjang 1,4 m.

b.) Zona 2

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

$$\text{Dengan nilai } e = \frac{\Sigma MD}{R_v}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{(q \times K_a \times \frac{1}{2} \times H^2) + (\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H) - (2 \times c \times \sqrt{K_a} \times \frac{1}{2} \times H^2)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

$$\frac{L}{6} =$$

$$\frac{(25 \times 0,6192 \times \frac{1}{2} \times 2,5^2) + (\frac{1}{2} \times 0,6192 \times 14,2 \times 2,5^2 \times \frac{1}{3} \times 2,5) - (2 \times 10,6 \times \sqrt{0,6192} \times \frac{1}{2} \times 2,5^2)}{(2,5 \times 14,2 \times L) + (25 \times L)}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{48,375 + 22,8975 - 52,13163}{60,5L}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{19,14087}{60,5L}$$

$$L^2 = \frac{114,84522}{60,5}$$

$$L = 1,377 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap eksentrisitas pada zona 2 dipakai sepanjang 1,4 m.

c.) Zona 3

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

$$\text{Dengan nilai } e = \frac{\Sigma MD}{R_v}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2) + (\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma_b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2)}{(H \times \gamma_b \times L) + (q \times L)}$$

$$\frac{L}{6} =$$

$$\frac{(25 \times 0,6192 \times \frac{1}{2} \times 4^2) + (\frac{1}{2} \times 0,6192 \times 14,2 \times 4^2 \times \frac{1}{3} \times 4) - (2 \times 10,6 \times \sqrt{0,6192} \times \frac{1}{2} \times 4^2)}{(4 \times 14,2 \times L) + (25 \times L)}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{123,84 + 93,78816 - 133,457}{81,8L}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{84,17116}{81,8L}$$

$$L^2 = \frac{505,027}{81,8}$$

$$L = 2,485 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap eksentrisitas pada zona 3 dipakai sepanjang 2,5 m.

4.) Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\varphi = 25,5^\circ$$

$$N_c = 20,72$$

$$N_q = 10,66$$

$$N_\gamma = 10,8$$

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{(H + \gamma_b) + q}$$

$$\sigma_{ult} = ((c \times N_c) + (0,5 \times L \times \gamma_b \times N_\gamma)) \times SF$$

a.) Zona 1

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

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

$$L \leq \frac{((16,6 \times 20,72) + (0,5 \times L \times 16,3 \times 10,8)) \times 1,3}{(2,5+16,3)+25}$$

$$L \leq \frac{((343,952) + (88,02L)) \times 1,3}{43,8}$$

$$L \leq \frac{((447,1376) + (114,426L))}{43,8}$$

$$43,8L = 447,1376 + 114,426L$$

$$43,8L - 114,426L = 447,1376$$

$$-70,626L = 447,1376$$

$$L = |6,331| \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap daya dukung tanah pada zona 1 dipakai sepanjang 6,331 m.

b.) Zona 2

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

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

$$L \leq \frac{((16,6 \times 20,72) + (0,5 \times L \times 16,3 \times 10,8)) \times 1,3}{(2,5+16,3)+25}$$

$$L \leq \frac{((343,952) + (88,02L)) \times 1,3}{43,8}$$

$$L \leq \frac{((447,1376) + (114,426L))}{43,8}$$

$$43,8L = 447,1376 + 114,426L$$

$$43,8L - 114,426L = 447,1376$$

$$-70,626L = 447,1376$$

$$L = |6,331| \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap daya dukung tanah pada zona 2 dipakai sepanjang 6,3 m.

c.) Zona 3

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

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

$$L \leq \frac{((16,6 \times 20,72) + (0,5 \times L \times 16,3 \times 10,8)) \times 1,3}{(4+16,3)+25}$$

$$L \leq \frac{((343,952) + (88,02L)) \times 1,3}{45,3}$$

$$L \leq \frac{((447,1376) + (114,426L))}{45,3}$$

$$45,3L = 447,1376 + 114,426L$$

$$45,3L - 114,426L = 447,1376$$

$$-69,126L = 447,1376$$

$$L = |6,47| \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka panjang geotekstil untuk menahan stabilitas terhadap daya dukung tanah pada zona 3 dipakai sepanjang 6,5 m.

Rekapitulasi hasil perhitungan dari stabilitas eksternal dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Hasil Panjang Geotekstil pada Perhitungan Stabilitas Eksternal

Variasi Zona ke-i	Stabilitas Guling (m)	Stabilitas Geser (m)	Stabilitas Eksentrisitas (m)	Stabilitas Daya Dukung Tanah (m)	Panjang (m)
Zona 1	0,9	1,8	1,4	6,3	6,3
Zona 2	0,9	1,8	1,4	6,3	6,3
Zona 3	1,6	3	2,5	6,5	6,5

5. Stabilitas Internal

a. Panjang *overlapping* geotekstil (L_o)

1.) Zona 1

$$Lo = \frac{\sigma_{hc} \times Sv \times SF}{2 \times \gamma_b \times H \times \tan \varphi}$$

$$Lo = \frac{20,7794 \times 1 \times 1,3}{2 \times 14,2 \times 2,5 \times \tan 13,6}$$

$$Lo = 0,2266 \text{ m}$$

Panjang *overlapping* geotekstil pada zona 1 dipakai sepanjang 0,5 m.

2.) Zona 2

$$Lo = \frac{\sigma_{hc} \times Sv \times SF}{2 \times \gamma_b \times H \times \tan \varphi}$$

$$Lo = \frac{20,7794 \times 1 \times 1,3}{2 \times 14,2 \times 2,5 \times \tan 13,6}$$

$$Lo = 0,2266 \text{ m}$$

Panjang *overlapping* geotekstil pada zona 2 dipakai sepanjang 0,5 m.

3.) Zona 3

$$Lo = \frac{\sigma_{hc} \times Sv \times SF}{2 \times \gamma_b \times H \times \tan \varphi}$$

$$Lo = \frac{33,9684 \times 1 \times 1,3}{2 \times 14,2 \times 4 \times \tan 13,6}$$

$$Lo = 0,2315 \text{ m}$$

Panjang *overlapping* geotekstil pada zona 3 dipakai sepanjang 0,5 m.

b. Panjang efektif geotekstil (Le)

1.) Zona 1

$$Le = \frac{Ka \times \gamma_b \times H \times Sv \times SF}{2 \times \gamma_b \times H \times \tan \varphi}$$

$$Le = \frac{0,6192 \times 14,2 \times 2,5 \times 1 \times 1,3}{2 \times 14,2 \times 2,5 \times \tan 13,6}$$

$$Le = 0,2397 \text{ m}$$

Panjang efektif geotekstil pada zona 1 dipakai sepanjang 0,5 m.

2.) Zona 2

$$Le = \frac{Ka \times \gamma_b \times H \times Sv \times SF}{2 \times \gamma_b \times H \times \tan \varphi}$$

$$Le = \frac{0,6192 \times 14,2 \times 2,5 \times 1 \times 1,3}{2 \times 14,2 \times 2,5 \times \tan 13,6}$$

$$Le = 0,2397 \text{ m}$$

Panjang efektif geotekstil pada zona 2 dipakai sepanjang 0,5 m.

3.) Zona 3

$$Le = \frac{K_a \times \gamma_b \times H \times S_v \times SF}{2 \times \gamma_b \times H \times \tan \phi}$$

$$Le = \frac{0,6192 \times 14,2 \times 4 \times 1 \times 1,3}{2 \times 14,2 \times 4 \times \tan 13,6}$$

$$Le = 0,2397 \text{ m}$$

Panjang efektif geotekstil pada zona 3 dipakai sepanjang 0,5 m.

6. Cek Gaya Tarik Tanah-Geotekstil

Geotekstil akan menerima beban dari tanah di atasnya. Oleh karena itu, geotekstil akan menegang dan mentransfer tegangan tersebut ke daerah pasif. Gaya tarik diperlukan untuk mengecek geotekstil mampu menahan gaya tarik. Perhitungan gaya tarik sebagai berikut.

a. Zona 1

$$T = \tan \phi \times 2 \times \sigma_n \times b \times L$$

$$T = \tan 13,6 \times 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,5 \times 14,2\right) \times 1 \times 6,3$$

$$T = 32,862 \text{ kN} < 60 \text{ kN (Aman)}$$

b. Zona 2

$$T = \tan \phi \times 2 \times \sigma_n \times b \times L$$

$$T = \tan 13,6 \times 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,5 \times 14,2\right) \times 1 \times 6,3$$

$$T = 32,862 \text{ kN} < 60 \text{ kN (Aman)}$$

c. Zona 3

$$T = \tan \phi \times 2 \times \sigma_n \times b \times L$$

$$T = \tan 13,6 \times 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,5 \times 14,2\right) \times 1 \times 6,5$$

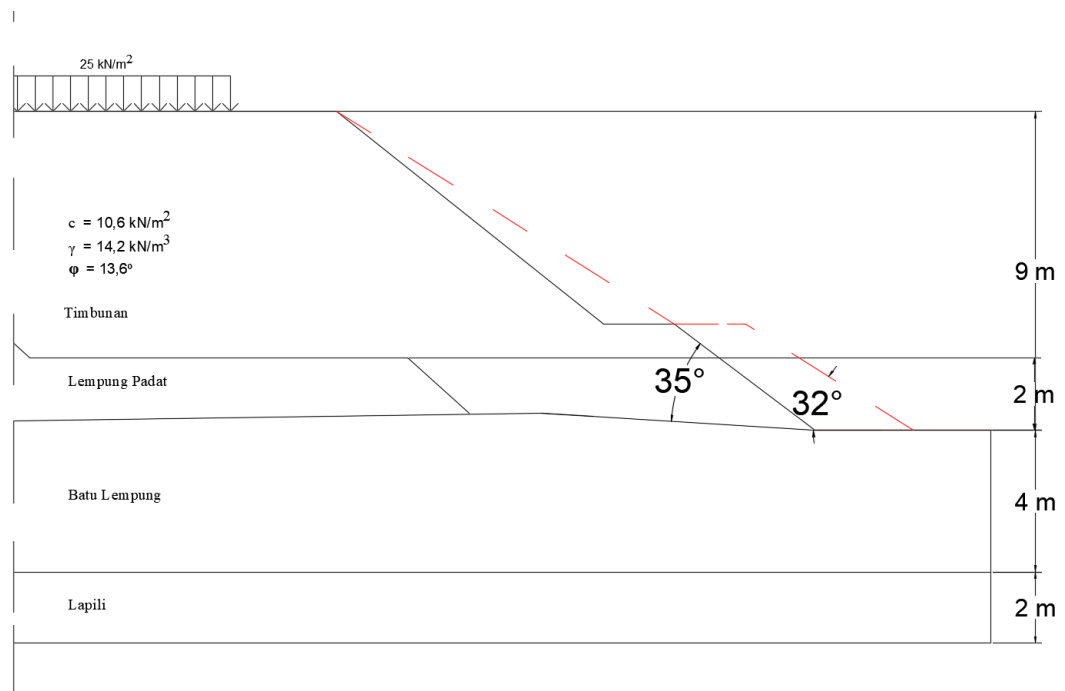
$$T = 33,905 \text{ kN} < 60 \text{ kN (Aman)}$$

5.6 Analisis Menggunakan Program *Geoslope* Lereng Timbunan Sudut 32° Dengan Geotekstil

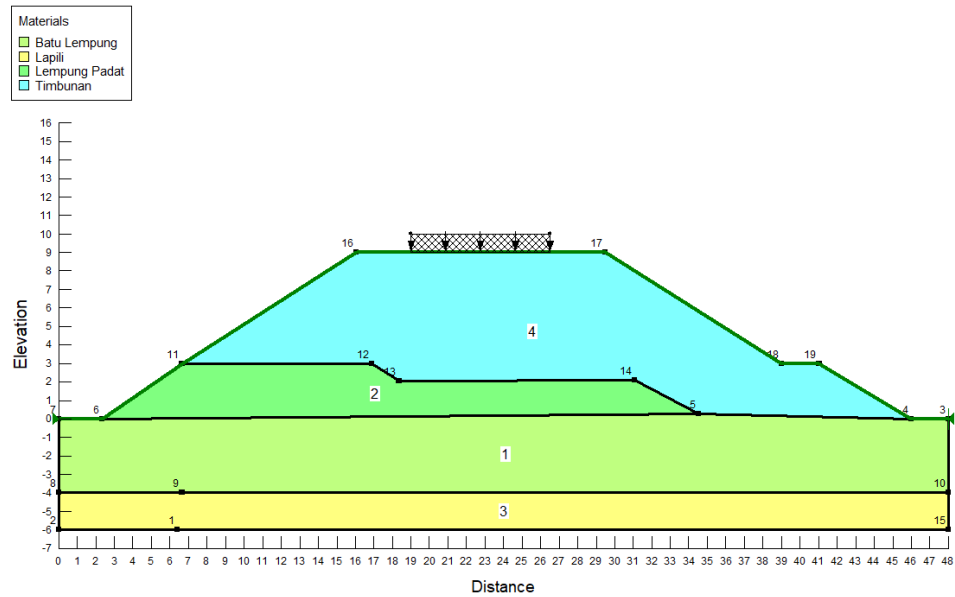
Hasil program *geoslope* pada analisis ini merupakan lereng timbunan dengan sudut kemiringan 32° dengan geotekstil. Analisis terdiri dari pemodelan awal lereng timbunan dan kondisi lereng timbunan hasil analisis adalah sebagai berikut.

1. Pemodelan Awal Lereng

Pemodelan lereng ini merupakan timbunan tanah asli yang sudah diganti sudut kemiringan lerengnya menjadi 32°. Geotekstil dipasang tiap zona berdasarkan perhitungan sebelumnya. Gambar pemodelan awal lereng sebagai berikut.



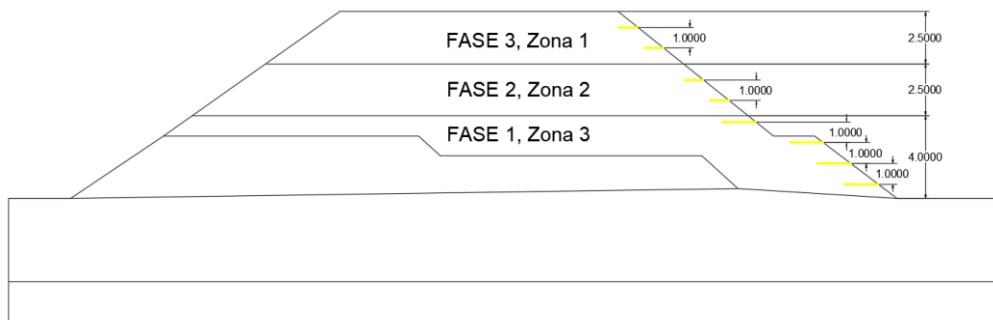
Gambar 5.27 Detail Pemodelan Awal Lereng Kemiringan Sudut 32°



Gambar 5.28 Pemodelan Awal Lereng Kemiringan Sudut 32°

2. Kondisi Masa Konstruksi

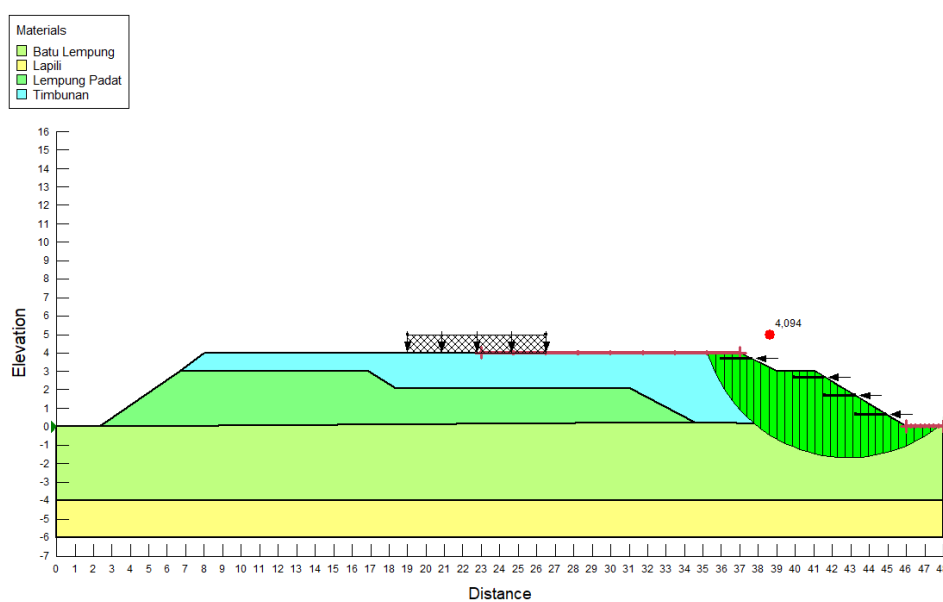
Analisis stabilitas tanah timbunan masa konstruksi dilakukan 3 tahapan dengan asumsi penimbunan fase pertama selesai saat tinggi timbunan mencapai 4 meter kemudian dianalisis kondisi timbunan tersebut. Selanjutnya asumsi dilanjutkan pada ketinggian 6,5 m dan 9 m ditambah dengan beban struktur jalan sebesar 10 kN/m². Berikut gambar asumsi fase penimbunan dapat dilihat pada Gambar 5.29 di bawah ini.



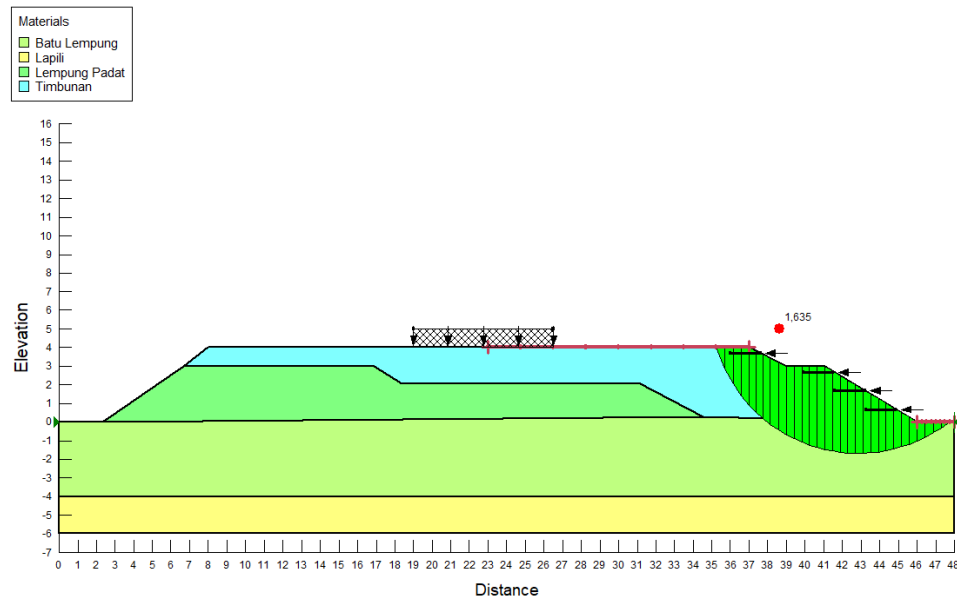
Gambar 5.29 Asumsi Fase Penimbunan Lereng Timbunan Sudut 32°

a. Penimbunan Lereng Fase 1

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase pertama 4 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* dapat dilihat pada Gambar 5.31 dan Gambar 5.32 dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,635 > 1,1$ dan tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $4,094 > 1,5$ yang berarti lereng tersebut sudah aman. Gambar hasil *run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.30 dan Gambar 5.31 sebagai berikut.



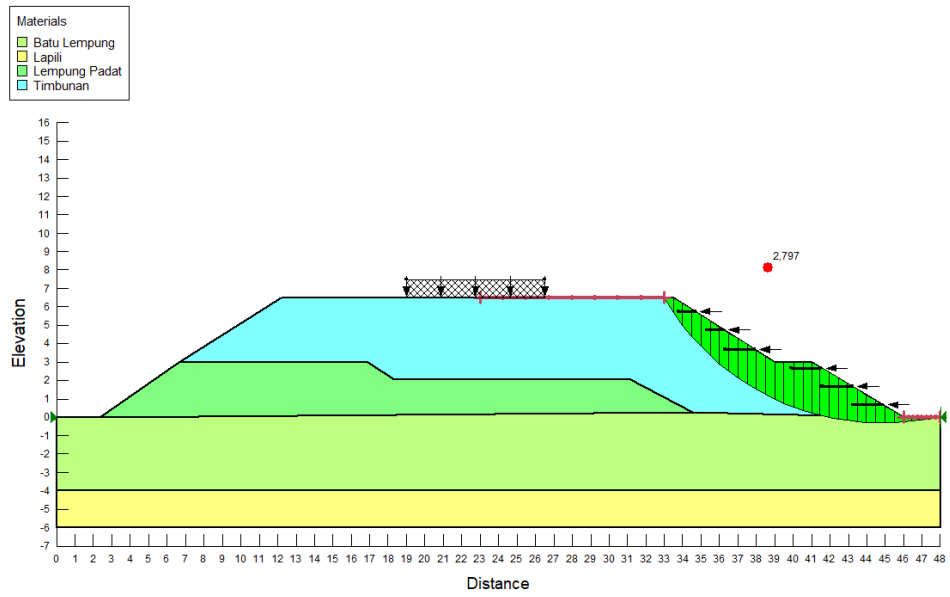
Gambar 5.30 Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 1 dengan Perkuatan Tanpa Beban Gempa



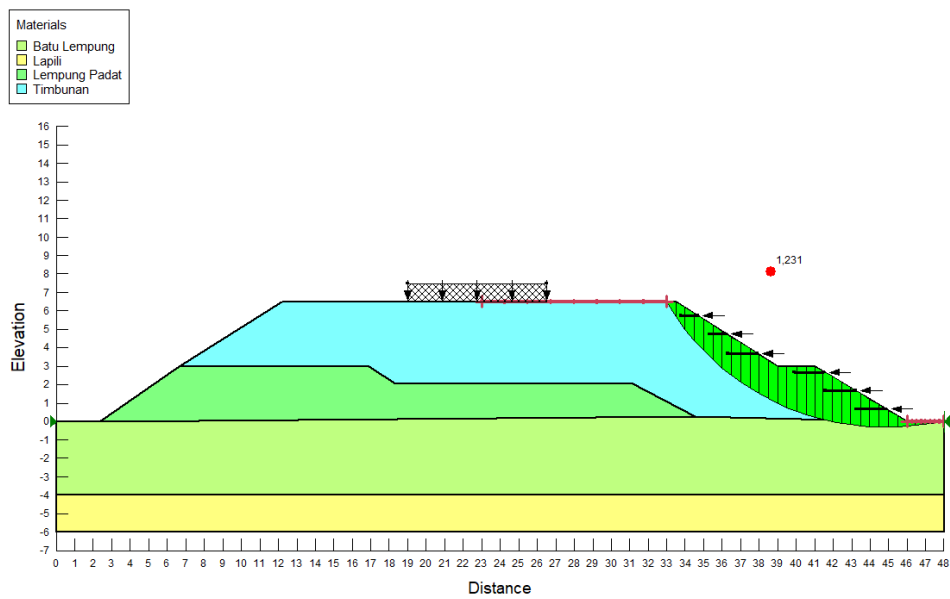
Gambar 5.31 Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 1 dengan Perkuatan dan Beban Gempa

b. Penimbunan Lereng Fase 2

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase kedua 6,5 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan Gambar 5.34 dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,231 > 1,1$ dan tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $2,797 > 1,5$ yang berarti lereng tersebut sudah aman. Gambar hasil *run Geoslope 2018* terdapat pada Gambar 5.32 dan Gambar 5.33 sebagai berikut.



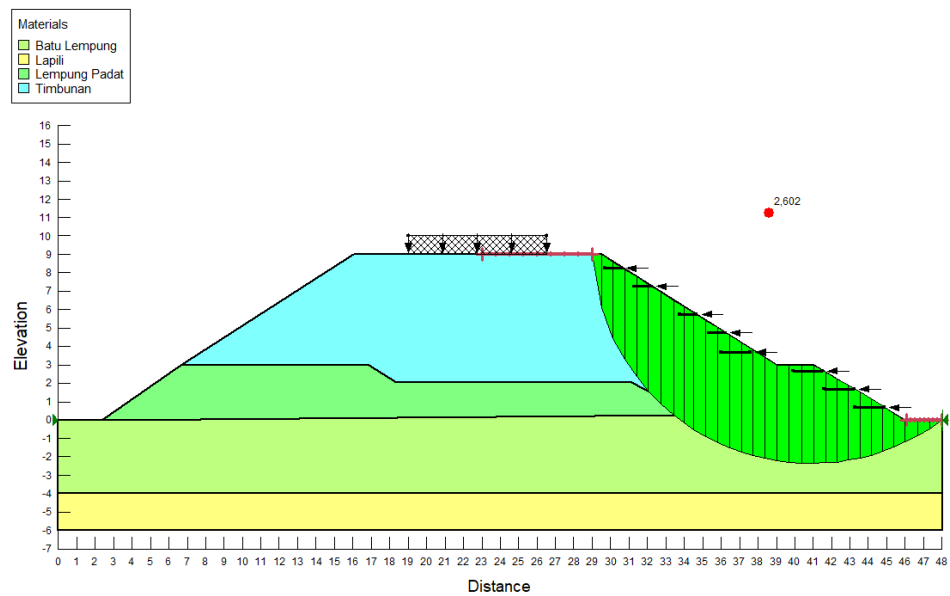
Gambar 5.32 Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 2 dengan Perkuatan Tanpa Beban Gempa



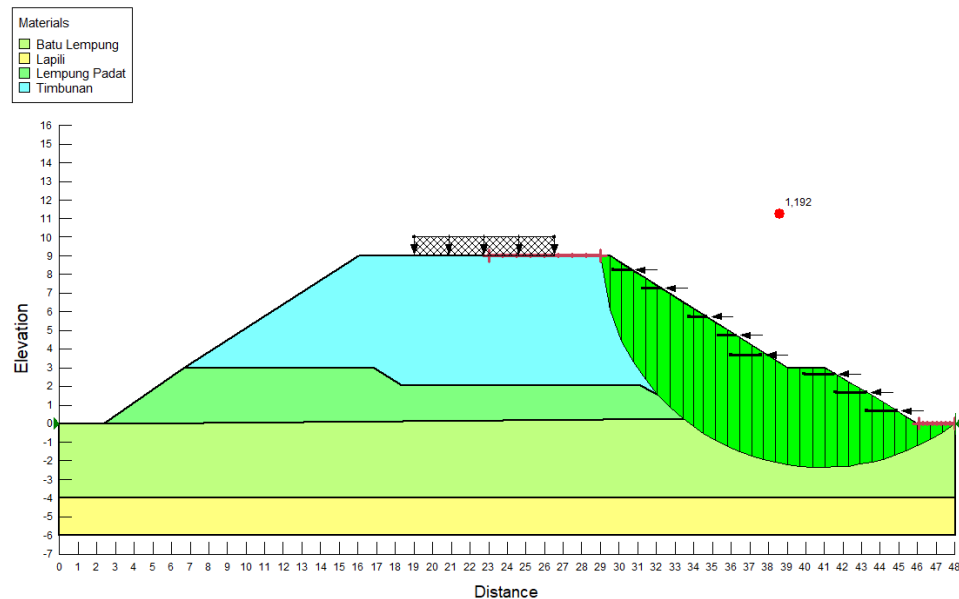
Gambar 5.33 Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 2 dengan Perkuatan dan Beban Gempa

c. Penimbunan Lereng Fase 3

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase ketiga 9 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* dapat dilihat pada Gambar 5.34 dan Gambar 5.35 dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,192 > 1,1$ dan tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $2,602 > 1,5$ yang berarti lereng tersebut sudah aman.



Gambar 5.34 Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 3 dengan Perkuatan Tanpa Beban Gempa

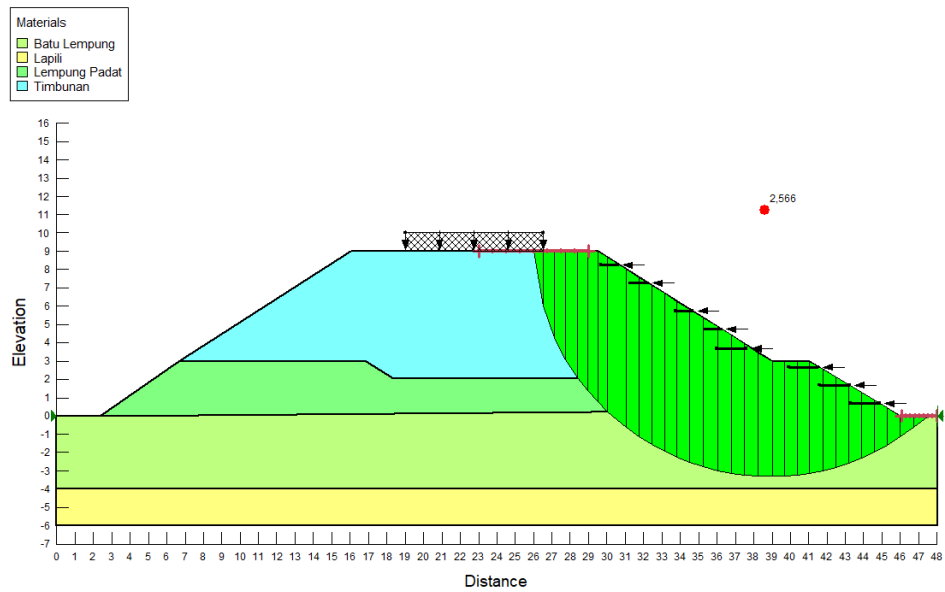


Gambar 5.35 Hasil Analisis Timbunan Sudut 32° Masa Konstruksi Fase 3 dengan Perkuatan dan Beban Gempa

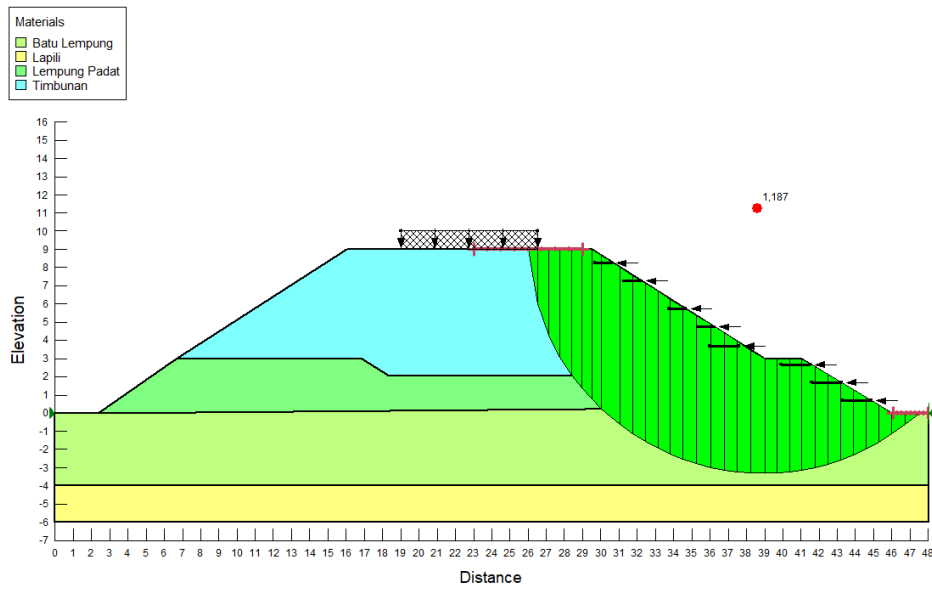
3. Kondisi Pasca Konstruksi

Kondisi pasca konstruksi pada lereng timbunan asli saat timbunan siap difungsikan, saat pasca konstruksi tanah bersifat *undrained* berdasarkan Tabel 5.1 karena struktur pada tanah masih tidak terdrainase akibat adanya struktur perkerasan jalan. Beban merata saat masa konstruksi sebesar 25 kN/m^2 akibat beban struktur perkerasan jalan di atas tanah timbunan.

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan badan jalan dengan asumsi tinggi lereng 9 m di lapangan. Hasil dari *run Geoslope 2018* dapat dilihat pada Gambar 5.36 dan Gambar 5.37 dengan beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $1,187 > 1,1$ dan tanpa beban gempa menghasilkan nilai SF sebesar $2,566 > 1,5$ yang berarti lereng tersebut sudah aman.



Gambar 5.36 Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 32° Pasca Konstruksi Dengan Perkuatan dan Tanpa Beban Gempa



Gambar 5.37 Hasil Analisis Lereng Timbunan Sudut 32° Pasca Konstruksi Dengan Perkuatan dan Beban Gempa

5.7 Analisis Penurunan Konsolidasi Tanah

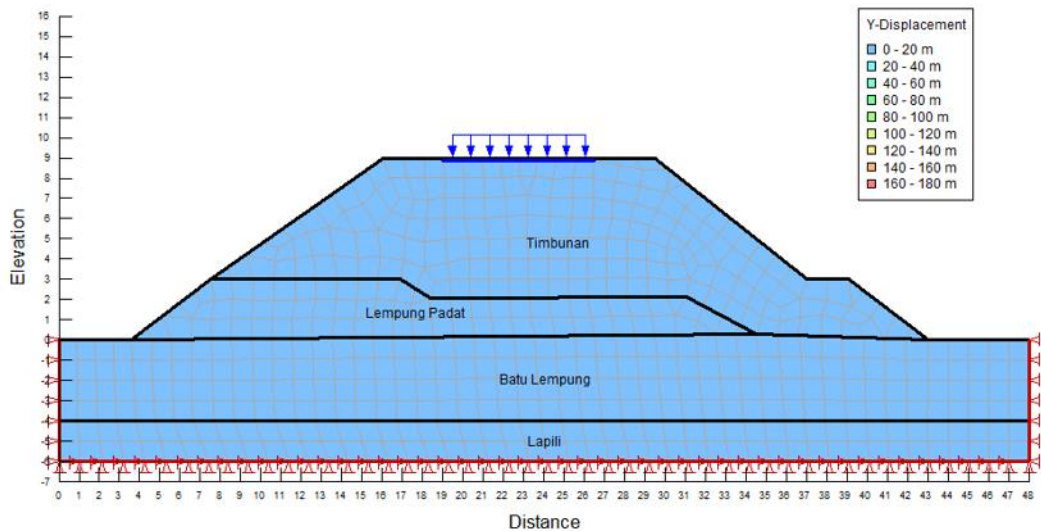
Pada analisis stabilitas kali ini menghitung penurunan lereng timbunan tanpa perkuatan. Berikut hasil perhitungan penurunan konsolidasi.

5.7.1 Analisis Penurunan Tanah tanpa Perkuatan Pada Timbunan Lereng Asli Sudut 35°

Berdasarkan hasil analisis penurunan konsolidasi lereng timbunan tanpa perkuatan pada *Geoslope SIGMA/W* didapat nilai penurunan pada 1 bulan, 3 bulan, dan 9 bulan sebagai berikut.

1. Kondisi Penurunan Konsolidasi 1 Bulan

Analisis stabilitas tanah timbunan lereng eksisting selama 1 bulan dengan ketinggian 9 m ditambah dengan beban struktur jalan dan beban lalu lintas sebesar 25 kN/m². Berikut gambar hasil analisis dengan program *Geoslope 2018* dilihat pada Gambar 5.38 di bawah ini.

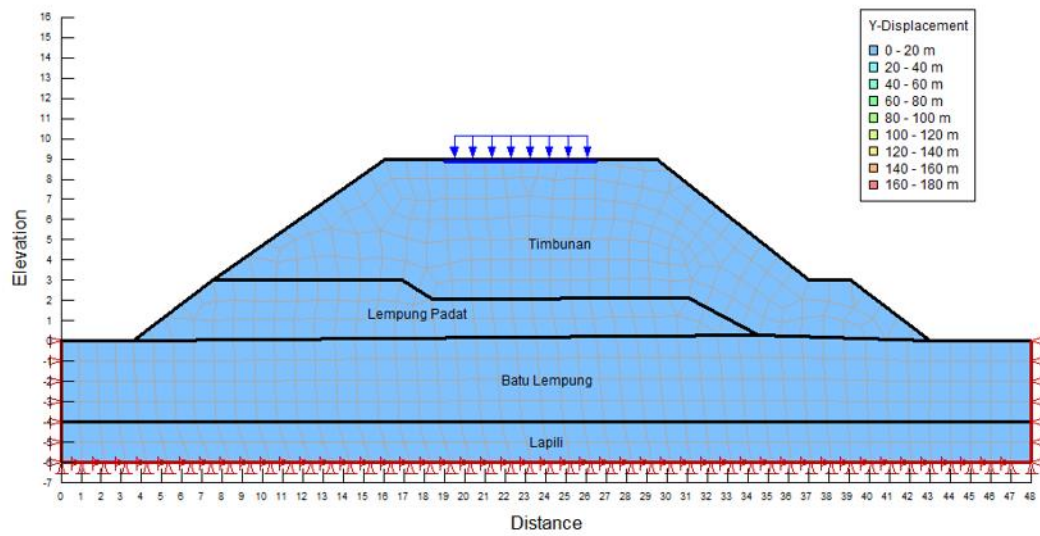


Parameter	Value
Node	453
X (m)	32,792713
Y (m)	1,1886081
Z (m)	0
X-Displacement (m)	0.0065277308
Y-Displacement (m)	-0,01413982
XY-Displacement (m)	0,030705866
X-Boundary Force (kN)	0
Y-Boundary Force (kN)	0
XY-Boundary Force (kN)	0
X-Total Stress (kPa)	24,838416
Y-Total Stress (kPa)	82,746762
Z-Total Stress (kPa)	27,526526
Max. Total Stress (kPa)	83,711771
Min. Total Stress (kPa)	23,873407
Mean Total Stress (p) (kPa)	45,037235
X-Effective Stress (kPa)	None
Y-Effective Stress (kPa)	None
Z-Effective Stress (kPa)	None
Maximum Effective Stress (kPa)	None
Minimum Effective Stress (kPa)	None
Mean Effective Stress (p') (kPa)	None
XY-Shear Stress (kPa)	-7,5374605

Gambar 5.38 Hasil Penurunan Konsolidasi pada 1 Bulan Lereng Asli Sudut 35°

2. Kondisi Penurunan Konsolidasi 6 Bulan

Analisis stabilitas tanah timbunan lereng eksisting selama 6 bulan dengan ketinggian 9 m ditambah dengan beban struktur jalan dan beban lalu lintas sebesar 25 kN/m^2 . Berikut gambar hasil analisis dengan program *Geoslope 2018* dilihat pada Gambar 5.39 di bawah ini.



View Result Information

Data Type: Node

Data Category: All

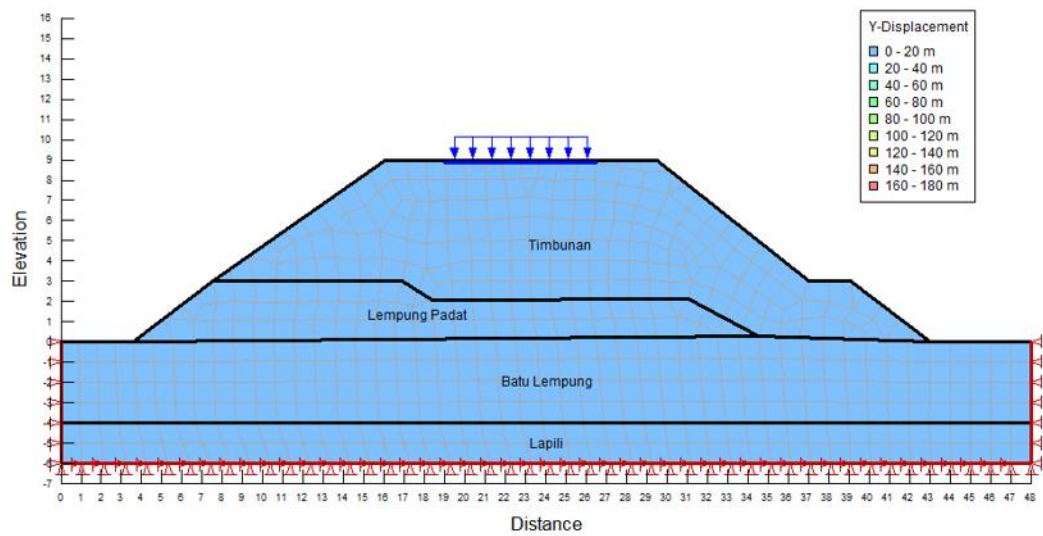
Parameter	453
X (m)	32,792713
Y (m)	1,1886081
Z (m)	0
X-Displacement (m)	0,0065277308
Y-Displacement (m)	-0,04943671
XY-Displacement (m)	0,030705866
X-Boundary Force (kN)	0
Y-Boundary Force (kN)	0
XY-Boundary Force (kN)	0
X-Total Stress (kPa)	24,838416
Y-Total Stress (kPa)	82,746762
Z-Total Stress (kPa)	27,526526
Max. Total Stress (kPa)	83,711771
Min. Total Stress (kPa)	23,873407
Mean Total Stress (p) (kPa)	45,037235
X-Effective Stress (kPa)	None
Y-Effective Stress (kPa)	None
Z-Effective Stress (kPa)	None
Maximum Effective Stress (kPa)	None
Minimum Effective Stress (kPa)	None
Mean Effective Stress (p') (kPa)	None
XY-Shear Stress (kPa)	-7,5374605

Export Copy Print Close

Gambar 5.39 Hasil Penurunan Konsolidasi pada 6 Bulan Lereng Asli Sudut 35°

3. Kondisi Penurunan Konsolidasi 9 Bulan

Analisis stabilitas tanah timbunan lereng eksisting selama 9 bulan dengan ketinggian 9 m ditambah dengan beban struktur jalan dan beban lalu lintas sebesar 25 kN/m^2 . Berikut gambar hasil analisis dengan program *Geoslope 2018* dilihat pada Gambar 5.40 di bawah ini.



Parameter	453
X (m)	32,792713
Y (m)	1,1886081
Z (m)	0
X-Displacement (m)	0.0065277308
Y-Displacement (m)	-0,08479653
XY-Displacement (m)	0,030705866
X-Boundary Force (kN)	0
Y-Boundary Force (kN)	0
XY-Boundary Force (kN)	0
X-Total Stress (kPa)	24,838416
Y-Total Stress (kPa)	82,746762
Z-Total Stress (kPa)	27,526526
Max. Total Stress (kPa)	83,711771
Min. Total Stress (kPa)	23,873407
Mean Total Stress (p) (kPa)	45,037235
X-Effective Stress (kPa)	None
Y-Effective Stress (kPa)	None
Z-Effective Stress (kPa)	None
Maximum Effective Stress (kPa)	None
Minimum Effective Stress (kPa)	None
Mean Effective Stress (p') (kPa)	None
XY-Shear Stress (kPa)	-7,5374605

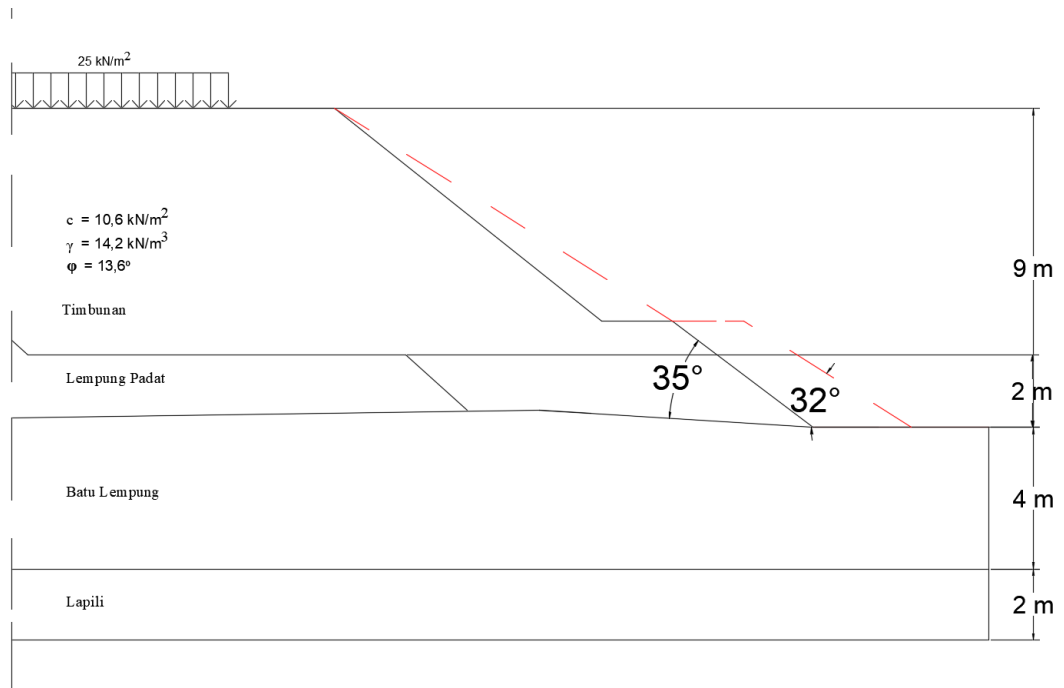
Gambar 5.40 Hasil Penurunan Konsolidasi pada 9 Bulan Lereng Asli Sudut 35°

5.7.2 Analisis Penurunan Tanah tanpa Perkuatan Pada Timbunan Lereng Sudut 32°

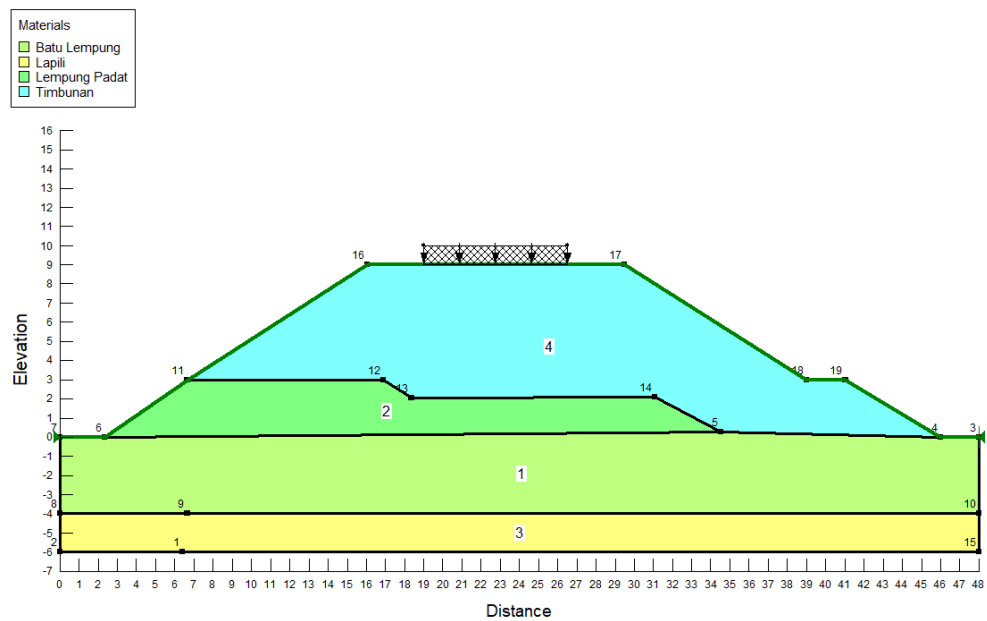
Hasil program *geoslope 2018* pada analisis ini merupakan lereng timbunan dengan sudut kemiringan 32° tanpa perkuatan. Analisis terdiri dari pemodelan awal lereng timbunan dan hasil analisis kondisi lereng timbunan adalah sebagai berikut.

1. Pemodelan Awal Lereng

Pemodelan lereng ini merupakan timbunan tanah asli yang sudah diganti sudut kemiringan lerengnya menjadi 32°. Gambar pemodelan awal lereng terdapat pada Gambar 5.41 dan Gambar 5.42 sebagai berikut.



Gambar 5.41 Detail Pemodelan Awal Lereng Pada Kemiringan Sudut 32°

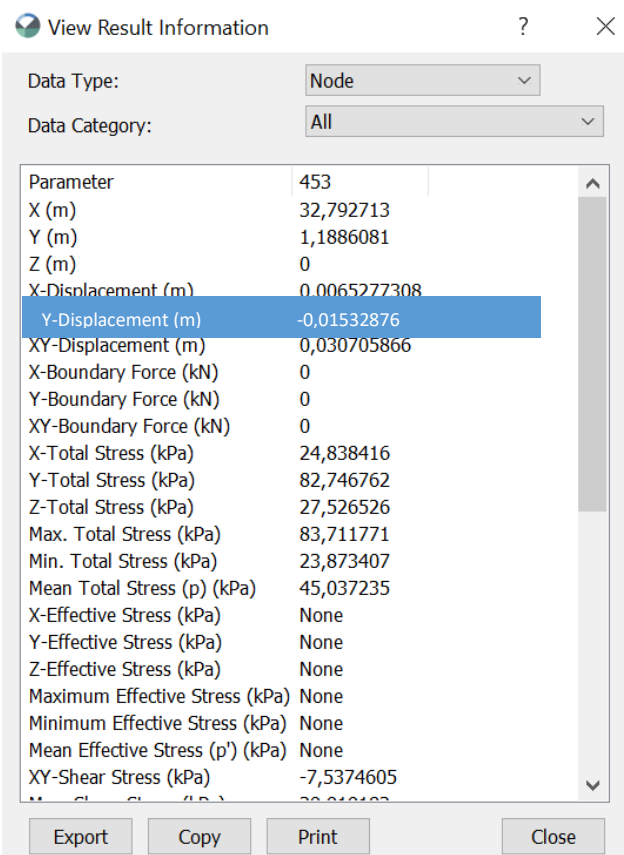
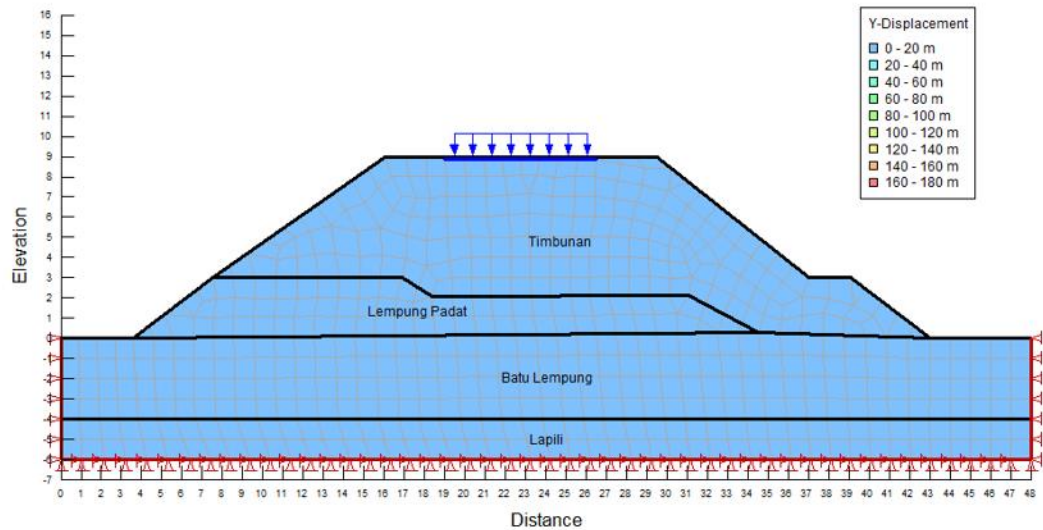


Gambar 5.42 Pemodelan Awal Lereng Pada Kemiringan Sudut 32°

2. Kondisi Penurunan Konsolidasi 1 Bulan

Analisis stabilitas tanah timbunan lereng eksisting selama 1 bulan dengan ketinggian 9 m ditambah dengan beban struktur jalan dan beban lalu lintas

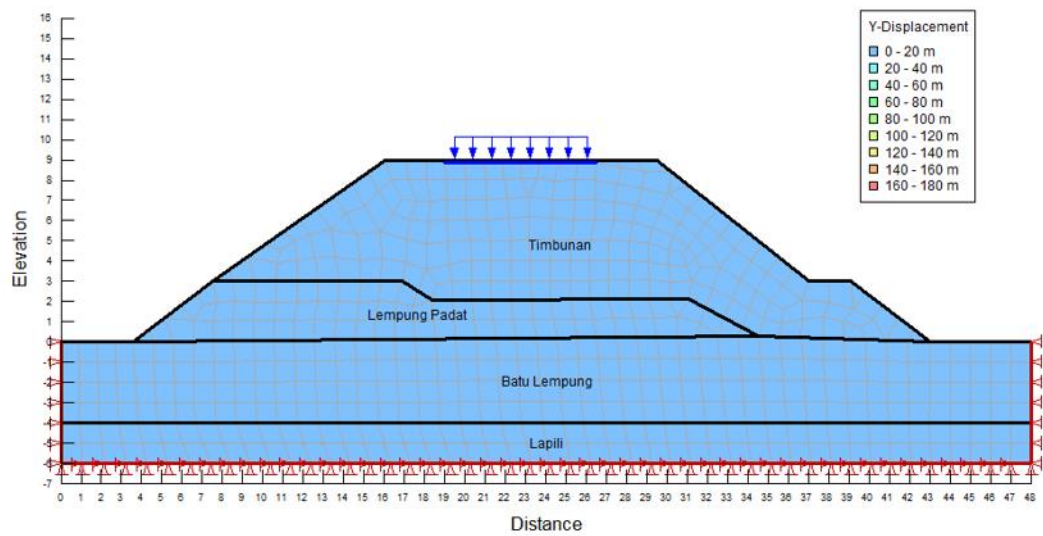
sebesar 25 kN/m^2 . Berikut gambar hasil analisis dengan program *Geoslope 2018* dilihat pada Gambar 5.43 di bawah ini.



Gambar 5.43 Hasil Penurunan Konsolidasi pada 1 Bulan Lereng Sudut

3. Kondisi Penurunan Konsolidasi 6 Bulan

Analisis stabilitas tanah timbunan lereng eksisting selama 6 bulan dengan ketinggian 9 m ditambah dengan beban struktur jalan dan beban lalu lintas sebesar 25 kN/m^2 . Berikut gambar hasil analisis dengan program *Geoslope 2018* dilihat pada Gambar 5.44 di bawah ini.



View Result Information

Data Type: Node

Data Category: All

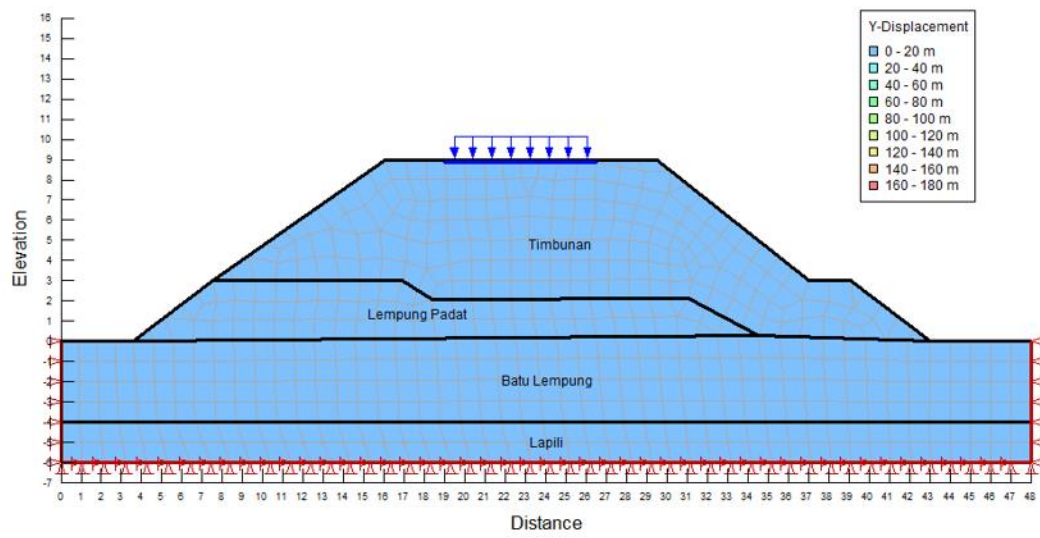
Parameter	Value
453	
X (m)	32,792713
Y (m)	1,1886081
Z (m)	0
X-Displacement (m)	0.0065277308
Y-Displacement (m)	-0,02981465
XY-Displacement (m)	0,030705866
X-Boundary Force (kN)	0
Y-Boundary Force (kN)	0
XY-Boundary Force (kN)	0
X-Total Stress (kPa)	24,838416
Y-Total Stress (kPa)	82,746762
Z-Total Stress (kPa)	27,526526
Max. Total Stress (kPa)	83,711771
Min. Total Stress (kPa)	23,873407
Mean Total Stress (p) (kPa)	45,037235
X-Effective Stress (kPa)	None
Y-Effective Stress (kPa)	None
Z-Effective Stress (kPa)	None
Maximum Effective Stress (kPa)	None
Minimum Effective Stress (kPa)	None
Mean Effective Stress (p') (kPa)	None
XY-Shear Stress (kPa)	-7,5374605

Buttons: Export, Copy, Print, Close

Gambar 5.44 Hasil Penurunan Konsolidasi pada 6 Bulan Lereng Sudut 32°

4. Kondisi Penurunan Konsolidasi 9 Bulan

Analisis stabilitas tanah timbunan lereng eksisting selama 9 bulan dengan ketinggian 9 m ditambah dengan beban struktur jalan dan beban lalu lintas sebesar 25 kN/m². Berikut gambar hasil analisis dengan program *Geoslope 2018* dilihat pada Gambar 5.45 di bawah ini.



View Result Information

Data Type: Node

Data Category: All

Parameter	453
X (m)	32,792713
Y (m)	1,1886081
Z (m)	0
X-Displacement (m)	0,0065277308
Y-Displacement (m)	-0,030003982
XY-Displacement (m)	0,030705866
X-Boundary Force (kN)	0
Y-Boundary Force (kN)	0
XY-Boundary Force (kN)	0
X-Total Stress (kPa)	24,838416
Y-Total Stress (kPa)	82,746762
Z-Total Stress (kPa)	27,526526
Max. Total Stress (kPa)	83,711771
Min. Total Stress (kPa)	23,873407
Mean Total Stress (p) (kPa)	45,037235
X-Effective Stress (kPa)	None
Y-Effective Stress (kPa)	None
Z-Effective Stress (kPa)	None
Maximum Effective Stress (kPa)	None
Minimum Effective Stress (kPa)	None
Mean Effective Stress (p') (kPa)	None
XY-Shear Stress (kPa)	-7,5374605

Export Copy Print Close

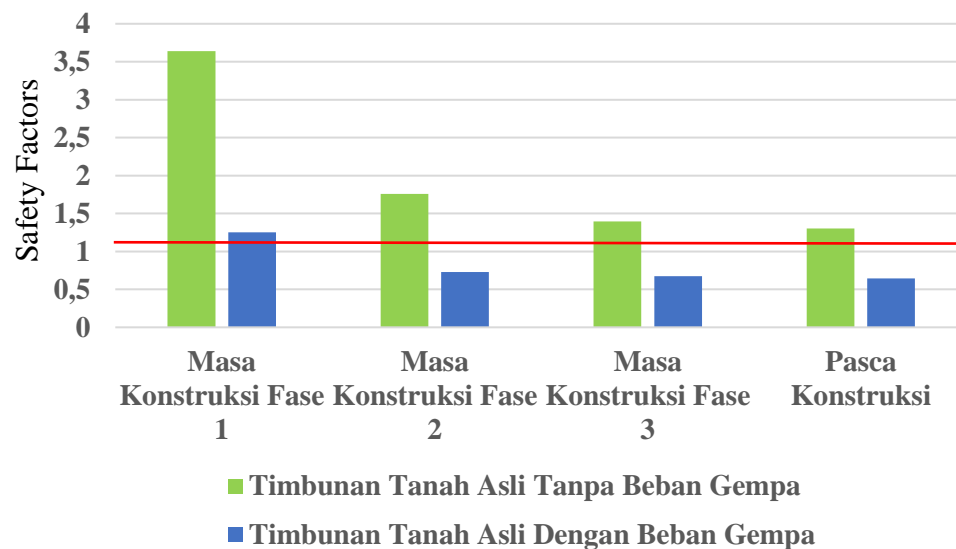
Gambar 5.45 Hasil Penurunan Konsolidasi pada 9 Bulan Lereng Sudut

32°

5.8 Pembahasan

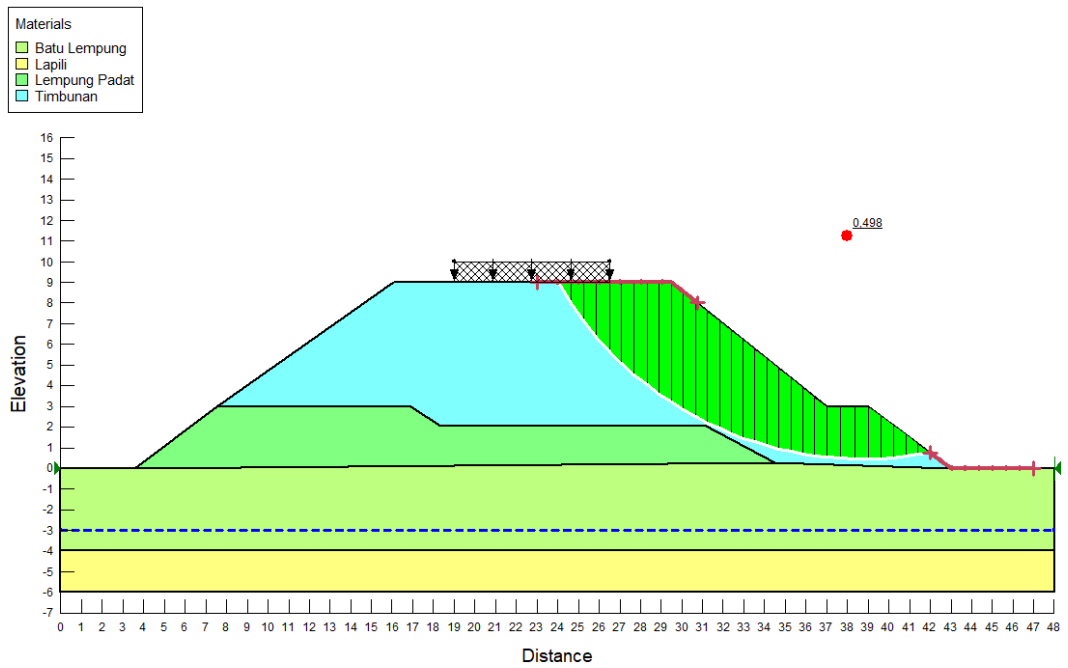
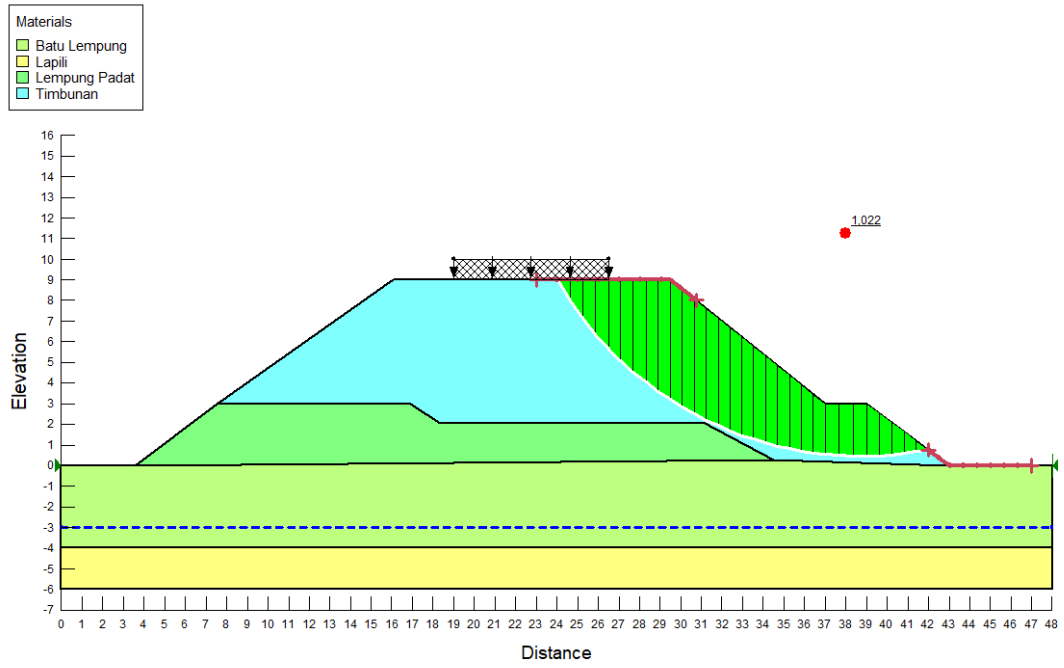
Pada analisis stabilitas lereng timbunan jalan proyek Jalan Tawang-Ngalang Segmen IV ini untuk mengetahui nilai angka aman (SF) pada lereng timbunan jalan tersebut. Perhitungan analisis ini dibantu dengan program *Geoslope 2018* dan dikalibrasi dengan perhitungan manual metode *fellenius*. Analisis ini menggunakan beban struktur jalan, beban lalu lintas kendaraan, dan beban gempa sesuai dengan zonasi gempa pada daerah Yogyakarta.

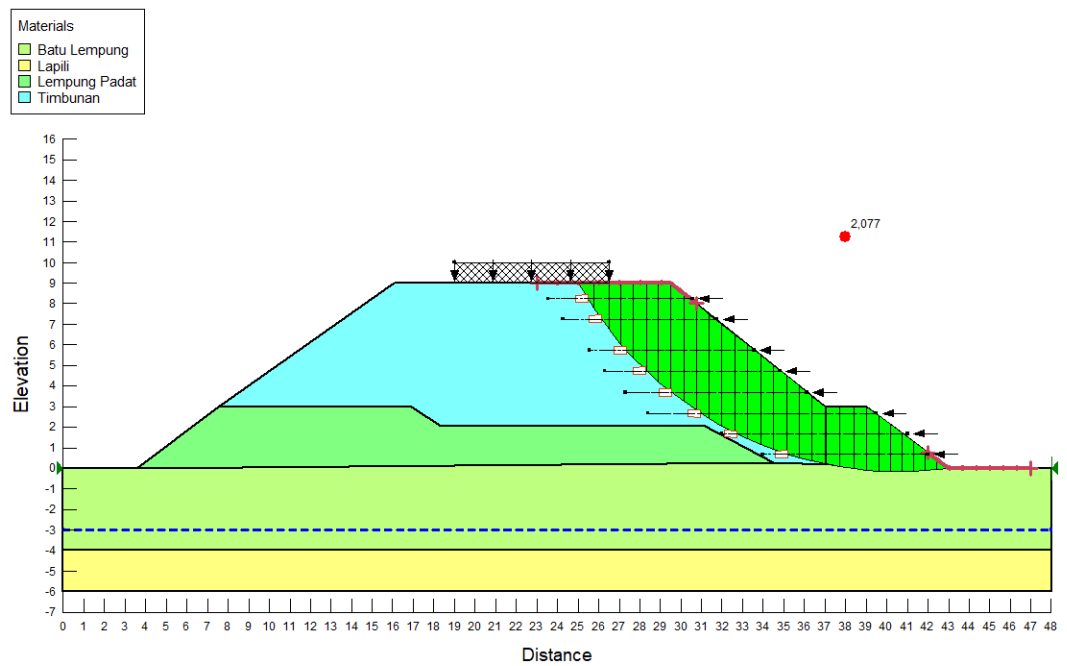
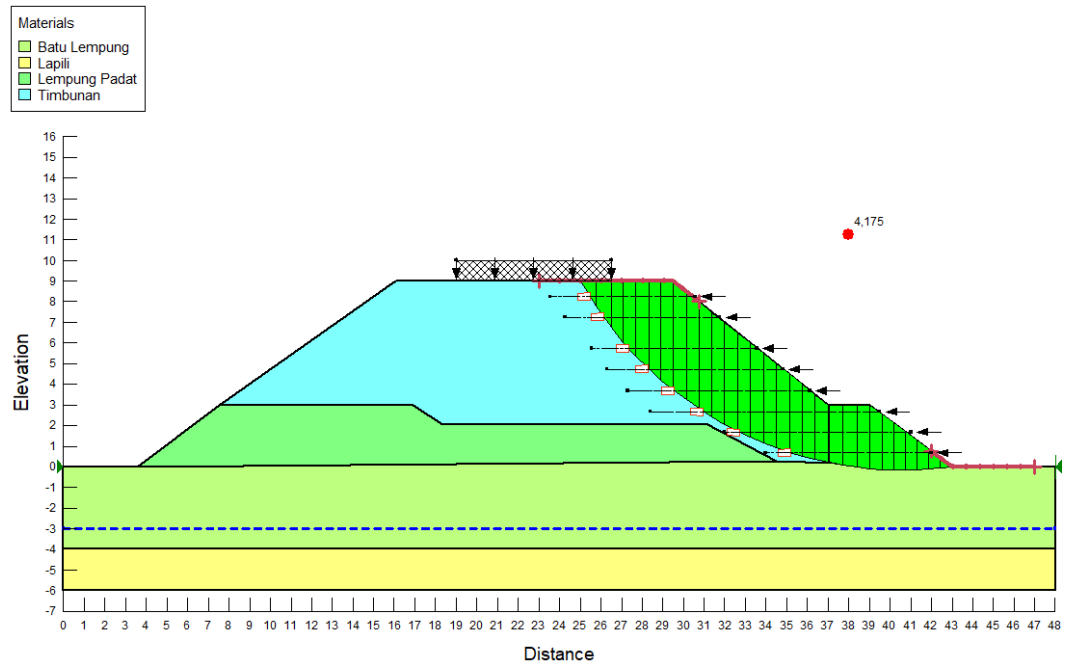
Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan asli sudut 35° badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase pertama 4 m di lapangan saat masa konstruksi tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar 3,638 $>$ 1,25 dan dengan beban gempa gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,251 $>$ 1,1 yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa dan dengan beban gempa. Pada fase kedua dengan asumsi tinggi lereng 6,5 m di lapangan saat masa konstruksi tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,759 $>$ 1,25 dan dengan beban gempa gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar 0,729 $<$ 1,1 yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa beban gempa tetapi belum aman dengan beban gempa. Pada fase ketiga dengan asumsi tinggi lereng 9 m di lapangan saat masa konstruksi tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,396 $>$ 1,25 dan dengan beban gempa gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar 0,674 $<$ 1,1 yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa dan dengan beban gempa. Sedangkan saat pasca konstruksi tinggi lereng 9 m di lapangan tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,303 $>$ 1,25 dan dengan beban gempa gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar 0,644 $<$ 1,1 yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa dan dengan beban gempa. Berikut gambar grafik hasil angka aman (SF) timbunan asli terdapat pada Gambar 5.46.



Gambar 5.46 Grafik Angka Aman (SF) Timbunan Lereng Asli Sudut 35°

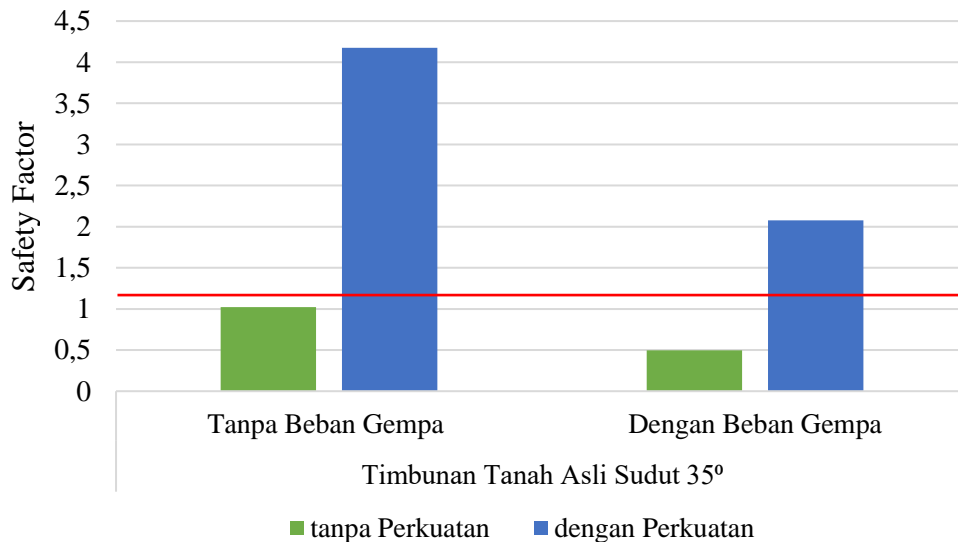
Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan lereng asli tinggi 9 m sudut 35° badan jalan dengan muka air arah Y sebesar -3,5 m tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $1,022 < 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $0,498 < 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa beban gempa dan dengan beban gempa belum aman. Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan lereng asli sudut 35° badan jalan ditambah perkuatan dengan muka air arah Y sebesar -3,5 m tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $4,175 > 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $2,077 > 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa dan dengan beban gempa. Berikut gambar hasil angka aman (SF) timbunan lereng asli tinggi 9 m sudut 35° dengan muka air tanah terdapat pada Gambar 5.47.





Gambar 5.47 Hasil Angka Aman (SF) Timbunan Lereng Asli Tinggi 9 m Sudut 35° dengan Muka Air Tanah

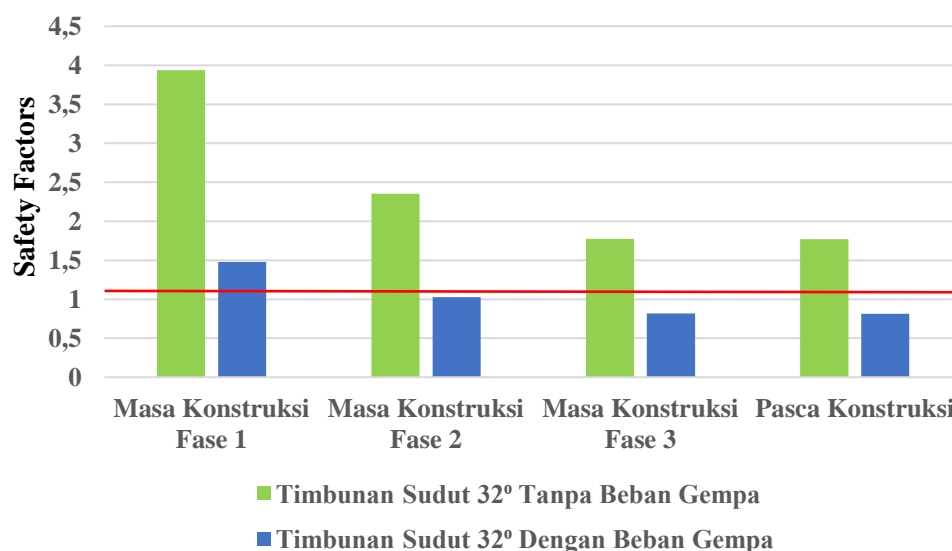
Dari hasil analisis di atas didapat grafik angka aman pada timbunan lereng asli tinggi 9 m sudut 35° dengan muka air tanah seperti pada Gambar 5.48 di bawah ini.



Gambar 5.48 Grafik Angka Aman pada Timbunan Lereng Asli Tinggi 9 m Sudut 35° dengan Muka Air Tanah

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan modifikasi sudut lereng 32° badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase pertama 4 m di lapangan saat masa konstruksi tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $3,939 > 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $1,477 > 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa dan dengan beban gempa. Pada fase kedua dengan asumsi tinggi lereng 6,5 m di lapangan saat masa konstruksi tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $2,351 > 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $1,027 < 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa beban gempa tetapi belum aman dengan beban gempa. Pada fase ketiga dengan asumsi tinggi lereng 9 m di lapangan saat masa konstruksi tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $1,773 > 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $0,816 < 1,1$ yang berarti lereng

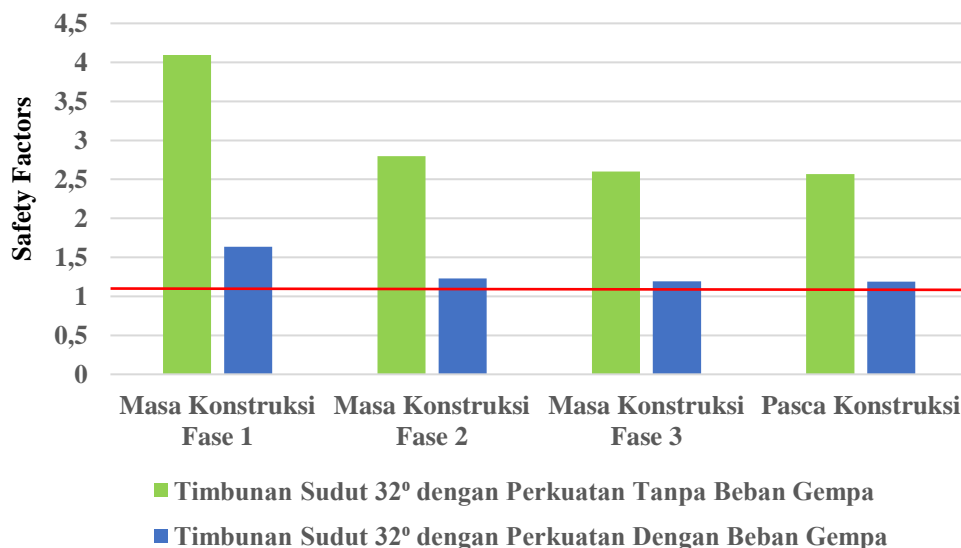
tersebut sudah aman tanpa beban gempa tetapi belum aman dengan beban gempa. Sedangkan saat pasca konstruksi tinggi lereng 9 m di lapangan tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $1,77 > 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $0,814 < 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa beban gempa tetapi belum aman dengan beban gempa. Berikut gambar grafik hasil angka aman (SF) timbunan lereng sudut 32° terdapat pada Gambar 5.49.



Gambar 5.49 Grafik Angka Aman (SF) Timbunan Lereng Sudut 32°

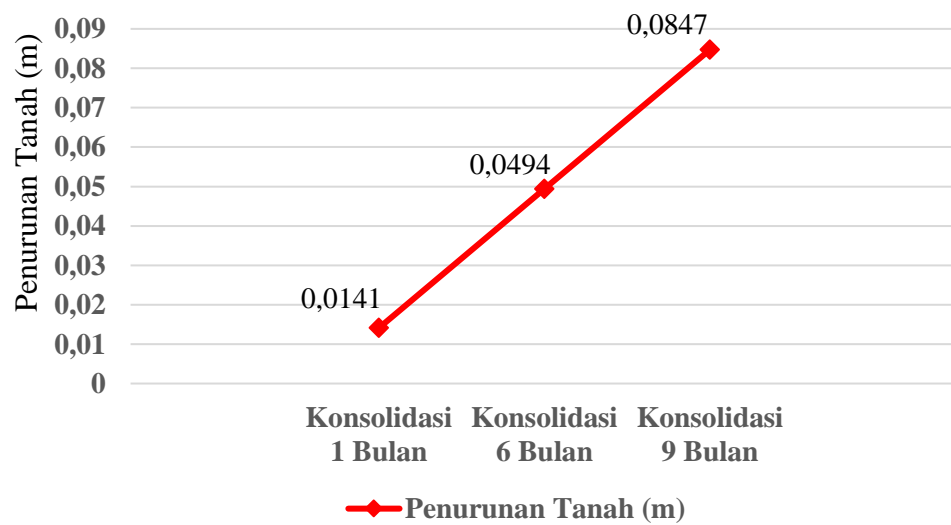
Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan modifikasi sudut lereng 32° dengan geotekstil badan jalan dengan asumsi tinggi lereng fase pertama 4 m di lapangan saat masa konstruksi tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $4,094 > 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $1,635 > 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa dan dengan beban gempa. Pada fase kedua dengan asumsi tinggi lereng 6,5 m di lapangan saat masa konstruksi tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $2,797 > 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $1,231 > 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa dan dengan beban gempa. Pada fase ketiga dengan

asumsi tinggi lereng 9 m di lapangan saat masa konstruksi tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $2,602 > 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $1,192 > 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa dan dengan beban gempa. Sedangkan saat pasca konstruksi tinggi lereng 9 m di lapangan tanpa beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $2,566 > 1,25$ dan dengan beban gempa menghasilkan nilai angka aman (SF) sebesar $1,187 > 1,1$ yang berarti lereng tersebut sudah aman tanpa dan dengan beban gempa. Berikut gambar grafik hasil angka aman (SF) timbunan lereng sudut 32° dengan geotekstil terdapat pada Gambar 5.50.



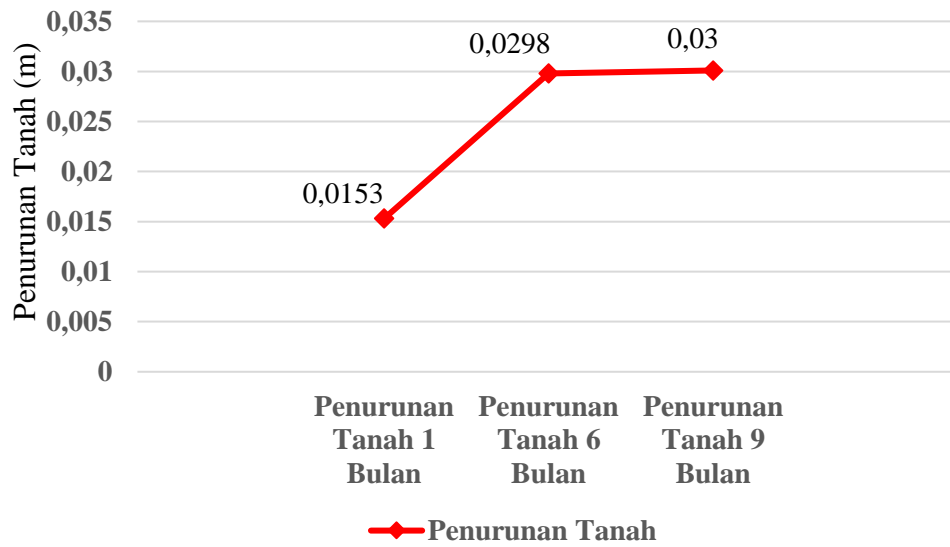
Gambar 5.50 Grafik Angka Aman (SF) Timbunan Lereng Sudut 32° dengan Geotekstil

Analisis menggunakan program *Geoslope 2018* pada timbunan lereng asli sudut 35° didapat penurunan tanah saat masa konstruksi fase pertama sebesar 0,0035 m, masa konstruksi fase kedua sebesar 0,0141 m, masa konstruksi fase ketiga sebesar 0,0494 m, dan pasca konstruksi sebesar 0,0526 m. Berikut gambar kurva hasil penurunan tanah timbunan lereng asli sudut 35° tanpa perkuatan terdapat pada Gambar 5.51 di bawah ini.



Gambar 5.51 Kurva Penurunan Tanah Timbunan Asli Sudut 35° tanpa Perkuatan

Analisis setelah dilakukan alternatif dengan memodifikasi sudut lereng menjadi 32° tanpa perkuatan menggunakan program *Geoslope 2018* didapat penurunan tanah saat masa konstruksi fase pertama sebesar 0,0039 m, masa konstruksi fase kedua sebesar 0,0153 m, masa konstruksi fase ketiga sebesar 0,0298 m, dan pasca konstruksi sebesar 0,03 m. Berikut gambar kurva hasil penurunan tanah timbunan lereng sudut 32° tanpa perkuatan terdapat pada Gambar 5.52 di bawah ini.



Gambar 5.52 Kurva Penurunan Tanah Timbunan Sudut 52° tanpa Perkuatan

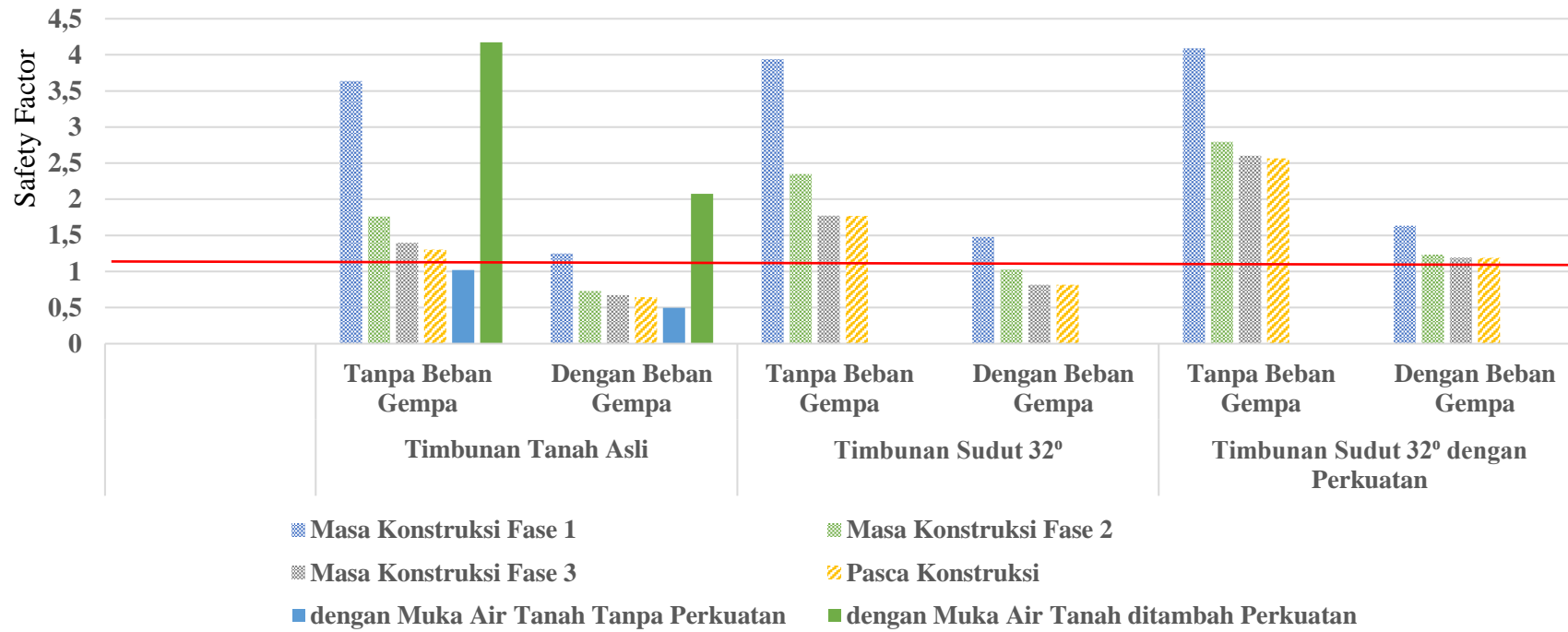
Rekapitulasi hasil analisis stabilitas lereng timbunan dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 serta disajikan pada Gambar 5.53 dan Gambar 5.54 sebagai berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Nilai Angka Aman (SF) Lereng Timbunan

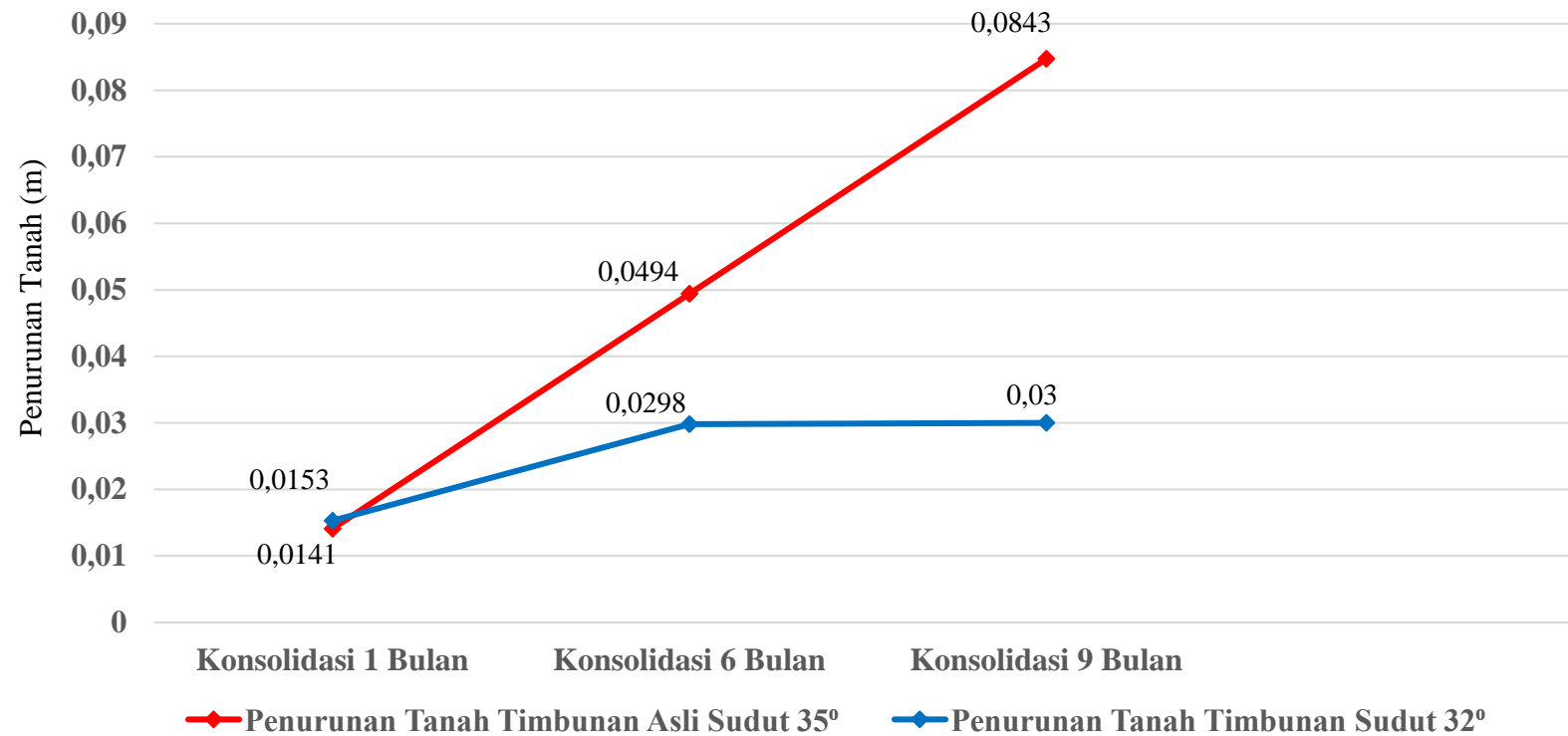
Keterangan		Nilai Angka Aman (SF)					
		Timbunan Asli Sudut 35°		Timbunan Sudut 32°		Timbunan Sudut 32° dengan Perkuatan	
		Tanpa Beban Gempa	Dengan Beban Gempa	Tanpa Beban Gempa	Dengan Beban Gempa	Tanpa Beban Gempa	Dengan Beban Gempa
Masa Konstruksi	Fase 1	3,638	1,251	3,939	1,477	4,094	1,635
	Fase 2	1,759	0,729	2,351	1,027	2,797	1,231
	Fase 3	1,396	0,674	1,773	0,816	2,602	1,192
Pasca Konstruksi		1,303	0,644	1,770	0,814	2,566	1,187
dengan Muka Air Tanah tanpa Perkuatan		1,022	0,498	-	-	-	-
dengan Muka Air Tanah ditambah Perkuatan		4,175	2,077	-	-	-	-

Tabel 5.11 Rekapitulasi Penurunan Tanah Lereng Timbunan

Keterangan	Penurunan Konsolidasi Tanah (m)	
	Timbunan Asli Sudut 35°	Timbunan Sudut 32°
Konsolidasi 1 Bulan	0,0141	0,0153
Konsolidasi 3 Bulan	0,0494	0,0298
Konsolidasi 9 Bulan	0,0847	0,03



Gambar 5.53 Perbandingan Nilai Angka Aman (*SF*) Berbagai Sudut Lereng Timbunan



Gambar 5.54 Nilai Penurunan Tanah Berbagai Sudut Lereng Timbunan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis stabilitas timbunan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka didapat kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil analisis lereng timbunan tanah asli menggunakan program *Geoslope 2018* didapatkan angka aman (SF) tanpa beban gempa sebesar 1,303 dan dengan beban gempa didapatkan angka aman (SF) sebesar 0,644. Sedangkan hasil perhitungan manual menggunakan metode *fellenius* didapat angka aman (SF) sebesar 1,335.
2. Hasil analisis lereng timbunan tanah setelah sudut kemiringan lereng diubah tanpa perkuatan menggunakan program *Geoslope 2018* didapatkan angka aman (SF) tanpa beban gempa sebesar 1,77 dan dengan beban gempa didapatkan angka aman (SF) sebesar 0,814.
3. Hasil analisis lereng timbunan tanah setelah sudut kemiringan lereng diubah dengan perkuatan menggunakan program *Geoslope 2018* didapatkan angka aman (SF) tanpa beban gempa sebesar 2,566 dan dengan beban gempa didapatkan angka aman (SF) sebesar 1,187.
4. Hasil penurunan konsolidasi pada lereng timbunan sudut 32° tanpa perkuatan yang didapat melalui analisis menggunakan program *Geoslope 2018* sebesar 0,03 m.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang dapat penulis sampaikan.

1. Pada penelitian ini hanya menggunakan satu parameter perkuatan yaitu menggunakan perkuatan jenis geotekstil. Untuk penelitian lebih lanjut dapat

dipertimbangkan menggunakan parameter kekuatan pengganti seperti *sheetpile*, *borepile*, dinding penahan tanah atau kekuatan dengan bahan lain seperti penambahan kapur, injeksi semen, dan sebagainya.

2. Untuk penelitian selanjutnya bias dilakukan analisis menggunakan *software* yang lainnya seperti *Plaxis*, *Miraslope*, *STABB*, dan program lainnya.
3. Untuk penilitan selanjutnya bisa menambahkan perhitungan RAB, supaya didapat biaya yang ekonomis dengan kondisi lereng yang sangat aman.

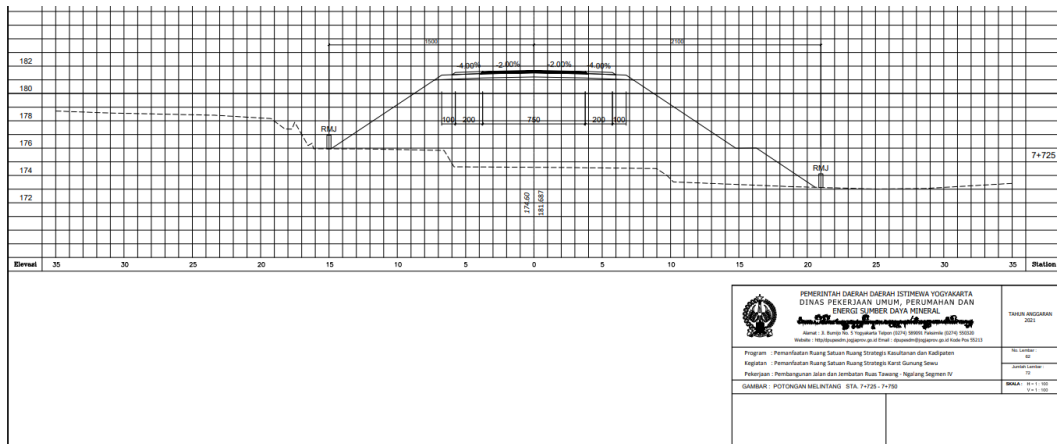
DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726:2019. Jakarta.
- Bahalwan, A.H. 2018. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Pada Lereng*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Terjemahan. Erlangga. Jakarta.
- Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. 1988. Erlangga. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik*. Bina Marga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 1994. *Mekanika Tanah 2*, Edisi Pertama. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 1996. *Mekanika Tanah I*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2008. *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya*, Edisi Pertama. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Herdiyanto, Rizaldi. 2018. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Kantilever dan Sheetpile Pada Bantaran Sungai Code*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Isparmo, 2010. *Geotextile Woven, Definisi dan Fungsi*. (<http://geotextile.web.id/geotextile-woven-definisi-dan-fungsi.html>. Diakses 21 Agustus 2022)
- Kafilanda, D.W. 2019. *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Geotekstil Dengan Program Geoslope Studi Kasus Jalan Tol Balikpapan-Samarinda, Pada Sta. I+975*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- PT Prima Geotex Indo. 2020. *Data Geotextile*. Banten.

- Purwanto, Edy. 2012. *Hand Out Mata Kuliah Perkuatan Tanah*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sekarti, D.N.A. 2018. *Analisis Stabilitas Timbunan di Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga Kartasura*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Utomo, B.P. 2019. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Dengan Menggunakan Program Geoslope Pada Bantaran Sungai Code*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

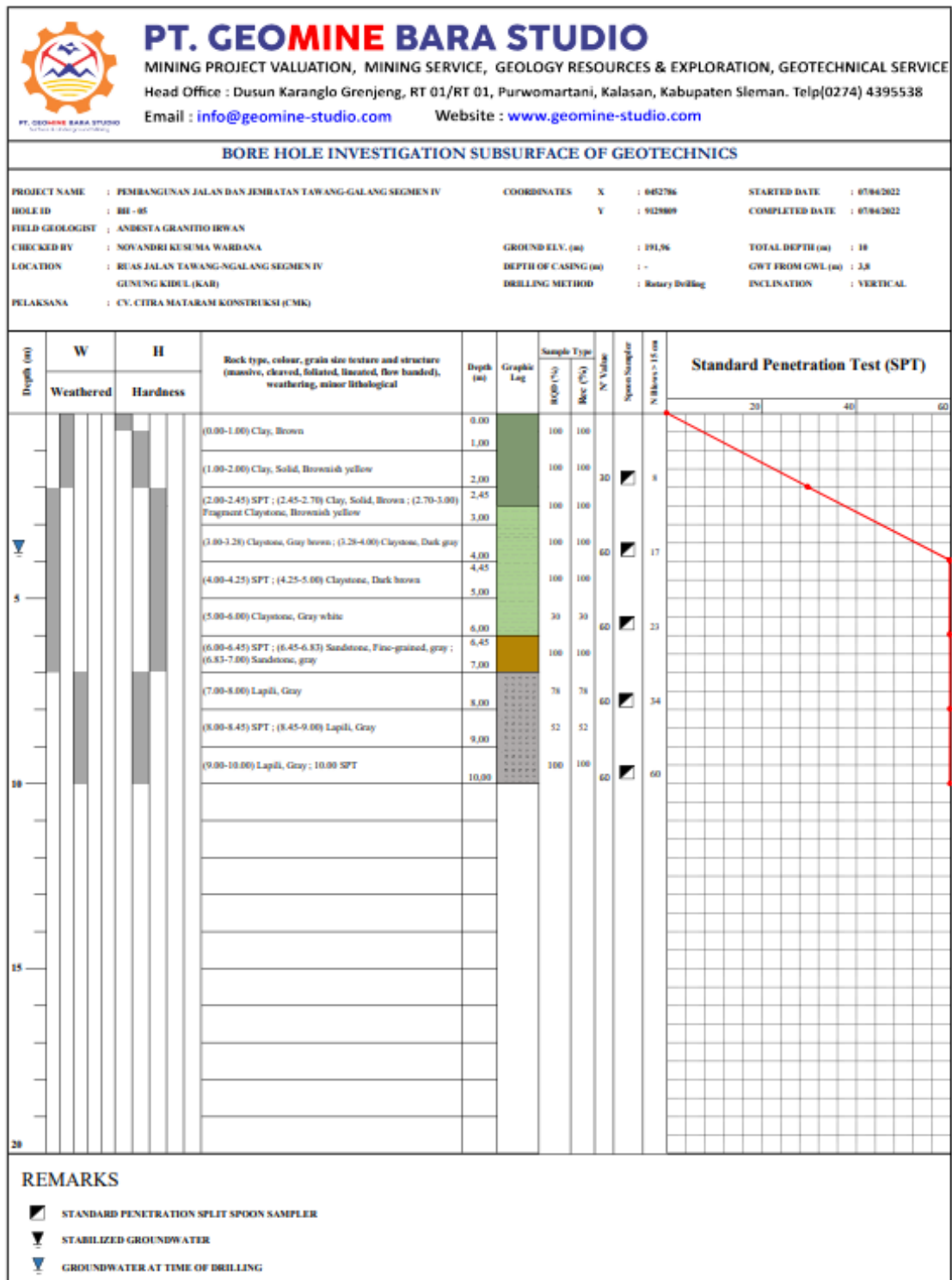
LAMPIRAN

Lampiran 1 Geometri Potongan Melintang



Gambar L-1.1 Geometri Potongan Melintang

Lampiran 2 Data Uji Lapangan Pada Sta 7+750



Gambar L-2.1 Data Uji Lapangan pada Sta 7+750

No	Kedalaman	Jenis Litologi
1	0 - 0.77	<i>Soft Clay, Brown light soft material</i>
2	0.77 - 2.67	<i>Hard Clay medium consistency</i>
3	2.67 - 7.89	<i>Claystone with hard material</i>
4	7.89 - 10.00	<i>Lapili with vulcanic material</i>

Gambar L-2.2 Data Jenis Tanah Berdasarkan Bore Hole pada Sta 7+750

Lampiran 3 Data Geotextile

ITEM	TEST METHODE	UNIT	150 Gr	200 Gr	250 Gr	300 Gr
PHYSICAL						
Mass	-	Gr/sqm	150	200	250	300
Thickness	-	mm	0.92 - 1.07	1.0 - 1.1	1.1 - 1.2	-
Polymer	-	-	PP	PP	PP	PP
Colour (Warna)	-	-	Hitam			
MECHANICAL						
Tensile Strength Machine Direction (Warp) Cross Machine Dir. (Weft)	ASTM D 4595	kN/m	30 30	45 40	60 55	70 60
Elongation Machine Direction (Warp) Cross Machine Dir. (Weft)	ASTM D 4595	%	21 20	20 19	19 18	18 17
Grab Tensile Machine Direction (Warp) Cross Machine Dir. (Weft)	ASTM D 4632	N	1023 948	1344 1251	1500 1300	2500 2000
Trapezoidal Tear Strength Machine Direction (Warp) Cross Machine Dir. (Weft)	ASTM D 4533	N	568 512	811 705	950 900	1600 1500
Trapezoidal Tear Strength	ASTM D 4833	N	284	494	650	800
HYDRAULIC						
Effective Opening Size	ASTM D 4751	mm	0.3	0.28	0.05	0.0081
Flow Rate		l/sqm/sec	22	20	18	17
Permeability	ASTM D 4491	Cm/sec	-	-	0.017	0.01
ENVIRONMENTAL						
Effect of Soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil	nil
Effect of Soil Acidity	-	-	nil	nil	nil	nil
Effect of U.V Light	-	-	nil	nil	nil	nil
DIMENSION						
Roll Width	-	m	4			
Roll Length	-	m	150	150	150	150
Roll Diameter	-	m	0.25	0.3	0.4	0.45

Gambar L-3.1 Data Geotekstil PT. Prima Geotex Indo

Lampiran 4 Kurva S Masa Penelitian

Bulan ke-		1				2				3				4				5				6			
Minggu ke-		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Kegiatan	Jam Kerja (Jam)																								
Persiapan																									
-Studi Pustaka	14	2,33	2,33	2,333	2,333																				
-Pengumpulan Data	14	2,33	2,33	2,33	2,33																				
Analisis dan pembahasan																									
-Penyiapan dan Input data pada <i>Geoslope</i>	16					2,29	2,29	2,29	2,29																
- <i>Calculation</i> pada <i>Geoslope</i>	20									3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33										
-Analisis hasil <i>calculation</i>	20											3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33								
-Pembahasan	19													3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17				
Penyusunan Laporan																									
-Laporan Sementara	15																			2,44	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44
-Laporan Akhir	17																					2,58	2,58	2,58	2,58
Total Jam Mingguan	135	2,33	2,33	2,33	2,33	2,29	2,29	2,29	2,29	3,33	3,33	3,33	6,67	6,67	6,67	6,50	6,50	6,50	6,50	5,61	5,61	5,61	5,61	5,01	5,01
Total Jam Kumulatif		2,33	4,67	7,00	9,33	11,62	13,90	16,19	18,48	21,81	25,14	28,48	35,14	41,81	48,48	54,98	61,48	67,98	73,58	79,19	84,79	89,81	94,82	97,40	99,97

Gambar L-4.1 Kurva S Masa Penelitian

METODOLOGI PENETAPAN HUKUM ISLAM

Ushul Fiqh Praktis (I)

DIREKTORAT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
SUMBANGAN ALUMNI
NAMA : TAJDID AFDHAL
NIM : 17511225
TGL. PENYERAHAN 25 Agustus 2023