

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STABILITAS LERENG TIMBUNAN  
BADAN JALAN DIATAS TANAH LUNAK DENGAN  
PERKUATAN GEOTEKSTIL  
(ANALYSIS OF ROAD EMBANKMENT SLOPE  
STABILITY ON SOFT SOIL WITH GEOTEXTILE  
REINFORCEMENT)**

**(Studi Kasus Proyek Tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang Sta 6+800)**

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



**Imaduddin Arif Rakhman  
15511232**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2021**

## TUGAS AKHIR

# ANALISIS STABILITAS LERENG TIMBUNAN BADAN JALAN DIATAS TANAH LUNAK DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL (ANALYSIS OF ROAD EMBANKMENT SLOPE STABILITY ON SOFT SOIL WITH GEOTEXTILE REINFORCEMENT)

(Studi Kasus Proyek Tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang Sta 6+800)

Disusun Oleh

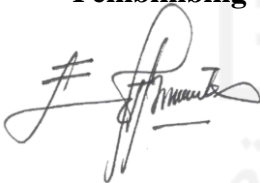
**IMADUDDIN ARIF RAKHMAN**  
15511232

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

Diuji pada tanggal 21 Desember 2021

Oleh Dewan Penguji

**Pembimbing**



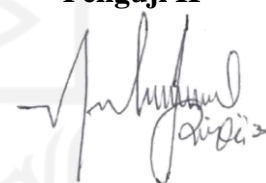
**Edy Purwanto, Dr. Ir, CES., DEA.**  
NIK : 855110101

**Penguji I**



**Akhmad Marzuko, Ir.,M.T.**  
NIK : 885110107

**Penguji II**



**M. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng.**  
NIK : 135111101

Mengesahkan ,

**Ketua Program Studi Teknik Sipil**



**Sri Anni Yuni Astuti, Dr. Ir, M.T.**  
NIK : 885110101

## **PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas akhir yang saya susun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi penyelesaian program Sarjana Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia adalah hasil karya sendiri. Adapun hal-hal mengenai berbagi hasil karya orang lain yang saya kutip dalam penulisan laporan Tugas Akhir sifatnya sebagai pedoman dan acuan literasi yang telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari pada laporan Tugas Akhir saya ditemukan secara keseluruhan merupakan plagiasi hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 28 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan

Imaduddin Arif Rakhman

(15511232)

## DEDIKASI

*Bismillahirrahmanirrahim*

Dengan Menyebut Nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang.  
Saya persembahkan karya ini untuk Bapak saya Rakhmat Agus Widiyanto dan  
Mama saya Sri Wahyuni , terimakasih sebesar-besarnya atas doa dan dukungan tak  
terhingga sehingga mampu hingga pencapaian ini.

Mbah Uti , Pakdhe, Budhe, Bulek, Om, Adik Jefri dan Saudara sekeluarga besar  
saya, terima kasih atas dorongan semangat sehingga saya dapat menyelesaikan  
tugas akhir ini. Teman-teman kelompok, Petruk Genk terima kasih telah ringan  
tangan dalam membantu dalam menjalani perkuliahan.

Teman-teman seperjuangan keluarga besar Teknik Sipil 2015 yang telah menjadi  
keluarga baru yang bersama-sama berjuang dari awal masuk kuliah hingga akhir  
baik suka maupun duka.

Saya berdoa semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* dapat membalas jasa kalian  
dikemudian hari hingga kapanpun. Aamiin



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum wr.wb*

*Alhamdulillahirabbil'alamiin*, Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan Diatas Tanah Lunak Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus Proyek Tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang Sta 6+800) dengan sebaik-baiknya. Selanjutnya, shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada junjungan Nabi Muhammad *Shalallahu 'Alaihi Wassalam* sebagai suri tauladan dan pembimbing kita dari zaman kejahiliahan sehingga berada dalam keadaan yang terang benderang dan nyaman seperti sekarang ini .

Penyusunan Tugas Akhir ini dibuat guna memenuhi salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Banyak hambatan yang menimbulkan kesulitan bagi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, *alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Sehubungan atas kelancaran tersebut, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES.,DEA. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah dengan sabar memberikan masukan dan bimbingan dari awal hingga selesainya Tugas Akhir ini,
2. Bapak Ir. Akhmad Marzuko.,M.T, selaku Dosen Penguji I,
3. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T.,M.Eng selaku Dosen Penguji II,
4. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni A, M.T. selaku Ketua Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,

5. Seluruh dosen, laboran, asisten, serta karyawan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberi penulis banyak manfaat ilmu, pengalaman, dan fasilitas selama masa kuliah,
  6. Semua pihak terkait yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu.
- Akhirnya penulis menghrapkan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

*Wassalamu'alaikum wr.wb*

Yogyakarta, 28 Oktober 2021

Imaduddin Arif Rakhman  
(15511232)

الجامعة الإسلامية  
الاستدراكية

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xxvii
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 Lokasi Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Umum	7
2.2 Lereng	7
2.3 Analisis Stabilitas Lereng	8
2.4 Perkuatan Geotekstil	9
2.5 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil	10

2.6 Perbandingan Penelitian Yang Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan	13
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	<b>18</b>
3.1 Tanah	18
3.1.1 Pengertian Umum	18
3.1.2 Penyelidikan Tanah	19
3.1.3 Parameter Tanah Yang Digunakan Dalam <i>Plaxis</i>	19
3.2 Beban Gempa	26
3.3 Lereng	27
3.3.1 Kelongsoran Lereng	28
3.3.2 Analisis Stabilitas Lereng Berbentuk Lingkaran	28
3.4 Konsolidasi	34
3.5 Teori Perkuatan Tanah	35
3.6 Geotekstil	36
3.6.1 Geotekstil Teranyam ( <i>Woven</i> )	37
3.6.2 Geotekstil Tak Teranyam ( <i>Non Woven</i> )	38
3.6.3 Prinsip Kerja Geosintetik	39
3.7 Perkuatan menggunakan Geotekstil	40
3.7.1 Stabilitas Eksternal	43
3.7.2 Stabilitas Internal	45
3.8 <i>Plaxis</i>	46
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	<b>48</b>
4.1 Tinjauan Umum	48
4.2 Proses Tahapan Penelitian	48
4.3 Metode Analisa Data	49

4.4	Pengaplikasian Model Timbunan Program <i>Plaxis</i>	53
4.5	Bagan Alir	61
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		63
5.1	Data Parameter Analisis	63
5.1.1	Data Parameter Tanah	63
5.1.2	Data Pembebanan	64
5.1.3	Data Parameter Geotekstil	66
5.2	Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan Geotekstil Menggunakan <i>Plaxis</i>	67
5.2.1	Analisis Timbunan Tanah Asli	67
5.2.2	Analisis Timbunan <i>Replacement</i>	83
5.3	Perhitungan Manual Lereng Timbunan Tanah Asli Menggunakan <i>Metode Fellinius</i>	95
5.4	Perhitungan Kebutuhan Geotekstil Sebagai Perkuatan Lereng Timbunan	98
5.4.1	Parameter Tanah Timbunan	98
5.4.2	Analisis Perhitungan Geotekstil	99
5.4.3	Cek Gaya Tarik Tanah-Geotekstil	106
5.5	Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan <i>Plaxis</i>	107
5.5.1	Analisis Lereng Timbunan Tanah Asli Dengan Perkuatan Geotekstil Dua Lapis	107
5.5.2	Analisis Lereng Timbunan Tanah Asli Dengan Perkuatan Geotekstil Tiga Lapis	118

5.5.3 Analisis Lereng Timbunan <i>Replacement</i> Dengan Perkuatan Geotekstil Dua Lapis	129
5.5.4 Analisis Lereng Timbunan <i>Replacement</i> Dengan Perkuatan Geotekstil Tiga Lapis	140
5.6 Pembahasan	151
5.6.1 Hasil Analisis Timbunan 3,5 m	152
5.6.2 Hasil Analisis Timbunan 7 m	152
5.6.3 Hasil Analisis Timbunan 10,5 m	154
5.6.4 Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Lereng Timbunan	156
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	162
6.1 Kesimpulan	162
6.2 Saran	163
DAFTAR PUSTAKA	164
LAMPIRAN	166

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	14
Tabel 3.1	Koefisien Nilai Permeabilitas Tanah ( $k$ )	23
Tabel 3.2	Nilai Perkiraan Modulus Elastis Tanah	23
Tabel 3.3	Nilai Perkiraan Angka <i>Poisson Ratio</i>	24
Tabel 3.4	Nilai Faktor Aman Stabilitas Lereng	34
Tabel 4.1	Data Parameter Tanah	50
Tabel 4.2	Beban Lalu Lintas	51
Tabel 4.3	Data Geotekstil Yang Digunakan	53
Tabel 5.1	Data Parameter Tanah Sebagai Input Data Material Pada Plaxis	63
Tabel 5.2	Beban Lalu Lintas	64
Tabel 5.3	Data Parameter Geotekstil	67
Tabel 5.4	Titik Koordinat <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli	68
Tabel 5.5	Rekapitulasi Nilai <i>Safety Factor</i> Timbunan Tanah Asli	82
Tabel 5.6	Rekapitulasi Penurunan Timbunan Tanah Asli	82
Tabel 5.7	Titik Koordinat <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i>	83
Tabel 5.8	Rekapitulasi Nilai <i>Safety Factor</i> Timbunan <i>Replacement</i>	94
Tabel 5.9	Rekapitulasi Penurunan Tanah Timbunan <i>Replacement</i>	94
Tabel 5.10	Hasil Perhitungan Gaya Berat dan Tekanan Air Pori Pada Tiap Irisan	96
Tabel 5.11	Koefisien Daya Dukung Tanah	98
Tabel 5.12	Rekapitulasi Kebutuhan Panjang Minimum Geotekstil	104
Tabel 5.13	Titik Koordinat <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis	108
Tabel 5.14	Titik Koordinat <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis	119
Tabel 5.15	Titik Koordinat <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis	130

Tabel 5. 16 Titik Koordinat <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis	141
Tabel 5.17 Rekapitulasi <i>Safety Factor</i> Timbunan Keseluruhan	157
Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Penurunan Secara Keseluruhan	161





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Layout Peta Jalan Tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang	5
Gambar 1.2	Potongan Melintang Jalan Tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang Sta 6 +800	6
Gambar 2.1	Dasar Mekanisme Perkuatan Lereng dengan Tanah	10
Gambar 3.2	Peta Zonasi Gempa Indonesia	27
Gambar 3.3	Bentuk-bentuk bidang longsor	29
Gambar 3.7	Mekanisme interaksi tanah-geosintetik	40
Gambar 3.8	Diagram Distribusi Tekanan Lateral	41
Gambar 3.9	Struktur Lereng Yang diperkuat Geoteksil berlapis-lapis	42
Gambar 4.1	Peta Zonasi Gempa Indonesia	52
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Percepatan dan Waktu	52
Gambar 4.3	Dialog box Create/Open Project	53
Gambar 4.4	Tab <i>Project</i> dari <i>Box General Setting</i>	54
Gambar 4.5	Tab <i>Dimension</i> dari <i>Box General Setting</i>	55
Gambar 4.6	Pemodelan Awal Geometri Timbunan	56
Gambar 4.7	<i>Box Dialog Material Sets</i>	57
Gambar 4.8	Lembar tab <i>General</i> pada Dialog <i>Material Sets</i>	57
Gambar 4.9	Lembar tab <i>Parameters</i> pada Dialog <i>Material Sets</i>	58
Gambar 4.10	<i>Generate Mesh</i> Geometri Timbunan	59
Gambar 4.11	Pemodelan Tekanan Air Pori	59
Gambar 4.12	Tampilan Pada Lembar Tab <i>General</i> Dalam Jendela Kalkulasi	61
Gambar 4.13	Bagan Alir Penelitian	62
Gambar 5.1	Peta Zonasi Gempa Indonesia	65
Gambar 5.2	Grafik Hubungan Antara Percepatan dan Waktu	66
Gambar 5.3	Pemodelan <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli	68
Gambar 5.4	<i>Meshing</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Masa Konstruksi	69
Gambar 5.5	Pemodelan <i>Phreatic Water Level</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Masa Konstruksi	69

Gambar 5.6	<i>Active Pore Pressure</i> Timbunan 10,5 M Tanah Asli Pada Masa Konstruksi	70
Gambar 5.7	<i>Initial Soil Stresses</i> Timbunan 10,5 M Tanah Asli Pada Masa Konstruksi	70
Gambar 5.8	<i>Box Info Tahap Calculation Plaxis</i> Timbunan 10,5 Tanah Asli Pada Masa Konstruksi	71
Gambar 5.9	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	72
Gambar 5.10	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	72
Gambar 5.11	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	73
Gambar 5.12	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	73
Gambar 5.13	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	74
Gambar 5.14	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	74
Gambar 5.15	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	75
Gambar 5.16	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	75
Gambar 5.17	Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Masa Konstruksi	76
Gambar 5.18	Kurva <i>Timet vs Vertical Displacement</i> Timbunan 10,5m Kondisi Tanah Asli	76
Gambar 5.19	<i>Meshing</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Paska Konstruksi	77
Gambar 5.20	Pemodelan <i>Phreatic Water Level</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Paska Konstruksi	78
Gambar 5.21	<i>Active Pore Pressure</i> Timbunan 10,5 M Tanah Asli Pada Paska Konstruksi	78

Gambar 5.22	<i>Initial Soil Stresses</i> Timbunan 10,5 M Tanah Asli Pada Paska Konstruksi	79
Gambar 5.23	<i>Box Info Tahap Calculation Plaxis</i> Timbunan 10,5 Tanah Asli Pada Paska Konstruksi	80
Gambar 5.24	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	81
Gambar 5.25	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	81
Gambar 5.26	Pemodelan <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5 m <i>Replacement</i>	84
Gambar 5.27	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	85
Gambar 5.28	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	85
Gambar 5.29	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	86
Gambar 5.30	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	86
Gambar 5.31	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	87
Gambar 5.32	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	87
Gambar 5.33	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	88
Gambar 5.34	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	88
Gambar 5.35	Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Pada Masa Konstruksi	89
Gambar 5.36	Kurva <i>Timet vs Vertical Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i>	89
Gambar 5.37	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	90

Gambar 5.38	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	90
Gambar 5.39	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	91
Gambar 5.40	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	91
Gambar 5.41	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	92
Gambar 5.42	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	92
Gambar 5.43	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	92
Gambar 5.44	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	93
Gambar 5.45	Kurva <i>Total Displacement</i> vs <i>Safety Factor</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Saat Paska Konstruksi	93
Gambar 5.46	Pemodelan Perhitungan Manual Timbunan Lereng	95
Gambar 5.47	Gaya-Gaya yang Bekerja pada Timbunan Lereng	99
Gambar 5.48	Penggambaran Pemasangan Geotekstil Pada Lereng Timbunan Sesuai Kebutuhan	106
Gambar 5.49	Pemodelan <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis	108
Gambar 5.50	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	109
Gambar 5.51	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	109
Gambar 5.52	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	110

Gambar 5.53	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	110
Gambar 5.54	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	111
Gambar 5.55	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	111
Gambar 5.56	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	112
Gambar 5.57	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	112
Gambar 5.58	Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Pada Masa Konstruksi	113
Gambar 5.59	Kurva <i>Timet vs Vertical Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis	113
Gambar 5.60	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	114
Gambar 5.61	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	114
Gambar 5.62	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	115
Gambar 5.63	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	115

Gambar 5.64	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	116
Gambar 5.65	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	116
Gambar 5.66	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	117
Gambar 5.67	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	117
Gambar 5.68	Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Pada Paska Konstruksi	118
Gambar 5.69	Pemodelan <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis	119
Gambar 5.70	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	120
Gambar 5.71	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	120
Gambar 5.72	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	121
Gambar 5.73	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	121
Gambar 5.74	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	122

Gambar 5.75	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	122
Gambar 5.76	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	123
Gambar 5.77	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	123
Gambar 5.78	Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Pada Masa Konstruksi	124
Gambar 5.79	Kurva <i>Timet vs Vertical Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis	124
Gambar 5.80	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	125
Gambar 5.81	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	125
Gambar 5.82	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	126
Gambar 5.83	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	126
Gambar 5.84	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	127
Gambar 5.85	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	127



Gambar 5.86	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	128
Gambar 5.87	Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada PaskaKonstruksi	128
Gambar 5.88	Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Pada Paska Konstruksi	129
Gambar 5.89	Pemodelan <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis	130
Gambar 5.90	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	131
Gambar 5.91	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	131
Gambar 5.92	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	132
Gambar 5.93	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	132
Gambar 5.94	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	133
Gambar 5.95	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	133
Gambar 5.96	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	134



Gambar 5.97	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	134
Gambar 5.98	Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Pada Masa Konstruksi	135
Gambar 5.99	Kurva <i>Timet vs Vertical Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis	135
Gambar 5.100	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	136
Gambar 5.101	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	136
Gambar 5.102	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	137
Gambar 5.103	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	137
Gambar 5.104	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	138
Gambar 5.105	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	138
Gambar 5.106	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	139
Gambar 5.107	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	139

Gambar 5.108	Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 2 Lapis Pada Paska Konstruksi	140
Gambar 5.109	Pemodelan <i>Plaxis</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis	141
Gambar 5.110	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	142
Gambar 5.111	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	142
Gambar 5.112	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	143
Gambar 5. 113	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	143
Gambar 5.114	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	144
Gambar 5.115	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	144
Gambar 5.116	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi	145
Gambar 5.117	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi	145

Gambar 5.118	Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Pada Masa Konstruksi	146
Gambar 5.119	Kurva <i>Timet vs Vertical Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis	146
Gambar 5.120	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	147
Gambar 5.121	<i>Deformesh Mesh</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	147
Gambar 5.122	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	148
Gambar 5.123	<i>Total Displacement</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	148
Gambar 5.124	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	149
Gambar 5.125	Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	149
Gambar 5.126	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi	150
Gambar 5.127	Potensi Longsor Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi	150

Gambar 5.128 Kurva <i>Total Displacement vs Safety Factor</i> Timbunan 10,5m <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil 3 Lapis Pada Paska Konstruksi	151
Gambar 5.129 Grafik Perbandingan Nilai <i>Safety Factor</i> Timbunan Tanah Asli	158
Gambar 5.130 Grafik Perbandingan Nilai <i>Safety Factor</i> Timbunan 7m	159
Gambar 5.131 Grafik Perbandingan Nilai <i>Safety Factor</i> Timbunan 10,5m	160



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Lapisan Tanah Lokasi Penelitian	167
Lampiran 2	Data Hasil Uji Laboratorium Sampel Tanah	168
Lampiran 3	Data Spesifikasi Geotekstil	171
Lampiran 4	Hasil Analisis <i>Plaxis</i> Timbunan 3,5 Meter	172
Lampiran 5	Hasil Analisis <i>Plaxis</i> Timbunan 7 Meter Tanah Asli	179
Lampiran 6	Hasil Analisis <i>Plaxis</i> Timbunan 7 Meter <i>Replacement</i>	186
Lampiran 7	Hasil Analisis <i>Plaxis</i> Timbunan 7 Meter Tanah Asli Dengan Geotekstil Satu Lapis	193
Lampiran 8	Hasil Analisis <i>Plaxis</i> Timbunan 7 Meter <i>Replacement</i> Dengan Geotekstil Satu Lapis	200

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$SF$	= faktor aman
$W_s$	= Berat butiran padat (kg)
$W_w$	= Berat air (kg)
$V_s$	= Volume butiran padat ( $m^3$ )
$V_w$	= Volume air ( $m^3$ )
$V_a$	= Volume udara ( $m^3$ )
$w$	= Kadar air (%)
$n$	= Porositas (%)
$e$	= Angka pori
$G_s$	= Berat jenis atau berat spesifik tanah
$\gamma_b$	= Berat volume tanah lembab atau basah ( $kN/m^3$ )
$\gamma_{sat}$	= Berat volume jenuh air ( $kN/m^3$ )
$\gamma_{unsat}$	= Berat volume tak jenuh air ( $kN/m^3$ )
$\gamma_d$	= Berat volume kering ( $kN/m^3$ )
$k$	= Permeabilitas Tanah (mm/det)
$E$	= Modulus Young ( $kN/m^2$ )
$\mu$	= <i>Poisson Ratio</i> Tanah
$\tau$	= kuat geser tanah ( $kN/m^2$ )
$c$	= kohesi tanah ( $kN/m^2$ )
$\phi$	= sudut gesek dalam tanah ( $^\circ$ )
$\sigma$	= tegangan normal pada bidang runtuh ( $kN/m^2$ )
$\tau_d$	= tegangan geser terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor ( $kN/m^2$ )
$N_i$	= Gaya normal efektif (kN)
$W_i$	= berat massa tanah irisan ke-i (kN)
$U_i$	= Gaya akibat tekanan air pori (kN)
$u_i$	= tekanan air pori pada irisan ke-I ( $kN/m^2$ )
LL	= Batas Cair (%)
PL	= Batas Plastis (%)

- $PI$  = Indeks Plastisitas (%)  
 $R$  = jari-jari lingkaran bidang longsor (m)  
 $a_i$  = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke- $i$  (m)  
 $n$  = jumlah irisan  
 $\theta_i$  = sudut yang didefinisikan dalam Gambar 3.4 (°)  
 $\sigma_{hc}$  = tekanan tanah lateral ( $kN/m^2$ )  
 $K_a$  = koefisien tanah aktif  
 $q$  = beban merata ( $kN/m^2$ )  
 $H$  = tinggi lapisan tanah (m)  
 $S_v$  = jarak tulangan arah vertikal (m)  
 $T_a$  = kuat tarik geotekstil allowable geotekstil ( $kN/m^2$ )  
 $T_u$  = kuat tarik maksimum geotekstil ( $kN/m^2$ )  
 $\varphi$  = sudut gesek antara tanah dan geotekstil (°)  
 $L$  = panjang geotekstil (m)  
 $\sigma_{ult}$  = tegangan ultimit ( $kN/m^2$ )  
 $L_o$  = panjang overlapping (m)  
 $S_{vi}$  = jarak antar geotekstil arah vertikal (m)  
 $Z_i$  = kedalaman tiap lembar geotekstil dari permukaan tanah (m)

## ABTRAKS

Jalan tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang merupakan salah satu ruas tol Trans Sumatra yang berada pada provinsi Lampung sebagian besar memiliki konstruksi timbunan cukup tinggi dan dibangun diatas lapisan tanah lunak. Penelitian ini dikhususkan pada ruas tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang Sta 6+800 dengan tinggi timbunan bervariasi yaitu 3,5m , 7m , dan 10,5m dengan muka air berada pada tanah dasar timbunan. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh nilai angka aman (SF) timbunan saat konstruksi dan paska konstruksi serta mengetahui konsolidasi dalam waktu 1 tahun (365 hari).

Dalam menganalisis timbunan badan jalan ini dilakukan dengan menggunakan perhitungan elemen hingga yaitu menggunakan bantuan program *Plaxis 8.6*. Analisis timbunan dilakukan pada timbunan tanah asli, timbunan dengan *replacement*, timbunan tanah asli dengan perkuatan geotekstil, dan timbunan *replacement* dengan perkuatan geotekstil.

Pada timbunan 3,5m tanah asli memiliki angka aman 1,8423 saat konstruksi dan 1,5210 pada paska konstruksi. Timbunan 7m tanah asli memiliki angka aman 1,2624 saat konstruksi dan 1,1349 pada paska konstruksi. Timbunan 10,5m tanah asli memiliki angka aman 1,0559 saat konstruksi dan mengalami *collapse* pada paska konstruksi. Pada timbunan 7m *replacement* dan 10,5 *replacement* memiliki angka aman masing masing 1,3152 dan 1,1093 saat konstruksi serta pada paska konstruksi 1,1834 dan 1,0273. Pada timbunan 7m tanah asli dengan geotekstil 1 lapis memiliki angka aman 1,3611 saat konstruksi dan 1,2397 pada paska konstruksi. Timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 2 lapis memiliki angka aman 1,2432 saat konstruksi dan 1,1811 pada paska konstruksi. Timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 3 lapis memiliki angka aman 1,3030 saat konstruksi dan 1,2317 pada paska konstruksi. Sedangkan pada timbunan 7m *replacement* dengan geotekstil 1 lapis memiliki angka aman 1,4883 saat konstruksi dan 1,3609 pada paska konstruksi. Timbunan 10,5m *replacement* dengan geotekstil 2 lapis memiliki angka aman 1,4041 saat konstruksi dan 1,3130 pada paska konstruksi. Timbunan 10,5m *replacement* dengan geotekstil 3 lapis memiliki angka aman 1,5316 saat konstruksi dan 1,4607 pada paska konstruksi. Hasil tersebut menunjukkan perencanaan perkuatan timbunan dengan *replacement* dan geotekstil dapat meningkatkan angka aman timbunan .

**Kata Kunci** : Timbunan Badan Jalan, Tanah Lunak, Angka Aman (SF), Geotekstil, *Plaxis*



## **ABSTRACT**

*The Terbanggi Besar-Pematang Panggang toll road is one of the Trans Sumatra toll roads located in Lampung province, most of which have a fairly high embankment construction and are built on a soft soil layer. This research is devoted to the Terbanggi Besar-Pematang Panggang Sta 6+800 toll road with various embankment heights of 3.5m, 7m, and 10.5m with the water level at the base of the embankment. The purpose of this study was to obtain the safe value (SF) of the embankment during construction and post-construction and to determine the consolidation within 1 year (365 days).*

*In analyzing the road embankment, this is done by using the finite element calculation using the help of the Plaxis 8.6 program. The embankment analysis was carried out on the original soil embankment, embankment with replacement, original soil embankment with geotextile reinforcement, and replacement embankment with geotextile reinforcement.*

*In the 3.5m embankment the original soil has a safety factor of 1.8423 during construction and 1.5210 at post-construction. The original 7m embankment has a safety factor of 1.2624 during construction and 1.1349 at post construction. The original 10.5m embankment has a safety factor of 1.0559 during construction and collapsed after construction. The 7m replacement and 10.5 replacement piles have safety factor of 1.3152 and 1.1093 respectively during construction and 1.1834 and 1.0273 after construction. In the 7m embankment, the original soil with 1 layer geotextile has a safety factor of 1.3611 during construction and 1.2397 at post construction. The original 10.5m embankment with 2 ply geotextile has a safety factor of 1.2432 during construction and 1.1811 at post-construction. The original 10.5m embankment with 3-ply geotextile has a safety factor of 1.3030 during construction and 1.2317 at post-construction. Meanwhile, the 7m replacement embankment with 1 layer geotextile has a safe number of 1.4883 during construction and 1.3609 at post-construction. The 10.5m replacement embankment with 2 ply geotextile has a safety factor of 1.4041 during construction and 1.3130 at post construction. The 10.5m replacement embankment with 3-ply geotextile has a safety factor of 1.5316 during construction and 1.4607 at post-construction. These results show that planning for embankment reinforcement with replacement and geotextiles can increase the safety factor of the embankment.*

**Keywords :** Road embankment, Soft Soil, Safety Factor(SF), Geotextile, Plaxis

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Lampung merupakan salah satu provinsi di pulau Sumatra yang sangat strategis karena letak geografisnya yang berada di ujung selatan Sumatra berbatasan langsung dengan selat Sunda dimana merupakan pintu masuk pertama kendaraan darat yang hendak ke pulau Sumatra serta pintu keluar menuju pulau Jawa. Potensi kekayaan yang tersimpan juga cukup besar baik pada bidang perekonomian, ekonomi, pariwisata, demografi, seni dan budaya yang beragam. Kondisi geografis yang strategis tersebut membuat akses transportasi penunjang menuju provinsi Lampung harus baik untuk mendukung arus lalu-lintas perdagangan, perkebunan, pertambangan, dan lain-lain yang sangat padat. Kehadiran jalan tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang yang merupakan salah satu ruas proyek strategis nasional yaitu Tol Trans Sumatra diharapkan dapat meningkatkan produktifitas dan aksesibilitas distribusi baik barang maupun jasa.

Pembangunan konstruksi jalan diperlukan banyak pertimbangan mengenai perencanaan trase jalan sehingga diperoleh jalur yang efektif dan efisien. Selain pertimbangan teknis, faktor daerah setempat seperti sosial, ekonomi, politik, budaya juga perlu dipertimbangkan dalam pembangunan. Pembangunan jalan tol seringkali dilakukan pada daerah dengan kontur tanah yang beragam seperti perbukitan, persawahan, pegunungan, dan lain-lain. Kontur tanah yang tidak merata menyebabkan pembangunan konstruksi jalan menjadi sulit dan jalan yang dibangun menjadi kurang nyaman. Jalan tol merupakan jalan yang direncanakan dengan kenyamanan, keamanan, dan kecepatan tinggi. Untuk mewujudkannya sudah seharusnya diperlukan kontur tanah yang rata agar jalan yang dibangun sesuai perencanaan. Maka perlu dilakukan pekerjaan penimbunan tanah untuk meratakan kontur trase jalan sehingga badan jalan yang dibangun aman dan nyaman.

Konstruksi suatu timbunan menyebabkan adanya perbedaan ketinggian dua permukaan tanah , maka akan terjadi gaya-gaya desakan sehingga tanah dengan

permukaan lebih tinggi akan bergerak ke arah bawah akibat gravitasi yang mengakibatkan kestabilan tanah terganggu dan mudah mengalami kelongsoran. Kelongsoran merupakan salah satu peristiwa yang menjadi ancaman besar pada daerah dataran tinggi atau perbedaan permukaan tanah yang lebih tinggi daripada tanah sekitarnya. Menurut Vernes (1978) memahami longsor sebagai pergerakan material ke bawah dan keluar lereng akibat pengaruh gaya gravitasi bumi. Penyebabnya dapat dikarenakan erosi tanah, getaran yang kuat, curah hujan tinggi, dan beban yang berlebih pada bidang longsor. Semakin tinggi timbunan tanah, maka semakin besar pula gaya-gaya yang terjadi dan beban yang dipikul tanah asli semakin besar sehingga kecenderungan terjadi longsor semakin tinggi. Oleh karena itu diperlukan analisis stabilitas lereng timbunan agar terwujud konstruksi timbunan yang aman dan kuat. Lereng yang dimaksud merupakan suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal.

Pada jalan tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang STA 3+650 sampai STA 28 + 650 sebagian besar memiliki konstruksi timbunan yang cukup tinggi dan dibangun diatas lapisan tanah lunak. Permasalahan tanah lunak yang memiliki sifat fisik lunak hingga sangat lunak sehingga daya dukungnya relatif rendah menyebabkan beban yang dapat dipikul oleh tanah dasar menjadi terbatas dan kecil. Selain itu tanah lunak juga memiliki sifat kompresibilitas tinggi hingga sangat tinggi sehingga pemampatan tanah relatif besar menyebabkan penurunan yang besar dan berlangsung lama. Dalam pembangunan jalan tol tersebut tanah lunak dan timbunan yang cukup tinggi menjadi perhatian penting karena memiliki potensi cukup besar untuk terjadinya kegagalan konstruksi seperti penurunan dan kelongsoran. Oleh karena itu, agar konstruksi jalan tol aman dan tidak berbahaya perlu dilakukan analisis perkuatan timbunan.

Dalam menangani permasalahan kelongsoran pada lereng tersebut diperlukan solusi untuk memperkuat konstruksi tanah sehingga dapat menahan potensi kelongsoran. Untuk menangani masalah ini, oleh para ahli banyak ditemukan upaya perkuatan konstruksi salah satu solusi alternatif yang dapat ditemui dari permasalahan tersebut adalah perkuatan konstruksi tanah dengan menggunakan bahan sintesis polimer yaitu geotekstil. Geotekstil merupakan salah satu jenis bahan

geosintetik dengan material yang berasal dari campuran bahan sintesis buatan pabrik yang lolos air dan bersifat *thermoplastic*. Geotekstil memiliki kuat tarik tinggi sehingga mampu digunakan sebagai tambahan kekuatan geser tanah dalam menahan tegangan geser yang terjadi sehingga timbunan aman terhadap longsor. Geotekstil juga memiliki keunggulan lebih murah, mudah dan efisien dibandingkan dengan perkuatan lain seperti dinding penahan beton bertulang/batu kali yang membutuhkan waktu pengerjaan yang cukup lama, biaya yang cukup besar dan membutuhkan areal lahan yang lebih luas. Pemasangan geotekstil relatif mudah yang hanya diletakkan pada permukaan tanah dibawah lereng timbunan sehingga dapat memperkecil potensi keruntuhan lereng timbunan secara efektif dan efisien.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, masalah yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana angka aman (*safety factor*) timbunan badan jalan tanah asli?
2. Bagaimana angka aman (*safety factor*) timbunan badan jalan setelah dilakukan *replacement* ?
3. Bagaimana angka aman (*safety factor*) timbunan badan jalan tanah asli dengan diperkuat geotekstil?
4. Bagaimana angka aman (*safety factor*) timbunan badan jalan *replacement* dengan diperkuat geotekstil?
5. Bagaimana besar penurunan (konsolidasi) selama 365 hari pada lereng timbunan jalan pada lereng tanpa diperkuat geotekstil dan setelah diperkuat geotekstil?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui angka aman (*safety factor*) timbunan badan jalan tanah asli ?
2. Mengetahui angka aman (*safety factor*) timbunan badan jalan dengan *replacement*?
3. Mengetahui angka aman (*safety factor*) timbunan badan jalan tanah asli dengan dilakukan perkuatan menggunakan geotekstil.

4. Mengetahui angka aman (*safety factor*) timbunan badan jalan dengan *replacement* dan diperkuat geotekstil.
5. Mengetahui besar penurunan (konsolidasi) selama 365 hari pada lereng timbunan jalan pada lereng tanpa diperkuat geotekstil dan setelah diperkuat geotekstil.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian yang didapatkan adalah menambah pengetahuan tentang penerapan geotekstil sebagai perkuatan timbunan dan mengaplikasikan program *Plaxis versi 8.6* dalam menganalisis kestabilan lereng sehingga dapat diketahui desain timbunan paling aman serta efektif pada timbunan Jalan Tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang Sta 6+800. Manfaat lainnya yaitu hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan masukan bagi perkembangan ilmu geoteknik khususnya dalam hal kestabilan lereng.

#### 1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian diperlukan agar dalam menganalisis dapat berjalan secara sistematis. Adapun batasan-batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

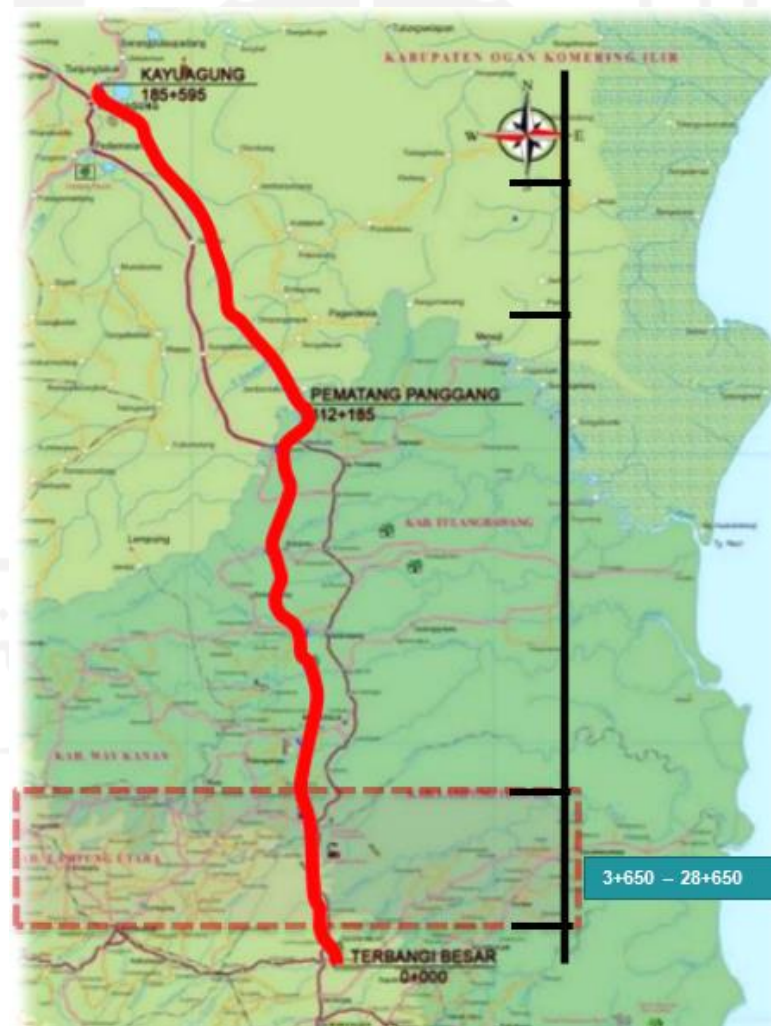
1. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan program *Plaxis versi 8.6*.
2. Lokasi studi penelitian merupakan timbunan lereng pada ruas Jalan Tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang Sta 6 + 800.
3. Data parameter tanah merupakan data sekunder yang diperoleh dari Laporan Proyek Tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang Tahun 2017.
4. Geotekstil yang digunakan berjenis *woven* produksi PT. Tetrasa Geosinindo dengan kuat tarik maksimum  $55 \text{ kN/m}^2$ .
5. Ketinggian lereng timbunan bervariasi yaitu 3,5 m , 7 m dan 10,5 m.
6. Analisis memperhitungkan tinggi muka air yang berada pada permukaan tanah dibawah lereng timbunan .
7. Beban lalu lintas digunakan peraturan dari Direktorat Jenderal Bina Marga Kementrian PUPR Tahun 2010. Sedangkan faktor beban gempa yang diperhitungkan merupakan beban dinamik berdasarkan data *USGS (United*

*State Geological Survey*) dengan pendekatan faktor percepatan puncak gempa yang disesuaikan dengan zona gempa daerah Lampung .

8. Tanah untuk *replacement* yang digunakan yaitu tanah timbunan
9. Tidak memperhitungkan analisis biaya dan waktu .

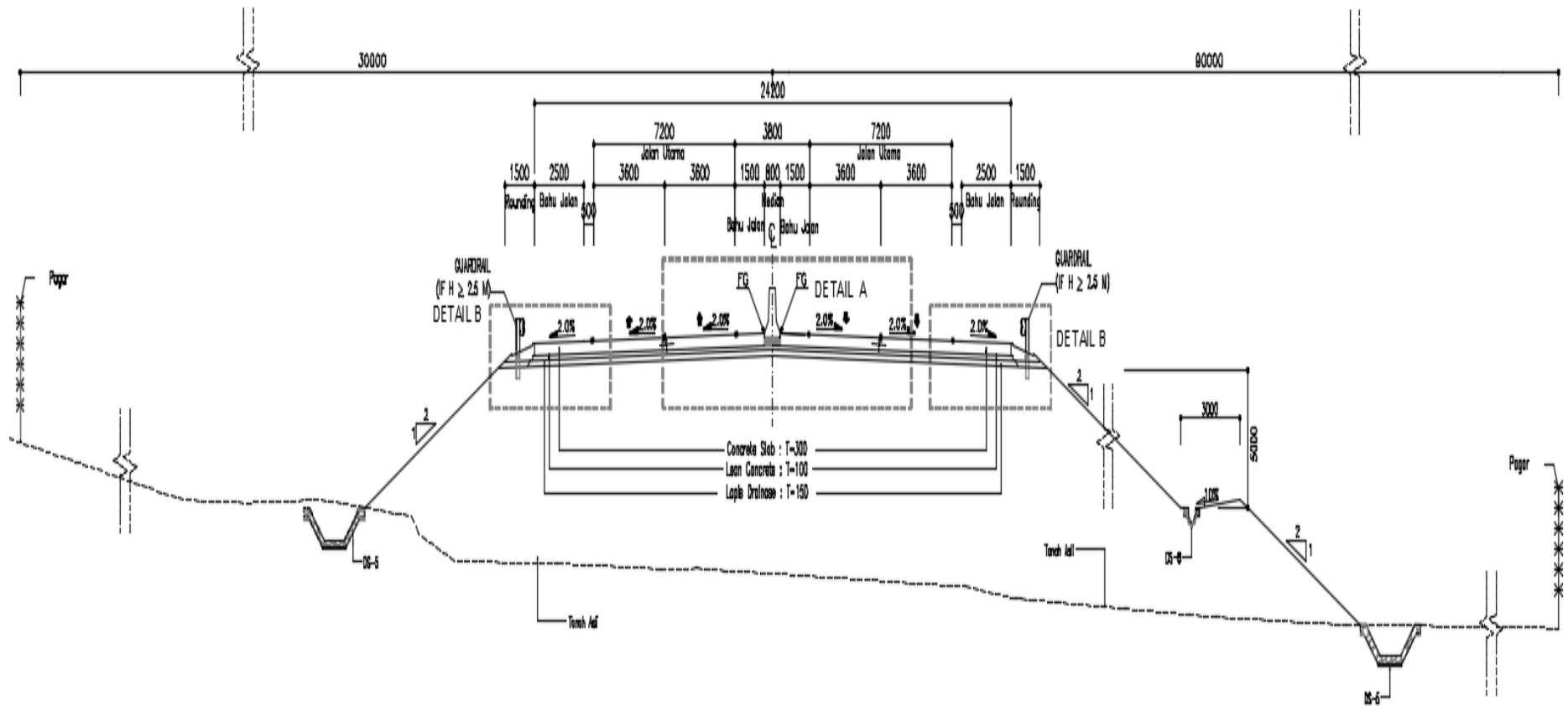
### 1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil lokasi studi kasus pada Jalan Tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang STA 6+800 seperti terlihat pada Gambar 1.1 sedangkan potongan penampang tipikal melintang jalan yang ditinjau berada pada daerah timbunan dapat dilihat pada Gambar 1.2



**Gambar 1.1 Layout Peta Jalan Tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang**  
(Sumber : Laporan Proyek Tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang Tahun 2017)





**Gambar 1.2 Potongan Melintang Jalan Tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang Sta 6 + 800**  
 (Sumber : Laporan Proyek Tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang Tahun 2017)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Penulis dalam melakukan penelitian ini memerlukan referensi dari literatur, buku, jurnal, maupun tugas akhir yang sebelumnya pernah dilakukan sebagai rujukan guna membantu memberi tambahan bahan informasi, menyusun konsep dan mencegah terjadinya duplikasi terhadap penelitian sebelumnya.

Tanah dengan permukaan yang tidak horisontal, akibat adanya pengaruh komponen gravitasi cenderung menggerakkan tanah ke bawah. Kelongsoran pada lereng merupakan suatu peristiwa berpindahnya material pembentuk lereng yang terjadi akibat pergerakan massa tersebut ke bawah atau keluar lereng. Peristiwa longsor tersebut secara umum disebabkan faktor gaya pendorong tanah melampaui faktor gaya penahan tanah sehingga akibat adanya gravitasi terjadi longsor. Besarnya gaya pendorong ini dipengaruhi oleh kemiringan lereng, berat jenis tanah, tekanan air, beban dan gempa. Sedangkan besarnya gaya penahan dipengaruhi oleh kekuatan material dan kepadatan material. Selain itu terjadinya gerakan tanah tergantung oleh faktor lainnya seperti kondisi batuan dan tanah penyusun lereng, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup dan penggunaan lahan pada lereng tersebut.

#### **2.2 Lereng**

Menurut Arsy (2018) menyatakan bahwa lereng ialah permukaan bumi yang tidak datar dan membentuk sudut kemiringan terhadap bidang horizontal. Pembentukan lereng terjadi akibat proses alami (proses geologi) seperti bukit dan tebing sungai atau akibat proses buatan (buatan manusia) seperti timbunan dan galian untuk pembangunan tanggul, gedung, jalan dan lain-lain.

Menurut Sekarti (2018) menyatakan bahwa lereng merupakan suatu permukaan tanah yang mempunyai perbedaan elevasi permukaan dan sudut tertentu terhadap bidang horizontal dan tidak terlindungi. Perbedaan elevasi ini menyebabkan terjadinya gerakan massa tanah dari bidang elevasi tinggi menuju



bidang elevasi yang lebih rendah akibat dipengaruhi oleh gravitasi, air, maupun gaya gempa. Gerakan massa tanah tersebut menghasilkan tegangan geser pada tanah yang berfungsi sebagai penahan. Jika tegangan geser yang menahan pergerakan tersebut terlampaui oleh berat tanah yang bekerja sebagai pendorong maka terjadilah kelongsoran. Faktor utama penyebab runtuhnya lereng yaitu meningkatnya tegangan geser, menurunnya kuat geser pada bidang longsor, atau keduanya yang bekerja secara simultan. Kelongsoran pada lereng dengan jenis tanah kohesif banyak terjadi akibat meningkatnya kadar air tanah sehingga menyebabkan tidak tersedianya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan tanah longsor ke bawah pada bidang longsornya.

### **2.3 Analisis Stabilitas Lereng**

Menurut Ma'ruf (2019) menyatakan bahwa stabilitas lereng merupakan faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi.

Menurut Arsy (2018) menyatakan bahwa longsor pada lereng diakibatkan karena kegagalan geser yang terjadi pada sepanjang bidang longsor. Pergerakan massa tanah bisa menyatu sekaligus terpisah-pisah. Dalam hal ini penting untuk mengetahui dan menentukan penyebab longsor dalam proses identifikasi sehingga tindakan perbaikan dan pencegahan dapat dilakukan secara tepat dan segera. Oleh karena itu, dalam pembangunan perlu analisis stabilitas lereng yang bertujuan agar tercapainya perancangan yang aman, ekonomis dari timbunan, galian, bendungan urugan dan lain-lain sehingga fungsi dari sebuah struktur atau konstruksi yang ada di atasnya maupun di dekatnya dapat bekerja secara optimal. Analisis stabilitas lereng dimaksudkan untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor yang potensial dimana pada umumnya, nilai faktor keamanan stabilitas lereng atau faktor aman terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2 – 1,5.

Menurut Sekarti (2018) menyatakan bahwa dalam analisis kestabilan lereng ada beberapa metode yang dapat digunakan, namun pada penelitiannya

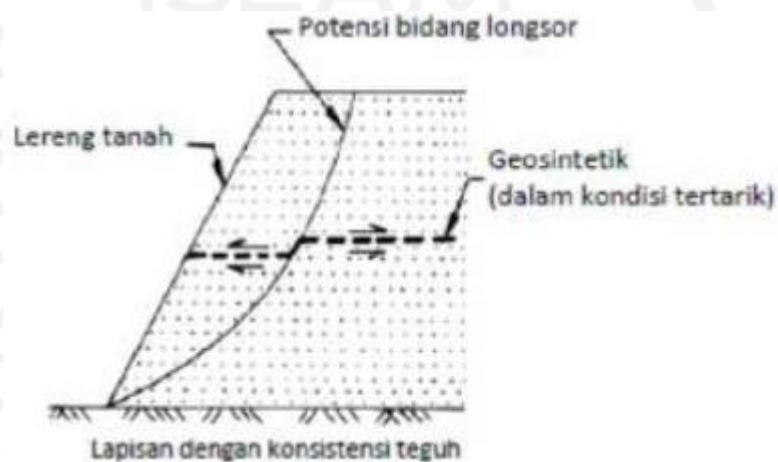
menggunakan metode kesetimbangan batas yaitu membandingkan antara gaya yang menahan longsor dengan gaya yang mengakibatkan longsor. Metode keseimbangan batas yang disebut juga metode *limit equilibrium*, dilakukan dengan membagi massa bidang longsor menjadi beberapa irisan yang dianggap sebagai suatu blok geser. Dalam penelitiannya dengan untuk analisis stabilitas lereng dengan metode *limit equilibrium* yang dilakukan dengan perhitungan manual yaitu menggunakan metode *Fellenius*, *Janbu Simplified*, dan *Morgenstern Price*. Bentuk anggapan bidang longsor yang berupa lingkaran dimaksudkan agar mempermudah proses analisis stabilitasnya secara matematik dan dipertimbangkan mendekati bentuk bidang longsor di lapangan yang sering terjadi berupa lingkaran. Kesalahan analisis stabilitas lereng tidak banyak disebabkan oleh bentuk anggapan bidang longsornya, akan tetapi banyak ditentukan pada penentuan sifat-sifat tanah dan pencarian koordinat longsoran kritisnya.

#### **2.4 Perkuatan Geotekstil**

Menurut Gati (2018) menyatakan bahwa geotekstil merupakan salah satu jenis geosintetik (produk buatan polimer) yang berfungsi memperbaiki daya dukung tanah. Jenis geotekstil yang utama adalah geotekstil *non woven* (tak-teranyam) dan geotekstil *woven* (teranyam). Pemanfaatan geotekstil banyak digunakan untuk perkuatan tanah dasar pada struktur perkerasan jalan. Geotekstil juga telah sering digunakan untuk stabilisasi timbunan badan jalan yang terletak pada pondasi tanah lunak.

Menurut Annisa (2018) dalam perencanaan perkuatan dengan geotekstil maupun perkuatan dengan dinding penahan tanah bertulang/konvensional harus memenuhi dua faktor syarat keamanan yaitu aman terhadap stabilitas eksternal maupun internal. Stabilitas internal tergantung pada kemampuan internal struktur dalam menahan gaya yang terjadi, kemampuan ini dipengaruhi jenis dan mutu material, dimensi material, joint, dan lain sebagainya. Sedangkan faktor eksternal yaitu aman terhadap guling, aman terhadap geser, aman terhadap daya dukung dan aman terhadap stabilitas eksentrisitas.

Menurut Ma'ruf (2019) apabila tanah digabungkan dengan geosintetik, menghasilkan suatu material komposit yang memiliki kuat tekan dan kuat tinggi sehingga diharapkan dapat menahan yang bekerja dan deformasi. Pada tahapan tersebut, geotekstil berlaku sebagai bagian tahanan tarik gesekan (*adhesi*), saling mengikat (*interlocking*) atau pengurungan (*confinement*) yang digabungkan ke tanah/timbunan dan menjaga stabilitas massa tanah seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1 di bawah ini.



**Gambar 2.1 Dasar Mekanisme Perkuatan Lereng dengan Tanah**

(Sumber: Ma'ruf, 2019)

## 2.5 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil

Prasasti, dkk (2013) dalam penelitiannya berjudul Analisis Variasi Panjang Lapisan Dan Jarak Vertikal Antar Geotextile Terhadap Daya Dukung Tanah yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak vertikal dan panjang lapis antar geotekstil terhadap daya dukung tanah pada struktur lereng. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian memakai *box model test* terbuat dari *fiberglass* dengan ukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m dan tinggi 1,0 m serta dasar *box* menggunakan plat baja tebal 1,2 cm. Pembebanan berupa beban merata dengan pemberian beban setiap kelipatan 25 kg hingga lereng runtuh dan tidak mampu menahan beban. Percobaan dibuat 9 benda uji dengan jumlah lapisan 3 buah, variasi panjang geotekstil ( $L$ ), jarak vertikal antarlapisi ( $S_v$ ), sudut kemiringan lereng  $\alpha = 51^\circ$ , dan panjang pengangkuran 15,4 cm. Berdasarkan penelitian dilakukan diperoleh penggunaan geotekstil dapat meningkatkan daya dukung pada lereng daripada tanpa

menggunakan perkuatan. Berdasarkan hasil analisis BC<sub>I</sub>qu dan BC<sub>I</sub>s didapatkan semakin panjang lapisan (L) maka beban yang mampu ditahan semakin besar dengan penempatan geotekstil paling maksimum pada rasio  $L/H = 0,59$ , sedangkan semakin rapat jarak vertikal maka beban yang dapat ditahan tanah semakin besar juga dengan penempatan geotekstil paling maksimum pada rasio  $S_v/H = 0,15$ .

Arsy (2018) dalam penelitiannya berjudul Analisis Stabilitas Timbunan Pada Konstruksi Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Fellenius. Dalam penelitiannya pada studi kasus jalan tol Solo-Kertosono analisis masalah dilakukan dengan metode *Fellini* secara manual dan digunakan bantuan aplikasi *Geoslope*. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh panjang geotekstil, jarak vertikal antar geotekstil dan sudut kemiringan lereng terhadap angka aman timbunan. Variasi pemodelan lereng terbagi menjadi tiga jenis yaitu variasi panjang geotekstil 10m, 13m dan 15m dan variasi jarak antar geotekstil yaitu 0,3m, 0,4m, dan 0,6 m serta variasi sudut kemiringan lereng yaitu 19°, 25°, dan 29°. Dari hasil analisis yang didapatkan dapat diambil kesimpulan yaitu nilai angka aman lereng timbunan akan semakin lebih besar jika panjang geotekstil semakin besar, jarak antar geotekstil semakin rapat, dan sudut kemiringan lereng semakin landai.

Sekarti (2018) dalam penelitiannya berjudul Analisis Stabilitas Timbunan Di Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura bertujuan untuk mengetahui angka keamanan stabilitas lereng timbunan yang terjadi akibat fondasi timbunan berada diatas tanah lunak. Analisis stabilitas timbunan ini dilakukan dengan metode *Fellenius*, *Janbu Simplified* dan *Morgenstern-Price* menggunakan *Slope/W*. Hasil penelitian didapatkan dengan variasi penambahan trap tanpa beban gempa diperoleh kondisi timbunan yang aman karena  $SF > 1,5$ . Sedangkan pada variasi penambahan trap dengan beban gempa diperoleh kondisi tidak aman pada variasi tanpa trap hingga 5 trap. Setelah penambahan 6 trap timbunan diperoleh kondisi aman. Variasi penambahan trap dapat meningkatkan faktor keamanan sebesar 16,67 %. Sedangkan dengan dilakukan pemasangan geotekstil menghasilkan peningkatan angka keamanan sebesar 40% dan dengan pemasangan panjang geotekstil seragam 24 m meningkatkan angka aman dan stabil sebesar 100%.

Annisa (2018) dalam penelitiannya berjudul Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil Pada Bantaran Sungai Gajah Putih bertujuan untuk mengetahui angka aman lereng diperkuat dengan dinding pasangan batu, dinding penahan kantilever, dan perkuatan lereng dengan geotekstil. Analisis stabilitas ini dilakukan dengan metode elemen hingga yaitu program *Plaxis*. Pada analisis dinding penahan tanah digunakan analisis secara manual menurut teori *Rankine* dan *Plaxis*. Analisis pengaruh muka air sungai dilakukan pada kondisi muka air normal dan muka air banjir. Sedangkan analisis beban dari luar memperhitungkan pengaruh beban merata pejalan kaki dan beban gempa. Dari perencanaan perkuatan tersebut didapatkan hasil bahwa perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah dibandingkan perkuatan dengan geotekstil diperoleh nilai angka aman yang tidak jauh berbeda. Perkuatan lereng dengan geotekstil mempunyai nilai angka aman lebih kecil dibandingkan perkuatan dengan dinding penahan tanah tetapi pergerakan yang terjadi pada perkuatan dinding penahan tanah lebih tinggi dibandingkan perkuatan geotekstil. Sehingga nilai angka aman lereng dengan diperkuat geotekstil yang telah memenuhi syarat keamanan menunjukkan bahwa lereng telah stabil dan pergerakan tanah yang terjadi lebih kecil dibandingkan pada perkuatan dinding penahan. Oleh karena itu perkuatan lereng dengan geotekstil dapat digunakan sebagai alternatif perkuatan pada lereng bantaran sungai Gajah Putih.

Gati (2018) dalam penelitiannya berjudul Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan dan Prediksi Timbunan Yang Terjadi Menggunakan Program *Plaxis* bertujuan untuk memperoleh angka *safety factor* timbunan dengan dan tanpa pengaruh gempa serta pemodelan timbunan. Penelitian ini dilakukan pada proyek tol Cimanggis- Cibitung seksi II ruas Transyogi-Narogog tepatnya pada Taman Rahayu STA 36+200 – STA 37+700. Berdasarkan hasil analisis dengan *Plaxis 8.5* lereng timbunan yang mendapatkan *safety factor* yang aman dan sesuai disyaratkan pada timbunan dengan *replacement* dan geotekstil penuh.. Adapun timbunan dengan variasi pemodelan semakin baik maka penurunan selama

200 hari semakin kecil dan timbunan yang semakin tinggi menyebabkan penurunan yang terjadi semakin besar.

Ma'ruf (2019) dalam penelitiannya berjudul Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Perangkat Lunak Pada Proyek Jalan Tol Solo-Kertosono Seksi bertujuan mengetahui *safety factor* lereng dan penurunan selama 365 hari timbunan badan jalan pada tinggi timbunan 3m, 5m, dan 9m dengan beberapa variasi pemodelan. Pada penelitiannya ini dalam proses analisis stabilitas lereng dilakukan menggunakan bantuan program *Plaxis* dengan variasi pemodelan. Berdasarkan hasil analisis diperoleh kondisi aman dan stabil dimana angka aman lebih besar dari disyaratkan 1,4 yaitu pada timbunan 3 meter tanah asli dengan geotekstil 1 lapis saat konstruksi diperoleh angka aman 1,4467 dan paska konstruksi 1,2483 serta penurunan 0,757, kondisi tanah asli replacement 1 meter dengan geotekstil saat konstruksi diperoleh angka aman 1,7795 dan paska konstruksi 1,5627 serta penurunan 0,714 meter. Pada timbunan 5 meter yaitu pada kondisi tanah asli replacement 1 meter dengan geotekstil 1 lapis saat konstruksi diperoleh angka aman 1,563, untuk paska konstruksi 1,4561 dan penurunan 1,301 meter. Timbunan 9 meter tanah asli *replacement* 1 meter dengan geotekstil, yaitu pada kondisi tanah asli *replacement* 1 meter dengan geotekstil 2 lapis dan *counterweight* diperoleh angka aman 1,522 saat konstruksi dan 1,4934 saat paska konstruksi dengan penurunan 0,444 meter.

## **2.6 Perbandingan Penelitian Yang Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan**

Adapun adanya perbandingan penelitian yang akan dilakukan dengan beberapa penelitian terdahulu yang disajikan diatas dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini

**Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang**

Penelitian Terdahulu							Penelitian Yang dilakukan
Peneliti	Prasasti, dkk (2013)	Arsy (2018)	Sekarti (2018)	Annisa (2018)	Gati (2018)	Ma'ruf (2019)	Rakhman (2021)
Judul Penelitian	Analisis Variasi Panjang Lapisan Dan Jarak Vertikal Antar Geotextile Terhadap Daya Dukung Tanah	Analisis Stabilitas Timbunan Pada Konstruksi Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Fellenius	Analisis Stabilitas Timbunan Di Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura	Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil Pada Bantaran Sungai Gajah Putih	Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan dan Prediksi Timbunan Yang Terjadi Menggunakan Program <i>Plaxis</i>	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Perangkat Lunak Pada Proyek Jalan Tol Solo-Kertosono Seksi I	Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan Diatas Tanah Lunak Dengan Perkuatan Geotekstil
Metode Yang Digunakan	Analisis dilakukan dengan pengujian laboratorium memakai <i>box model test</i> terbuat dari <i>fiberglass</i>	Analisis timbunan dengan metode <i>Fellenius</i> dan melalui program <i>Geoslope</i>	Analisis menggunakan program <i>Slope/W</i> dengan metode <i>Fellenius</i> , <i>Janbu Simplified</i> , dan <i>Morgenstern Price</i>	Analisis dengan perhitungan manual dan dengan bantuan program <i>Plaxis</i>	Analisis dengan metode elemen hingga yaitu <i>plaxis</i> dan metode Irisan	Analisis dengan metode elemen hingga yaitu <i>plaxis</i> dan metode Irisan	Analisis menggunakan bantuan program <i>Plaxis</i> dan timbunan yang collapse dilakukan analisis dengan metode <i>Fellenius</i>



Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Penelitian Terdahulu							Penelitian Yang dilakukan
Peneliti	Prasasti, dkk (2013)	Arsy (2018)	Sekarti (2018)	Annisa (2018)	Gati (2018)	Ma'ruf (2019)	Rakhman (2021)
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui pengaruh panjang lapisan dan jarak vertikal antar Geotekstil terhadap daya dukung tanah	Untuk mengetahui pengaruh panjang geotekstil, jarak vertika antar geotekstil dan sudut kermiringan lereng terhadap angka aman timbunan	Untuk mengetahui perbandingan nilai angka aman dengan pemodelan variasi beban, trap, panjang geotekstil dan kesetimbangan batas.	Untuk mengetahui perbandingan angka aman lereng diperkuat dengan dinding pasangan batu, dinding penahan kantilever, dan geotekstil	Untuk memperoleh angka <i>safety factor</i> timbunan dengan dan tanpa pengaruh gempa serta pemodelan timbunan	Untuk mengetahui penurunan tanah dan angka aman timbunan serta pemodelan tinggi timbunan 3m, 5m, dan 9m dengan <i>Plaxis</i> dan perhitungan manual	Untuk mengetahui angka aman timbunan pada tinggi timbunan 3,5m, 7m dan 10,5m dengan variasi pemodelan akibat pengaruh beban dan tinggi muka air



Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Penelitian Terdahulu							Penelitian Yang Dilakukan
Peneliti	Prasasti, dkk (2013)	Arsy (2018)	Sekarti (2018)	Annisa (2018)	Gati (2018)	Ma'ruf (2019)	Rakhman (2021)
Hasil Penelitian	Analisis BCIqu dan BCIs bahwa makin panjang lapisan (L), beban yang mampu ditahan makin besar dengan penempatan geotekstil paling maksimum pada rasio L/H = 0,59, makin rapat jarak vertikal maka beban yang dapat ditahan tanah semakin besar juga dengan penempatan geotekstil paling maksimum pada rasio Sv/H = 0,15	Nilai angka aman lereng timbunan akan semakin lebih besar jika panjang geotekstil semakin besar, jarak antar geotekstil semakin rapat, dan sudut kemiringan lereng semakin landai	Beban gempa menurunkan rata-rata 44,405 % tingkat kestabilan timbunan . Penambahan trap meningkatkan kondisi aman sebesar 16,67%. Sedangkan geotektil seragam 24 m memastikan kondisi aman sebesar 100 %	Lereng dengan dinding penahan tanah memiliki stabilitas sedikit lebih besar daripada lereng diperkuat geotekstil namun pergerakan tanah yang terjadi lebih besar	Timbunan tanah asli mengalami collapse. Penambahan variasi replacement, counterweight dan geotekstil meningkatkan angka aman sehingga lereng dalam kondisi aman dan stabil.	Timbunan dengan penambahan kekuatan geotekstil dihasilkan angka aman yang memenuhi sehingga kelongsoran dapat dicegah	Penambahan replacement dan kekuatan dengan geotekstil dapat meningkatkan angka aman timbunan yang cukup tinggi dan memperkecil penurunan tanah sehingga lereng aman dan stabil.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Penelitian Terdahulu						
Peneliti	Prasasti, dkk (2013)	Arsy (2018)	Sekarti (2018)	Annisa (2018)	Gati (2018)	Ma'ruf (2019)
Perbedaan Penelitian	Metode yang digunakan	Lokasi studi kasus dan data parameter tanah berbeda.	Lokasi studi kasus dan data parameter tanah berbeda.	Lokasi studi kasus dan data parameter tanah berbeda.	Lokasi studi kasus dan data parameter tanah berbeda.	Lokasi studi kasus dan data parameter tanah berbeda..
	Hasil yang diperoleh pengaruh panjang geotekstil dan jarak antar lapisan. Sedangkan peneliti nilai angka aman timbunan.	Program digunakan bukan <i>Plaxis</i>	Program digunakan bukan <i>Plaxis</i>	Membandingkan pengaruh perkuatan DPT dengan geotekstil pada lereng bantaran sungai sedangkan peneliti membandingkan pengaruh variasi replacement dan geotekstil pada lereng timbunan tol	Tidak memperhitungkan pengaruh muka air tanah	Tidak memperhitungkan pengaruh muka air tanah
		Membandingkan variasi pemodelan panjang dan jarak antar geotekstil serta sudut kemiringan lereng sedangkan peneliti membandingkan pengaruh variasi <i>replacement</i> dan geotekstil	Membandingkan pengaruh variasi penambahan trap sedangkan peneliti membandingkan pengaruh variasi replacement dan geotekstil		Variasi pemodelan tinggi timbunan	Variasi pemodelan tinggi timbunan
					Konsolidasi selama 200 hari sedangkan peneliti selama 365 hari.	Konsolidasi selama 200 hari sedangkan peneliti selama 365 hari.

## **BAB III LANDASAN TEORI**

### **3.1 Tanah**

#### **3.1.1 Pengertian Umum**

Peranan tanah sangat penting bagi suatu pembangunan konstruksi sebagai lokasi pekerjaan, pondasi pendukung bangunan, bahan konstruksi bangunan seperti tanggul dan bendungan. Mengingat hampir setiap pekerjaan teknik sipil pasti tidak lepas dari peranan tanah dalam pembangunan konstruksi, dalam setiap perencanaan maupun pelaksanaan konstruksi, para tenaga teknik sipil (konstruksi) perlu mengetahui fungsi-fungsi dan sifat tanah secara baik .

Dalam pandangan teknik sipil merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara maupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk lain diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh *oksigen*, *karbondioksida*, air (terutama yang mengandung asam atau *alkali*) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut (*transported soil*). Penggunaan istilah lempung, lanau, pasir dan lumpur mencerminkan ukuran butiran partikel dan juga menggambarkan sifat tanah yang khusus (Hardiyatmo ,2002)

### 3.1.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah merupakan tahapan pertama dalam merencanakan suatu pekerjaan struktur bangunan bawah (struktur tanah). Ruang lingkup penyelidikan tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah penyelidikan di lapangan dan penyelidikan di laboratorium

Metode yang digunakan dalam penyelidikan tanah di lapangan adalah *Standard penetration test* (SPT). Pengujian ini berguna untuk memperkirakan nilai kerapatan dari lapisan tanah pada tiap kedalaman dan stratifikasi tanah secara pendekatan. Pelaksanaan SPT dilakukan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Sedangkan pengujian di laboratorium dilakukan dengan mengambil sampel tanah yang dianggap mewakili setiap tanah dari lokasi perencanaan proyek. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui data – data properties tanah.

Pekerjaan penyelidikan ini sangat penting dilakukan dengan tujuan agar diharapkan dapat mengidentifikasi dan mengetahui informasi keadaan di bawah permukaan tanah antara lain :

1. Lapisan tanah dan batuan secara horisontal dan vertikal
2. Untuk mengetahui letak muka air tanah
3. Tingkat kepadatan tanah
4. Mengetahui jenis tanah dan sifat-sifat atau propertis tanah

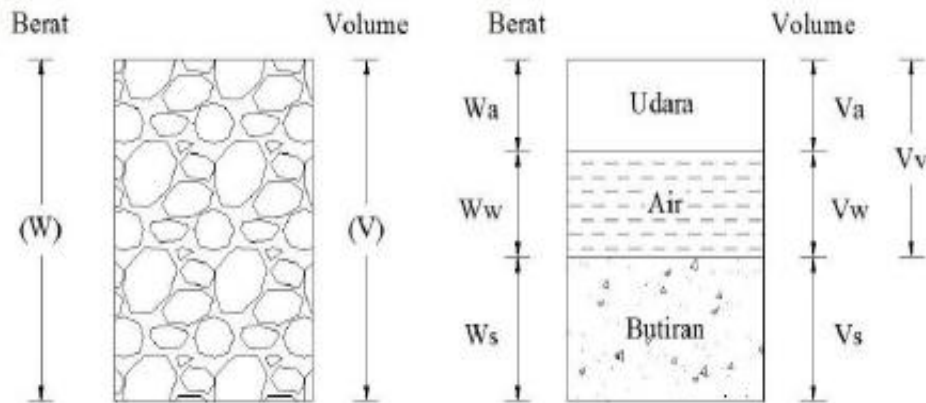
### 3.1.3 Parameter Tanah Yang Digunakan Dalam *Plaxis*

Dalam analisis data menggunakan program *Plaxis* diperlukan input beberapa parameter tanah adalah sebagai berikut.:

#### 1. Berat volume Tanah

Dalam segumpal tanah tersusun atas dua atau tiga bagian. Pada tanah kering , segumpal tanah tersebut terdapat dua bagian yaitu bagian padat atau butir-butir tanah dan rongga-rongga udara . Dalam tanah yang jenuh, tanah juga terdiri dua bagian yaitu butiran tanah dan air pori. Sedangkan tanah yang tidak jenuh mempunyai tiga bagian yaitu butir-butir tanah, rongga udara dan air pori. Berikut

merupakan diagram fase yang menggambarkan bagian tanah tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1 Diagram Fase Tanah**

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Berdasarkan gambar di atas dapat diperoleh Persamaan 3.1, Persamaan 3.2, dan Persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$W = W_s + W_w \quad (3.1)$$

dan

$$V = V_s + V_w + V_a \quad (3.2)$$

$$V_v = V_w + V_a \quad (3.3)$$

dengan :

$W_s$  = berat butiran padat

$W_w$  = berat air

$V_s$  = volume butiran padat

$V_w$  = volume air

$V_a$  = volume udara

Dengan berat udara ( $W_a$ ) dianggap sama dengan nol. Dalam mekanika tanah, hubungan antara parameter volume diatas adalah sebagai berikut.

a. Kadar air

Kadar air merupakan berat butiran air ( $W_w$ ) dengan berat butiran padat ( $W_s$ ) yang dinyatakan dalam persen. Persamaan kadar air dapat dilihat pada Persamaan 3.4

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (3.4)$$

b. Porositas (n) dan angka pori (e)

Porositas (n) adalah perbandingan antara volume rongga ( $V_v$ ) dengan volume total (V) dinyatakan dalam persen atau desimal. Sedangkan angka pori (e) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga ( $V_v$ ) dengan volume butiran ( $V_s$ ) yang dinyatakan dalam desimal seperti pada Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{1+e} \quad (3.5)$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1-n} \quad (3.6)$$

c. Berat jenis atau berat spesifik (Gs)

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat volume butir padat ( $\gamma_s$ ) dengan volume air ( $\gamma_w$ ) seperti pada Persamaan 3.7

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.7)$$

Dari parameter-parameter diatas dapat diperoleh nilai berat volume yang dapat menentukan besarnya beban pada bidang longsor. Nilai berat volume yang semakin besar pada lereng maka gaya geser penyebab longsor yang terjadi akan semakin tinggi. Dalam analisa stabilitas lereng, nilai berat volume terdapat tiga parameter yaitu

a. Berat volume tanah lembab atau basah ( $\gamma_b$ )

Berat volume lembab adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk berat udara dan air (W) dengan volume total tanah (V) seperti pada Persamaan 3.8

$$\gamma_b = \frac{W}{V} = \frac{Gs \cdot \gamma_w \cdot (1 + w)}{1 + e} \quad (3.8)$$

b. Berat volume jenuh air ( $\gamma_{sat}$ )

Jika tanah dalam keadaan jenuh air (derajat jenuh tanah atau  $S = 100\%$ ) maka untuk berat volume jenuh air diperoleh Persamaan 3.9

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w \cdot (Gs + e)}{1 + e} \quad (3.9)$$

c. Berat volume kering ( $\gamma_d$ )

Berat volume kering merupakan perbandingan antara berat butiran ( $W_s$ ) dengan volume total (V) diperoleh Persamaan 3.10

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{Gs \cdot \gamma_w}{1 + e} \quad (3.10)$$

## 2. Permeabilitas Tanah

Permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori (Hardiyatmo, 2002). Antar rongga pori tanah saling berhubungan satu sama lain sehingga air dapat melewatinya dari titik dengan energi tinggi sampai ke titik dengan energi lebih rendah. Sedangkan pada tanah, permeabilitas dapat digambarkan sebagai sifat tanah yang dapat meloloskan air melewati rongga pori tanah (*permeable*), sebaliknya istilah kedap air (*impermeable*), jika tanah memiliki kemampuan meloloskan air sangat kecil. Dalam tanah, aliran air kemungkinan mempunyai sifat laminar dan turbulen. Menurut Das (1983) dalam Hardiyatmo (2002) beberapa kisaran nilai permeabilitas tanah ( $k$ ) biasanya dinyatakan pada temperatur  $20^\circ\text{C}$  secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah seperti terlihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Koefisien Nilai Permeabilitas Tanah ( $k$ )**

Jenis Tanah	$k$ (mm/det)
Butiran Kasar	$10^{-1} - 10^{-3}$
Kerikil halus, butiran kasar bercampur pasir butiran sedang	$10^{-2} - 10^{-1}$
Pasir halus, lanau longgar	$10^{-4} - 10^{-2}$
Lanau padat, lanau berlempung	$10^{-5} - 10^{-4}$
Lempung berlanau, lempung	$10^{-8} - 10^{-5}$

(Sumber: Das, 1983)

### 3. Modulus Young

Angka modulus young mendefinisikan besarnya nilai elastisitas tanah dimana merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Untuk mendapatkan nilai modulus elastis dapat diperoleh dengan *triaxial test* pada kondisi *undrained*. Menurut Das (1977) dalam Hardiyatmo (2002), nilai modulus elastisitas secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada Tabel 3.2

**Tabel 3.2 Nilai Perkiraan Modulus Elastis Tanah**

Macam Tanah	E (kN/m <sup>2</sup> )
<i>Lempung :</i>	
Sangat lunak	300 – 3000
Lunak	2000 – 4000
Sedang	4500 – 9000
Keras	7000 – 20000
Berpasir	30000 – 42500
<i>Pasir :</i>	
Berlanau	5000 – 20000
Tidak padat	10000 – 25000
Padat	50000 – 100000
<i>Pasir dan kerikil :</i>	
Padat	80000 – 200000
Tidak padat	50000 – 140000
Lanau	2000 – 20000
Loess	15000 – 60000
Cadas	140000 - 1400000

(Sumber: Bowles, 1977)



#### 4. Angka *Poisson Ratio* ( $\mu$ )

Angka *poisson ratio* dapat dihitung dari pengukuran regangan kompresi aksial dan regangan lateral selama uji triaksial. Nilai *poisson ratio* dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

**Tabel 3.3 Nilai Perkiraan Angka *Poisson Ratio***

Macam Tanah	Angka Poisson ( $\mu$ )
Lempung jenuh	0,40 – 0,50
Lempung tak jenuh	0,10 – 0,30
Lempung berpasir	0,20 – 0,30
Lanau	0,30 – 0,35
Pasir padat	0,20 – 0,40
Pasir kasar ( $e = 0,4 - 0,7$ )	0,15
Pasir halus ( $e = 0,4 - 0,7$ )	0,25
Batu	0,10 – 0,40
Loess	0,10 – 0,30

(Sumber: Bowles .1977)

#### 5. Kuat geser tanah

Parameter kuat geser tanah sangat diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth preassure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*). Parameter tersebut ditentukan dari pengujian laboratoium dari sampel benda uji yang diambil dilapangan yang dianggap mewakili. Menurut teori Moch (1910) dalam Hardiyatmo (2010) menyatakan bahwa kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan geser pada bidang runtuhnya. Menurut Hardiyatmo (2010) menjelaskan bahwa kuat geser tanah merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butiran tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar seperti ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan pematatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada gesernya .

Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya

Menurut Coulomb (1776) dalam Hardiyatmo (2010) mendefinisikan kekuatan geser dengan Persamaan 3.11 berikut

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg}(\varphi) \quad (3.11)$$

dengan:

$\tau$  = kuat geser tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$c$  = kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$\varphi$  = sudut gesek dalam tanah ( $^\circ$ )

$\sigma$  = tegangan normal pada bidang runtuh ( $\text{kN/m}^2$ )

Menurut Terzaghi (1925) dalam Hardiyatmo (2010) menyatakan tegangan efektif didalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori. Maka Persamaan 3.11 diubah kedalam bentuk tegangan efektif dapat dilihat pada Persamaan 3.12a dan Persamaan 3.12 b

$$\tau = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi' \quad (3.12a)$$

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

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \varphi' \quad (3.12b)$$

dengan :

$c'$  = kohesi tanah efektif ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma'$  = tegangan normal efektif ( $\text{kN/m}^2$ )

$u$  = tekanan air pori ( $\text{kN/m}^2$ )

$\varphi'$  = sudut geser dalam tanah efektif ( $^\circ$ )

Kuat geser sangat dipengaruhi oleh dua variabel yaitu kohesi dan sudut geser dalam. Kohesi dapat diartikan gaya tarik menarik antara partikel dalam tanah yang dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi semakin besar apabila jarak antar molekul atau partikel tanah semakin rapat. Bersamaan dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang

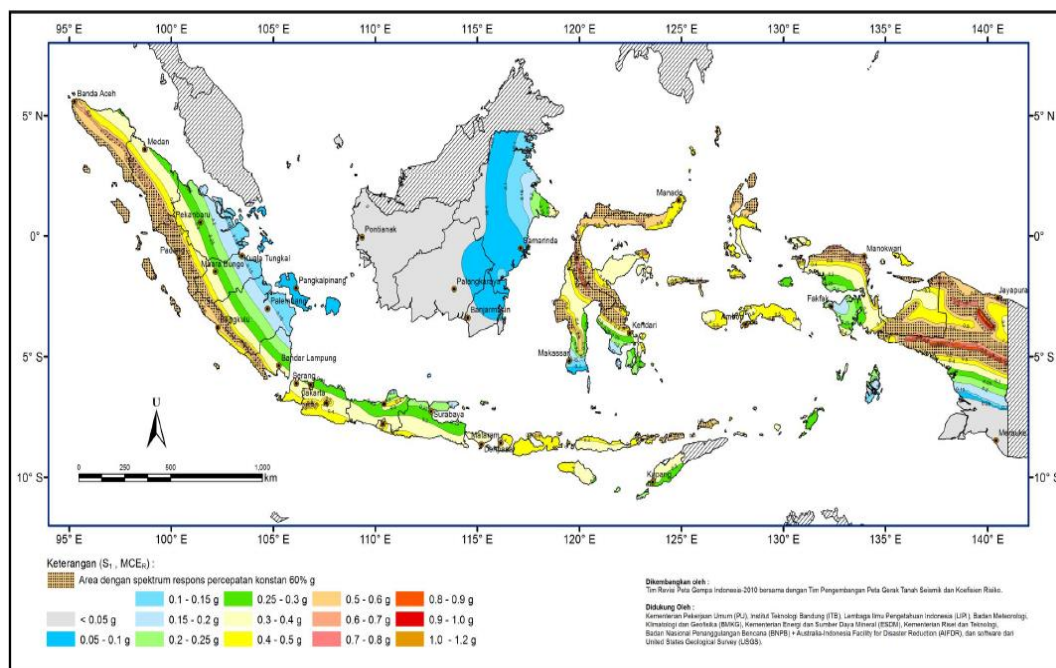
menentukan daya tahan tanah terhadap deformasi akibat adanya tegangan yang bekerja pada tanah, dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Sudut geser dalam merupakan sudut yang terbentuk saat pergeseran dua atau lebih partikel tanah akibat hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dalam material tanah. Secara sederhana, dapat kita lihat saat kita mengambil sejumlah pasir dan dituang diatas permukaan, pasir tersebut akan membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Inilah makna fisik sudut geser dalam tanpa kondisi tanpa pengekang. Semakin besar nilai sudut geser dalam maka tanah akan lebih tahan menerima gaya/tegangan luar terhadapnya. Nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam dapat didapatkan dari pengujian laboratorium yaitu *Triaxial Test* (Uji Triaksial) dan *Direct Shear Test* (Uji geser langsung).

### 3.2 Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban yang bekerja secara bolak balik pada suatu struktur yang disebabkan pergerakan tanah yang terjadi akibat gempa. Pelepasan energi akibat gempa mengakibatkan percepatan seismik dari pusat gempa menuju permukaan tanah. Penentuan beban gempa lebih kompleks dibandingkan beban tetap/gravitasi yang relatif lebih mudah. Salah satu cara penentuan beban gempa adalah dengan respon spektrum berdasarkan sejarah gerakan tanah (percepatannya) wilayah setempat atau mirip keadaan tanah wilayah setempat. Hal-hal yang mempengaruhi respon tanah setempat yaitu geologi lokal, topografi, kondisi dan jenis tanah.

Beban dinamik gempa meningkatkan tegangan geser lereng sehingga mengurangi volume pori tanah dan menurunkan kuat geser tanah pada lereng timbunan. Beban gempa juga berpengaruh signifikan terhadap tegangan-tegangan dinamik horisontal dan vertikal pada lereng. Tegangan-tegangan tersebut menghasilkan tegangan normal dinamik dan tegangan geser sepanjang daerah yang berpotensi longsor yang dapat melampaui tahanan geser izin tanah. Oleh karena itu, hal tersebut dapat menyebabkan lereng menjadi tidak stabil. Pada kenyataannya beban gempa pada masing-masing daerah/wilayah memiliki beban gempa yang berbeda satu sama lainnya sehingga pada perencanaan beban gempa

didasarkan pada peta zonasi gempa (Gambar 3.2). Analisis perencanaan beban gempa pada struktur timbunan secara lebih jelasnya dapat dilihat pada Bab IV.



**Gambar 3.2 Peta Zonasi Gempa Indonesia**

(Sumber : SNI 1726:2019)

### 3.3 Lereng

Lereng merupakan suatu kondisi permukaan bumi yang memiliki perbedaan elevasi permukaan tanah daerah satu dengan lainnya dan membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horisontal. Abramson (1985) menyatakan bahwa menurut proses pembentukannya, lereng dibagi menjadi lereng alam (*natural slope*) dan lereng buatan (*engineered slope*). Lereng alam terbentuk akibat proses alamiah yang berlangsung sangat lama. Lereng alam misalnya lereng pada bukit dan tebing sungai yang stabil selama bertahun-tahun dapat tiba-tiba longsor akibat perubahan tegangan, pengaruh cuaca, hilangnya kuat geser, aktivitas gempa, aliran air tanah, dan perubahan topografi. Lereng buatan merupakan lereng yang dibuat secara sengaja oleh manusia yang umumnya terdiri atas galian dan timbunan berguna pada pekerjaan jalan, tanggul, bendungan, bangunan dan lain sebagainya.

### 3.3.1 Kelongsoran Lereng

Tanah dengan permukaan yang tidak horisontal, akibat adanya pengaruh komponen gravitasi cenderung menggerakkan tanah ke bawah. Kelongsoran lereng dapat terjadi apabila perlawanan pergeseran yang dapat dikerahkan tanah pada bidang longsor terlampaui akibat komponen gravitasi yang sedemikian besar. Terzaghi (1950) dalam Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa penyebab longsor pada lereng terbagi akibat pengaruh dalam dan pengaruh luar. Pengaruh dalam merupakan longsor disebabkan tanpa adanya perubahan kondisi dari luar atau gempa misalnya akibat pengaruh naiknya tekanan air pori. Pengaruh luar, yaitu pengaruh yang dapat menyebabkan naiknya gaya geser tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Seringkali kondisi ini akibat perbuatan manusia misalnya mempertajam kemiringan lereng, memperdalam galian tanah dan erosi sungai.

### 3.3.2. Analisis Stabilitas Lereng Berbentuk Lingkaran

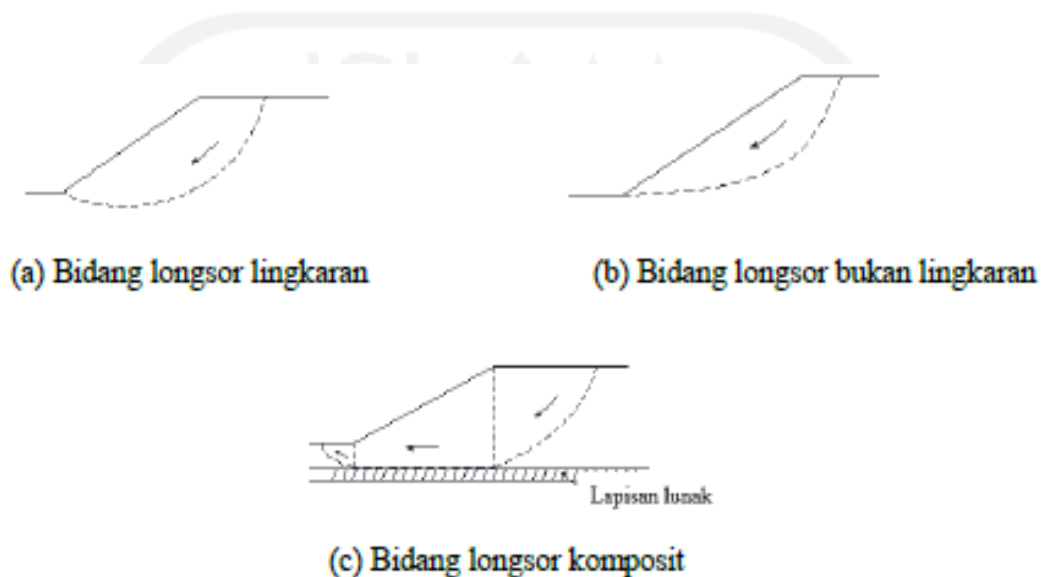
Craig (1989) menyatakan bahwa gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) pada lereng alami (*natural slope*), lereng yang dibentuk cenderung menyebabkan ketidakstabilan (*instability*). Analisis stabilitas lereng tidaklah mudah, karena adanya banyak faktor yang dapat mempengaruhi hasil analisis.

Hardiyatmo (2002) menjelaskan bahwa pada praktek, analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*). Dalam proses analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat, antara lain :

1. Kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
2. Massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda masif.
3. Tahanan geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis.

Menurut Collin (1846) dalam Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa peristiwa longsor di alam seringkali terjadi dengan bidang longsor berupa lengkungan. Lengkungan tersebut dapat berbentuk bidang lingkarang (*spiral*),

bukan lingkaran ( spiral logaritmis) maupun kombinasi keduanya. Terkadang ditemui pada lapisan tanah keras (misalnya pasir padat, permukaan batu, lempung sangat padat) atau lapisan sangat lunak, suatu bidang longsor tidak berupa lengkung kurva menerus akibat adanya perpotongan dari bidang longsor. Bentuk-bentuk bidang longsor tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3



**Gambar 3.3 Bentuk-bentuk bidang longsor**

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Angapan bidang longsor berupa bentuk lingkaran bertujuan agar memudahkan proses analisis hitungan stabilitas secara matematik dan mendekati bentuk bidang longsor di alam. Menurut Bowles (1894) dalam Hardiyatmo (2002) menganggap bahwa kesalahan analisis hitungan stabilitas lereng tidak banyak dipengaruhi bentuk anggapan bidang longsor, namun lebih disebabkan kesalahan penentuan sifat-sifat tanah dan penentuan lokasi bidang longsor kritisnya.

Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih dari 1.

Faktor aman merupakan perbandingan nilai antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, dapat dilihat pada Persamaan 3.13

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (3.13)$$

dengan:

$\tau$  = tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah ( $\text{kN/m}^2$ ),

$\tau_d$  = tegangan geser terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor ( $\text{kN/m}^2$ ),

$F$  = faktor keamanan.

Menurut teori Mohr-Coulomb dalam Hardiyatmo (2002), tahanan geser ( $\tau$ ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, sepanjang bidang longsornya, dinyatakan pada Persamaan 3.14

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (3.14)$$

dengan:

$\tau$  = tegangan geser ( $\text{kN/m}^2$ ),

$c$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ ),

$\varphi$  = sudut gesek dalam tanah ( $^\circ$ ), dan

$\sigma$  = tegangan normal ( $\text{kN/m}^2$ ).

Sedangkan tegangan geser yang terjadi ( $\tau_d$ ) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsornya, dinyatakan dengan menggunakan Persamaan 3.15

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d \quad (3.15)$$

dengan:

$\tau_d$  = tegangan geser ( $\text{kN/m}^2$ ),

$c_d$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ ),

$\varphi_d$  = sudut gesek dalam yang terjadi (derajat), dan

$\sigma$  = tegangan normal ( $\text{kN/m}^2$ )



Ada beberapa metode yang umum digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng salah satunya metode Irisian (*Fellinius*). Menurut Hardiyatmo (2012) menjelaskan bahwa gaya normal yang bekerja pada sembarang titik lingkaran bidang longsor dipengaruhi oleh berat tanah diatas tanah tersebut. Massa tanah yang dianggap bidang longsor dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal dan keseimbangan dari tiap irisan harus diperhatikan. Dalam metode *Fellinius* diasumsikan untuk gaya-gaya yang terjadi pada kedua arah horisontal tiap sembarang irisan diabaikan pada arah tegak lurus bidang longsor. Anggapan tersebut membuat keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dengan mengamati tekanan air pori yaitu dengan menggunakan Persamaan 3.16

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

Atau

$$\begin{aligned} N_i &= W_i \cdot \cos\theta_i - U_i \\ &= W_i \cdot \cos\theta_i - u_i \cdot a_i \end{aligned} \quad (3.16)$$

dengan :

$N_i$  = Gaya normal efektif (kN)

$W_i$  = berat massa tanah irisan ke-i

$U_i$  = Gaya akibat tekanan air pori (kN)

$u_i$  = tekanan air pori pada irisan ke-I (kN/m<sup>2</sup>)

Faktor aman didefinisikan sebagai,

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}} \\ &= \frac{\sum M_r}{\sum M_d} \end{aligned}$$

Jumlah momen yang menahan tanah agar tidak longsor yaitu, seperti Persamaan 3.17

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^{i=n} (c \cdot a_i + N_i \cdot \text{tg } \varphi) \quad (3.17)$$



dengan :

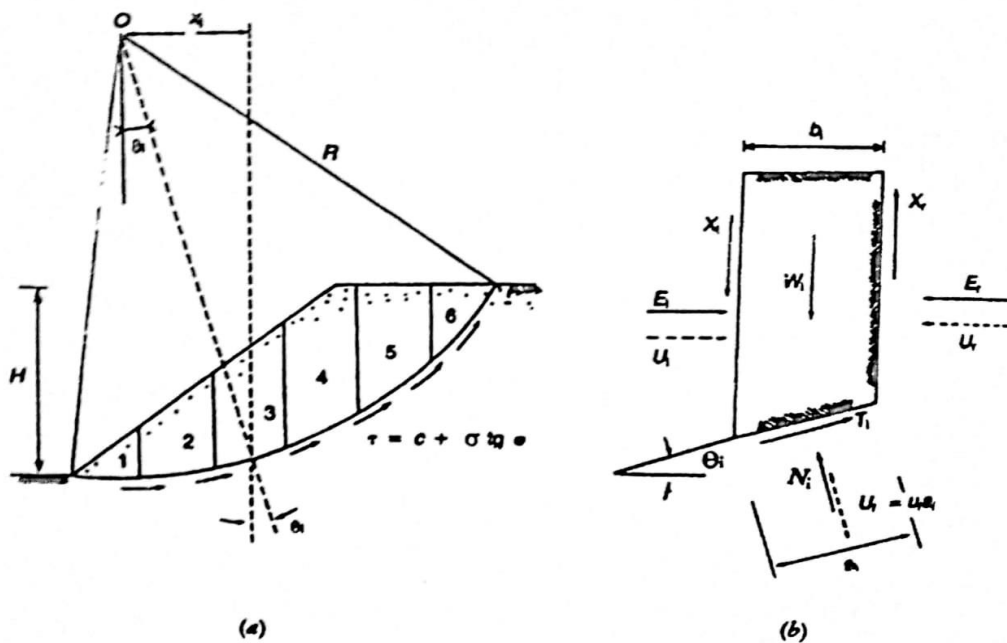
- $R$  = jari-jari lingkaran bidang longsor
- $c$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)
- $a_i$  = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke- $i$  (m)
- $N_i$  = Gaya normal efektif (kN)
- $\varphi$  = sudut gesek dalam tanah (derajat)

Sedangkan untuk momen penggerak longsor merupakan lengan momen dari berat massa tanah dari tiap irisan yaitu seperti Persamaan 3.18

$$\sum Md = R \sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \theta_i \quad (3.18)$$

dengan :

- $R$  = jari-jari lingkaran bidang longsor
- $n$  = jumlah irisan
- $W_i$  = berat massa tanah irisan ke- $i$
- $\theta_i$  = sudut yang didefinisikan seperti pada Gambar 3.4



**Gambar 3.4 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Irisan**

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Sehingga didapatkan faktor aman yaitu dengan Persamaan 3.19

$$F = \frac{\sum_{i=l}^{i=n} (c \cdot a_i + N_i \cdot \text{tg} \varphi)}{\sum_{i=l}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (3.19)$$

Jika pada lereng terdapat air, karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran maka tekanan air pori pada bidang longsor tidak menambah momen akibat tanah yang akan longsor ( $M_d$ ). Sehingga didapatkan Persamaan 3.20 yaitu

$$F = \frac{\sum_{i=l}^{i=n} c \cdot a_i + (W_i \cdot \cos \theta_i - u_i \cdot a_i) \text{tg} \varphi}{\sum_{i=l}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (3.20)$$

dengan,

$F$  = faktor aman

$c$  = kohesi Tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

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

$W_i$  = berat irisan tanah ke-I (kN)

$u_i$  = tekanan air pori pada irisan ke-I ( $\text{kN/m}^2$ )

$\varphi$  = sudut gesek dalam tanah ( $^\circ$ )

$\theta_i$  = sudut yang didefinisikan dalam Gambar 3.4 ( $^\circ$ )

Jika pada lereng terdapat gaya – gaya akibat beban bangunan diatas lereng, maka momen akibat beban tersebut diperhitungkan sebagai  $M_d$  . Analisis dengan metode ini menghasilkan faktor keamanan yang lebih rendah dibandingkan dengan cara hitungan yang lebih teliti. Metode ini memang sering digunakan dalam praktek dilapangan, karena cara perhitngan yang lebih sederhana. Menurut Whitman dan Bailiy (1967) dalam Hardiyatmo (2002) batas nilai kesalahan tergantung dari faktor aman, sudut pust lingkaran, dan besarnya air pori. Meskipun analisis meninjau tegangan total, kesalahan masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat lingkaran.

Adapun nilai faktor keamanan stabilitas lereng dapat dilihat pada Tabel 3.4 dibawah ini

**Tabel 3.4 Nilai Faktor Aman Stabilitas Lereng**

<b>Faktor Keamanan (F)</b>	<b>Keadaan Lereng</b>
$F < 1,00$	Lereng dalam kondisi tidak mantap (lereng <i>labil</i> )
$1,00 < F < 1,20$	Lereng dalam kondisi kemantapan diragukan
$1,30 < F < 1,40$	Lereng dalam kondisi memuaskan
$1,50 < F < 1,70$	Lereng dalam kondisi mantap (lereng <i>stabil</i> )

(Sumber : Sosrodarsono, 2003)

Pada penelitian ini stabilitas lereng timbunan jalan tol digunakan nilai *safety factor* minimal 1,3 dimana lereng sudah dianggap dalam kondisi memuaskan.

### 3.4 Konsolidasi

Apabila suatu lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan dan penurunan yang disebabkan berubahnya susunan tanah akibat berkurangnya rongga pori/air dari dalam tanah tersebut. Penurunan merupakan jumlah total akibat penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Penurunan segera terjadi pada tanah berbutir kasar dan berbutir halus kering atau tidak jenuh yang terjadi secara segera setelah diberi beban. Sedangkan penurunan konsolidasi terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak dibawah muka air tanah.

Ketika tanah jenuh dengan permeabilitas rendah diberi pembebanan , maka dengan segera terjadi penambahan tekanan air pori dalam tanah tetapi lama kelamaan akan turun sering waktu. Adanya perbedaan tekanan air pori pada tiap lapisan tanah, menyebabkan air pori mengalir ke lapisan dengan tekanan air pori yang lebih rendah yang diikuti penurunan tanahnya akibat keluarnya air dari sistem. Namun permeabilitas tanah yang rendah menyebabkan proses ini berlangsung lama. Proses tersebut dinamakan konsolidasi yang didefinisikan proses keluarnya air dari pori tanah tanah jenuh permeabilitas rendah akibat pembebanan dan membuat tanah memadat dan menurun akibat rongga yang tadinya terisi air maka akan terisi tanah diatasnya , dimana prosesnya dipengaruhi kecepatan air pori keluar dari rongga tanah. Proses konsolidasi dapat diamati dengan pemasangan *piezometer*, untuk dapat mencatat perubahan tekanan air pori dengan waktunya.

Besarnya penurunan dapat diukur dengan berpedoman pada titik referensi ketinggian pada tempat tertentu (Hardiyatmo, 2002).

### 3.5 Teori Perkuatan Tanah

Dalam merencanakan dan melaksanakan suatu pekerjaan jalan maupun struktur berbahan tanah pada tanah dasar yang sangat lunak, para ahli geoteknik seringkali menghadapi masalah yang cukup besar. Tanah dilapangan banyak ditemukan tanah lempung dan gambut bersifat kompresibilitasnya tinggi yang dapat mempengaruhi stabilitas dan penurunan tanah. Pada pekerjaan struktural, adanya tambahan beban bangunan dapat menimbulkan tegangan *ultimit* pada dasar fondasi, jika tegangan *ultimit* tersebut melampaui tegangan ijin tanah atau daya dukung tanah maka lereng tanah akan mengalami keruntuhan. Tanah lunak berbutir halus yang basah dan jenuh air memiliki daya dukung rendah, kuat geser rendah, kompresibilitasnya tinggi merupakan masalah yang paling sering dijumpai pada pelaksanaan bangunan. Masalah daya dukung tersebut dapat ditingkatkan agar mampu mendukung beban yang bekerja, salah satu teori yang paling sering digunakan adalah perkuatan tanah. Teknik perkuatan tanah yang berkembang hingga kini, khususnya pada tanah lunak, yaitu menggunakan material yang difungsikan sebagai bahan perkuatan harus mempunyai sifat fleksibilitas relatif tinggi seperti geosintetik (Purwanto, 2012). Perkuatan tanah secara umum dikenal ada dua jenis yaitu perkuatan tanah makro yaitu dengan cara memasukkan material bahan perkuatan tanah kedalam tanah dalam ukuran besar dan perkuatan tanah mikro yaitu dengan mencampur material padat perkuatan tanah kedalam tanah dalam ukuran relatif kecil. Adapun untuk dasar dalam perkuatan tanah adalah sebagai berikut

#### 1. Konsep Tegangan-Regangan

Dalam studi mekanika tanah, salah satu fungsi terpenting yaitu perkiraan besarnya “tegangan” akibat suatu beban atau gaya yang dapat menghasilkan deformasi yang berlebihan disebut “Tegangan Runtuh”. Ketika tanah menerima beban/gaya, akan terjadi reaksi perlawanan tanah berupa tegangan dan regangan. Apabila masih dalam kondisi elastis, reaksi melawan beban yang bekerja

padanya akan terdapat deformasi bentuk, namun jika beban diiadakan tanah akan kembali ke bentuk semula tanpa deformasi.

## 2. Massa Tanah

Tanah merupakan material berbutir yang tidak saling terikat atau terlepas satu sama lainnya. Butiran tanah mengandung mineral Organik dan Non-Organik. Keruntuhan pada masa tanah akibat beban atau gaya, terutama disebabkan oleh tergelincir dan tergulingnya butiran-butiran (soils movement) dan bukan oleh karena tarikan atau tekanan butiran-butiran tanah. Oleh karena itu sifat keruntuhan :

- a. Tegangan yang ditinjau adalah tegangan geser, sedangkan kekuatannya yang ditinjau adalah kuat geser.
- b. “Keruntuhan” merupakan suatu perubahan keadaan pada struktur tanah yang disertai dengan “deformasi” pada zona tegangan sampai deformasi itu berhenti. Deformasi total yang dihasilkan adalah:
  - 1) Deformasi akibat tegangan-tegangan sampai tanah tersebut menjadi runtuh.
  - 2) Deformasi yang terjadi setelah keruntuhan. Kekuatan tanah setelah runtuh disebut “Kekuatan Sisa” (*Residual Strength*).

### 3.6 Geotekstil

Geostintetik merupakan segala macam material bahan berupa lembaran tekstil/sintetis yang digunakan dalam konstruksi geoteknik. Salah satu jenis geosintetik yang paling umum dan banyak digunakan dalam konstruksi geoteknik adalah geotekstil. Geotekstil ialah material berupa lembaran sintetis berbentuk seperti tekstil yang memiliki sifat mudah lolos air . Menurut Koerner (2005) , umumnya fiber -fiber yang digunakan sebagai penyusun material polymer geoteksil adalah *polypropylene* ( $\pm 92\%$ ) , *polyester* ( $\pm 5\%$ ), *polyamide nylon* ( $\pm 2\%$ ) dan *polyethylene* ( $\pm 1\%$ ). Geotekstil memiliki sifat tidak tahan terhadap sinar ultraviolet matahari sehingga dalam berbagai produk geotekstil diolah dengan ramuan khusus agar memberi ketahanan optimum. Oleh karena itu diperlukan pemilihan jenis

geoteksil yang tepat dan tidak lupa pelaksanaan pemasangan dengan benar dalam aplikasi proyek di lapangan.

Geotekstil memiliki banyak fungsi pengaplikasian dalam rekayasa geoteknik salah satunya yaitu perkuatan lereng pada tanah lunak untuk menambah stabilitas lereng . Sebagai perkuatan kereng timbunan, diatas tanah lunak geotekstil diletakkan pada dasar timbunan yang berfungsi sebagai perkuatan sekaligus pemisah antara material yang berbeda. Secara umum geotekstil terbagi menjadi dua jenis yaitu geotekstil tak teranyam (*non-woven*) dan teranyam (*woven*).

### 3.6.1 Geotekstil Teranyam (*Woven*)

Geotekstil teranyam merupakan salah satu material geotekstil yang berbentuk lembaran terbuat dari bahan *silt film tape polypropylene* yang dianyam oleh mesin berteknologi tinggi secara dua arah yaitu memanjang (atas) dan melintang (bawah) . Geotekstil teranyam bersifat permeable dan memiliki kuat tarik tinggi. Kuat tarik pada geotekstil teranyam lebih tinggi sekitar dua kali lipat dibandingkan dengan geotekstil jenis tak teranyam . Geotekstil teranyam memberi kuat tarik maksimal pada berat tahan minimal sehingga memberi keuntungan ekonomis yang besar untuk memperoleh keamanan struktur diharapkan.

Dalam konstruksi geoteknik , geotekstil teranyam berfungsi sebagai material stabilisasi untuk memperkuat tanah dasar khususnya tanah lunak. Selain itu juga diaplikasikan pada lahan reklamasi, jalur kereta api, bandara, konstruksi jalan dan lain sebagainya.

Permukaan geotekstil teranyam berbentuk unik untuk memberi koefisien geser (*pull out resistance*) yang besar meskipun dipasang pada tanah kohesif sekalipun. Hal tersebut berpengaruh terhadap panjangnya penjangkaran geotekstil yang diperlukan. Semakin kasar permukaan , maka semakin pendek panjang penjangkaran diperlukan begitupun sebaliknya. Sehingga bagi penggunaanya , hal ini dapat memberikan keuntungan secara ekonomis.

Secara bentuk struktur, geotekstil teranyam mempunyai struktur ayaman yang kekar (*double twist*) yang menjamin geotekstil tidak mudah koyak dan robek saat diaplikasikan di lapangan. Hal ini sangat penting karena geoteksil teranyam

juga difungsikan sebagai separator atau lapisan pemisah. . Contoh geotekstil teranyam dapat dilihat pada Gambar 3.5



**Gambar 3.5 Geotekstil Teranyam**

### 3.6.2 Geotekstil Tak Teranyam (*Non Woven*)

Geotekstil tak teranyam merupakan salah satu produk geotekstil yang berbentuk tidak teranyam seperti karpet kain namun terbuat dari bahan dasar *polypropylene* dan *polyester* yang dirancang menggunakan mesin berteknologi supaya memberikan kinerja optimal per satuan berat. Geotekstil tak teranyam memiliki ketahanan mekanik dan hidrolis yang sangat baik sehingga tidak mudah jebol ataupun rusak saat pelaksanaan, hal ini menjadikan geotekstil tak teranyam pilihan yang tepat sebagai lapisan pemisah dan penyaring karena ketahanan yang tinggi tersebut menjamin material tidak mudah rusak.

Bentuk struktur geotekstil tak teranyam mempunyai bukaan pori yang relatif kecil namun memiliki sifat permeabilitas yang tinggi. Oleh karena itu geotekstil tak teranyam berfungsi sebagai penahan butiran tanah yang baik, namun tetap memungkinkan aliran air tidak terganggu. Hal tersebut menjadi sangat penting saat pelaksanaan untuk drainase yang menuntut agar tidak terjadi adanya sumbatan (*clogging*) pada media drainasinya yang diakibatkan akumulasi lolosnya butiran tanah dalam jumlah besar. Demikian juga saat, geotekstil tak teranyam



diaplikasikan pada konstruksi filter dibawah rip-rap, akan dengan baik menahan butiran tanah atau pasir tetapi tidak mengganggu aliran air sehingga tekanan hidrostatik dan hidrodinamis tidak meningkat yang dapat mengganggu stabilitas timbunan. Pengaplikasian geotekstil tak teranyam lainnya yaitu sebagai lapisan proteksti geomembrane, sebagai pemisah (separator) , sebagai lapisan perkuatan pada konstruksi jalan, sebagai filter pada saluran drainase. Geotekstil tak teranyam dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



**Gambar 3.6 Geotekstil Tak Teranyam**

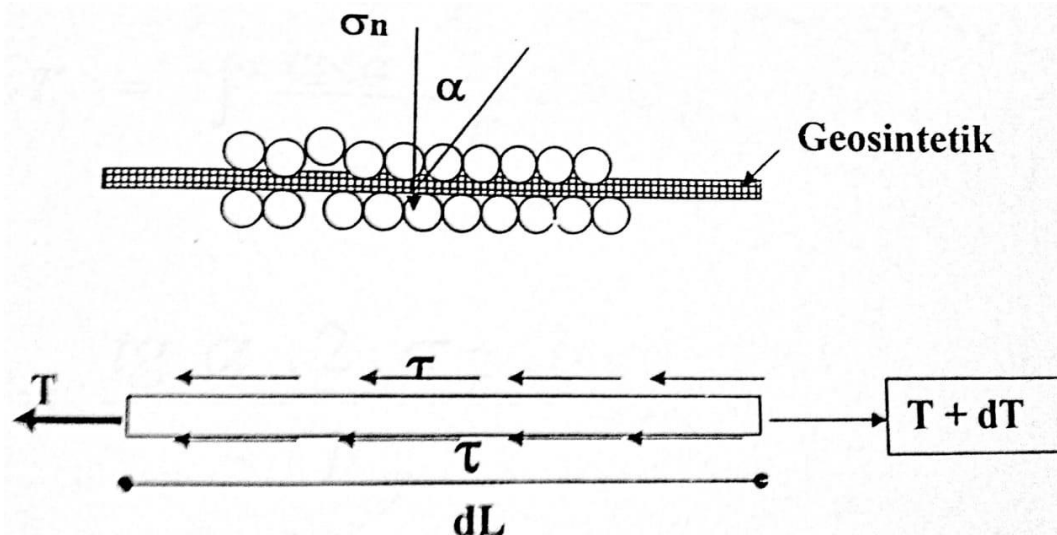
### 3.6.3 Prinsip Kerja Geosintetik

Menurut Purwanto (2012) menjelaskan bahwa Geosintetik bekerja secara *flexion* dan *traction* dengan deformasi geosintetik merupakan deformasi plan. Perilaku geosintetik terhadap tegangan yang bekerja di karakterisasikan oleh deformasi geosintetik. Akibat tegangan vertikal yang bekerja secara vertikal terhadap plan geosintetik, geosintetik membentuk deformasi *parabolic*. Geosintetik meneruskan tegangan ke tanah yang terletak di zona pasif melalui kontak/interaksi



antara tanah dengan geosintetik. Sehingga untuk keperluan perencanaan/pemilihan jenis geosintetik yang harus mampu menahan gaya yang bekerja padanya

Agar lebih mudah dalam memahami prinsip kerja geosintetik pada bangunan tanah yang diberi perkuatan geosintetik, dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



**Gambar 3.7 Mekanisme interaksi tanah-geosintetik**

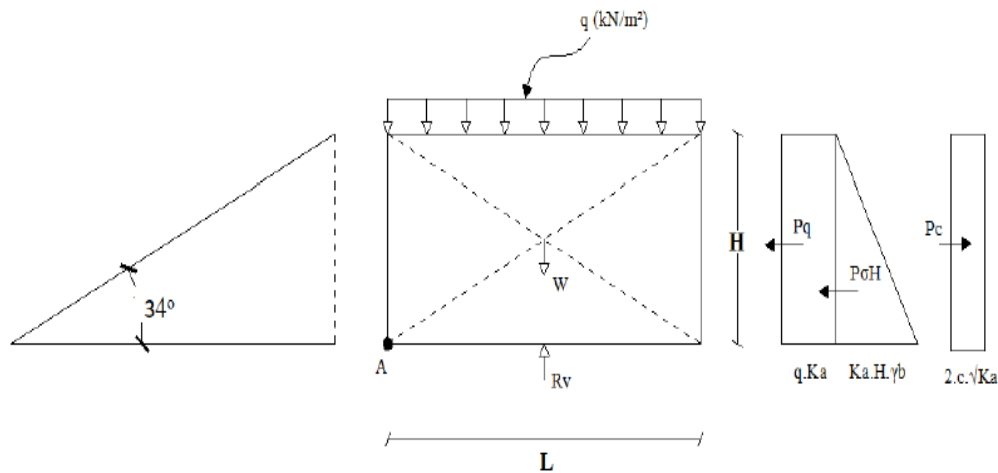
(Sumber : Purwanto,2012)

### 3.7 Perkuatan menggunakan Geotekstil

Teknik perkuatan tanah menggunakan geotekstil merupakan campuran seni dan sains dengan menerapkan pertimbangan teknis dan prinsip mekanika tanah. Secara umum, penggunaan geotekstil sebagai perkuatan tanah memiliki tujuan utama untuk membuat struktur deformable dengan memperbaiki karakteristik mekanik tanah sehingga diharapkan daya dukung tanah menjadi lebih baik dalam mendukung struktur di atasnya.

Penggunaan bahan tambahan tersebut tentunya menimbulkan perilaku mekanis dan interaksi yang berbeda. Dengan demikian dalam merencanakan bangunan tanah yang diperkuat menggunakan geotekstil, gaya-gaya stabilitas struktur perlu diperhitungkan. Stabilitas struktur lereng dengan perkuatan mencakup stabilitas eksternal dan stabilitas internal. Stabilitas eksternal berupa stabilitas terhadap geser, guling, eksentrisitas, dan kapasitas dukung tanah.

Stabilitas internal terdiri dari stabilitas terhadap gaya-gaya internal yang diperhitungkan terhadap panjang geotekstil (*overlapping*) dan panjang efektif geotekstil. Adapun gaya-gaya yang bekerja pada tanah digambarkan dalam diagram distribusi tekanan tanah lateral dapat dilihat pada Gambar 3.8.



**Gambar 3.8 Diagram Distribusi Tekanan Lateral**

Dari gambar diatas didapatkan Persamaan 3.21 dan Persamaan 3.22 ,yang menunjukkan tekanan tanah lateral adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{hc} = (q \times K_a) + (K_a \times H \times \gamma_b) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \quad (3.21)$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \left( \frac{\varphi}{2} \right) \right) \quad (3.22)$$

dengan :

$\sigma_{hc}$  = tekanan tanah lateral (kN/m<sup>2</sup>)

$K_a$  = koefisien tanah aktif

$q$  = beban merata (kN/m<sup>2</sup>)

$H$  = tinggi lapisan tanah (m)

$\gamma_b$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$c$  = kohesi (kN/m<sup>2</sup>)

Kemudian, untuk mendapatkan jarak arah vertikal antar lapis geotekstil ( $S_v$ ) menggunakan Persamaan 3.23 dan Persamaan 3.24 berikut ini.

$$S_v = \frac{T_a}{\sigma_{hci} \times SF} \quad (3.23)$$

$$T_a = \frac{T_{ultimite}}{SF} \quad (3.24)$$

dengan :

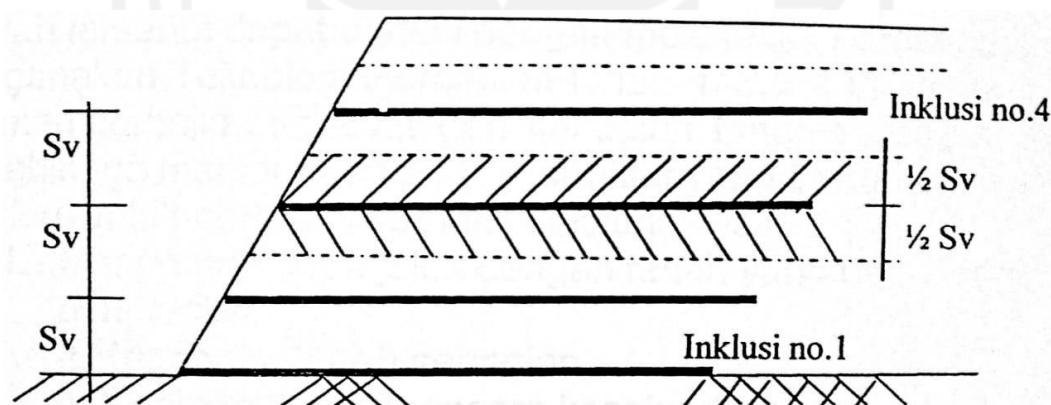
$SF$  = faktor aman

$S_v$  = jarak tulangan arah vertikal (m)

$T_a$  = kuat tarik geotekstil allowable (kN)

$T_u$  = kuat tarik maksimum (kN)

Adapun untuk lebih jelasnya dalam penggambaran jarak arah vertikal antar lapis geotekstil ( $S_v$ ) dapat dilihat Gambar 3.9



$S_v$  : jarak vertikal antar Inklusi

**Gambar 3.9 Struktur Lereng Yang diperkuat Geotekstil berlapis-lapis**

(Sumber : Purwanto,2012)

Dalam merencanakan panjang total minimum geotekstil dihasilkan dari analisis gaya-gaya stabilitas yang terjadi pada lereng. Stabilitas struktur lereng tersebut berupa stabilitas eksternal dan stabilitas internal.

### 3.7.1 Stabilitas Eksternal

Stabilitas yang diperhitungkan yaitu stabilitas terhadap guling, stabilitas terhadap geser, stabilitas terhadap daya dukung tanah, dan stabilitas terhadap eksentrisitas.

#### 1. Stabilitas terhadap geser

Untuk menghitung faktor keamanan terhadap geser dapat menggunakan Persamaan 3.25

$$SF = \frac{\sum P_R}{\sum P_D} = \frac{\text{Jumlah Gaya yang menahan}}{\text{Jumlah Gaya yang menggeser}} \geq 1,5$$

$$SF = \frac{(q \times \tan \varphi \times L) + (H \times \gamma_b \times \tan \varphi \times L)}{(q \times K_a \times H) + (0,5 \times K_a \times \gamma_b \times H^2) - (2 \times c \times \sqrt{K_a} \times H)} \geq 1,5 \quad (3.25)$$

dengan:

$\varphi$  = sudut gesek antara tanah dan geotekstil ( $^{\circ}$ )

L = panjang geotekstil (m)

H = tinggi lapisan tanah (m)

$\gamma_b$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$K_a$  = koefisien tanah aktif

c = kohesi (kN/m<sup>2</sup>)

#### 2. Stabilitas terhadap guling

Untuk menghitung faktor keamanan terhadap guling dapat menggunakan Persamaan 3.26

$$SF = \frac{\sum M_R}{\sum M_D} = \frac{\text{Jumlah Momen yang menahan}}{\text{Jumlah Momen yang menggeser}} \geq 1,5$$

$$SF = \frac{\left(\frac{1}{2} \times q \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times \gamma_b \times H \times L^2\right)}{\left(q \times K_a \times \frac{1}{2} \times H^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H\right) - (2 \times c \times \sqrt{K_a} \times \frac{1}{2} \times H^2)} \quad (3.26)$$

dengan:

- $L$  = panjang geotekstil (m)  
 $H$  = tinggi lapisan tanah (m)  
 $\gamma_b$  = berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )  
 $K_a$  = koefisien tanah aktif  
 $c$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )

### 3. Stabilitas terhadap eksentrisitas

Untuk menghitung faktor keamanan terhadap eksentrisitas diasumsikan nilai  $1/6$   $L$  harus lebih atau sama dengan dari nilai eksentrisitas yang dinyatakan Persamaan 3.27 dan Persamaan 3.28

$$\frac{1}{6}L \geq e \quad (3.27)$$

$$\frac{1}{6}L \geq \frac{\left[ \frac{1}{2} \times q \times K_a \times H^2 + \frac{1}{6} \times K_a \times H^3 \times \gamma_b - c \times \sqrt{K_a} \times H^2 \right]}{(q \times L + \gamma_b \times H \times L)} \quad (3.28)$$

### 4. Stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah

Untuk menghitung faktor keamanan terhadap kapasitas dukung tanah dapat menggunakan Persamaan 3.29

$$SF = \frac{\sigma_{ultimit}}{q_{ultimit}} \geq 1,5 \quad (3.29)$$

$$q_{ult} = c \times N_c + 0,5 \times L \times \gamma_b \times N_\gamma$$

$$\sigma_{ult} = c \times N_c + q \times N_q + 0,5 \times L \times \gamma_b \times N_\gamma$$

Sedangkan syarat untuk nilai  $L$  dinyatakan dalam Persamaan 3.30

$$L \leq \frac{\sigma_{ultimit}}{(H \times \gamma_b) + q} \quad (3.30)$$

dengan:

$\sigma_{ult}$  = tegangan ultimit ( $\text{kN/m}^2$ )

$c$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )

$L$  = panjang geotekstil (m)

$\gamma_b$  = berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )

$H$  = tinggi lapisan tanah (m)

### 3.7.2 Stabilitas Internal

Adapun perhitungan stabilitas internal bertujuan untuk mengetahui panjang *overlapping* geotekstil dan panjang efektif geotekstil.

#### 1. Panjang *Overlapping* ( $L_o$ )

Di lapangan umumnya panjang minimal *overlapping* digunakan 1 m. Dalam menentukan besarnya panjang *overlapping* atau panjang lipatan ( $L_o$ ) dapat menggunakan Persamaan 3.31 .

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times S v_i \times SF}{2 \times Z_i \times \gamma_b \times \text{tg} \phi} \geq 1 \text{ m} \quad (3.31)$$

dengan:

$L_o$  = panjang *overlapping* (m)

$\sigma_{hc}$  = tekanan tanah lateral ( $\text{kN/m}^2$ )

$S v_i$  = jarak antar geotekstil arah vertikal (m)

$Z_i$  = kedalaman tiap lembar geotekstil dari permukaan tanah (m)

$\gamma_b$  = berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )

$\phi$  = sudut gesek antara tanah-geotekstil

SF = angka aman digunakan 1,5

#### 2. Panjang efektif geotekstil ( $L_e$ )

Panjang efektif geotekstil ( $L_e$ ) merupakan panjang geotekstil yang dibutuhkan untuk menjepit geotekstil agar tidak lepas. Di lapangan umumnya panjang minimal *overlapping* digunakan 0,50 m. Dalam menentukan besarnya panjang efektif ( $L_e$ ) dapat menggunakan Persamaan 3.32

$$L_e = \frac{SF \times Sv_i \times K_a \times \gamma_b \times Z_i}{2 \times Z_i \times \gamma_b \times \text{tg} \phi} \quad (3.32)$$

dengan :

$L_e$  = panjang efektif (m)

$K_a$  = koefisien tekanan aktif tanah

$Sv_i$  = jarak antar geotekstil arah vertikal (m)

$Z_i$  = kedalaman tiap lembar geotekstil dari permukaan tanah (m)

$\gamma_b$  = berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )

$\phi$  = sudut gesek antara tanah-geotekstil

### 3.8 *Plaxis*

*Plaxis* merupakan suatu program komputer digunakan sebagai alat bantu analisis pemodelan yang memiliki konsep dasar metode elemen hingga 2D yang dipergunakan untuk menganalisa hampir seluruh permasalahan geoteknik dalam perencanaan sipil. Secara umum, semua konstruksi teknik sipil pasti akan mempengaruhi ataupun dipengaruhi oleh perilaku tekanan dan *displacement* tanah sehingga pemahaman tentang perilaku tanah menjadi hal sangat penting. Dalam analisis konstruksi bidang geoteknik umumnya dapat dimodelkan/disederhanakan dalam bentuk 2D (dua dimensi) dengan asumsi pengabaian kondisi tertentu.

Secara umum *plaxis* memiliki komponen input yang terbagi menjadi tiga tahap yaitu model analisis, model material dan model geometri. Pada model analisis, program *plaxis* dapat dikelompokkan menjadi 2 pemodelan yaitu *axisymmetris* dan *plane strain* (regangan bidang). *Axisymmetris* merupakan analisa struktural bulat yang rabat radial serta pembebanan seragam yang terpusat pada sumbu konsentris dengan besarnya deformasi dan tegangan dianggap sama pada arah radialnya, contohnya seperti pondasi lingkaran yang dianalisis pada pusat/as lingkaran. Sedangkan *plane strain* (regangan bidang) digunakan buat menganalisis struktur yg mempunyai rabat melintang dengan pembebanan dan syarat tegangan yg seragam dan perpindahan pada arah ini dianggap nol, contohnya seperti analisis bendungan, terowongan, dinding penahan tanah, timbunan jalan dan lain-lain. Selain pemilihan material, model material merupakan hal sangat penting untuk

diperhatikan. *Plaxis* telah menyediakan model material dari yang paling sederhana liner elastis hingga non liner seperti *Mohr-Coloumb*, *hyperbolic*, *cam-clay* (*Cambridge-clay*) maupun *jointed rock* ( model *anisotropis*). Sedangkan model geometri adalah penuangan/penggambaran bentuk konstruksi geoteknik yang akan dianalisis secara geometri ke dalam bidang gambar *Plaxis*

Program ini dalam pembentukan elemen penyusun model menggunakan analisis elemen segitiga dengan pilihan 6 nodal atau 15 nodal, namun dalam analisis ini digunakan 15 nodal agar interpolasi dan peralihan nodal menggunakan turunan berderajat dua. Pemakaian nodal tinggi mengakibatkan waktu lebih lama dan resource lebih besar saat running karena banyaknya point yang dianalisis. *Plaxis* terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran, dan kurva.

Pemodelan material yang akan dipergunakan pada penelitian ini yaitu *Mohr-Coulomb*. Model ini paling populer dalam Analisa geoteknik karena umumnya relative sederhana tetapi cukup akurat dalam pendekatan berbagai model analisis. Secara konsep , model *Mohr-Coulomb* menggunakan pendekatan *elasto-plastic* sehingga memiliki dua komponen tegangan-regangan yaitu elastis dan plastis . Model ini terdiri dari beberapa parameter tanah yaitu berat volume tanah kering dan basah, permeabilitas tanah ,  $E$  dan  $\nu$  buat memodelkan elastis tanah;  $\phi$  dan  $c$  buat memodelkan plastisitas tanah dan sebagai sudut dilatasi (Brinkgreve,2007). Titik-titik kritis permodelan *Mohr-Coulomb* memiliki nilai yang berdekatan menggunakan titik-titik kritis tanah sebenarnya pada sepanjang bidang kelongsoran .Oleh karena itu pemodelan *Mohr-Coulomb* sangat cocok buat menganalisa stabilitas lereng.



## **BAB IV METODE PENELITIAN**

### **4.1 Tinjauan Umum**

Metode penelitian merupakan tata cara atau prosedur yang dipergunakan untuk melakukan penelitian sehingga mampu menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian. Nasir (1988), menyatakan metode penelitian merupakan cara utama yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan dan menentukan jawaban atas masalah yang diajukan.

Penelitian yang dilakukan merupakan menganalisis stabilitas lereng timbunan ruas jalan tol Tebanggi Besar – Pematang Panggang Sta. 6+800 dengan kondisi timbunan tanah asli tanpa perkuatan dan timbunan tanah asli dengan perkuatan geotekstil berjenis *woven* menggunakan program *Plaxis* sehingga didapatkan *output* nilai *Safety Factor*. Parameter pemodelan dalam analisis meliputi permodelan dengan variasi tinggi timbunan lereng . Selanjutnya berdasarkan hasil analisis diharapkan dapat ditentukan kondisi mana yang menghasilkan angka *safety factor* paling tinggi, sehingga hasil penelitian tersebut dapat dijadikan acuan untuk kondisi tanah dan nilai pembebanan tertentu.

### **4.2 Proses Tahapan Penelitian**

Pada penelitian ini terdapat beberapa langkah/tahap yang perlu dilakukan dengan urutan adalah sebagai berikut.

#### **1. Tahap Penghimpunan data**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan guna keperluan analisis berupa pengambilan data penyelidikan tanah lokasi (uji lapangan dan uji laboratoium). Data didapatkan dari Laporan Proyek Jalan Tol Tebanggi Besar – Pematang Panggang, Lampung STA 6+800 PT Egis International Indonesia Tahun 2017.

## 2. Tahap Pengolahan Data Dan Analisis *Software*

Selanjutnya data yang telah diperoleh dilakukan pengolahan guna kebutuhan analisis stabilitas lereng timbunan menggunakan *software plaxis*. *Input* pemodelan timbunan pada *plaxis* dilakukan timbunan yang bervariasi mulai dari 3,5 meter, 7 meter, dan 10,5 meter dengan kondisi tinggi muka air tanah berada pada lapisan tanah dasar dibawah timbunan. Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan *software plaxis* dan apabila terjadi *collapse* dilakukan perhitungan secara manual. Apabila hasil analisis timbunan tanah asli didapatkan nilai angka aman kurang dari diizinkan maka dilakukan analisis timbunan dengan perkuatan *replacement* atau geotekstil

## 3. Tahap Penulisan Laporan dan Penarikan Kesimpulan

Setelah dilakukan pembahasan hasil analisis penelitian, selanjutnya penulisan laporan penelitian dapat dilakukan yang ditulis berdasarkan kaidah aturan penulisan dimana berisi hasil analisis penelitian yang sudah disesuaikan. Kemudian akan dihasilkan kesimpulan penelitian dan solusi masalah berdasarkan teori disiplin ilmu yang ada.

### 4.3 Metode Analisa Data

Metode analisis data ialah langkah maupun tata cara pengulasan yang digunakan guna menyahajakan dan memudahkan dalam memahami data yang diperoleh. Adapun data yang didapatkan adalah sebagai berikut.

#### 1. Parameter Tanah

Data parameter tanah merupakan data terkait sifat fisik dan mekanik tanah pada tiap lapisan tanah dasar dan timbunan. Data ini digunakan sebagai *input* material tanah pada program *Plaxis* merupakan data yang didapatkan dari data sekunder Laporan Proyek Jalan Tol Tebanggi Besar – Pemantang Panggang, Lampung STA 6+800 PT Egis International Indonesia Tahun 2017. Berikut data parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1 Data Parameter Tanah**

Nama	Satuan	<i>Clayey silt, medium stiff</i>	<i>Clay some silt, very soft</i>	<i>Silty clay, firm to stiff</i>	Timbunan Pilihan
		(lapis 3)	(lapis 2)	(lapis 1)	Timbunan
Model	-	MC	MC	MC	MC
Jenis	-	<i>UnDrained</i>	<i>UnDrained</i>	<i>UnDrained</i>	<i>Undrained</i>
$\gamma_{\text{unsat}}$	kN/m <sup>3</sup>	13,48	12,75	14,38	18,00
$\gamma_{\text{sat}}$	kN/m <sup>3</sup>	15,97	13,73	16,23	19,50
Kx	m/hari	0,002592	0,000001728	4,32E-03	0,00864
Ky	m/hari	0,002592	0,000001728	4,32E-03	0,00864
Eref (Mod. Young)	kN/m <sup>2</sup>	9000	3000	16500	35000
v (poisson)	-	0,3	0,3	0,3	0,3
Kohesi (c)	kN/m <sup>2</sup>	20,59	14,71	24,52	30,00
Sudut Geser ( $\phi$ )	°	4,7	3,8	5,2	35
Sudut dilatasi ( $\Psi$ )	°	0	0	0	0

(Sumber : PT. Egis International Indonesia Tahun 2017)

## 2. Data Pembebanan

Parameter beban yang digunakan adalah beban struktur perkerasan jalan, beban lalu lintas dan beban gempa. Analisa beban yang bekerja terbagi menjadi dua kondisi yaitu saat konstruksi dan paska konstruksi. Pada masa konstruksi beban-beban yang ditinjau hanya beban struktur perkerasan dan beban gempa. Sedangkan saat paska konstruksi beban yang dianalisis merupakan seluruh beban yang bekerja yaitu beban struktur perkerasan jalan, beban lalu lintas diatas lereng dan beban gempa.

### a. Beban Struktur Perkerasan Jalan dan Lalu lintas

Dalam *input* kedalam program *Plaxis*, analisis parameter beban dianggap memiliki beban merata diatas timbunan jalan yaitu sepanjang lebar jalan 27 meter. Beban struktur perkerasan jalan dihitung berdasarkan berat jenis tiap lapis perkerasan dikalikan tebal tiap lapisan. Berdasarkan perhitungan tersebut digunakan sebesar 10 kN/m<sup>2</sup> diperoleh dari data sekunder.

Sementara untuk beban lalu lintas kendaraan digunakan  $15 \text{ kN/m}^2$  diperoleh mengacu pada fungsi dan sistem jaringan yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 dimana jalan tol Tebanggi besar-Pematang Panggang termasuk kedalam kelas jalan primer arteri.

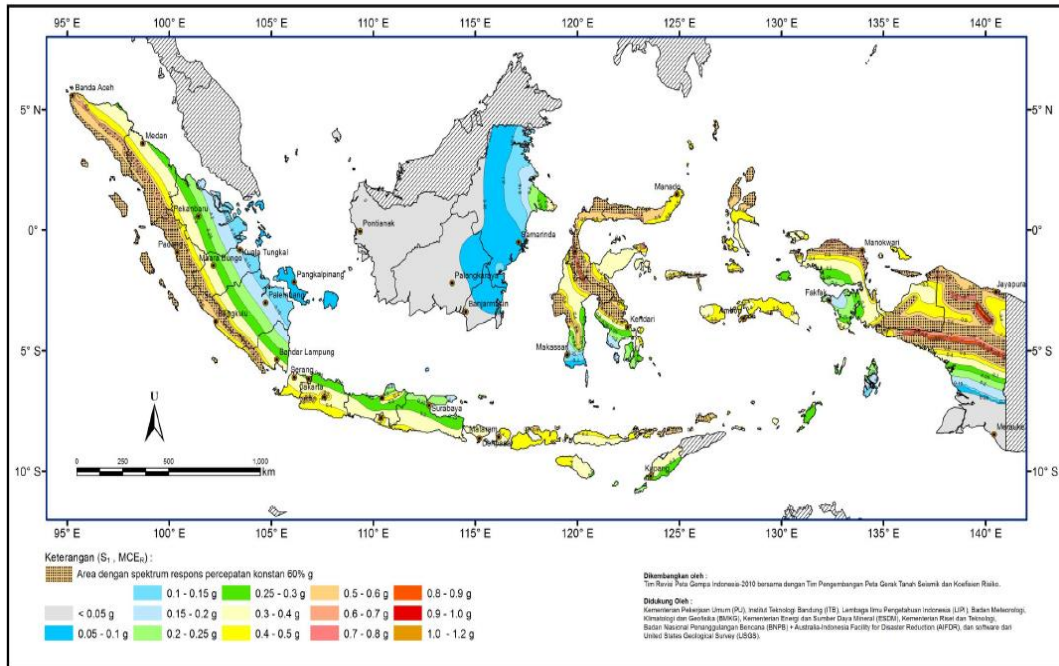
**Tabel 4.2 Beban Lalu Lintas**

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)	Beban Lalu Lintas ( $\text{kN/m}^2$ )
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
Sekunder	Arteri	<10.000	12
		>20.000	15
	Kolektor	<20.000	12
		>6.000	12
	Lokal	<6.000	10
		>500	10
	<500	10	

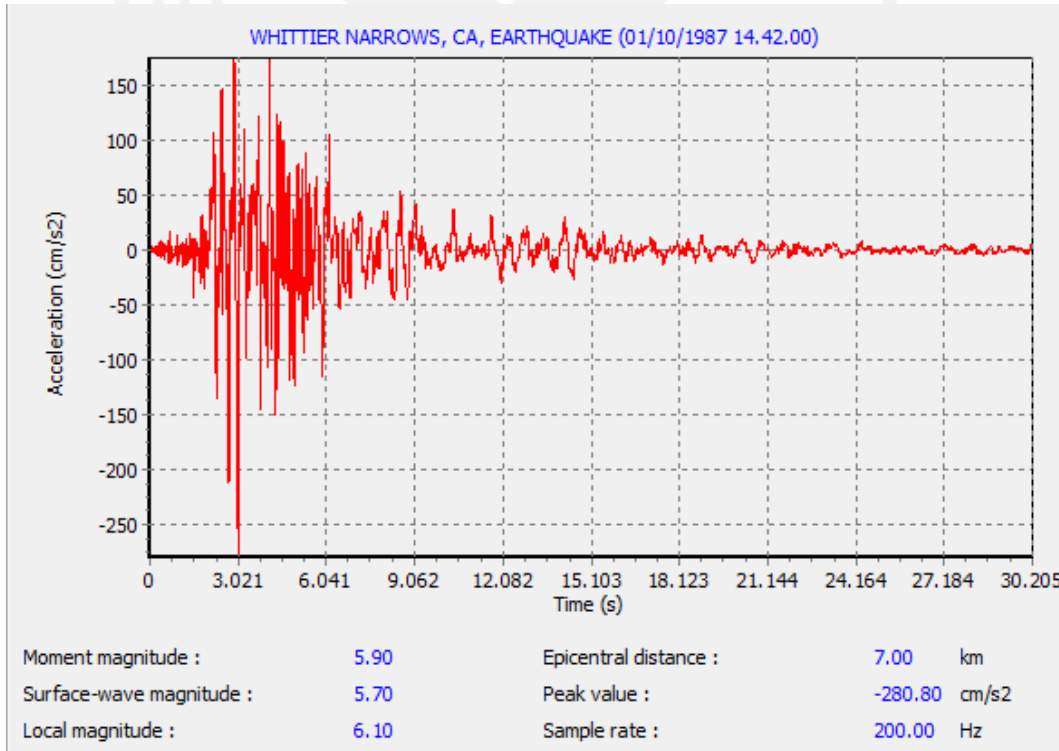
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2010)

b. Beban Kegempaan

Faktor beban gempa perlu dilakukan peninjauan dan perhitungan karena Indonesia merupakan daerah yang rawan terjadi gempa. Dalam analisis beban gempa menggunakan *Plaxis, kalkulasi type* beban yang digunakan merupakan beban dinamik dan waktu durasi gempa digunakan sebagai data masukan beban gempa. Wilayah proyek tol Terbanggi Besar- Pematang Panggang Sta 6+800 yang ditinjau merupakan daerah yang terletak pada provinsi Lampung. Berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia dalam SNI 1726:2019 dapat dilihat pada Gambar 4.1 wilayah tersebut memiliki percepatan puncak gempa (PGA) sebesar 0,25-0,3g. Data gempa yang digunakan dalam *plaxis* merupakan data gempa di kawasan Whittier Narrows pada 1 Oktober 1987 yang nilainya sudah disesuaikan dengan PGA wilayah Lampung yang mempunyai percepatan puncak gempa sebesar 0,28 g (Gambar 4.2). Waktu gempa yang digunakan sebagai *input* waktu interval dalam *Plaxis* diambil 3,5 detik dengan anggapan telah melewati puncak.



**Gambar 4.1 Peta Zonasi Gempa Indonesia**  
(Sumber : SNI 1726:2019)



**Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Percepatan dan Waktu**  
(Sumber : <https://earthquake.usgs.gov/>, 2017)

### 3. Data Geotekstil

Material geotekstil yang dipasangkan memiliki jenis *woven* tipe *HRX-300* yang merupakan produksi PT. Tetrasa Geosinindo.. Adapun data parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Data Geotekstil Yang Digunakan**

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat tarik ultimit	Tult	55	kN/m
Regangan	$\epsilon$	14	%
Kekakuan normal	EA	392,86	N/m

(Sumber : PT. Tetrasa Geosinindo)

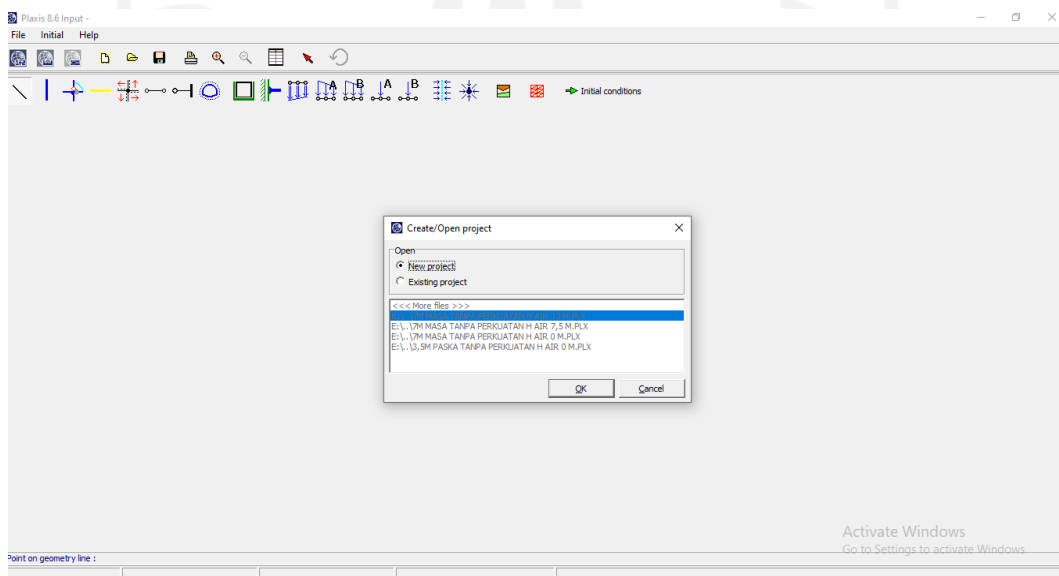
### 4.4 Pengaplikasian Model Timbunan Program *Plaxis*

Adapun tahapan pengaplikasian program *plaxis* adalah sebagai berikut

#### 1. Tahap *Input*

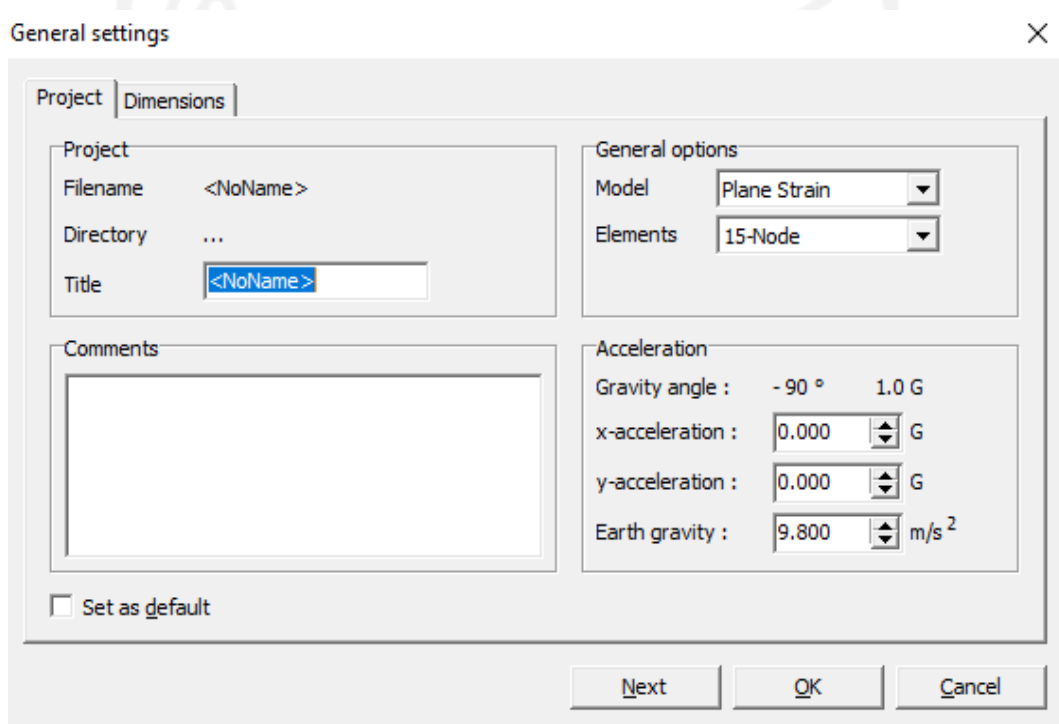
##### a. Membuka Program *Plaxis*

Untuk membuka aplikasi ini ,jalankan mouse dengan memencet *double-klik icon Plaxis Input*. Selanjutnya muncul *box create/open project* , untuk membuat pemodelan baru pilihlah *new project* dan klik *Ok* seperti Gambar 4.3 berikut

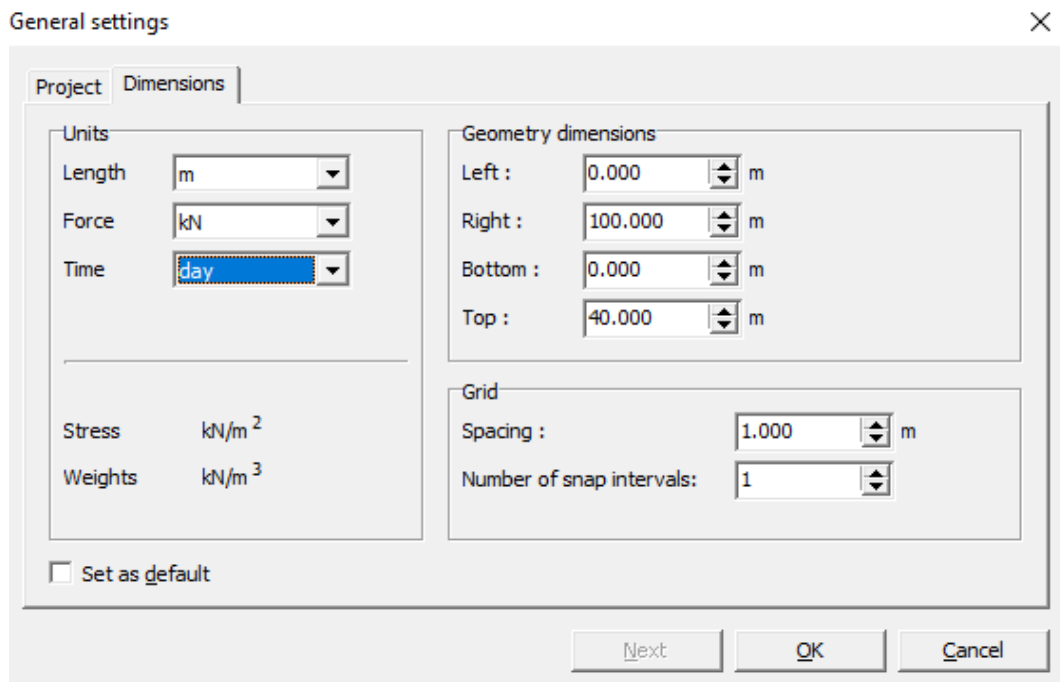


**Gambar 4.3 Dialog box Create/Open Project**



Tahap selanjutnya akan muncul *box general setting* . Pada *tab project* (Gambar 4.4), nama proyek yang akan dianalisis dimasukkan pada kotak *Title*. Dalam kotak dialog general, pilihlah model analisis pada kotak model yaitu *plane strain* sedangkan kotak element pilihlah *15-Node* agar analisa tegangan dan beban runtuh yang dihasilkan menjadi lebih akurat. Sedangkan pada *tab dimensions* adalah untuk memilih satuan parameter data dan *setting* seperti Gambar 4.5



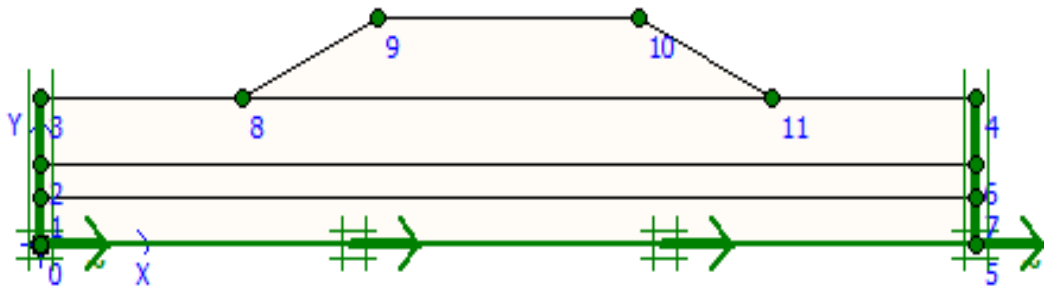
Gambar 4.4 Tab *Project* dari *Box General Setting*



**Gambar 4.5 Tab Dimension dari Box General Setting**

- b. Melakukan pemodelan geometri
- 1) Sesudah layar penggambar muncul, dapat dilakukan input pemodelan sesuai permasalahan yang dianalisis. Adapun prosedur utamanya adalah sebagai berikut.
  - 2) Pilih ikon *geometri line*  untuk melakukan penggambaran. Sesudah kursor seperti pensil aktif tempatkan pada koordinat (0;0) sebagai titik awal kemudian lanjutkan penggambaran sesuai koordinat geometri yang sudah ditentukan.
  - 3) Klik ikon *standard fixties*  guna mengatur kondisi batas . Kemudian pada menu loads ,klik *standard earthquake boundaries* .Setelah itu model geometri akan terlihat seperti pada Gambar 4.6




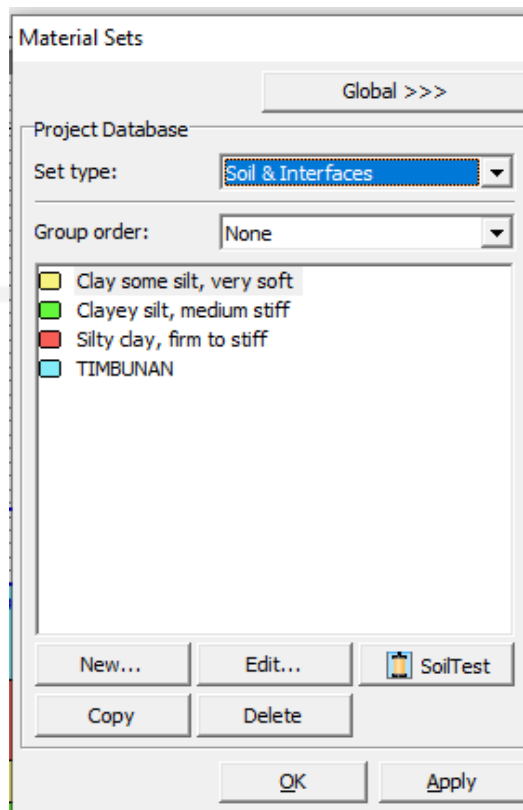


**Gambar 4.6** Pemodelan Awal Geometri Timbunan

c. *Material data set*

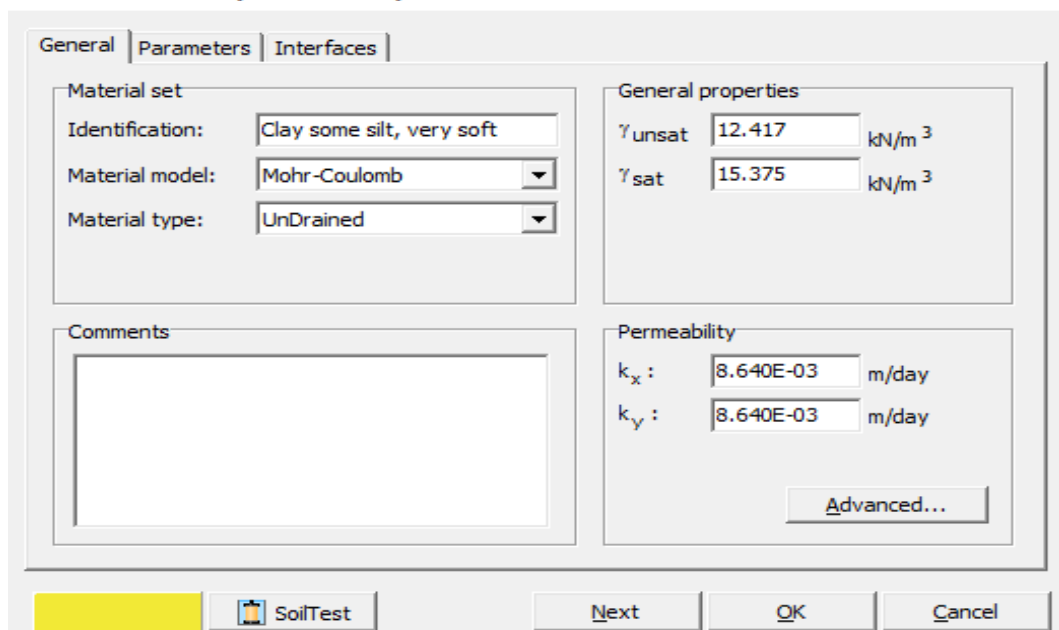
Pada tahap ini dilakukan input data parameter tanah dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1)  klik ikon *material sets* pada *toolbar*
- 2) *Setting* dialog *material sets* seperti pada Gambar 4.7 Pilih *<new>* di sisi bawah pada kotak *material sets*. Selanjutnya akan muncul box dengan tiga buah lembar-tab, yaitu *general*, *parameters*, *interface* (Lihat gambar 4.8 dan Gambar 4.9).
- 3) Pada kotak dialog *material sets* lembar-tab *general*, tuliskan “nama jenis lapisan tanah diinginkan” dalam kotak *identification*.
- 4) Pada *combo box material mode* pilihlah *Mohr-couloumb l*
- 5) *Input* data tanah pada kotak *general properties* dan pada kotak *permeability* sesuai dengan sifat material yang digunakan.
- 6) *Input* nilai pada tab menu *Parameters* sesuai sifat material yang digunakan. Pada tab menu *interface* lakukan set default. Selanjutnya klik *<OK>* untuk menyimpan material.
- 7) Sesudah membuat dan memasukkan data parameter tanah tiap jenis lapisan, untuk mengaktifkannya dengan cara klik dan seret (*drag*) data tersebut dari jendela *material sets* ke model geometri pada bidang gambar. Apabila bidang gambar berubah warna, maka data material telah aktif dalam bidang gambar.



**Gambar 4.7** Box Dialog *Material Sets*

Mohr-Coulomb - Clay some silt, very soft



**Gambar 4.8** Lembar tab *General* pada Dialog *Material Sets*

Mohr-Coulomb - Clay some silt, very soft

General Parameters Interfaces


<p>Stiffness</p> <p><math>E_{ref}</math> : 2500.000 kN/m<sup>2</sup></p> <p><math>\nu</math> (nu) : 0.320</p>	<p>Strength</p> <p><math>c_{ref}</math> : 23.540 kN/m<sup>2</sup></p> <p><math>\phi</math> (phi) : 8.100 °</p> <p><math>\psi</math> (psi) : 0.000 °</p>
<p>Alternatives</p> <p><math>G_{ref}</math> : 946.970 kN/m<sup>2</sup></p> <p><math>E_{oed}</math> : 3577.000 kN/m<sup>2</sup></p>	<p>Velocities</p> <p><math>V_s</math> : 27.340 m/s</p> <p><math>V_p</math> : 53.140 m/s</p>

Advanced...


SoilTest Next OK Cancel

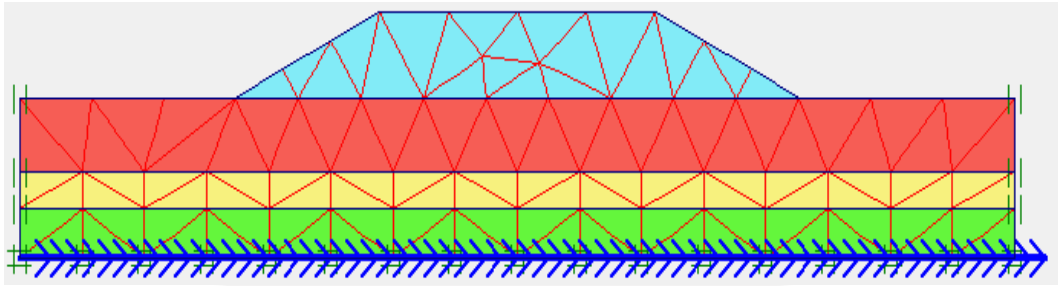
**Gambar 4.9** Lembar tab *Parameters* pada Dialog *Material Sets*

d. Memberi Beban Struktur

Klik ikon *Distributed load-load system A*  pada toolbar. Sesudah itu pointer letakkan pada titik awal permukaan timbunan hingga titik akhir permukaan timbunan untuk mengakhiri pembebanan. Sesudah pembebanan tersebut aktif pada bidang gambar, klik-ganda diagram pembebanan untuk memasukkan data beban yaitu pada masa konstruksi 10 kN/m<sup>2</sup> dan paska konstruksi sebesar 25 kN/m<sup>2</sup>.


e. Mesh Generation


 klik ikon *Generate Mesh* pada *toolbar* maka akan muncul jendela baru yang menunjukkan jaringan elemen seperti dapat dilihat pada Gambar 4.10 lalu klik update .






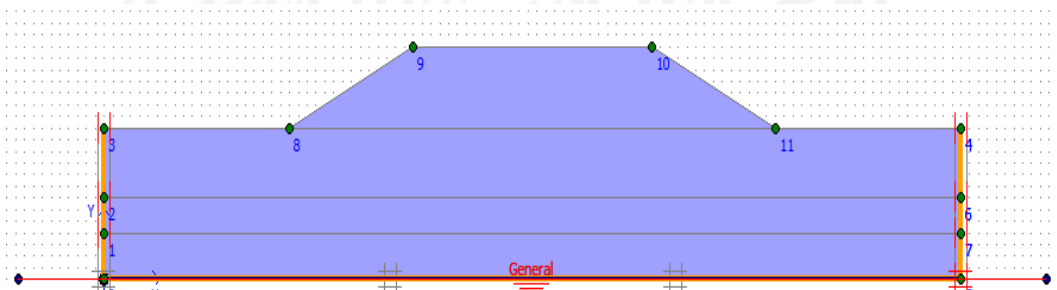
**Gambar 4.10 Generate Mesh Geometri Timbunan**

f. *Initial Condition*

- 1)  **Initial conditions** Klik ikon tersebut pada toolbar, kemudian muncul box dialog , pilih berat isi air  $10 \text{ kN/m}^3$  lalu klik Ok.


- 2)  Terdapat dua kondisi awal terdiri dari dua tombol yaitu tombol kiri untuk *water stress mode* dan tombol kanan untuk *geometry configuration mode*.

- 3) Pada *water stress mode* dilakukan untuk menentukan tekanan air pori dengan cara klik ikon *phreatic leve*  l guna menentukan kondisi muka air lalu klik *closed consolidation boundary*  selanjutnya klik ikon *generate water pressure*  muncul box dialog pilih *phreatic level* klik ok lalu update.




**Gambar 4.11 Pemodelan Tekanan Air Pori**

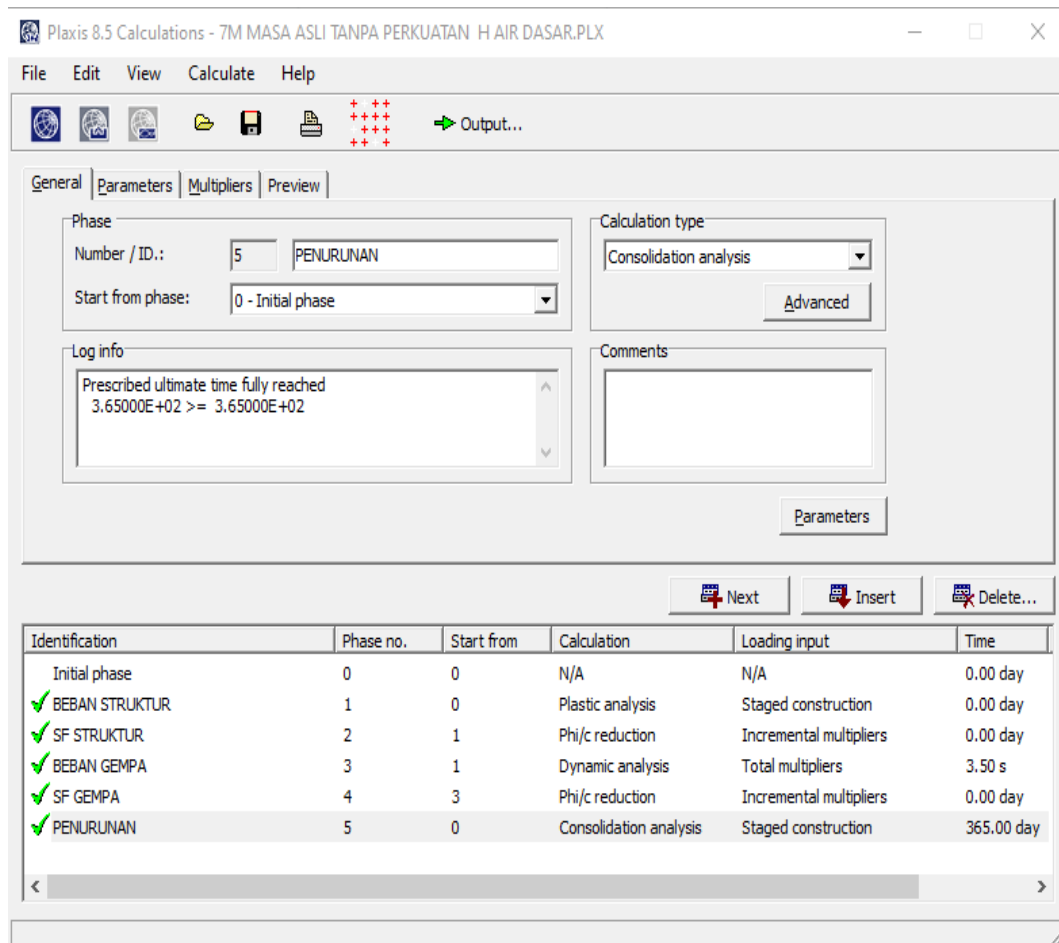
4) *Switch* tombol satunya yaitu tombol kanan *geometry configuration*

*mode*. Klik ikon *generate initial stress*  muncul dialog *box set default* lalu pilih *Ok*. Selanjutnya muncul jendela baru klik *update*. Kemudian untuk menuju tahap selanjutnya klik *calculate*.

### 3. Tahap *Calculation*

Pada jendela *calculations* terdiri 4 lembar tab yaitu *general*, *parameters*, *multipliers* dan *preview* (lihat Gambar 4.12) Pada tab *general* dalam kotak *calculation type* dapat memilih opsi antara lain *plastic analysis*, *dynamic analysis*, *phi/c reduction*, *consolidation*. *Plastic analysis* untuk beban struktur sedangkan *dynamic analysis* untuk beban gempa guna mengetahui mengetahui besar *displacement* dari kondisi yang ditinjau. *Phi/c reduction* untuk mengetahui angka *safety factor* akibat struktur dan gempa serta *consolidation* untuk pengolahan konsolidasi atau mengetahui penurunan yang terjadi. Setelah input

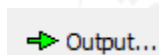
*calculation* sudah dimasukkan secara lengkap kemudian klik ikon  untuk menspesifikasikan titik yang ditinjau guna mengetahui potensi kelongsoran yang akan menggambarkan tampilan kurva lalu klik *update*. Selanjutnya klik ikon *calculate* untuk melakukan proses *calculation*, tunggu hingga proses perhitungan berhenti atau selesai.



**Gambar 4. 12 Tampilan Pada Lembar Tab *General* Dalam Jendela Kalkulasi**

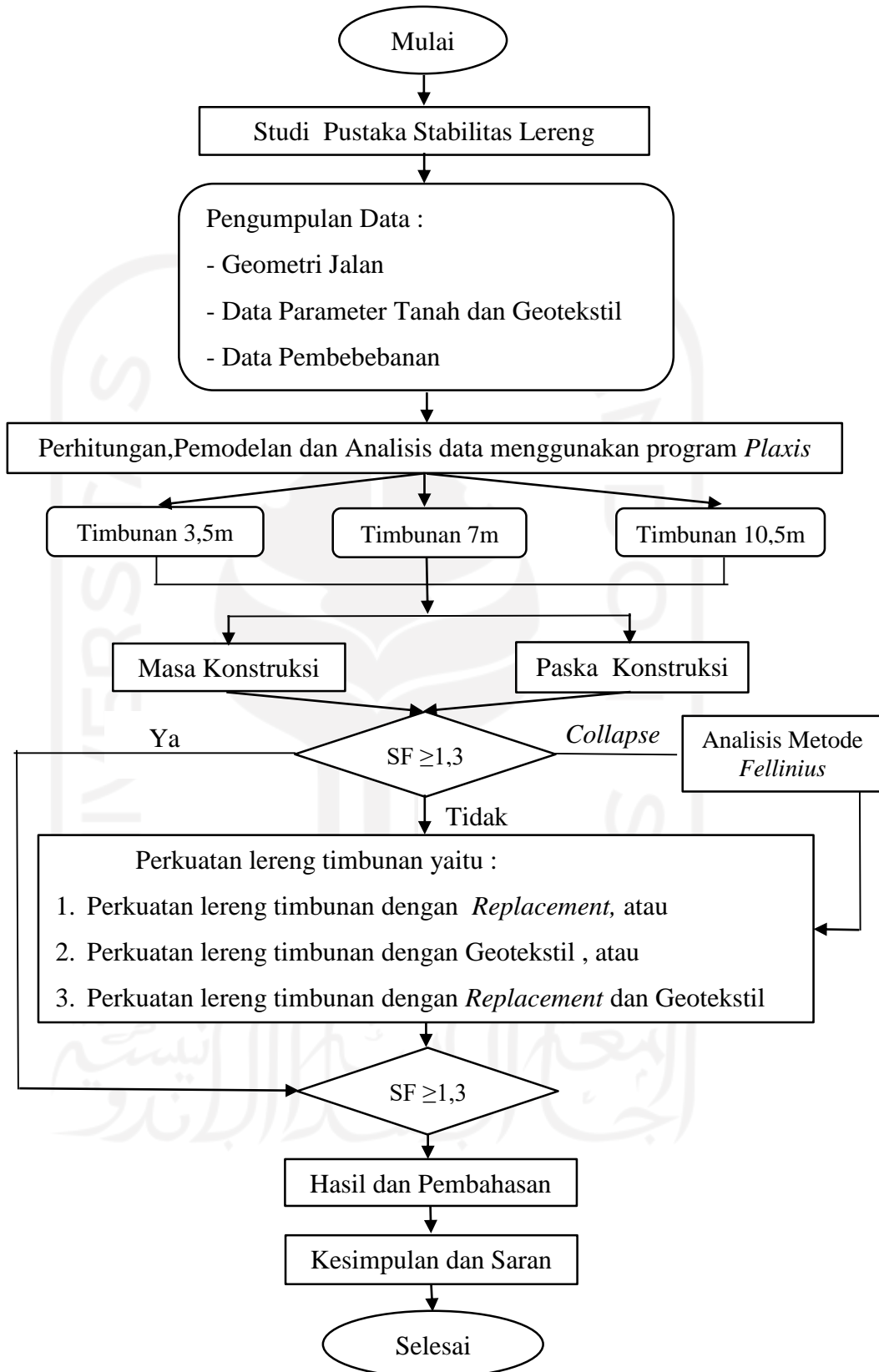
#### 4. Tahap Output

Selanjutnya sesudah proses analisis perhitungan selesai , untuk menampilkan hasil kalkulasi dari analisis *plaxis* (penurunan dan tegangan) , klik tombol



#### 4.5 Bagan Alir

Bagan alir (flow chart ) merupakan alat bantu memudahkan komunikasi dalam bentuk suatu diagram proses kerja yang menunjukkan langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian. Bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.13 dibawah ini .



**Gambar 4.13 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Data Parameter Analisis

Pada umumnya kondisi lapisan tanah dasar timbunan proyek tol Terbanggi Besar – Pematang Panggang STA 6+800 didominasi tanah lempung . Adapun parameter data yang diperlukan untuk analisis yaitu parameter tanah, data beban yang bekerja, data perkuatan geotekstil yang digunakan, dan kondisi eksisting .

#### 5.1.1 Data Parameter Tanah

Data parameter tanah digunakan sebagai *input* data material tanah pada *Plaxis* merupakan data yang diperoleh dari Laporan Kajian Geoteknik Ruas Tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang (Sta 3+650 - Sta 28+650) PT. Egis International Indonesia Tahun 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut

**Tabel 5.1 Data Parameter Tanah Sebagai Input Data Material Pada Plaxis**

Nama	Satuan	<i>Clayey silt, medium stiff</i>	<i>Clay some silt, very soft</i>	<i>Silty clay, firm to stiff</i>	Timbunan Pilihan
		(lapis 3)	(lapis 2)	(lapis 1)	Timbunan
Model	-	MC	MC	MC	MC
Jenis	-	<i>UnDrained</i>	<i>UnDrained</i>	<i>UnDrained</i>	<i>Undrained</i>
$\gamma_{\text{unsat}}$	kN/m <sup>3</sup>	13,48	12,75	14,38	18,00
$\gamma_{\text{sat}}$	kN/m <sup>3</sup>	15,97	13,73	16,23	19,50
Kx	m/hari	0,002592	0,000001728	4,32E-03	0,00864
Ky	m/hari	0,002592	0,000001728	4,32E-03	0,00864
Eref (Mod. Young)	kN/m <sup>2</sup>	9000	3000	16500	35000
v (poisson)	-	0,3	0,3	0,3	0,3
Kohesi (c)	kN/m <sup>2</sup>	20,59	14,71	24,52	30,00
Sudut Geser ( $\phi$ )	°	4,7	3,8	5,2	35
Sudut dilatasi ( $\Psi$ )	°	0	0	0	0

(Sumber : PT. Egis International Indonesia Tahun 2017)



### 5.1.2 Data Pembebanan

Dalam menganalisis beban yang bekerja terbagi menjadi dua kondisi yaitu saat konstruksi dan paska konstruksi. Pada masa konstruksi beban-beban yang ditinjau hanya beban struktur perkerasan dan beban gempa. Sedangkan saat paska konstruksi beban yang dianalisis merupakan seluruh beban yang bekerja yaitu beban struktur perkerasan jalan, beban lalu lintas diatas lereng dan beban gempa.

#### 1. Beban Struktur Perkerasan Jalan dan Lalu lintas

Dalam *input* kedalam program *Plaxis*, analisis parameter beban dianggap memiliki beban merata diatas timbunan jalan. Beban struktur perkerasan jalan digunakan sebesar  $10 \text{ kN/m}^2$  diperoleh dari data sekunder. Sementara untuk beban lalu lintas kendaraan digunakan  $15 \text{ kN/m}^2$  diperoleh berdasarkan fungsi dan sistem jaringan yang dapat dilihat pada Tabel 5.2 dimana jalan tol Terbanggi Besar – Pemantang Panggang termasuk kedalam kelas jalan primer arteri.

**Tabel 5.2 Beban Lalu Lintas**

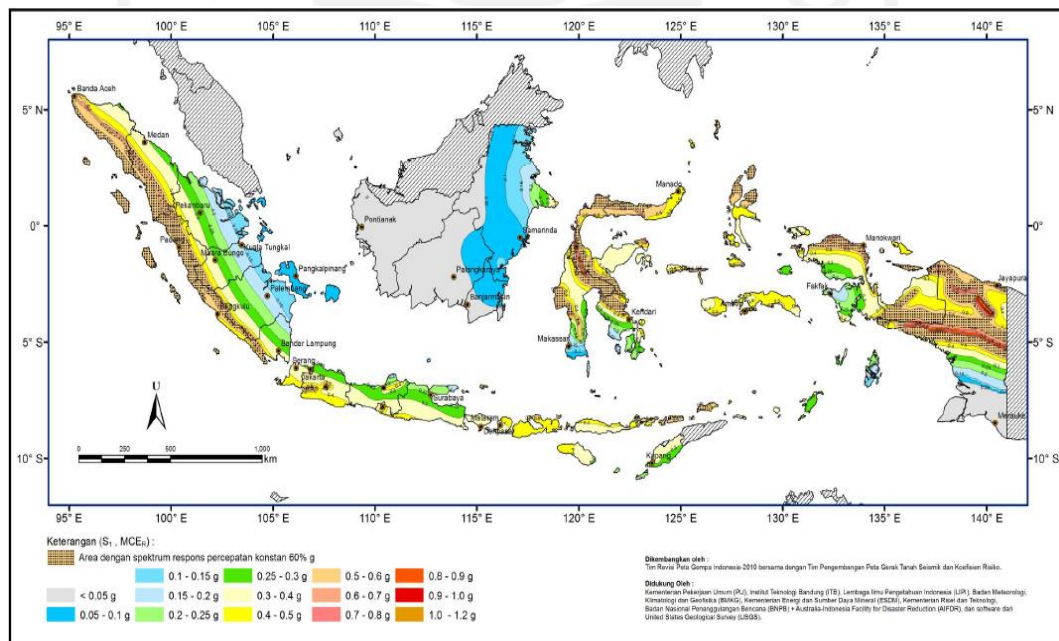
Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)	Beban Lalu Lintas ( $\text{kN/m}^2$ )
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	$>10.000$	15
Sekunder		Arteri	$<10.000$
	$>20.000$		15
	Kolektor	$<20.000$	12
		$>6.000$	12
	Lokal	$<6.000$	10
		$>500$	10
		$<500$	10

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2010)

#### 2. Beban Kegempaan

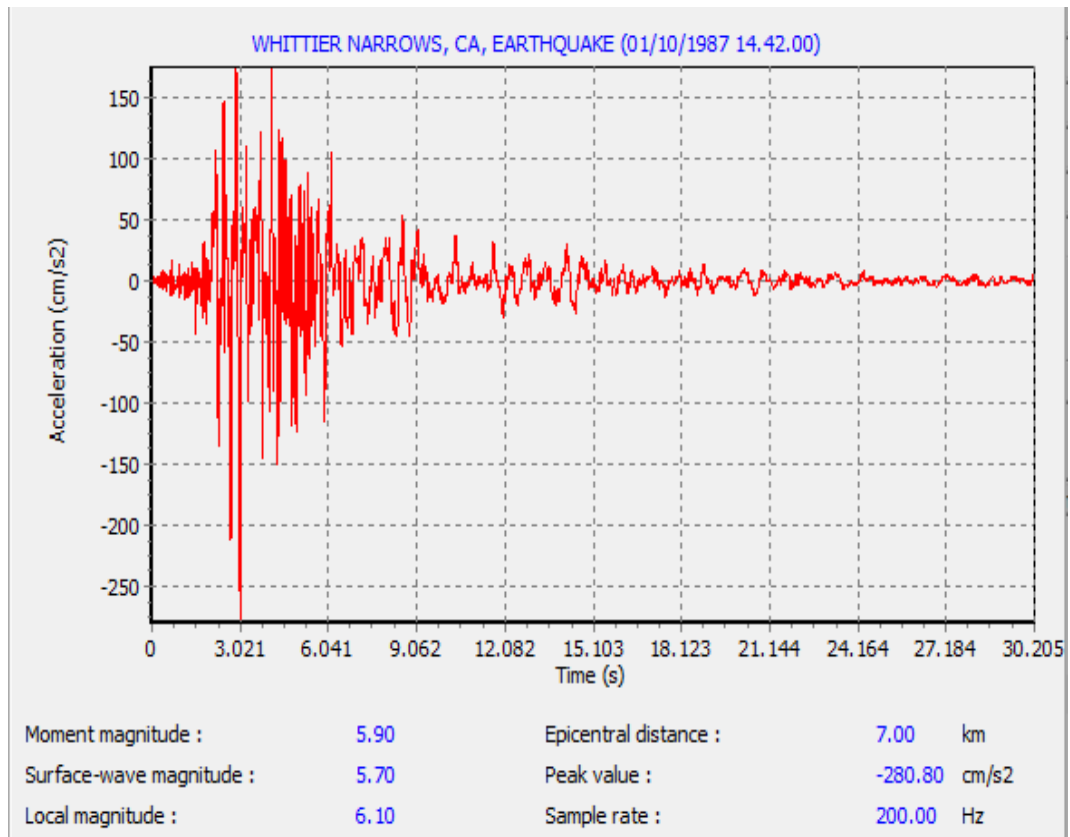
Faktor beban gempa perlu dilakukan peninjauan dan perhitungan karena wilayah Indonesia merupakan daerah yang rawan terjadi gempa. Dalam menganalisis beban gempa pada aplikasi *Plaxis*, *kalkulasi type* beban sebagai

data masukan beban gempa yang digunakan merupakan beban dinamik dan waktu durasi gempa. Pada wilayah proyek tol Terbanggi Besar- Pematang Panggang Sta 6+800 yang akan ditinjau merupakan daerah yang terletak pada provinsi Lampung, Indonesia. Berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia dalam SNI 1726:2019 dapat dilihat pada Gambar 5.1, wilayah tersebut memiliki percepatan puncak gempa (PGA) sebesar 0,25-0,3g. Selanjutnya data gempa yang akan digunakan dalam *plaxis* merupakan data gempa di kawasan Whittier Narrows pada 1 Oktober 1987 yang nilainya sudah disesuaikan dengan PGA wilayah Lampung yang mempunyai percepatan puncak gempa sebesar 0,28 g dapat dilihat pada Gambar 5. 2. Waktu gempa yang digunakan sebagai *input* waktu interval dalam Plaxis diambil 3,5 detik dengan anggapan telah melewati puncak.



**Gambar 5.1 Peta Zonasi Gempa Indonesia**

(Sumber : SNI 1726:2019)



**Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Percepatan dan Waktu**

(Sumber : <https://earthquake.usgs.gov/>, 2017)

### 5.1.3 Data Parameter Geotekstil

Pada penelitian ini jenis geotekstil yang digunakan sebagai perkuatan merupakan geotekstil *woven* atau teranyam dengan tipe *HRX-300* produksi dari PT. Tetrasa Geosinindo. Nilai kuat tarik geotekstil dan regangannya yang digunakan masing-masing sebesar 55 kN/m dan 14%. Sementara data yang diinput pada *Plaxis* berupa nilai *normal stiffness (EA)* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 EA &= \frac{Fg}{\Delta l / l} \\
 &= \frac{55}{0,14} \\
 &= 392,86 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Sedangkan dalam menghitung kuat tarik *allowable* (ijin) geotekstil digunakan nilai *safety factor* sebesar 2. Angka ini dianggap aman karena sudah lebih besar dari 1,5. Untuk perhitungan kuat tarik *allowable* (ijin) geoteksti sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_{\text{all}} &= \frac{T_{\text{ult}}}{SF_{\text{geo}}} \\ &= \frac{55}{2} \\ &= 27,5 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Adapun data parameter geotekstil yang digunakan sebagai perhitungan adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.3 Data Parameter Geotekstil**

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat tarik <i>ultimit</i>	$T_{\text{ult}}$	55	kN/m
Regangan	$\varepsilon$	14	%
Kekakuan normal	$EA$	392,86	N/m
Kuat tarik <i>allowable</i>	$T_{\text{all}}$	27,5	kN/m

(Sumber : PT. Tetrasa Geosinindo)

## 5.2 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan Geotekstil Menggunakan Plaxis

Analisis kestabilan lereng yang dilakukan yaitu pada timbunan 3,5 m timbunan 7m dan timbunan 10,5 m dengan tinggi muka air tanah terletak pada tanah dasar timbunan. Sebagai contoh penjabaran analisis yang akan ditampilkan dibawah merupakan analisis pada lereng timbunan 10,5 m sedangkan untuk penjabaran analisis timbunan 3,5 m dan 7 m dapat dilihat pada lampiran.

### 5.2.1 Analisis Timbunan Tanah Asli

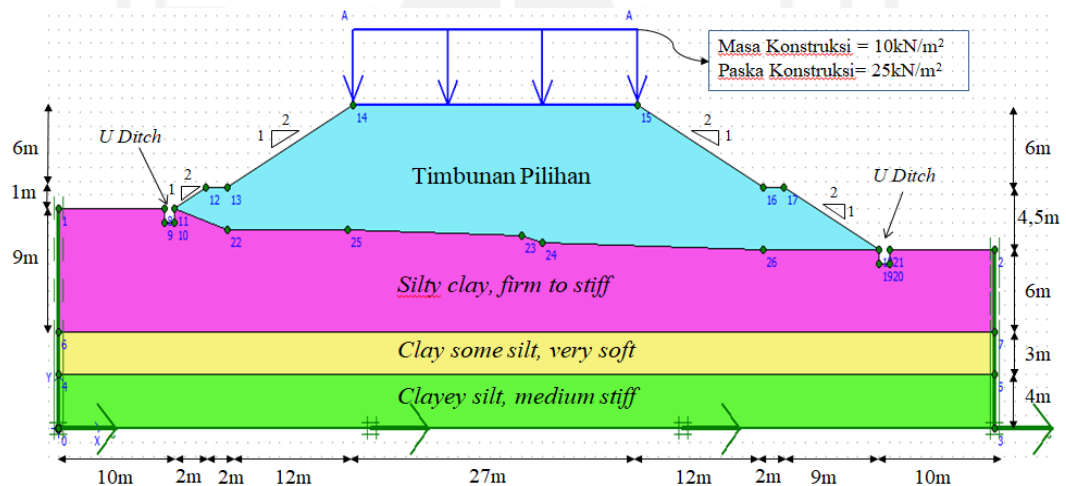
#### 1. Pemodelan Awal Timbunan Pada *Plaxis*

Pemodelan awal lereng timbunan tanah asli eksisting pada *plaxis* dilakukan dengan *input* titik koordinat dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan *input* material tanah disesuaikan dengan data parameter tanah dan jenis tiap lapisan tanah yang telah diketahui. Kemudian dilakukan pemodelan beban dinamik untuk beban gempa

dan beban merata sepanjang lebar jalan tol tersebut yaitu 27 m. Pemodelan lereng pada plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.3

**Tabel 5.4 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 10,5m Tanah Asli**

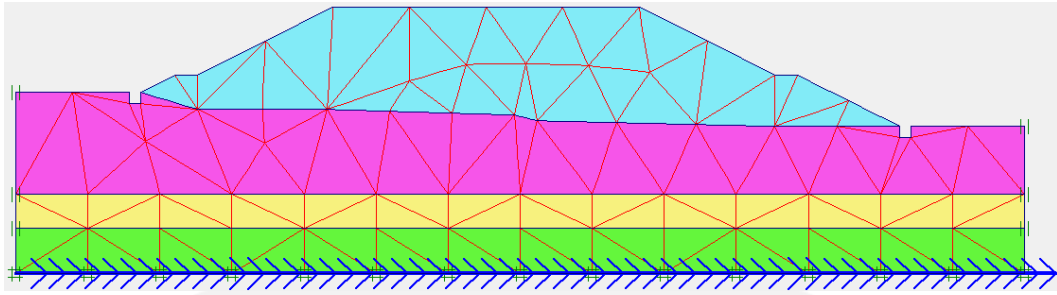
No.	X	Y	No.	X	Y	No.	X	Y	No.	X	Y
0	0	0	7	89	7	14	28	23,5	21	79	13
1	0	16	8	10	16	15	55	23,5	22	16	14,5
2	89	13	9	10	15	16	67	17,5	23	44	14
3	89	0	10	11	15	17	69	17,5	24	46	13,5
4	0	4	11	11	16	18	78	13	25	27,5	14,5
5	89	4	12	14	17,5	19	78	12	26	67	13
6	0	7	13	16	17,5	20	79	12			



**Gambar 5.3 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 10,5m Tanah Asli**

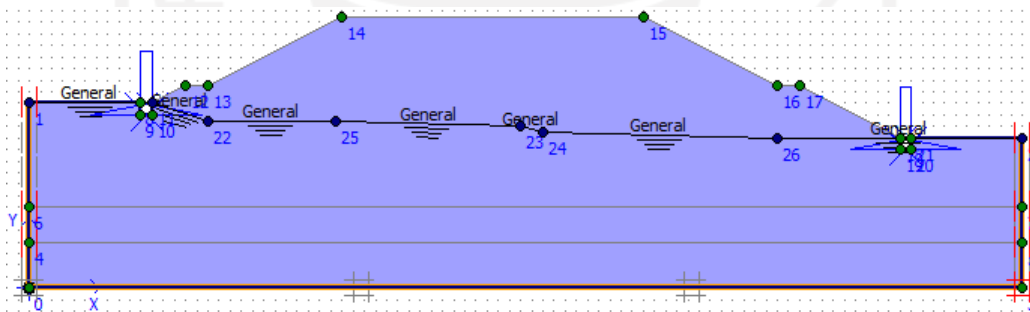
## 2. Pemodelan Saat Masa Konstruksi

Masa konstruksi merupakan kondisi saat beban merata diatas timbunan terjadi sebesar  $10 \text{ kN/m}^2$  akibat beban dari struktur perkerasan. Sesudah input jenis dan parameter tanah, pembebanan, serta bahan. Selanjutnya dilakukan penyusunan jaringan elemen (*meshing*). Hasil dari *meshing* timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.4



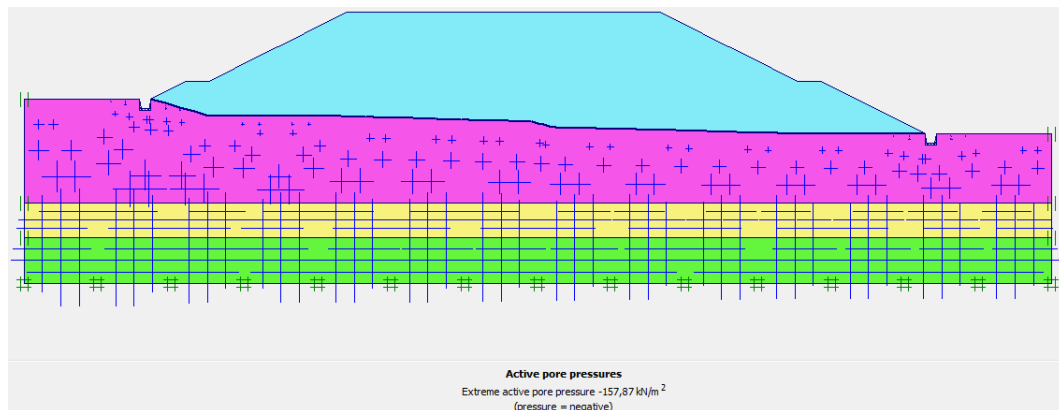
**Gambar 5.4 Meshing Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Masa Konstruksi**

Sesudah *meshing* dilakukan pemodelan dilanjutkan pada kondisi awal (*initial condition*). Kemudian kita tentukan letak muka air tanah (*phreatic level*) dan *closed consolidation boundary* yang akan dianalisis dapat dilihat pada Gambar 5.5.



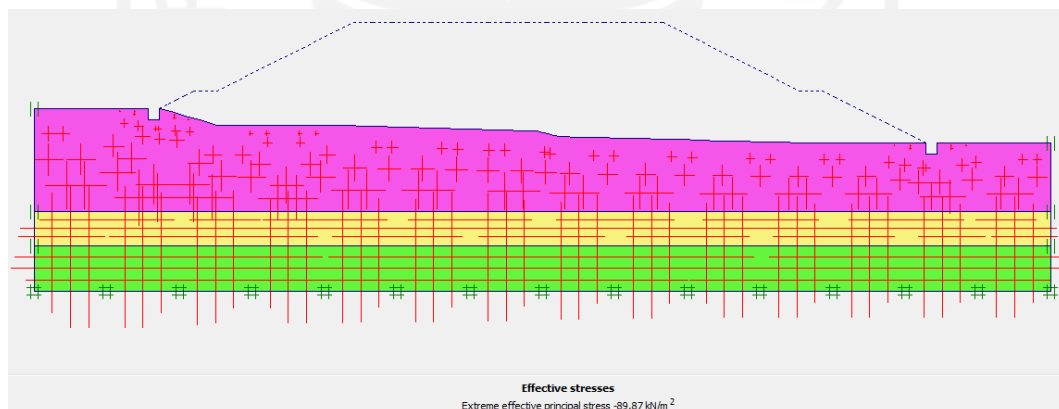
**Gambar 5.5 Pemodelan Phreatic Water Level Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Masa Konstruksi**

Setelah itu dilakukan *generate water pressure* untuk mengetahui *active pore pressure* tanah yang dapat dilihat pada Gambar 5.6



**Gambar 5.6 Active Pore Pressure Timbunan 10,5 M Tanah Asli Pada Masa Konstruksi**

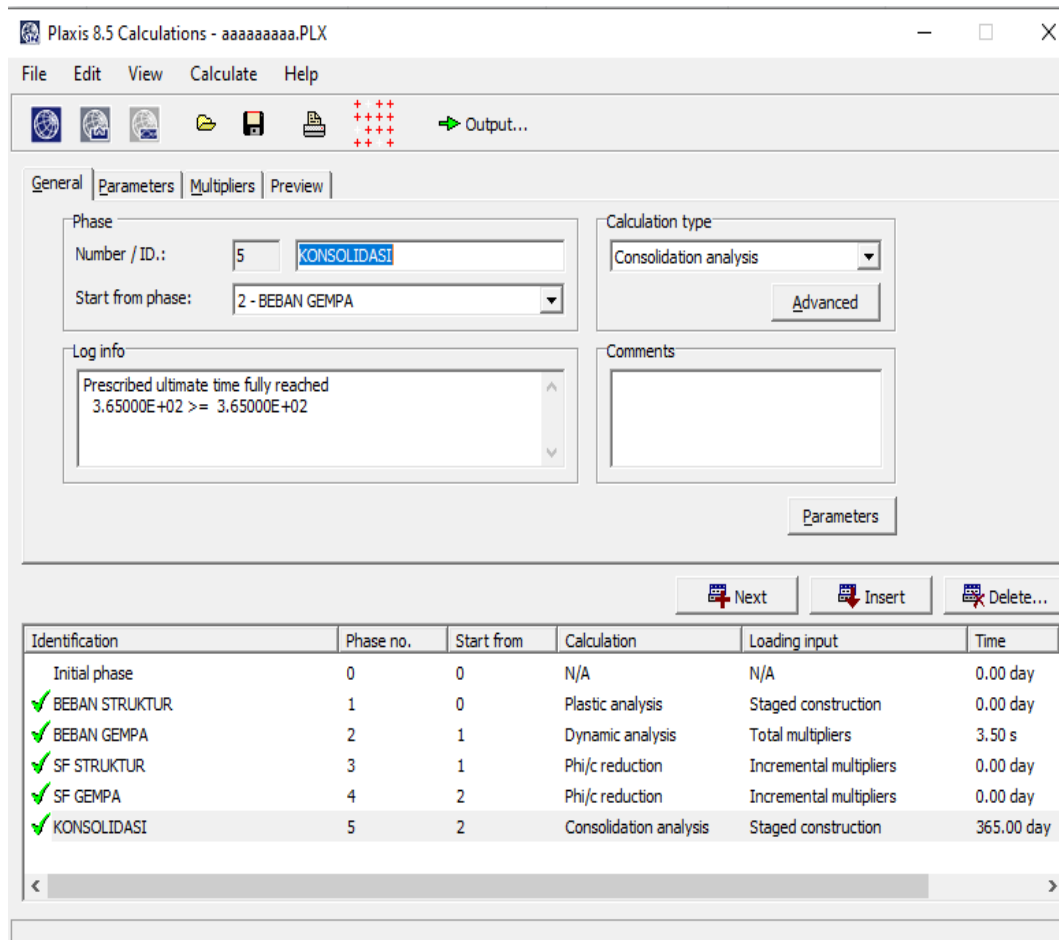
Selanjutnya dilakukan konfigurasi geometri perhitungan *general initial stresses*. Hasil dari *initial soil stresses* dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut



**Gambar 5.7 Initial Soil Stresses Timbunan 10,5 M Tanah Asli Pada Masa Konstruksi**

Setelah pemodelan selesai dilakukan, tahap selanjutnya merupakan tahap analisis perhitungan (*calculation*) yang terbagi menjadi lima tahap dapat dilihat pada Gambar 5.8. Tahap pertama adalah analisis akibat beban struktur yaitu beban timbunan tanah dan beban struktur diatas timbunan. Tahap kedua adalah merupakan analisis akibat beban gempa. Pada tahap selanjutnya merupakan perhitungan nilai angka aman (*safety factor*). Tahap ketiga yaitu perhitungan

nilai angka aman akibat beban struktur sedangkan tahap keempat yaitu perhitungan nilai angka aman akibat beban struktur dan beban gempa. Tahapan kelima adalah analisis konsolidasi untuk mengetahui penurunan tanah selama 365 hari.

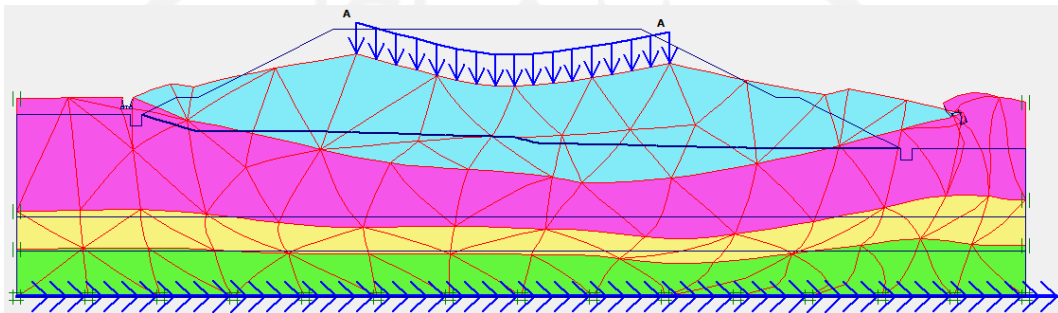


**Gambar 5.8** Box Info Tahap Calculation Plaxis Timbunan 10,5 Tanah Asli Pada Masa Konstruksi

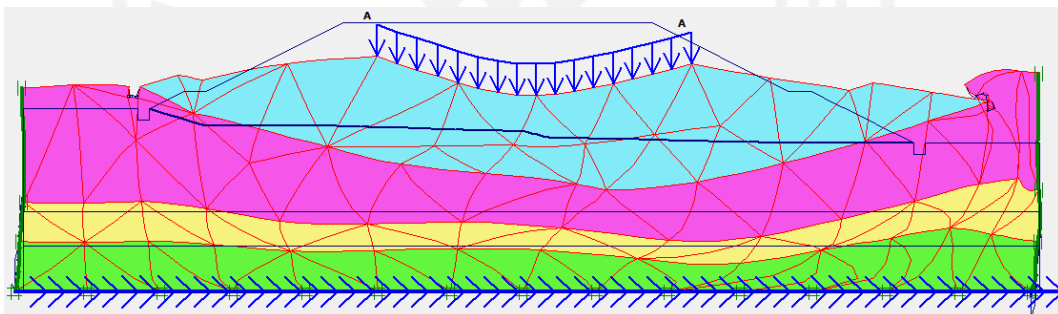


### 3. Hasil Analisis *Plaxis* Pada Masa Konstruksi

Setelah melalui proses analisis didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.10.

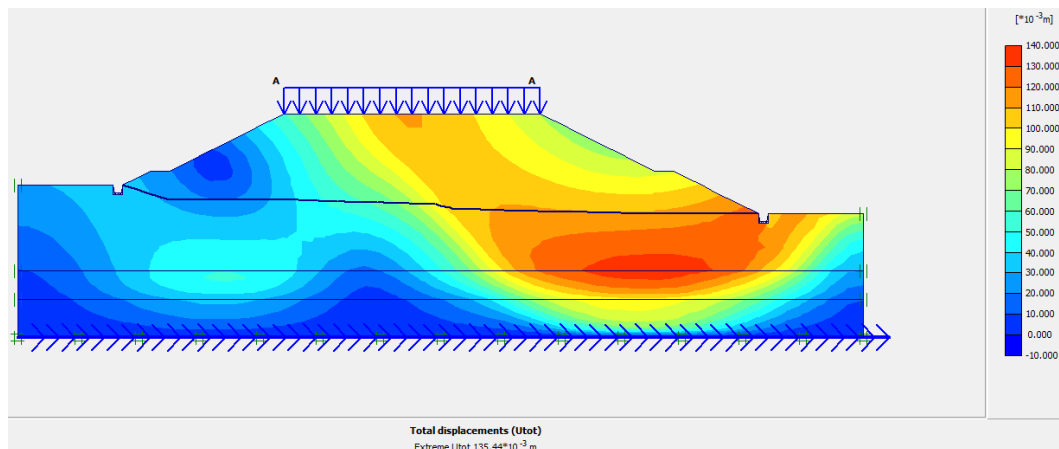


**Gambar 5.9 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

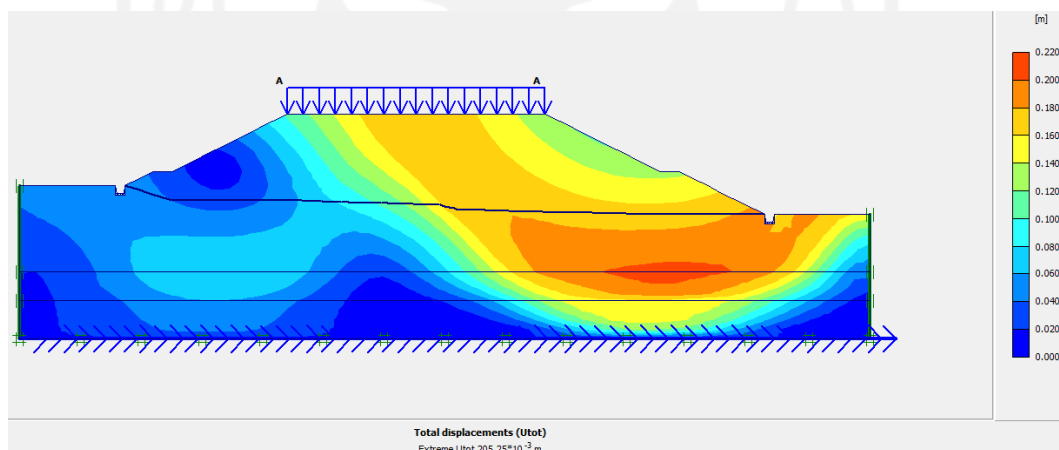


**Gambar 5.10 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada analisis masa konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar  $135,44 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.11. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar  $205,25 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.12.

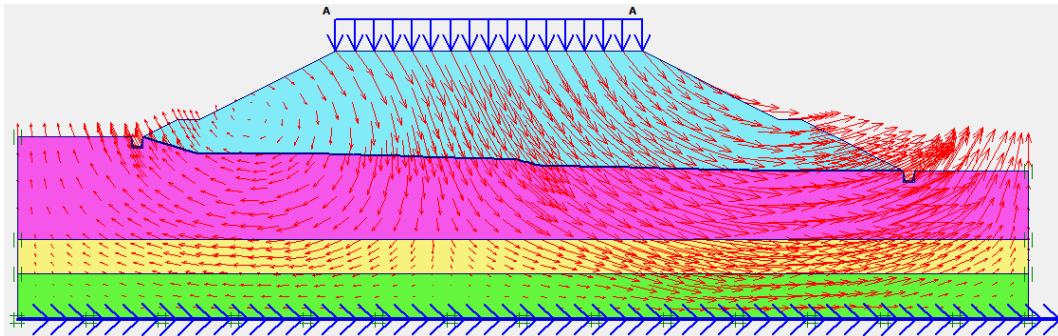


**Gambar 5.11 Total Displacement Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

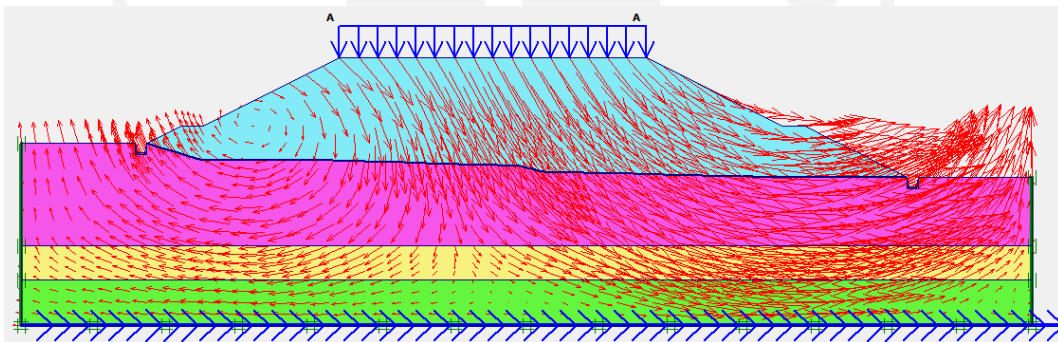


**Gambar 5.12 Total Displacement Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

*Output* pergerakan tanah pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter tanah asli dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.14. Arah pergerakan tanah yang terjadi akibat beban gempa semakin besar dibandingkan sebelum diberi beban gempa bagian ini ditandai dengan arah tanda panah berwarna merah semakin melebar yang didominasi gerakan memutar karena gaya gempa sedangkan beban struktur lebih didominasi pergerakan ke arah vertikal .

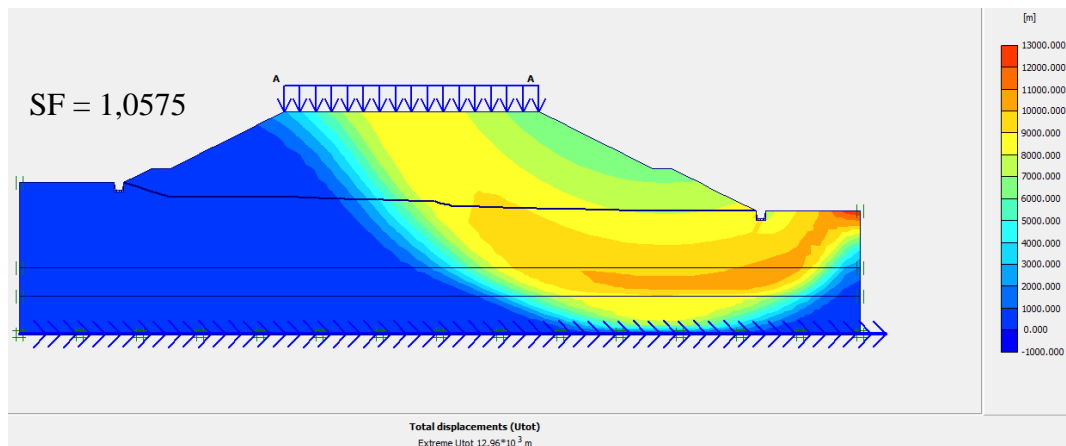


**Gambar 5.13 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

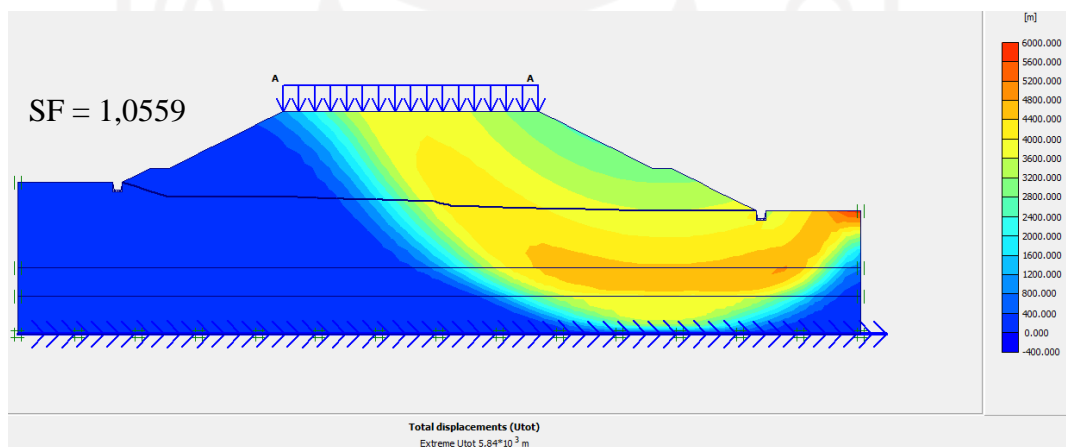


**Gambar 5.14 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter tanah asli dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.16

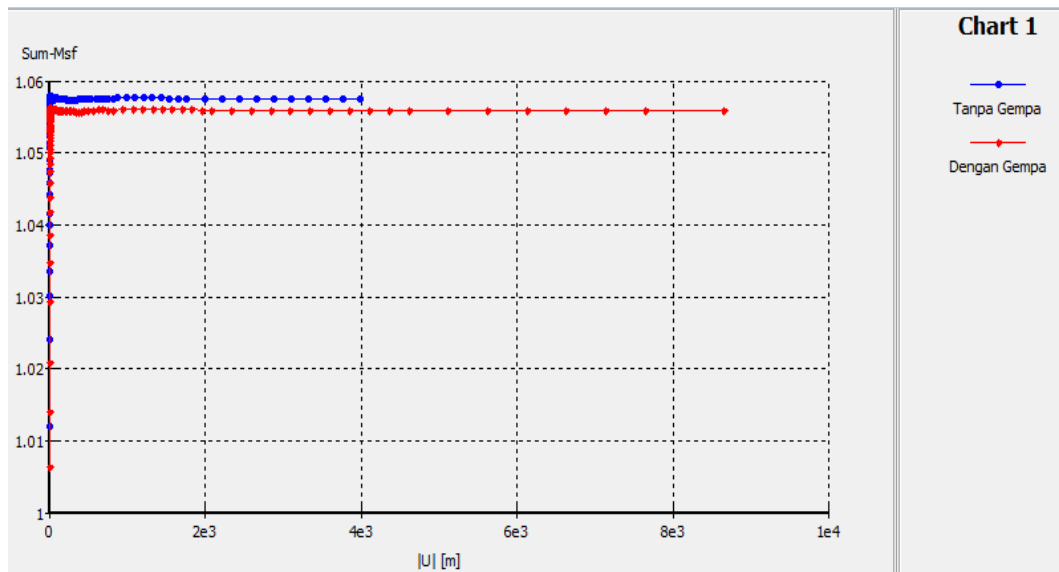


**Gambar 5.15 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



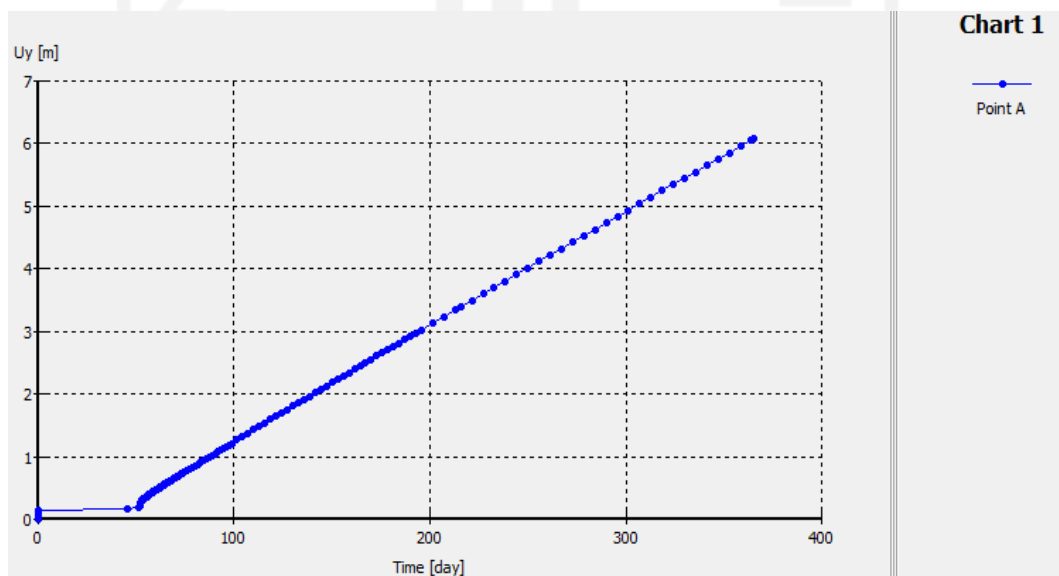
**Gambar 5.16 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada timbunan 10,5m tanah asli pada masa konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur sebesar 1,0575 dan 1,0559 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.17.



**Gambar 5.17 Kurva *Total Displacement vs Safety Factor* Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Masa Konstruksi**

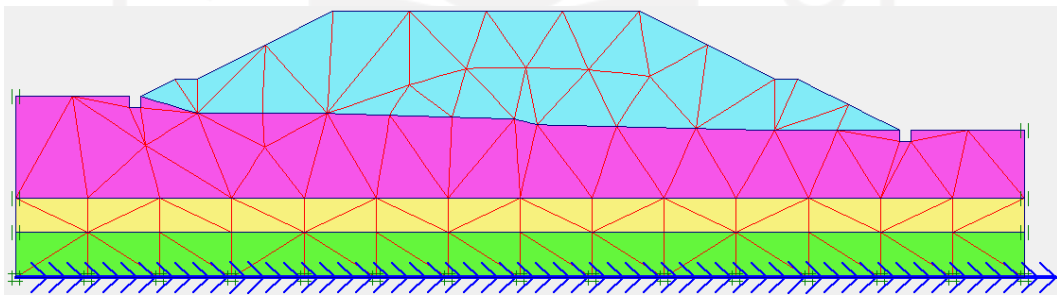
Sedangkan hasil konsolidasi pada timbunan 10,5m timbunan tanah asli yang terjadi dengan asumsi waktu penurunan selama setahun (365 hari) setelah masa konstruksi adalah sebesar 6,068 m. Hasil konsolidasi dapat dilihat dalam grafik konsolidasi antara *Displacement vs Time* pada Gambar 5.18 berikut



**Gambar 5.18 Kurva *Timet vs Vertical Displacement* Timbunan 10,5m Kondisi Tanah Asli**

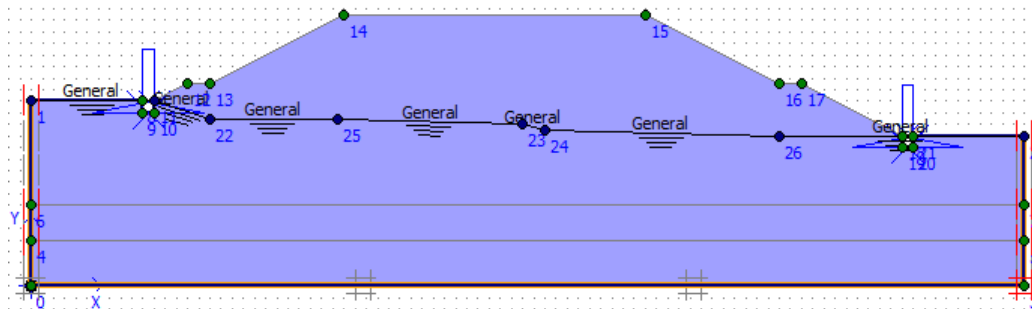
#### 4. Pemodelan Timbunan Pada Paska Konstruksi

Kondisi timbunan paska konstruksi yaitu kondisi dimana timbunan badan jalan tol sudah dapat difungsikan sebagai jalan. Pada kondisi ini timbunan bersifat *undrained* karena akibat adanya struktur perkerasan jalan membuat tanah dianggap sudah tak mengalami drainase. Pemodelan pada kondisi paska konstruksi pada umumnya memiliki tahapan yang sama seperti pemodelan pada tahap masa konstruksi yang telah dijelaskan sebelumnya. Perbedaannya terletak pada beban merata diatas permukaan timbunan diubah menjadi  $25 \text{ kN/m}^2$  karena adanya penambahan beban lalu lintas sebesar  $15 \text{ kN/m}^2$ . Sesudah input jenis dan parameter tanah, pembebanan, serta bahan. Selanjutnya dilakukan penyusunan jaringan elemen (*meshing*). Hasil dari *meshing* timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.19



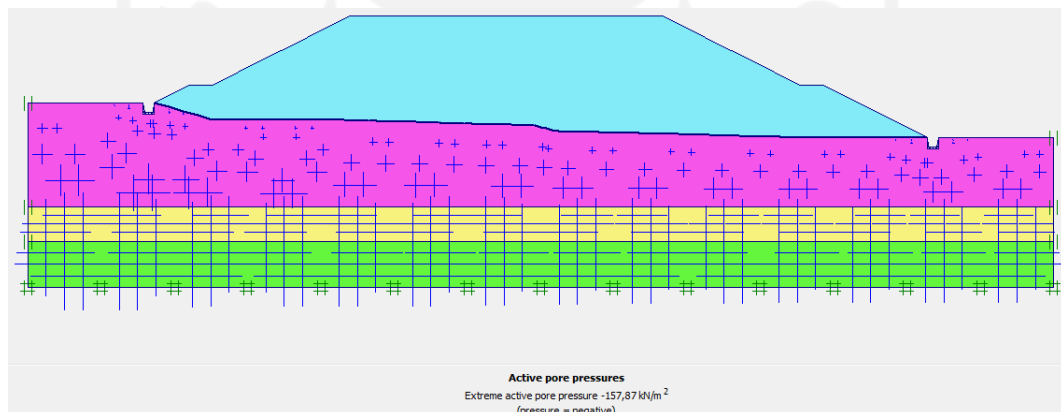
**Gambar 5.19 Meshing Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Paska Konstruksi**

Sesudah *meshing* dilakukan pemodelan dilanjutkan pada kondisi awal (*initial condition*). Kemudian kita tentukan letak muka air tanah (*phreatic level*) dan *closed consolidation boundary* yang akan dianalisis dapat dilihat pada Gambar 5.20.



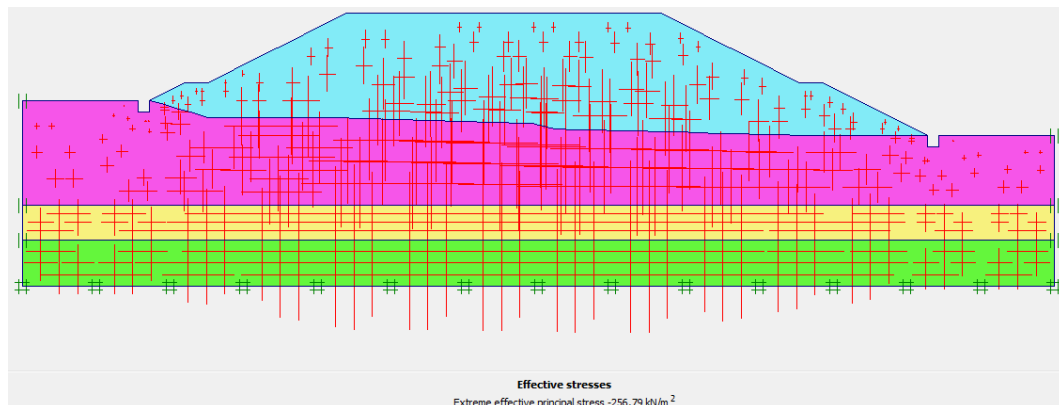
**Gambar 5.20** Pemodelan *Phreatic Water Level* Timbunan 10,5m Tanah Asli Pada Paska Konstruksi

Setelah itu dilakukan *generate water pressure* untuk mengetahui *active pore pressure* tanah yang dapat dilihat pada Gambar 5.21



**Gambar 5.21** *Active Pore Pressure* Timbunan 10,5 M Tanah Asli Pada Paska Konstruksi

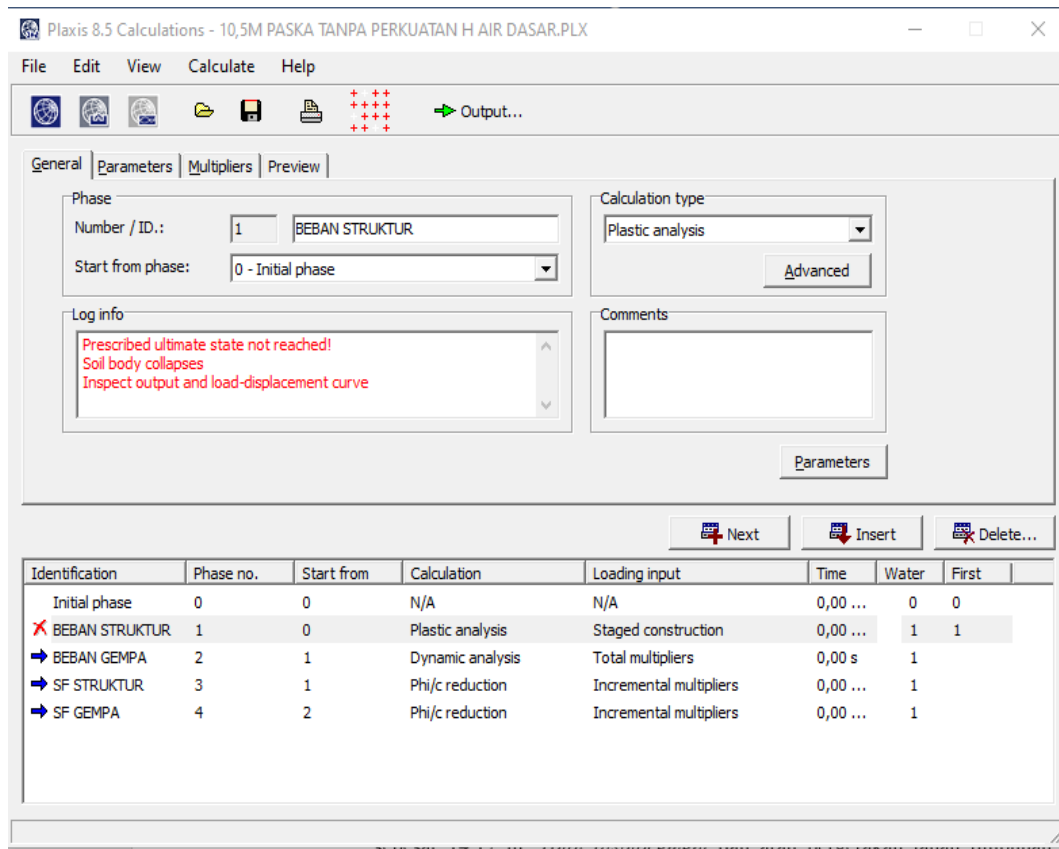
Selanjutnya dilakukan konfigurasi geometri perhitungan *general initial stresses*. Hasil dari *initial soil stresses* dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut



**Gambar 5.22 Initial Soil Stresses Timbunan 10,5 M Tanah Asli Pada Paska Konstruksi**

Adapun tahap selanjutnya merupakan tahap analisis perhitungan (*calculation*) yang terbagi menjadi empat tahap. Tahap pertama adalah analisis akibat beban struktur yaitu beban timbunan tanah dan beban struktur diatas timbunan. Tahap kedua adalah merupakan analisis akibat beban gempa. Pada tahap selanjutnya merupakan perhitungan nilai angka aman (*safety factor*). Tahap ketiga yaitu perhitungan nilai angka aman akibat beban struktur sedangkan tahap keempat yaitu perhitungan nilai angka aman akibat beban struktur dan beban gempa. Pada proses analisis dilakukan, timbunan 10,5 meter tanah asli kondisi paska konstruksi mengalami *soil collapse* pada tahap memasukkan beban struktur. Oleh karena itu proses perhitungan selanjutnya tidak dapat dilakukan ditandai dengan tulisan merah *log info* yang dapat dilihat pada Gambar 5.23 berikut.

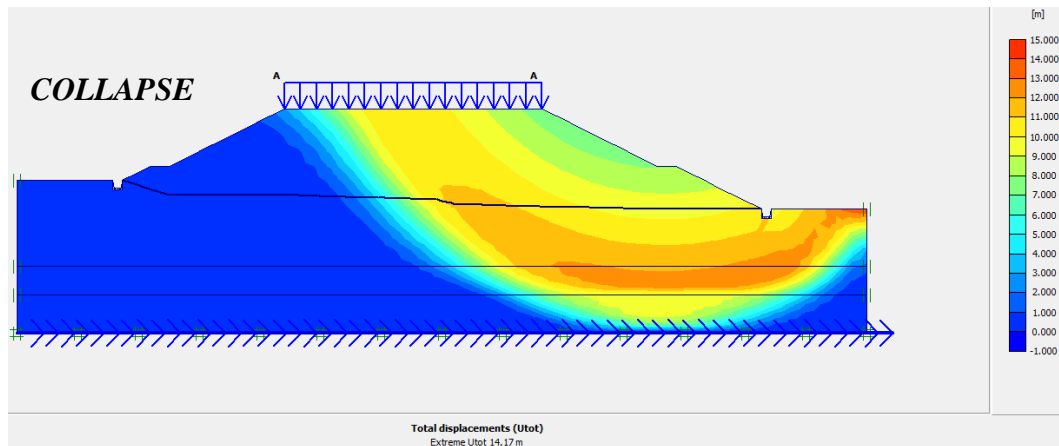




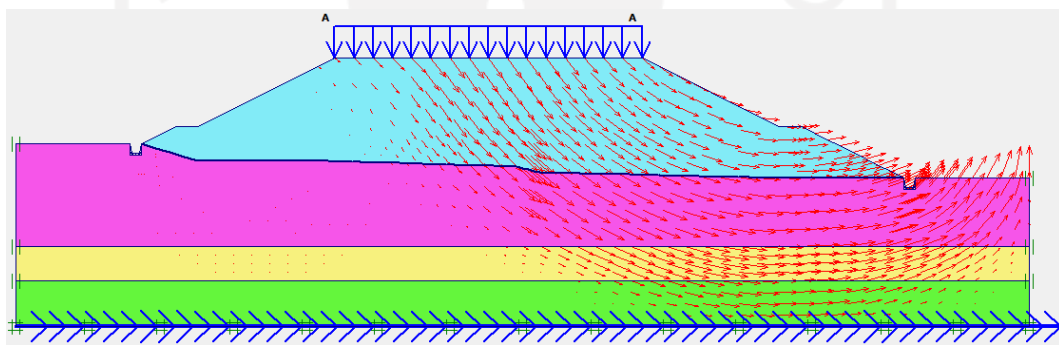
**Gambar 5.23 Box Info Tahap Calculation Plaxis Timbunan 10,5 Tanah Asli Pada Paska Konstruksi**

#### 5. Hasil Analisis *Plaxis* Pada Paska Konstruksi

Timbunan 10,5m tanah asli kondisi paska konstruksi mengalami *collapse* pada tahap pertama yaitu memasukkan beban struktur dan terjadi *total displacement* sebesar 14,17 m. *Total displacement* dan arah pergerakan tanah timbunan akibat beban struktur yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 5.24 dan Gambar 5.25



**Gambar 5.24 Total Displacement Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar 5.25 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

Berdasarkan analisis *plaxis* pada lereng timbunan 10,5m tanah asli kondisi paska konstruksi, *plaxis* tidak dapat menampilkan angka aman karena lereng timbunan mengalami keruntuhan (*collapse*) sehingga bisa dipastikan angka aman sangat kecil yaitu  $<1$ . Maka untuk mengetahui angka aman pada lereng timbunan 10,5m tanah asli kondisi paska konstruksi akan dilakukan analisis menggunakan perhitungan secara manual dengan metode *Fellinius* (iris). Oleh karena itu perlu dilakukan perkuatan lereng timbunan agar didapatkan angka aman yang memenuhi syarat diijinkan.

#### 6. Rekapitulasi Analisis Timbunan Lereng Tanah Asli

Pada penjabaran perhitungan analisis *plaxis* diatas merupakan timbunan 10,5 m tanah asli sedangkan untuk timbunan 3,5m tanah asli dan timbunan 7m tanah asli dapat dilihat pada lampiran. Hasil perhitungan analisis timbunan tanah asli tanpa perkuatan dimana diperoleh nilai angka aman lereng dapat dilihat pada Tabel 5.5. Sedangkan untuk rekapitulasi besar penurunan konsolidasi yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

**Tabel 5.5 Rekapitulasi Nilai *Safety Factor* Timbunan Tanah Asli**

Tinggi Timbunan	Masa Konstruksi		Paska Konstruksi	
	Tanpa Gempa	Dengan Gempa	Tanpa Gempa	Dengan Gempa
3,5 meter	1,8440 (Aman)	1,8423 (Aman)	1,5216 (Aman)	1,5210 (Aman)
7meter	1,2681 (Tidak Aman)	1,2624 (Tidak Aman)	1,1376 (Tidak Aman)	1,1349 (Tidak Aman)
10,5 meter	1,0575 (Tidak Aman)	1,0559 (Tidak Aman)	<i>COLLAPSE</i>	<i>COLLAPSE</i>

**Tabel 5.6 Rekapitulasi Penurunan Timbunan Tanah Asli**

Pemodelan	Penurunan (m)	Waktu (hari)
Timbunan 3,5 m	0,006713	365
Timbunan 7 m	0,028	365
Timbunan 10,5 m	6,068	365

Berdasarkan Tabel 5.5 , nilai *safety factor* pada timbunan 3,5 meter yang didapatkan sudah melebihi nilai angka aman yang telah disyaratkan yaitu 1,3 sehingga pada timbunan 3,5 meter tidak perlu dilakukan perkuatan. Untuk timbunan 7 meter, nilai angka aman yang didapatkan belum memenuhi syarat *safety factor* > 1,3 , sedangkan pada timbunan 10,5 meter masa konstruksi juga belum memenuhi syarat *safety factor* sementara saat paska konstruksi timbunan 10,5 meter malahan terjadi keruntuhan (*collapse*). Oleh karena itu,

analisis kembali dilakukan pada timbunan 7 m dan 10,5 m dengan percobaan perbaikan secara *replacement* yaitu muka lapisan tanah dasar timbunan digali dan diganti dengan tanah timbunan .

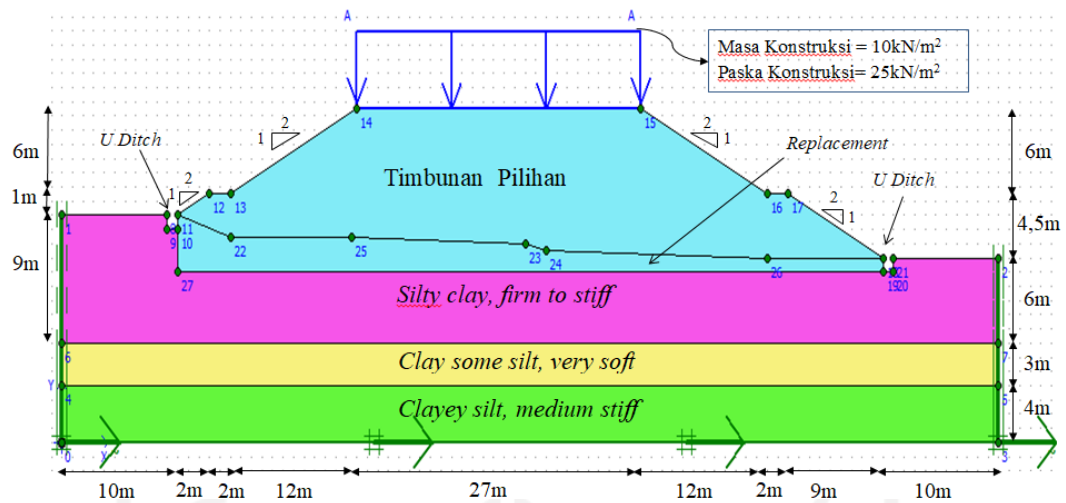
### 5.2.2 Analisis Timbunan *Replacement*

#### 1. Pemodelan Awal

Dalam analisis pemodelan ini , tanah untuk *replacement* menggunakan tanah timbunan tanah asli dimana pada muka lapisan tanah dasar paling atas nantinya dilakukan penggalian sepanjang dasar timbunan kemudian diganti (*replacement*) dengan tanah *replacement*. Pemodelan awal lereng pada *plaxis* dilakukan dengan *input* titik koordinat dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan *input* material tanah yang disesuaikan dengan data parameter tanah yang telah diketahui. Kemudian dilakukan pemodelan beban dinamik untuk beban gempa dan beban merata sepanjang lebar jalan tol tersebut yaitu 27 m. Pemodelan lereng timbunan pada *plaxis* dapat dilihat pada Gambar 5.26 berikut.

**Tabel 5.7 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 10,5m *Replacement***

No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	8	10	16	16	67	17,5
1	0	16	9	10	15	17	69	17,5
2	89	13	10	11	15	18	78	13
3	89	0	11	11	16	19	78	12
4	0	4	12	14	17,5	20	79	12
5	89	4	13	16	17,5	21	79	13
6	0	7	14	28	23,5	22	11	12
7	89	7	15	55	23,5			

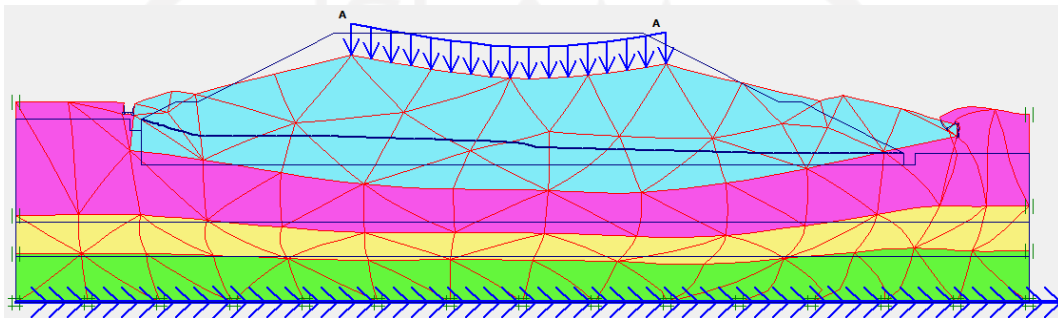


**Gambar 5.26** Pemodelan *Plaxis* Timbunan 10,5 m Replacement

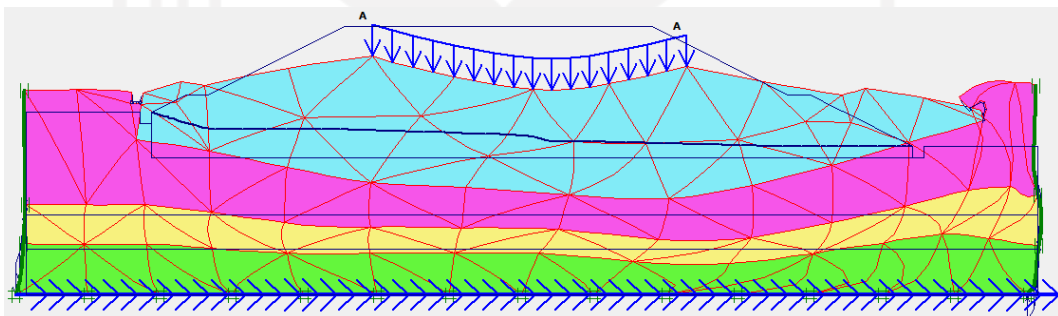
Adapun tahap analisis perhitungan (*calculation*) timbunan *replacement* sama seperti analisis tanah asli yang terbagi menjadi lima tahap. Perbedaannya pada pemodelan lereng yang ditambah *replacement* sehingga analisis *replacement* dianggap beban timbunan. Tahap pertama adalah analisis akibat beban struktur yaitu beban timbunan tanah dan beban struktur diatas timbunan. Tahap kedua adalah merupakan analisis akibat beban gempa. Tahap ketiga yaitu perhitungan nilai angka aman akibat beban struktur sedangkan tahap keempat yaitu perhitungan nilai angka aman akibat beban struktur dan beban gempa. Tahapan kelima adalah analisis konsolidasi untuk mengetahui penurunan tanah selama 365 hari. Sedangkan pada paska konstruksi tahapan analisis hanya sampai tahap keempat. Tahap pertama adalah analisis akibat beban struktur yaitu beban timbunan tanah dan beban struktur diatas timbunan. Tahap kedua adalah merupakan analisis akibat beban gempa. Tahap ketiga yaitu perhitungan nilai angka aman akibat beban struktur sedangkan tahap keempat yaitu perhitungan nilai angka aman akibat beban struktur dan beban gempa.

## 2. Hasil Analisis *Plaxis* Masa Konstruksi

Setelah melalui proses analisis didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.27 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.28

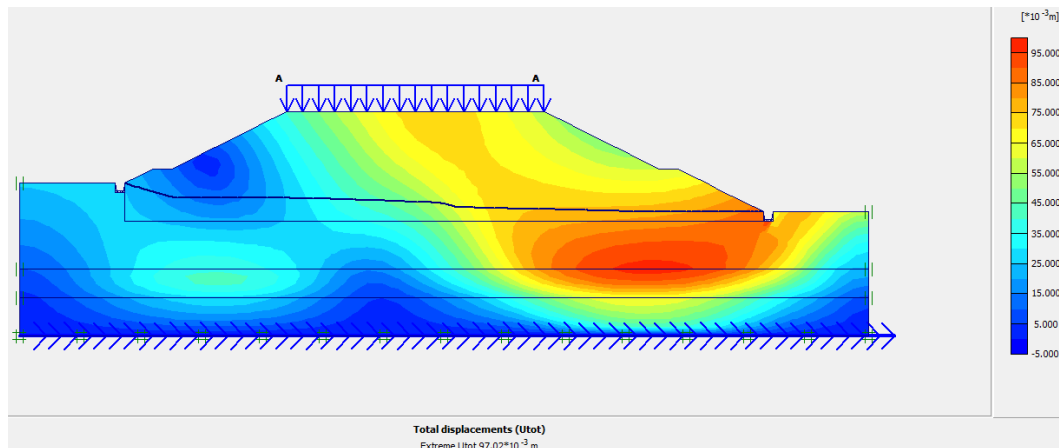


**Gambar 5.27 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

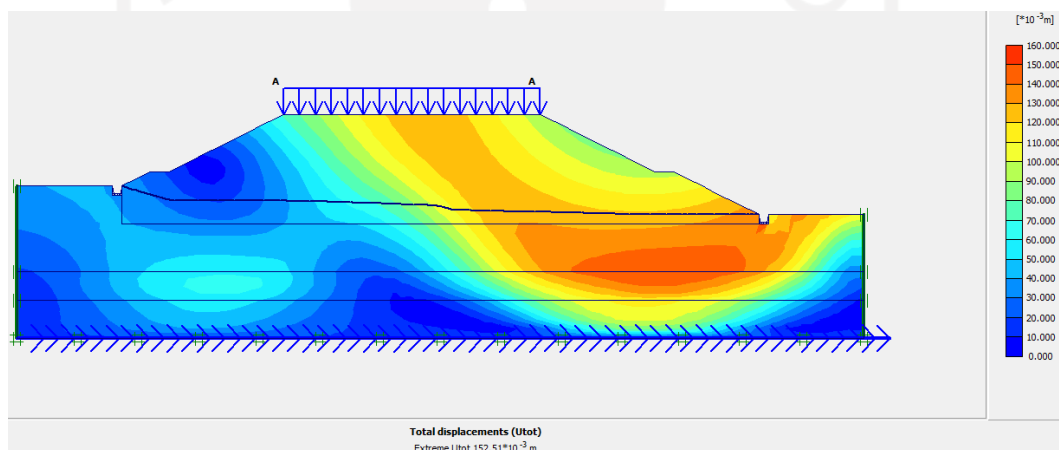


**Gambar 5.28 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada analisis masa konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar  $97,02 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.29. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar  $152,51 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.30.

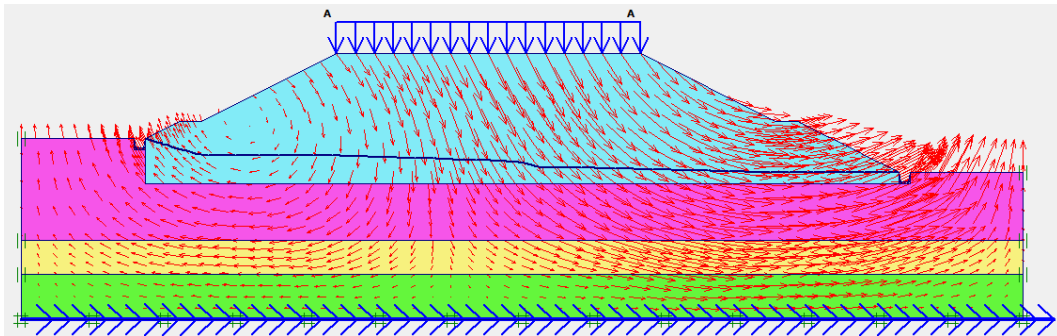


**Gambar 5.29 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

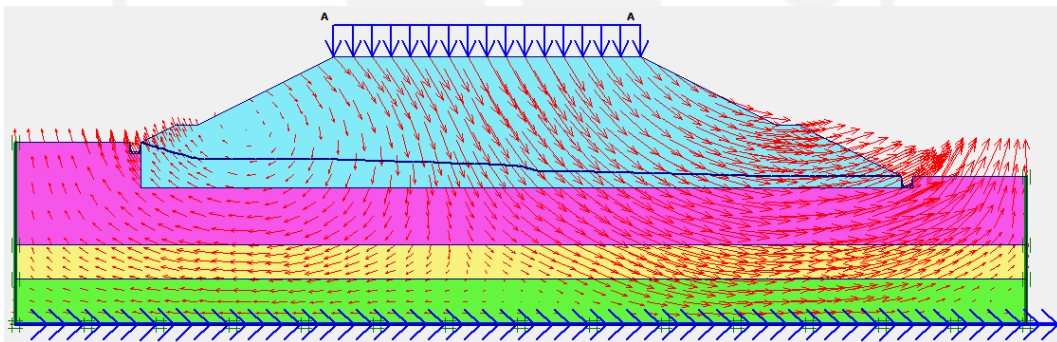


**Gambar 5.30 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

*Output* pergerakan tanah pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.31 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter *replacement* dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.32. Arah pergerakan tanah yang terjadi akibat beban gempa semakin besar dibandingkan sebelum diberi beban gempa bagian ini ditandai dengan arah tanda panah berwarna merah semakin melebar yang didominasi gerakan memutar karena gaya gempa sedangkan beban struktur lebih didominasi pergerakan ke arah vertikal .



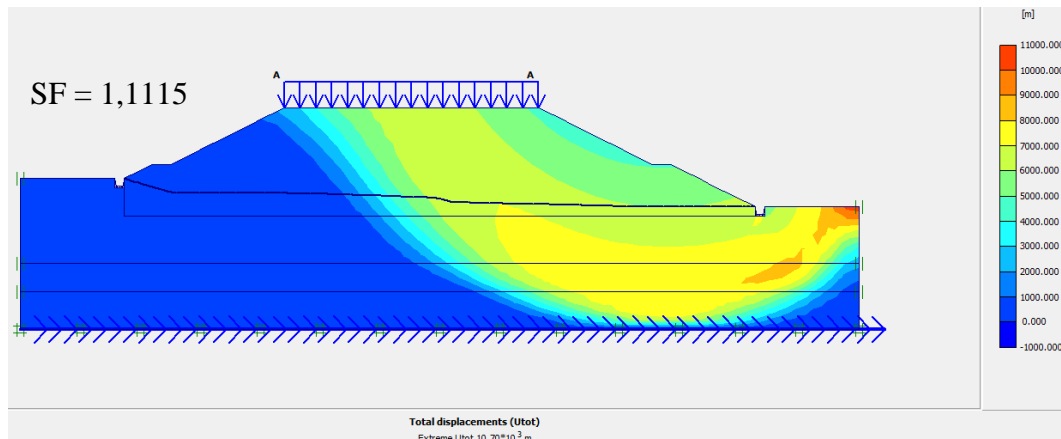
**Gambar 5.31 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m *Replacement* Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



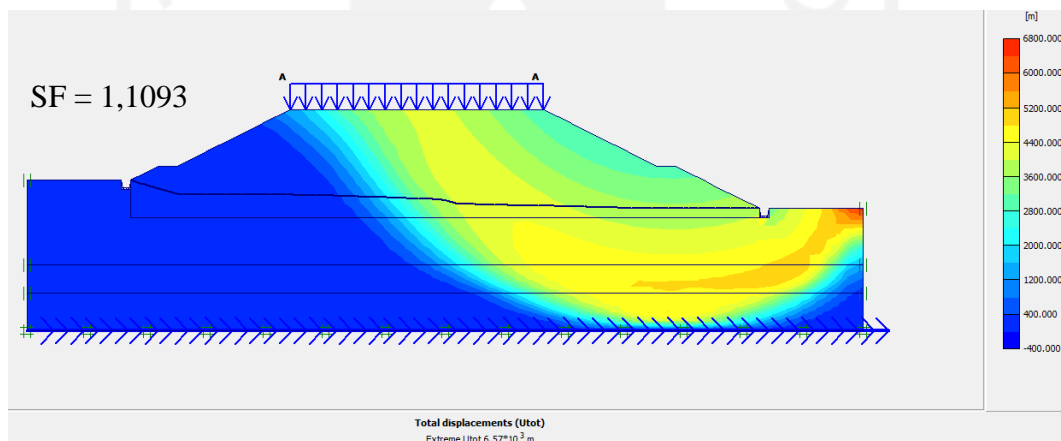
**Gambar 5.32 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m *Replacement* Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter *replacement* dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.34



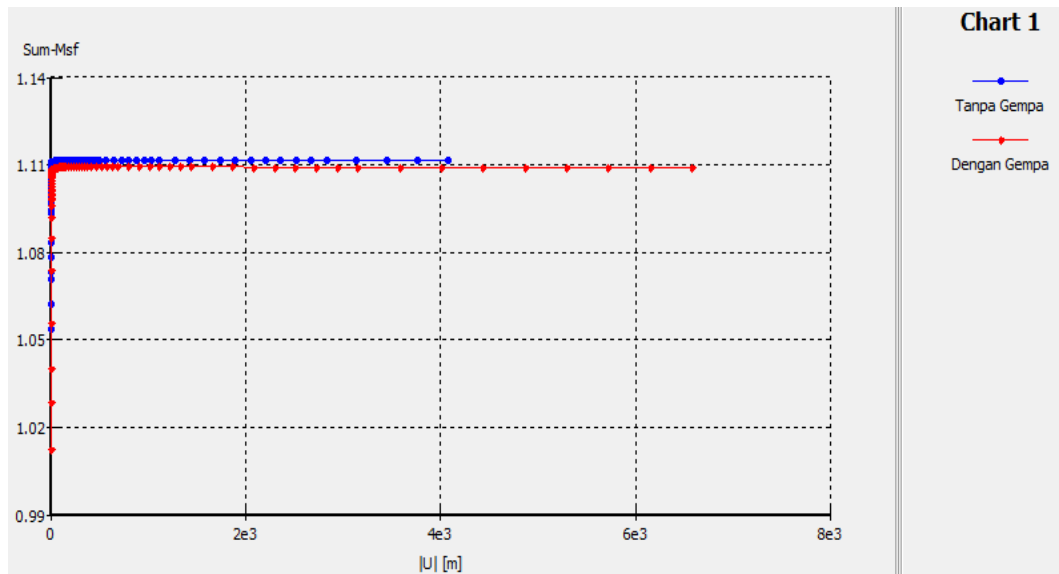


**Gambar 5.33 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



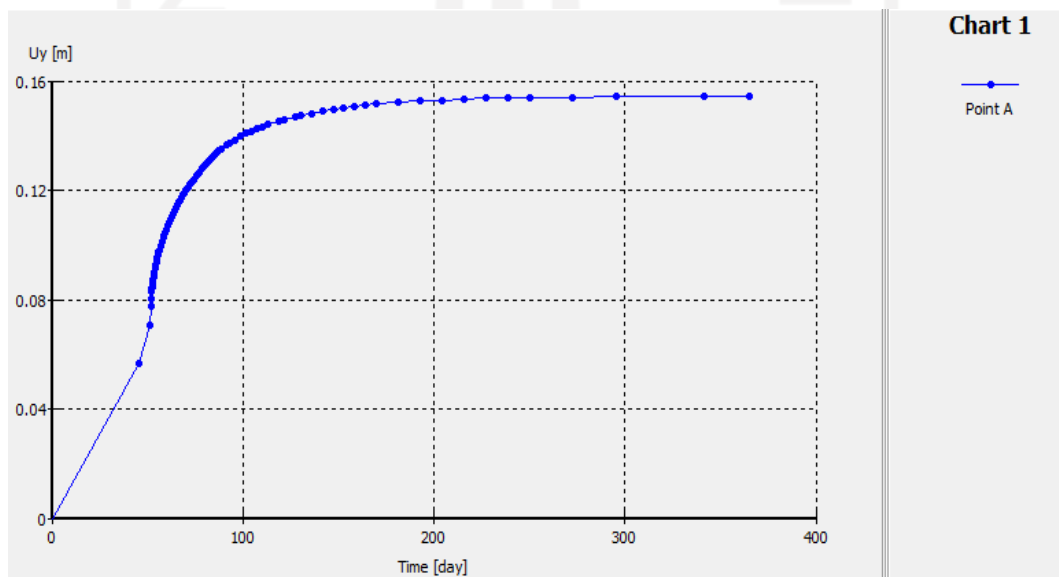
**Gambar 5.34 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Timbunan 10,5m replacement saat konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur 1,1115 dan 1,1093 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.35



**Gambar 5.35 Kurva *Total Displacement vs Safety Factor* Timbunan 10,5m Replacement Pada Masa Konstruksi**

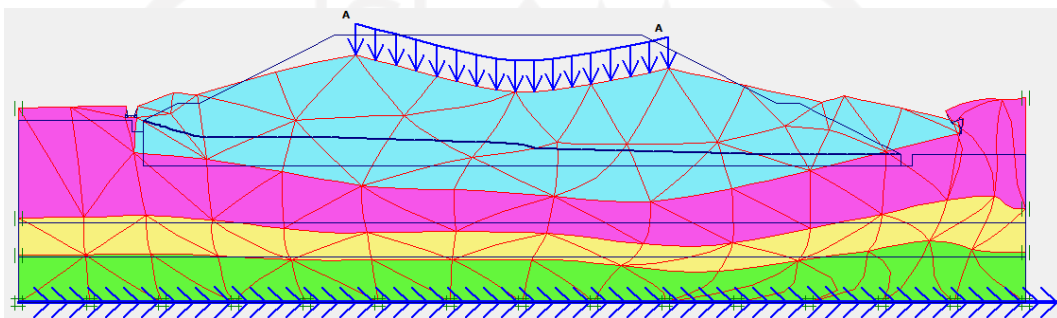
Sedangkan konsolidasi yang terjadi dengan asumsi waktu penurunan selama setahun (365 hari) setelah masa konstruksi sebesar 0,156 m. Hasil konsolidasi dapat dilihat dalam grafik antara *Displacement vs Time* pada Gambar 5.36 berikut



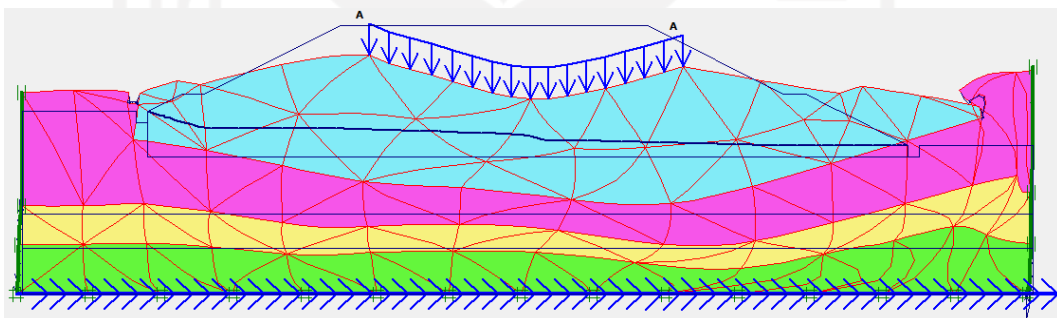
**Gambar 5.36 Kurva *Timet vs Vertical Displacement* Timbunan 10,5m Replacement**

### 3. Hasil Analisis *Plaxis* Paska Konstruksi

Setelah melalui proses analisis pada paska konstruksi didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.37 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.38

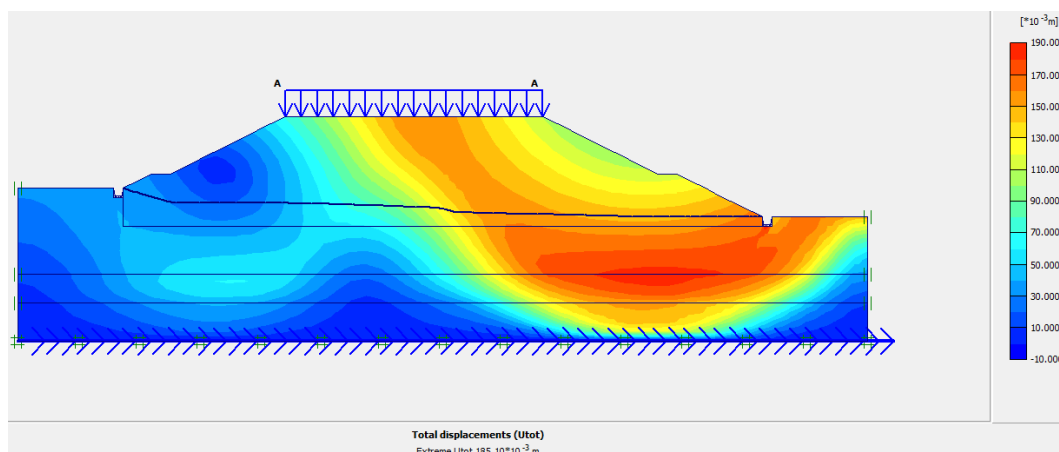


**Gambar 5.37 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

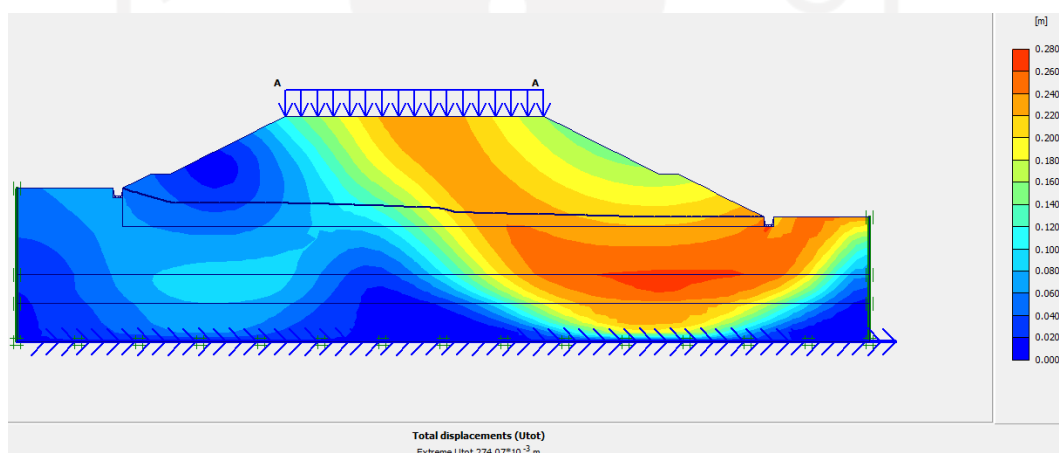


**Gambar 5.38 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Pada analisis paska konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar  $185,10 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.39. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar  $274,07 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.40.

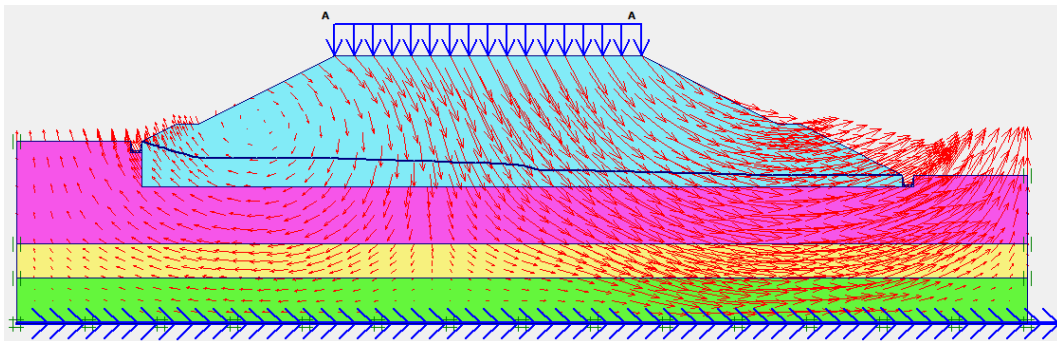


**Gambar 5.39 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

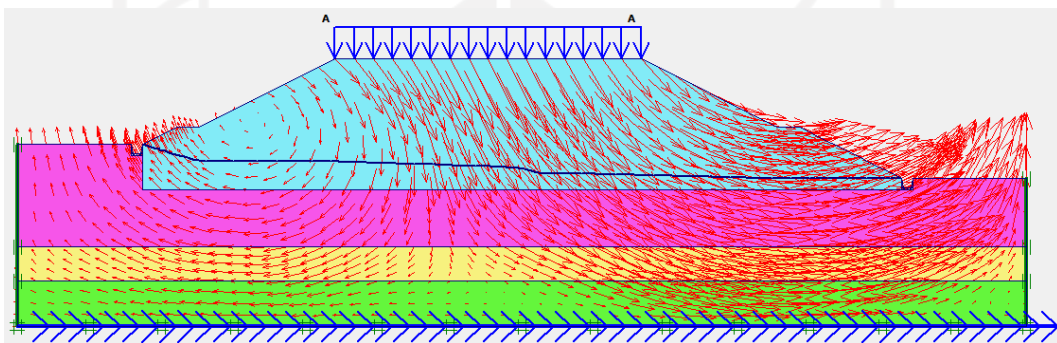


**Gambar 5.40 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

*Output* pergerakan tanah pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.41 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter *replacement* dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.42. Arah pergerakan tanah yang terjadi akibat beban gempa semakin besar dibandingkan sebelum diberi beban gempa bagian ini ditandai dengan arah tanda panah berwarna merah semakin melebar yang didominasi gerakan memutar karena gaya gempa sedangkan beban struktur lebih didominasi pergerakan ke arah vertikal .

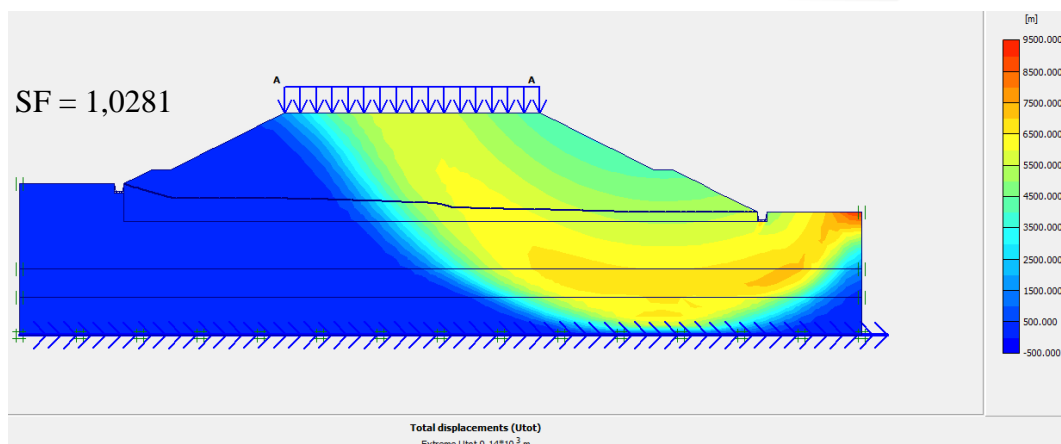


**Gambar 5.41 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

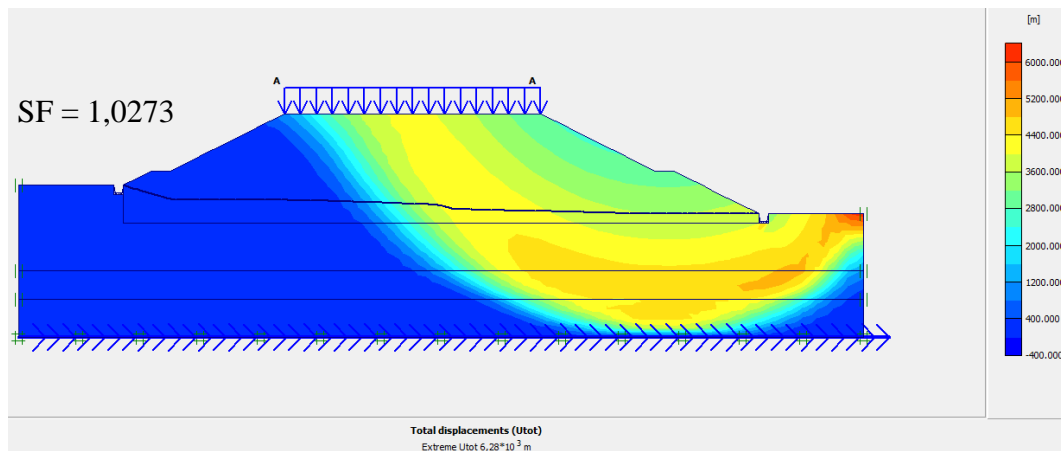


**Gambar 5.42 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* dapat dilihat pada Gambar 5.43 dan Gambar 5.44

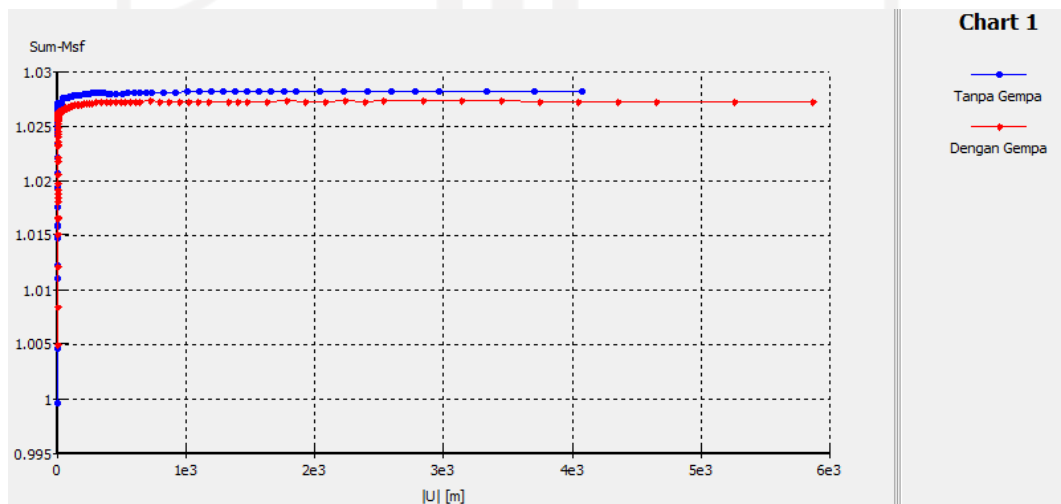


**Gambar 5.43 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar 5.44 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Timbunan 10,5m *replacement* saat paska konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur 1,0281 dan 1,0273 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.45



**Gambar 5.45 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 10,5m Replacement Saat Paska Konstruksi**

#### 4. Rekapitulasi Analisis Timbunan *Replacement*

Hasil analisis plaxis timbunan tanah *replacement* dimana diperoleh nilai angka aman dapat dilihat pada Tabel 5.8. Sedangkan untuk rekapitulasi besar penurunan konsolidasi yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

**Tabel 5.8 Rekapitulasi Nilai *Safety Factor* Timbunan *Replacement***

Tinggi Timbunan	Masa Konstruksi		Paska Konstruksi	
	Tanpa Gempa	Dengan Gempa	Tanpa Gempa	Dengan Gempa
7meter	1,3189 (Tidak Aman)	1,3152 (Tidak Aman)	1,1872 (Tidak Aman)	1,1834 (Tidak Aman)
10,5 meter	1,1115 (Tidak Aman)	1,1093 (Tidak Aman)	1,0281 (Tidak Aman)	1,0273 (Tidak Aman)

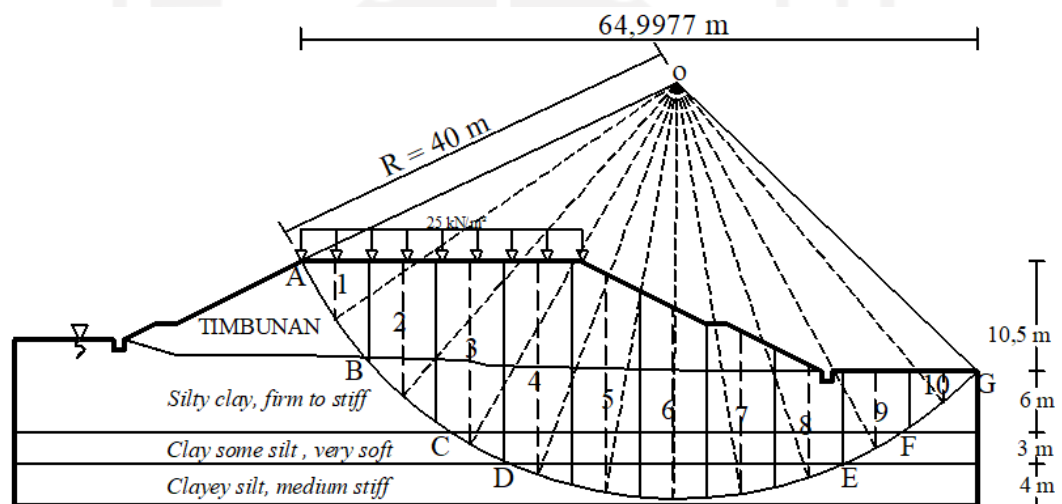
**Tabel 5.9 Rekapitulasi Penurunan Tanah Timbunan *Replacement***

Pemodelan	Penurunan (m)	Waktu (hari)
Timbunan 7 m	0,023	365
Timbunan 10,5 m	0,158	365

Berdasarkan Tabel 5.9 diatas setelah dilakukan perkuatan dengan *replacement* , pada timbunan 7 meter dan timbunan 10,5 meter, nilai angka aman yang didapatkan belum memenuhi syarat *safety factor*  $> 1,3$  sehingga lereng belum dapat dikatakan aman . Oleh karena itu, analisis kembali dilakukan pada timbunan 7 m dan 10,5 m dengan percobaan perkuatan dengan penambahan geotekstil.

### 5.3 Perhitungan Manual Lereng Timbunan Tanah Asli Menggunakan Metode Fellenius

Berdasarkan hasil analisis *Plaxis*, pada tinggi timbunan 10,5 m tanah asli pada paska konstruksi terjadi keruntuhan (*collapse*) dan tidak dapat menunjukkan nilai *safety factor* lereng timbunan. Maka pada tinggi timbunan tersebut dilakukan perhitungan manual menggunakan metode *fellenius* (irisian) agar dapat diketahui nilai *safety factor* timbunan. Dari output *plaxis* didapatkan terbentuk gambar garis potensi longsor hingga kaki lereng dengan R (jari-jari) 40 m selanjutnya dibagi menjadi 10 pias. Pemodelan lereng untuk perhitungan secara manual menggunakan metode *fellenius* dapat dilihat pada Gambar 5.46 dibawah ini.



**Gambar 5.46 Pemodelan Perhitungan Manual Timbunan Lereng**

Diasumsikan bidang longsor akan dibagi menjadi 10 irisan/pias. Panjang total bidang longsor pada arah horisontal sebesar 64,9977 m sehingga tiap irisan memiliki lebar sebesar  $64,9977 / 10 = 6,50$  m. Hasil perhitungan gaya berat dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.



Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Gaya Berat dan Tekanan Air Pori Pada Tiap Irisan

Pias No	H <sub>i</sub>				B	W = bh γ (kN)	θ (°)	W cos θ (kN)	W sin θ (kN)	a <sub>i</sub> (m)	U <sub>i</sub> = u <sub>i</sub> .a <sub>i</sub> (kN)	N = W cos θ - U <sub>i</sub> (kN)
	Timbunan (h <sub>1</sub> )	Tanah Lapis 1 (h <sub>2</sub> )	Tanah Lapis 2 (h <sub>3</sub> )	Tanah Lapis 3 (h <sub>4</sub> )								
1	5,61	0,000	0,000	0,000	6,50	353,31	-55	202,65	289,42	0,00	0,00	202,65
<b><u>Jumlah</u></b>									289,42			202,65
2	9,31	3,58	0,00	0,00	6,50	736,02	-41	555,48	482,87	8,70	1365,85	810,37
3	9,56	6,94	1,03	0,00	6,50	918,28	-30	795,26	459,14	7,51	1178,99	383,73
4	10,11	6,39	3,00	1,02	6,50	1020,86	-20	959,29	349,15	6,91	1084,36	125,06
5	9,14	6,23	3,00	2,72	6,50	1021,63	-10	1006,11	177,40	6,61	1036,89	30,78
6	6,04	6,08	3,00	3,32	6,50	843,75	-1	843,62	14,73	6,51	1021,37	177,75
7	3,88	6,00	3,00	2,85	6,50	685,10	9	676,66	107,17	6,59	1033,63	356,97
8	0,63	6,00	3,00	1,27	6,50	417,46	18	397,03	129,00	6,86	1076,93	679,91
9	0,00	6,00	1,45	0,00	6,50	287,51	29	251,46	139,39	7,42	1164,75	913,29
10	0,00	3,03	0,00	0,00	6,50	126,64	40	97,01	81,40	8,51	1336,50	1239,49
<b><u>Jumlah</u></b>									2519,10			4717,35

Untuk cara menghitung gaya berat dan tekanan air pori dalam Tabel 5.10 adalah sebagai berikut

Misalnya untuk lapisan no.7 pada lapisan 3 (*Clayey silt, medium stiff*) mempunyai tinggi  $h_4 = 2,85$  m , pada lapisan 2 (*Clay some silt, very soft*) mempunyai tinggi  $h_3 = 3$  m, pada lapisan 1 (*Silty clay, firm to stiff*) mempunyai tinggi  $h_2 = 6$  m, dan lapisan atas (timbunan) mempunyai tinggi  $h_1 = 3,88$  m

1. Mencari Berat irisan no.6 (kN)

$$\begin{aligned}(W_6) &= V \times \gamma \\ &= (h_1 \times b \times 1 \times \gamma_1) + (h_2 \times b \times 1 \times \gamma_2) + (h_3 \times b \times 1 \times \gamma_3) + (h_4 \times b \times 1 \times \gamma_4) \\ &= (3,88 \times 6,5 \times 9,69) + (6 \times 6,5 \times 6,42) + (3 \times 6,5 \times 3,92) + (2,85 \times 6,5 \times 6,16) \\ &= 685,10 \text{ kN}\end{aligned}$$

2. Mencari Gaya akibat tekanan air pori ,  $U_1$  (kN)

Koordinat tekanan air pori diukur dari bawah = 16 m

$$\begin{aligned}\text{Tekanan air pori} &= H_{air} \times \gamma_{air} \\ &= 16 \text{ m} \times 9,81 \text{ kN/m}^2 = 156,96 \text{ kN}\end{aligned}$$

Panjang garis longsor ( $a_i$ ) = 6,59 m

$$\begin{aligned}\text{Gaya akibat tekanan air pori } U_1 &= \text{Tekanan} \times \text{Luas bidang tekan} \\ &= 156,96 \text{ kN} \times (6,59 \text{ m} \times 1 \text{ m}) \\ &= 1033,63 \text{ kN}\end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran dengan memperhatikan jari-jari dan sudut yang diapit didapatkan panjang garis kurva  $AB = 41,65$  m ,  $BC = 12,81$  m,  $CD = 6,38$  m,  $DE = 32,82$  m,  $EF = 6,38$  m dan  $FG = 9,47$  m. Maka dapat dihitung tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi:

$$\begin{aligned}\sum c_i \cdot a_i &= (c_1 \times AB) + (c_2 \times BC) + (c_3 \times CD) + (c_4 \times DE) + (c_3 \times EF) + (c_2 \times FG) \\ &= (c_1 \times AB) + (c_2 \times (BC + FG)) + (c_3 \times (CD + EF)) + (c_4 \times DE)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (30 \times 41,65) + (24,52 \times (12,81 + 9,47)) + (14,71 \times (6,38 + 6,38)) + (20,59 \times 32,82) \\
&= 2659,363 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan tahanan terhadap longsor oleh komponen gesekan pada kedua lapisan:

$$\begin{aligned}
&(202,65 \times \text{tg}35^\circ) + (2049,85 \times \text{tg}5,20^\circ) + (1297,02 \times \text{tg}3,8^\circ) + (1370,48 \times \text{tg}4,70^\circ) \\
&= 527,27 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Beban merata pada timbunan akibat beban struktur dan lalu lintas memberi gaya dorong pada lereng sebesar  $25 \text{ kN/m}^2$ . Panjang kurva bidang longsor sebesar  $38,17 \text{ m}$ . Gaya akibat beban merata tersebut dapat dicari dengan persamaan berikut

$$M_q = (25 \times 38,17 \times 1) = 954,15 \text{ kN}$$

Nilai *safety factor* dapat dicari dengan membandingkan gaya yang menahan dibagi dengan gaya yang mendorong. Maka untuk mencari angka *safety factor* menggunakan metode irisan pada timbunan lereng  $10,5 \text{ m}$  adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{Faktor aman (SF)} &= \frac{(\sum c_i \times a_i) + (\sum N \times \text{tg}\phi)}{(W \times \sin\theta) + M_q} \\
&= \frac{2659,363 + 527,27}{2519,10 + 954,15} \\
&= 0,917
\end{aligned}$$

Karena pada analisis perhitungan secara manual dengan metode irisan ini didapatkan nilai *safety factor* sebesar  $0,917 < 1,0$  sehingga menyebabkan lereng timbunan  $10,5 \text{ meter}$  mengalami keruntuhan (*collapse*).

## 5.4 Perhitungan Kebutuhan Geotekstil Sebagai Perkuatan Lereng Timbunan

### 5.4.1 Parameter Tanah Timbunan

Pada konstruksi timbunan jalan tol ini yang akan diperkuat menggunakan geotekstil merupakan bagian tanah timbunan saja. Hal ini diakibatkan pada bagian tanah timbunan memiliki potensi kelongsoran yang paling besar dibandingkan lapisan tanah lain. Dalam perhitungan kebutuhan geotekstil, data parameter tanah timbunan adalah sebagai berikut.

1. Berat volume tanah ( $\gamma_b$ ) = 18 kN/m<sup>3</sup>
2. Kohesi (c) = 30 kN/m<sup>2</sup>
3. Sudut gesek dalam ( $\phi$ ) = 35 °

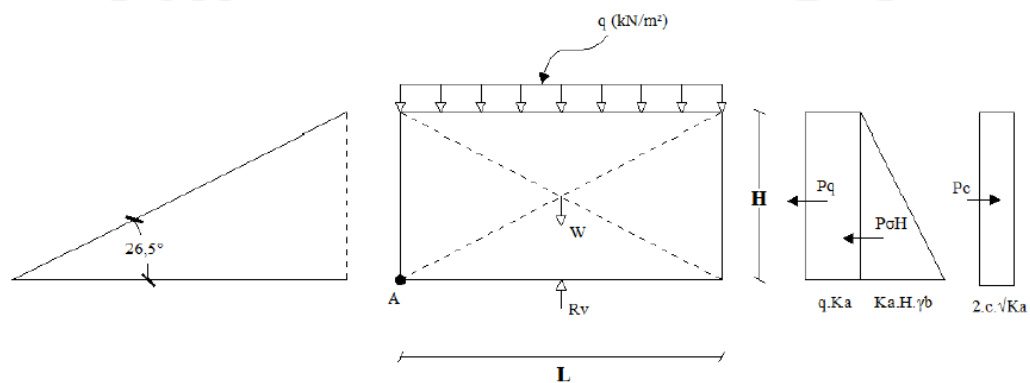
**Tabel 5. 11 Koefisien Daya Dukung Tanah**

$\phi$	Nc	Nq	N $\gamma$	$\phi$	Nc	Nq	N $\gamma$
7	7,16	1,88	0,71	26	22,25	11,85	12,54
8	7,53	2,06	0,86	27	23,94	13,20	14,47
9	7,92	2,25	1,03	28	25,80	14,72	16,72
10	8,85	2,47	1,22	29	27,86	16,44	19,34
11	8,80	2,71	1,44	30	30,14	18,40	22,40
12	9,28	2,97	1,69	31	32,67	20,63	25,90
13	9,81	3,26	1,97	32	35,49	23,18	30,22
14	10,37	3,59	2,29	33	38,64	26,09	35,19
15	10,98	3,94	2,65	34	42,16	29,44	41,06
16	11,63	4,34	3,06	35	46,12	33,30	48,03
17	12,34	4,77	3,53	36	50,59	37,75	56,31
18	13,10	5,26	4,07	37	55,63	42,92	66,19
19	13,93	5,80	4,68	38	61,35	48,93	78,03
20	14,83	6,40	5,39	39	67,87	55,96	92,25
21	15,82	7,07	6,20	40	75,31	64,20	109,41
22	16,88	7,82	7,13	41	83,86	73,90	130,22
23	18,05	8,66	8,20	42	93,71	85,38	155,55
24	19,32	9,60	9,44	43	105,11	99,02	186,54
25	20,72	10,66	10,8	44	118,37	115,31	224,64

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum 2009)

#### 5.4.2 Analisis Perhitungan Geotekstil

Analisis perencanaan lereng yang diperkuat geotekstil harus stabil terhadap gaya-gaya yang bekerja yaitu stabil terhadap stabilitas eksternal dan stabilitas internal. Analisis perhitungan perkuatan geotekstil dilakukan pada lereng timbunan kondisi paska konstruksi yaitu dengan beban merata sebesar  $25 \text{ kN/m}^2$ . Sedangkan angka *safety factor* lereng dianggap aman digunakan  $\geq 1,5$ . Diagram distribusi gaya yang akan bekerja pada tanah timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.47 berikut.



**Gambar 5.47 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Timbunan Lereng**

1. Menentukan jarak arah vertikal minimal antar lapis geotekstil (SV)

Menghitung koefisien aktif tanah sebagai berikut

$$\begin{aligned} K_a &= \tan \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right)^2 \\ &= \tan \left( 45 - \frac{35}{2} \right)^2 \\ &= 0,271 \end{aligned}$$

- a. Analisis untuk timbunan 7 m

$$\begin{aligned} \sigma_{hc1} &= (q \times K_a) + (K_a \times H_1 \times \gamma_b) - (2 \times c \times \sqrt{K_a}) \\ &= (25 \times 0,271) + (0,271 \times 7 \times 18) - (2 \times 30 \times \sqrt{0,271}) \\ &= 9,685 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$S_{v1} = \frac{T_a}{\sigma_{hc1} \times SF}$$

$$= \frac{26}{9,685 \times 1,5}$$

$$= 1,893 \text{ m (Teoritis)}$$

Jarak antar lapis geotekstil dipasangkan  $S_{v1} = 1,5 \text{ m}$  (syarat minimal)

$$\text{Jumlah lapis geotekstil secara teoritis diperoleh} = \frac{7}{1,5}$$

$$= 4,67 \approx 5 \text{ lapis}$$

Pada penelitian timbunan lereng 7 m sebagai input program *Plaxis* akan digunakan geotekstil sebanyak 1 lapis.

b. Analisis untuk timbunan 10,5 m

$$\sigma_{hc1} = (q \times K_a) + (K_a \times H_1 \times \gamma_b) - (2 \times c \times \sqrt{K_a})$$

$$= (25 \times 0,271) + (0,271 \times 10,5 \times 18) - (2 \times 30 \times \sqrt{0,271})$$

$$= 26,758 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{v1} = \frac{T_a}{\sigma_{hc1} \times SF}$$

$$= \frac{26}{26,758 \times 1,5}$$

$$= 0,685 \text{ m (Teoritis)}$$

Jarak antar lapis geotekstil dipasangkan  $S_{v1} = 0,5 \text{ m}$  (syarat minimal)

$$\text{Jumlah lapis geotekstil secara teoritis diperoleh} = \frac{10,5}{0,5}$$

$$= 21 \text{ lapis}$$

Pada penelitian timbunan lereng 10,5 m sebagai input program *Plaxis* akan digunakan geotekstil sebanyak 2 lapis dengan jarak antar lapis geotekstil ( $S_v$ ) sebesar 0,5 m.

## 2. Menghitung Stabilitas Eksternal

Stabilitas eksternal yang perlu diperhitungkan yaitu aman terhadap geser, aman terhadap guling, aman terhadap eksentrisitas, aman terhadap kapasitas daya dukung tanah. Sehingga dari analisis tersebut didapatkan panjang geotekstil (L) yang dipakai.

### a. Stabilitas terhadap guling

Digunakan *Safety Factor* = 1,5

$$SF = \frac{\sum \text{Momen Penahan}}{\sum \text{Momen Pengguling}} = \frac{\sum M_D}{\sum M_R}$$

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

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

$$L^2 = \frac{1,5 \times ((25 \times 0,271 \times \frac{1}{2} \times 10,5^2) + (\frac{1}{6} \times 0,271 \times 18 \times 10,5^3) - (30 \times \sqrt{0,271} \times 10,5^2))}{(\frac{1}{2} \times 25) + (\frac{1}{2} \times 18 \times 10,5)}$$

$$L^2 = 5,708 \text{ m}^2$$

$$L = 2,389 \text{ m}$$

Maka, panjang geotekstil yang dipakai untuk menahan guling diambil sepanjang 3 m.

### b. Stabilitas terhadap geser

Digunakan *Safety Factor* = 1,5

$$SF = \frac{(q \times \tan \varphi \times L) + (\gamma_b \times \tan \varphi \times L)}{(q \times K_a \times H) + \left(\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_b \times H^2\right) - (2 \times c \times \sqrt{K_a} \times H)}$$

$$SF = \frac{(25 \times \tan 35 \times L) + (18 \times \tan 35 \times L)}{(25 \times 0,271 \times 10,5) + \left(\frac{1}{2} \times 0,49 \times 18 \times 10,5^2\right) - (2 \times 30 \times \sqrt{0,271} \times 10,5)}$$

$$SF = \frac{30,11 \times L}{280,957}$$

$$L = \frac{280,957 \times 1,5}{30,11}$$

$$= 13,997 \text{ m}$$

Maka, panjang geotekstil yang dipakai untuk menahan geser diambil sepanjang 15 m.

c. Stabilitas terhadap eksentrisitas

Digunakan *Safety Factor* = 1,5

$$e \leq (1/6) L$$

$$e = \frac{\sum M_{aktif}}{R_v}$$

$$\frac{1}{6} L \geq \frac{\left(\frac{1}{2} \times q \times K_a \times H^2\right) + \left(\frac{1}{6} \times K_a \times H^3 \times \gamma_b\right) - (c \times \sqrt{K_a} \times H^2)}{(q \times L) + (\gamma_b \times H \times L)}$$

$$\frac{L}{6} \geq \frac{\left(\frac{1}{2} \times 25 \times 0,271 \times 10,5^2\right) + \left(\frac{1}{6} \times 0,271 \times 10,5^3 \times 18\right) - (30 \times \sqrt{0,271} \times 10,5^2)}{(25 \times L) + (18 \times 10,5 \times L)}$$

$$\frac{L}{6} \geq \frac{407,203}{214 \times L}$$

$$407,203 L^2 \geq 214 \times 6$$



$$L^2 \geq 11,417 \text{ m}^2$$

$$L = 3,379 \text{ m}$$

Maka, panjang geotekstil yang dipakai untuk menahan eksentrisitas diambil sepanjang 4 m.

d. Stabilitas terhadap kapasitas daya dukung tanah

Diperoleh nilai :

$$N_c = 46,12$$

$$N_\gamma = 48,03$$

Bearing capacity tanah :

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ultimate}} &= q_u \times SF \\ &= [(c \times N_c) + (0,5 \times L \times \gamma_b \times N_\gamma)] \times SF \\ &= [(15 \times 46,12) + (0,5 \times L \times 18 \times 48,03)] \times 1,5 \\ &= 2075,4 + 648,05 L \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya Vertikal} &= (q \times L) + (H \times \gamma_b \times L) \\ &= (25 \times L) + (10,5 \times 18 \times L) \\ &= 214 L \end{aligned}$$

Rumus :

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

$$2075,4 + 648,05 L \geq 214 L$$

$$L \leq \frac{2075,4}{648,05 - 214}$$

$$L = 4,777 \text{ m}$$

Maka, panjang geotekstil yang dipakai untuk menahan daya dukung diambil sepanjang 5 m.

Berdasarkan perhitungan stabilitas eksternal lereng diatas, maka panjang geotekstil minimal yang digunakan yaitu nilai maksimum yang diperoleh sepanjang 15 m. Berikut merupakan hasil perhitungan stabilitas eksternal untuk menghitung panjang geotekstil yang dibutuhkan pada timbunan yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.12

**Tabel 5.12 Rekapitulasi Kebutuhan Panjang Minimum Geotekstil**

Tinggi Timbunan (H)	Stabilitas Geser	Stabilitas Guling	Stabilitas Eksentrisitas	Stabilitas Daya Dukung	Panjang Minimum Geotekstil (L)
7 m	4 m	3 m	4 m	4 m	4 m
10,5 m	15 m	3 m	4 m	5 m	15 m

### 3. Menghitung Stabilitas Internal

#### a. Panjang Geotekstil “*Overlapping*” ( $L_o$ )

##### 1) Analisis perhitungan untuk Timbunan 7 m

$$\sigma_{hc} = 9,685 \text{ kN/m}^3$$

$$SF = 1,5$$

$$S_v = 1,5 \text{ m}$$

Rumus :

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times S_v \times SF}{2 \times H \times \gamma_b \times tg\phi}$$

$$= \frac{9,658 \times 1,5 \times 1,5}{2 \times 7 \times 18 \times tg35}$$

$$= 0,123 \approx 1 \text{ m (dipakai nilai yang minimum)}$$

## 2) Analisis perhitungan untuk Timbunan 10,5 m

$$\sigma_{hc} = 26,758 \text{ kN/m}^3$$

$$SF = 1,5$$

$$S_v = 0,5 \text{ m}$$

Rumus :

$$\begin{aligned} L_o &= \frac{\sigma_{hc} \times S_v \times SF}{2 \times H \times \gamma_b \times tg \varphi} \\ &= \frac{26,758 \times 0,5 \times 1,5}{2 \times 10,5 \times 18 \times tg 35} \\ &= 0,076 \approx 1 \text{ m (dipakai nilai yang minimum)} \end{aligned}$$

b. Panjang Efektif Geotekstil ( $L_e$ )

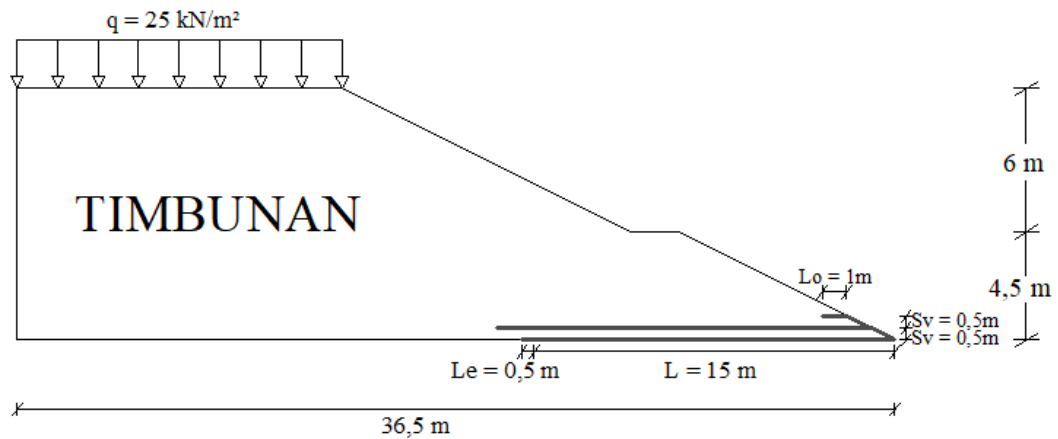
Untuk Timbunan 7 m

$$\begin{aligned} L_{ef} &= \frac{SF \times S_v \times K_a \times \gamma_b \times H}{2 \times H \times \gamma_b \times tg \varphi} \\ &= \frac{1,5 \times 0,5 \times 0,271 \times 18 \times 7}{2 \times 7 \times 18 \times tg 35} \\ &= 0,145 \approx \text{dipakai } 0,5 \text{ m (syarat } 0,5 \text{ m} - 1 \text{ m)} \end{aligned}$$

Untuk Timbunan 10,5 m

$$\begin{aligned} L_{ef} &= \frac{SF \times S_v \times K_a \times \gamma_b \times H}{2 \times H \times \gamma_b \times tg \varphi} \\ &= \frac{1,5 \times 1,5 \times 0,271 \times 18 \times 10,5}{2 \times 10,5 \times 18 \times tg 35} \\ &= 0,435 \approx \text{dipakai } 0,5 \text{ m (syarat } 0,5 \text{ m} - 1 \text{ m)} \end{aligned}$$

Berikut penggambaran pemasangan geotekstil pada lereng timbunan sesuai dengan kebutuhan yang telah diperhitungkan dapat dilihat pada Gambar 5.48



**Gambar 5.48 Penggambaran Pemasangan Geotekstil Pada Lereng Timbunan Sesuai Kebutuhan**

#### 5.4.3 Cek Gaya Tarik Tanah-Geotekstil

Sebelum geotekstil dipasang perlu dilakukan pengecekan apakah geotekstil dengan  $S_v = 0,5$  m dapat menahan gaya tarik yang terjadi, maka dilakukan perhitungan tegangan geser yang bekerja. Ketika geotekstil diberikan beban dari atas (tanah), maka geotekstil akan menegang dan mentransfer tegangan yang terjadi ke daerah/zona pasif. Sehingga geotekstil yang direncanakan harus mampu menahan gaya tarik yang bekerja padanya. Oleh karena itu dalam perencanaan/pemilihan jenis geotekstil perlu dilakukan pengecekan terlebih dahulu kemampuannya menahan terhadap gaya tarik. Gaya tarik yang bekerja pada geotekstil dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 T &= \tan \alpha \times 2 \times \sigma_n \times b \times L / F \\
 &= \tan 45 \times 2 \times (0,5 \times 0,5 \times 18 \times \tan 35) \times 1 \times 15 / 2 \\
 &= 47,264 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan gaya tarik yang bekerja pada geotekstil sebesar 47,264 kN/m sementara jenis geotekstil yang direncanakan mempunyai nilai kuat tarik sebesar 55 kN/m. Maka jenis geotekstil yang dipilih dapat digunakan dalam perencanaan karena nilai kuat tarik geotekstil yaitu 55 kN/m lebih besar daripada gaya tarik yang berkerja yaitu 47,264 kN/m.

## 5.5 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan *Plaxis*

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya yaitu timbunan tanpa perkuatan geotekstil didapatkan hasil lereng yang perlu perkuatan yaitu timbunan 7m dan timbunan 10,5 m. Maka pada analisis dengan percobaan pemodelan timbunan diberi perkuatan geotekstil hanya dilakukan pada timbunan 7m dan 10,5 m. Hasil analisis yang akan dijabarkan meliputi pemodelan awal, hasil analisis kondisi pada masa konstruksi dan hasil analisis kondisi pada paska konstruksi. Sebagai contoh penjabaran dibawah ini merupakan hasil analisis pada timbunan 10,5m sedangkan untuk hasil analisis pada timbunan 7m dapat dilihat pada lampiran.

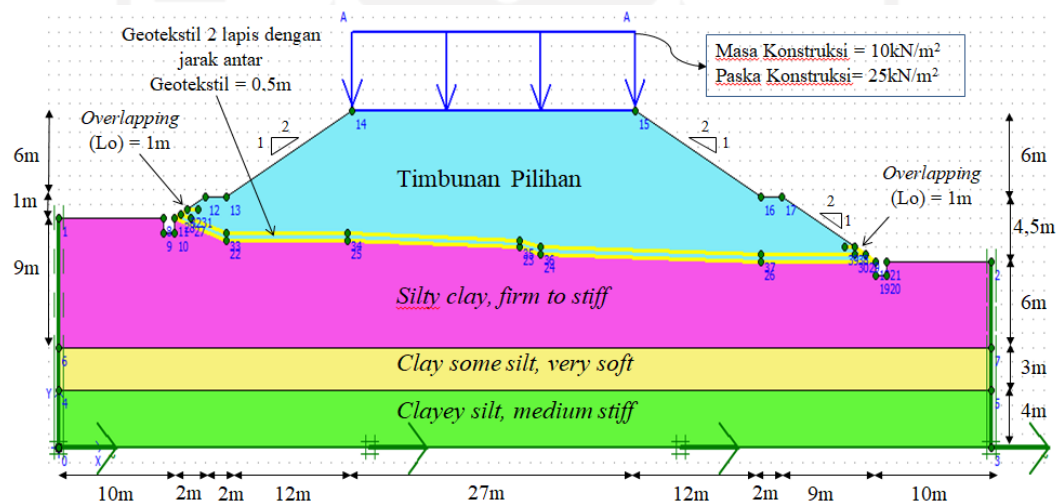
### 5.5.1 Analisis Lereng Timbunan Tanah Asli Dengan Perkuatan Geotekstil Dua Lapis

#### 1. Pemodelan Awal

Sebelumnya pada analisis perhitungan pemodelan timbunan 10,5 m dengan dilakukan *replacement* didapatkan angka aman kurang dari yang disyaratkan 1,3 sehingga timbunan tidak aman dan tidak stabil. Maka direncanakan analisis pemodelan timbunan 10,5 m tanah asli yang dipasang perkuatan geotekstil 2 lapis yang dihamparkan sepanjang dasar timbunan dengan jarak antar geotekstil ( $S_v$ ) sebesar 0,5 m dan panjang *overlapping* geotekstil ( $L_o$ ) sebesar 1 m. Pemodelan awal lereng pada *plaxis* dilakukan dengan *input* titik koordinat dapat dilihat pada Tabel 5.13 selanjutnya *input* material tanah dan *input* material geotekstil yang disesuaikan dengan data parameter yang telah diketahui. *Input* beban dinamik untuk beban gempa dan beban merata sepanjang lebar perkerasan jalan tol tersebut yaitu 27 m . Pemodelan timbunan tanah asli dengan perkuatan geotekstil 2 lapis dapat dilihat pada Gambar 5.49

**Tabel 5.13 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis**

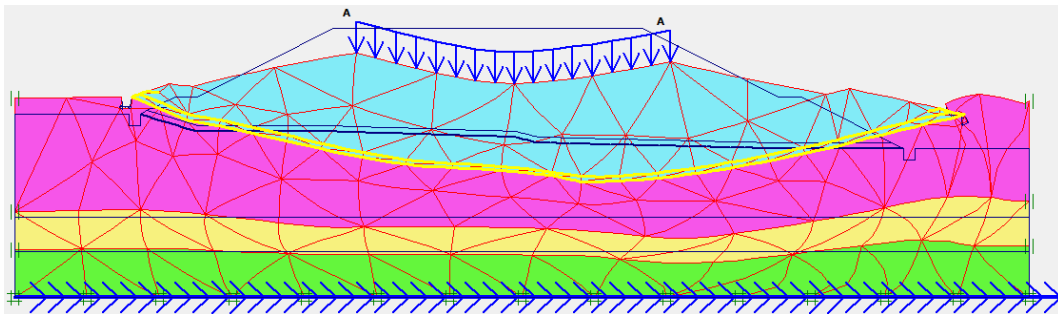
No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	11	11	16	22	16	14,5	33	16	15
1	0	16	12	14	17,5	23	44	14	34	27,5	15
2	89	13	13	16	17,5	24	46	13,5	35	44	14,5
3	89	0	14	28	23,5	25	27,5	14,5	36	46	14
4	0	4	15	55	23,5	26	67	13	37	67	13,5
5	89	4	16	67	17,5	27	12,583	16,025	38	76	14
6	0	7	17	69	17,5	28	11,625	16,313	39	75	14
7	89	7	18	78	13	29	77	13,5	40	82	13
8	10	16	19	78	12	30	76	13,5			
9	10	15	20	79	12	31	13,25	16,625			
10	11	15	21	79	13	32	12,25	16,625			



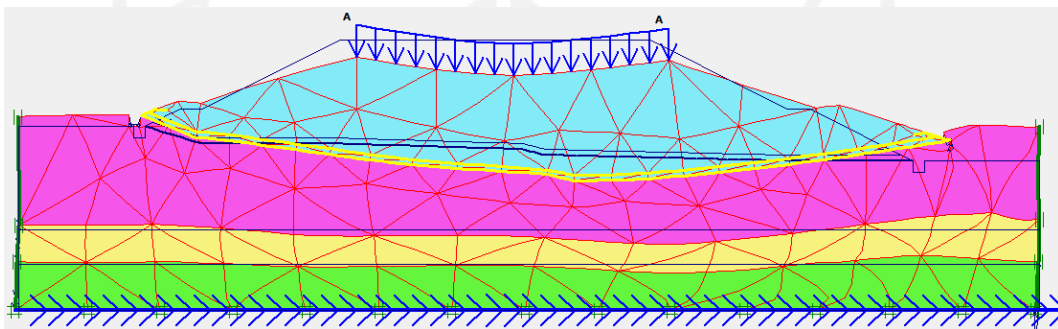
**Gambar 5.49 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis**

## 2. Hasil Analisis *Plaxis* Masa Konstruksi

Setelah melalui proses analisis didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan perkuatan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.50 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan perkuatan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.51

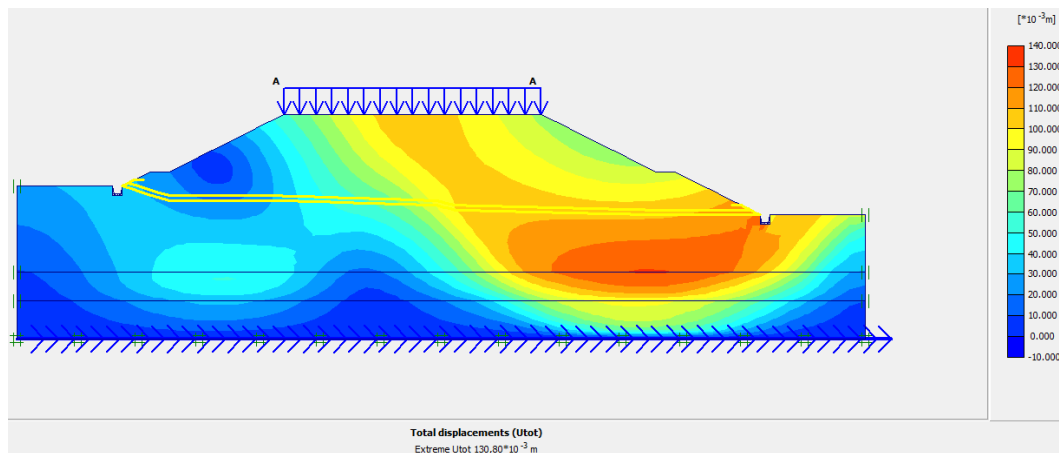


**Gambar 5.50 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

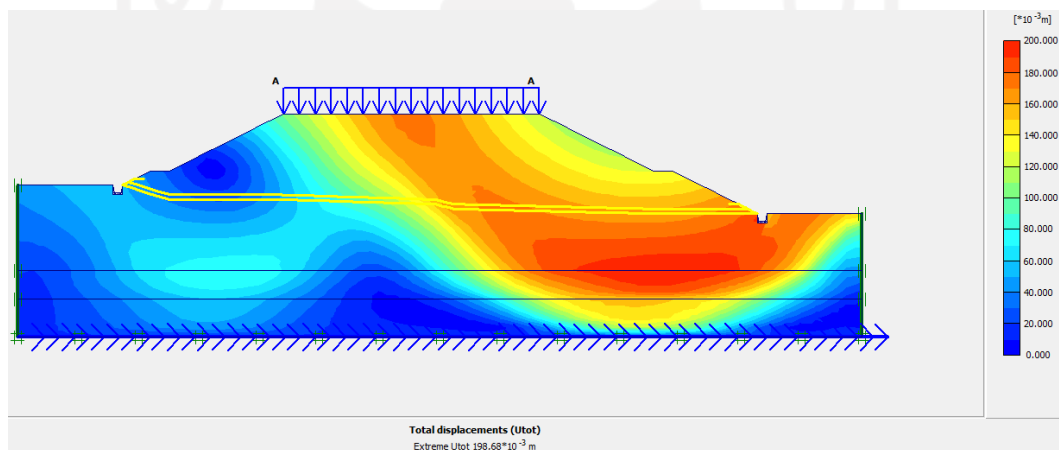


**Gambar 5.51 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada analisis masa konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar  $130,83 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.52. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar  $198,68 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.53.



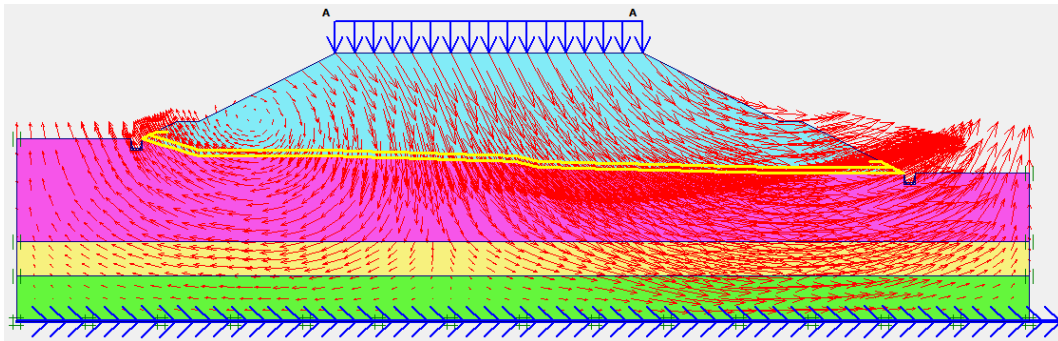
**Gambar 5.52 Total Displacement Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



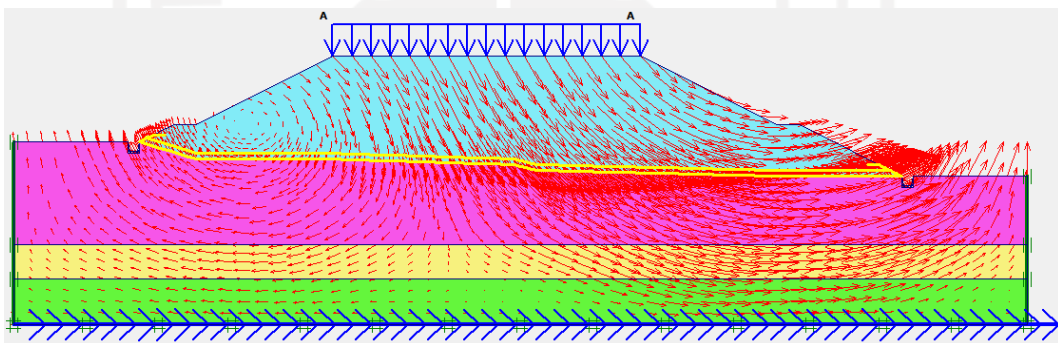
**Gambar 5.53 Total Displacement Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

*Output* pergerakan tanah pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.54 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.55.



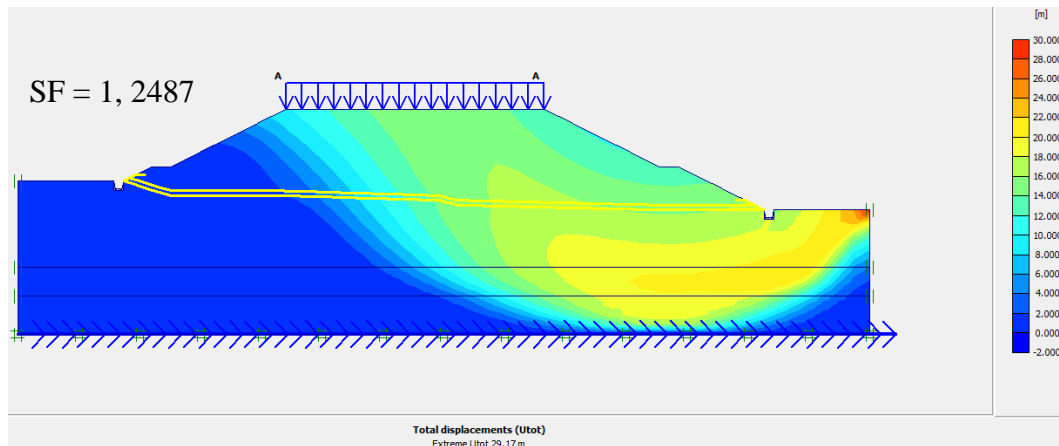


**Gambar 5.54 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

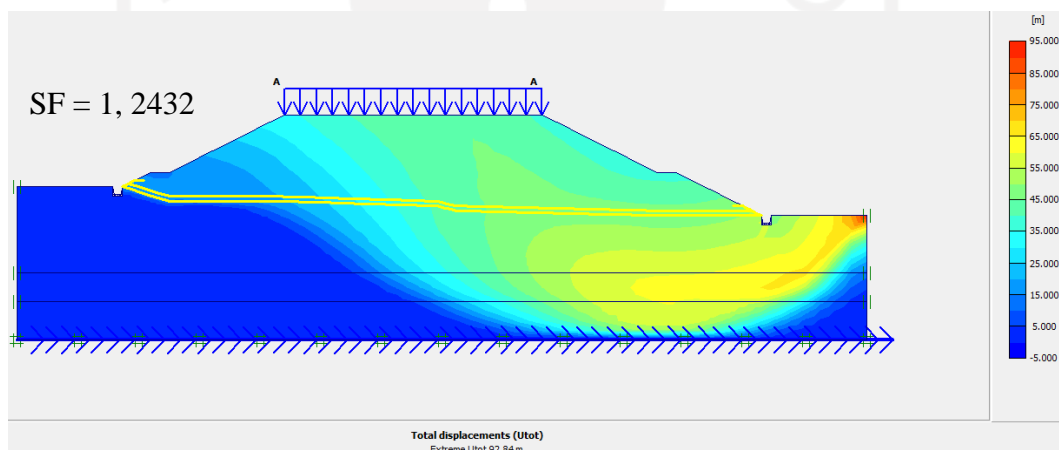


**Gambar 5.55 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.56 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.57.

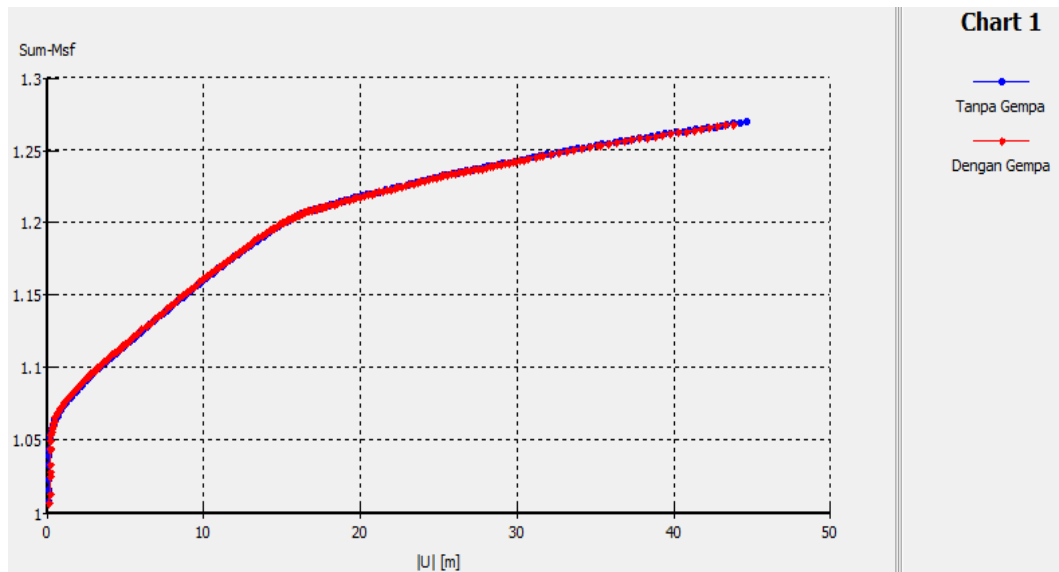


**Gambar 5.56 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



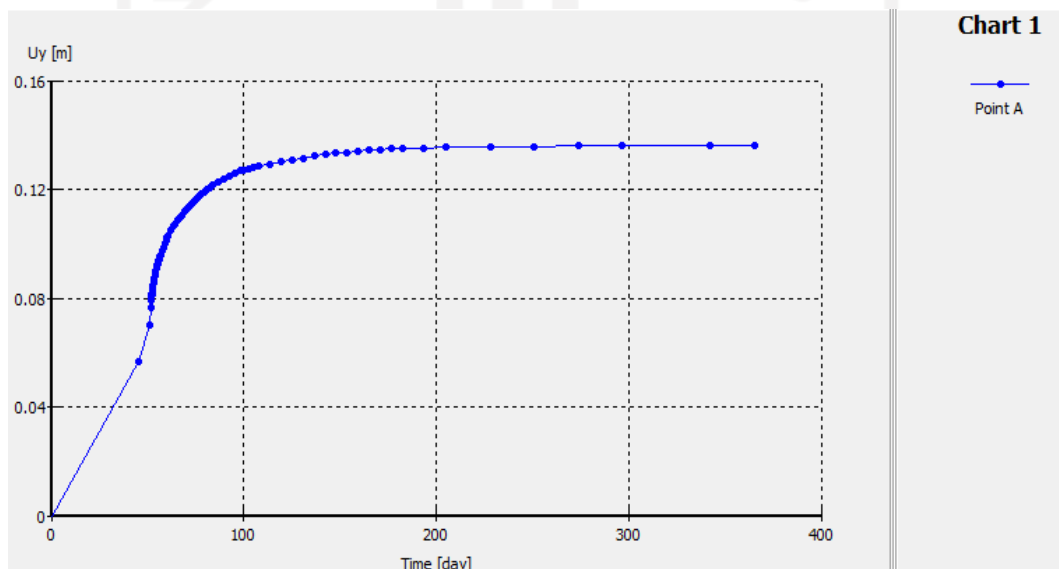
**Gambar 5.57 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 2 lapis pada masa konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur sebesar 1,2487 dan 1,2432 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.58



**Gambar 5.58 Kurva *Total Displacement* vs *Safety Factor* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Pada Masa Konstruksi**

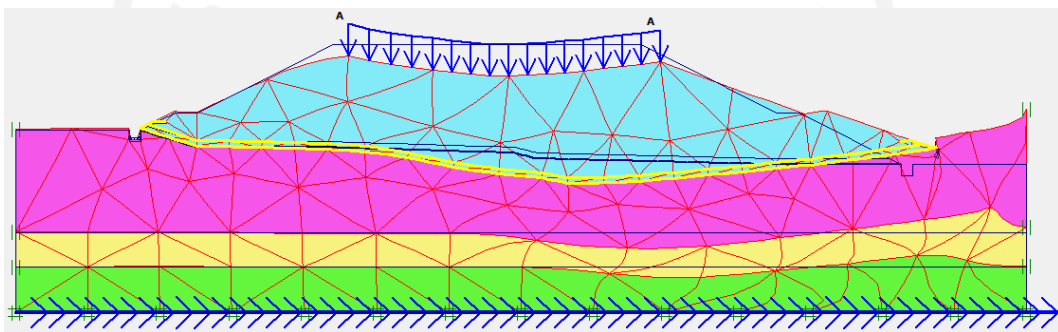
Sedangkan hasil konsolidasi pada timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 2 lapis yang terjadi dengan asumsi waktu penurunan selama setahun (365 hari) setelah masa konstruksi adalah sebesar 0,136 m. Hasil konsolidasi dapat dilihat dalam grafik konsolidasi antara *Displacement* vs *Time* pada Gambar 5.59 berikut



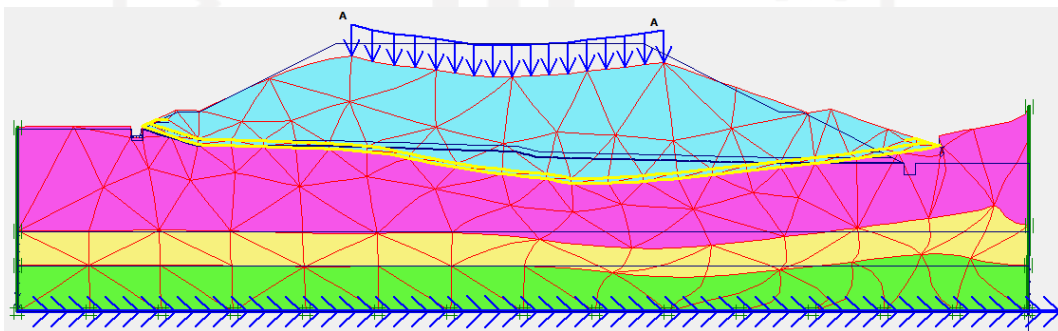
**Gambar 5.59 Kurva *Timet* vs *Vertical Displacement* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis**

### 3. Hasil Analisis *Plaxis* Paska Konstruksi

Setelah melalui proses analisis pada paska konstruksi didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan perkuatan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.60 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan perkuatan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.61.

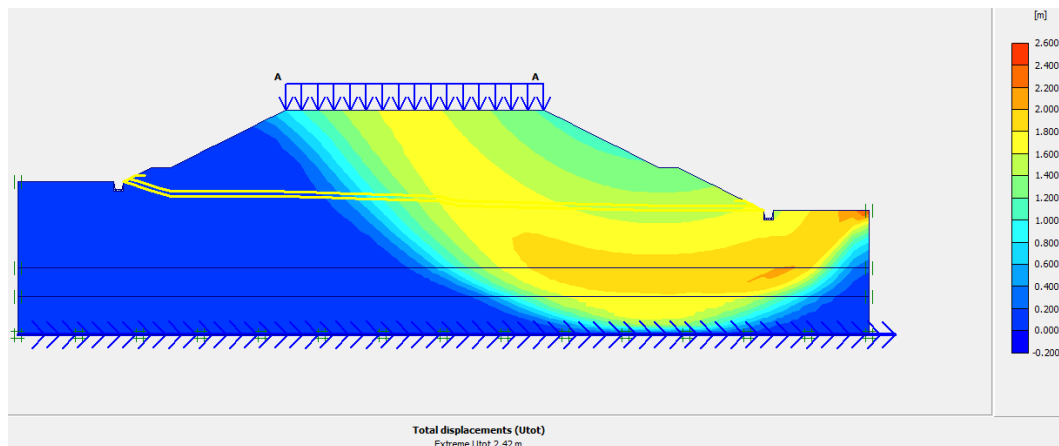


**Gambar 5.60** *Deformesh Mesh* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi

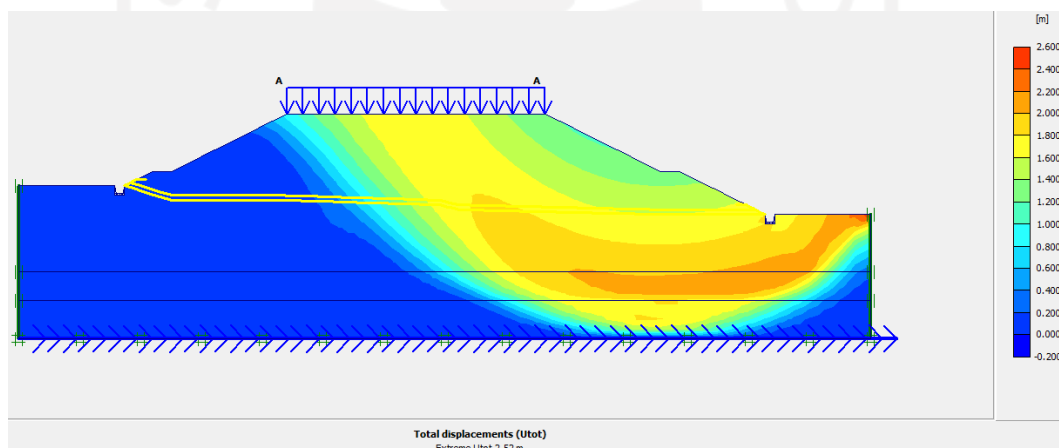


**Gambar 5.61** *Deformesh Mesh* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi

Pada analisis paska konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar 2,42 m dapat dilihat pada Gambar 5.62. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar 2,52 m dapat dilihat pada Gambar 5.63.

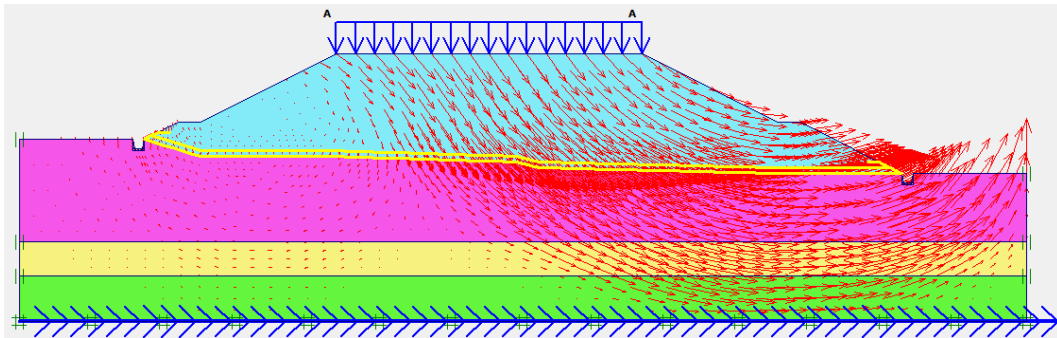


**Gambar 5.62 Total Displacement** Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi

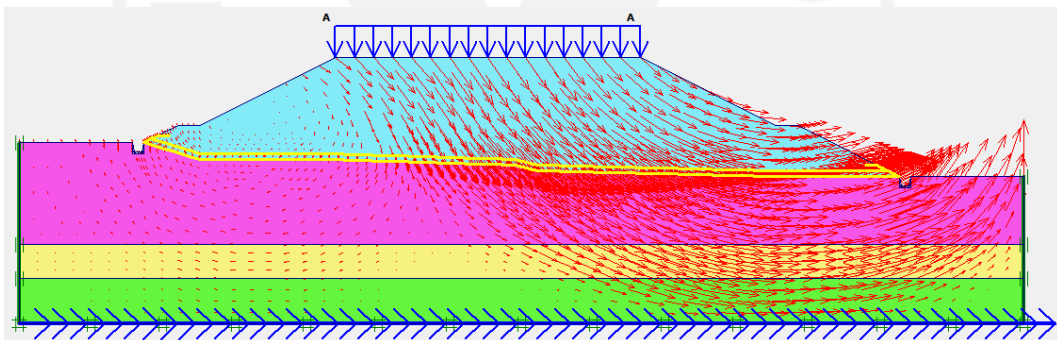


**Gambar 5.63 Total Displacement** Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi

*Output* pergerakan tanah pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.64 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.65.

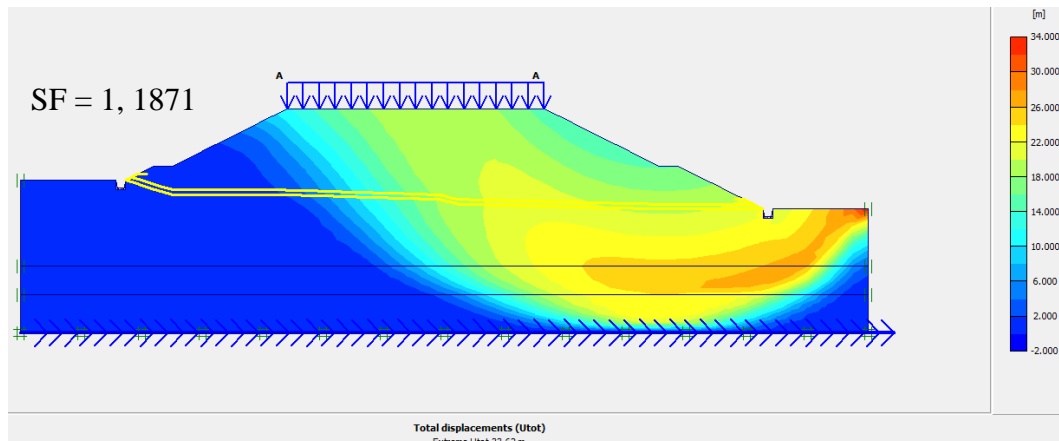


**Gambar 5.64 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

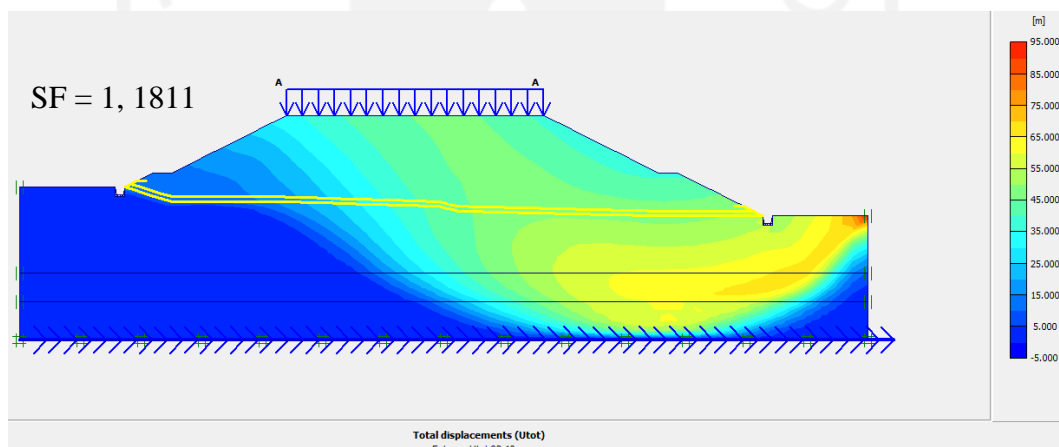


**Gambar 5.65 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.66 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.67.

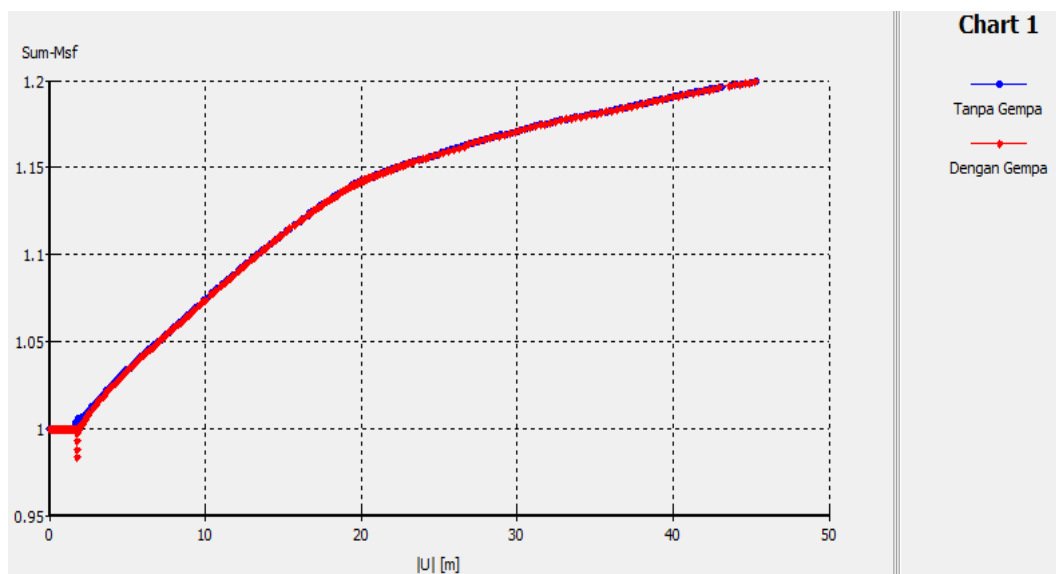


**Gambar 5.66 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar 5.67 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Pada timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 2 lapis pada paska konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur sebesar 1,1871 dan 1,1811 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.68.



**Gambar 5.68 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis Pada Paska Konstruksi**

Setelah dianalisis dengan *Plaxis*, diperoleh hasil angka aman timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 3 lapis baik pada masa konstruksi maupun paska konstruksi belum memenuhi nilai yang disyaratkan yaitu 1,3 sehingga lereng timbunan dikatakan belum aman dan stabil, maka direncanakan analisis kembali pemodelan timbunan tanah asli dengan dipasang geotekstil 3 lapis.

#### 5.5.2 Analisis Lereng Timbunan Tanah Asli Dengan Perkuatan Geotekstil Tiga Lapis

##### 1. Pemodelan Awal

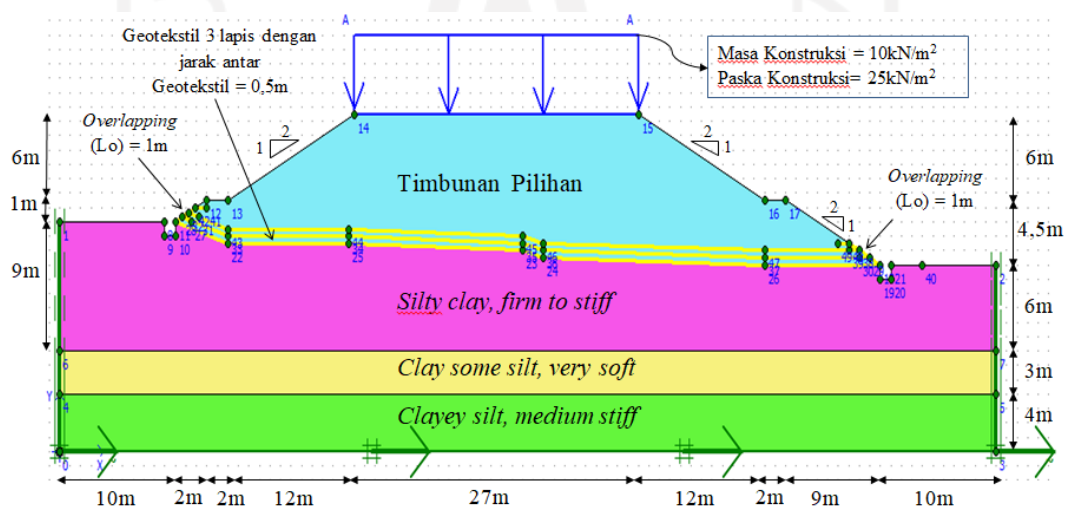
Sebelumnya pada analisis timbunan 10,5 m tanah asli dengan geotekstil 2 lapis didapatkan angka aman kurang dari disyaratkan sehingga timbunan dikatakan tidak aman . Maka direncanakan analisis timbunan 10,5 m tanah asli dipasang geotekstil 3 lapis dengan jarak antar geotekstil ( $S_v$ ) sebesar 0,5 m dan panjang *overlapping* geotekstil ( $L_o$ ) sebesar 1 m. Pemodelan awal lereng pada *plaxis* dilakukan dengan *input* titik koordinat dapat dilihat pada Tabel 5.14 selanjutnya *input* material tanah dan *input* material geotekstil yang disesuaikan



dengan data parameter yang telah diketahui. Pemodelan timbunan tanah asli dengan perkuatan geotekstil 3 lapis dapat dilihat pada Gambar 5.69

**Tabel 5.14 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis**

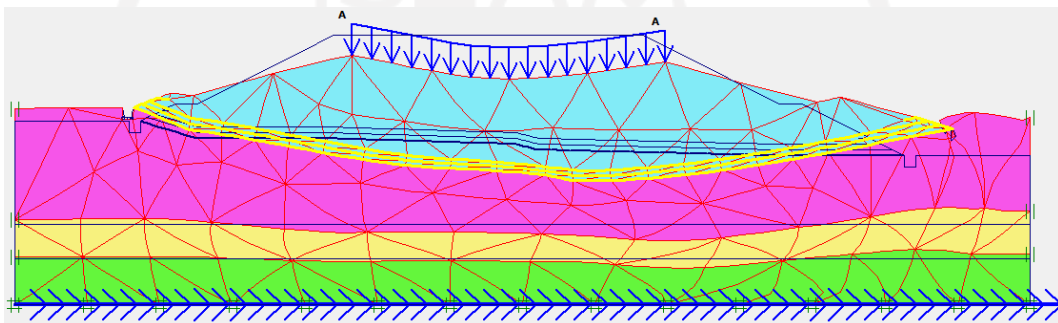
No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	17	69	17,5	34	27,5	15
1	0	16	18	78	13	35	44	14,5
2	89	13	19	78	12	36	46	14
3	89	0	20	79	12	37	67	13,5
4	0	4	21	79	13	38	76	14
5	89	4	22	16	14,5	39	75	14
6	0	7	23	44	14	40	82	13
7	89	7	24	46	13,5	41	13,930	16,965
8	10	16	25	27,5	14,5	42	12,930	16,965
9	10	15	26	67	13	43	16	15,5
10	11	15	27	12,583	16,025	44	27,5	15,5
11	11	16	28	11,625	16,313	45	44	15
12	14	17,5	29	77	13,5	46	46	14,5
13	16	17,5	30	76	13,5	47	67	14
14	28	23,5	31	13,234	16,346	48	75	14,5
15	55	23,5	32	12,250	16,625	49	74	14,5
16	67	17,5	33	16	15			



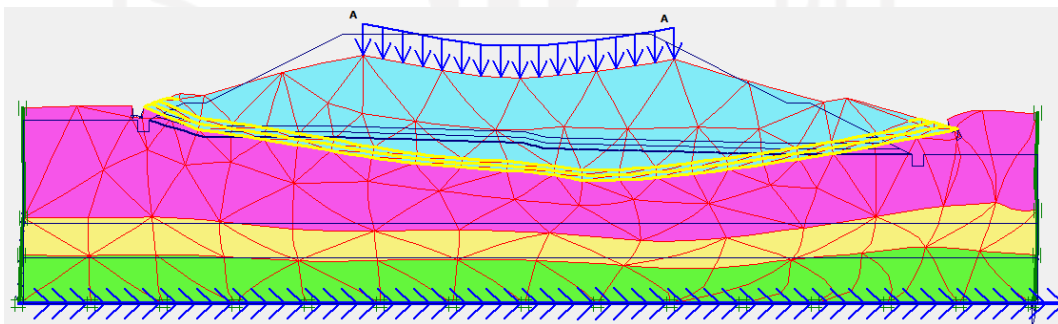
**Gambar 5.69 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis**

## 2. Hasil Analisis *Plaxis* Masa Konstruksi

Setelah melalui proses analisis pada masa konstruksi didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan perkuatan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.70 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan perkuatan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.71

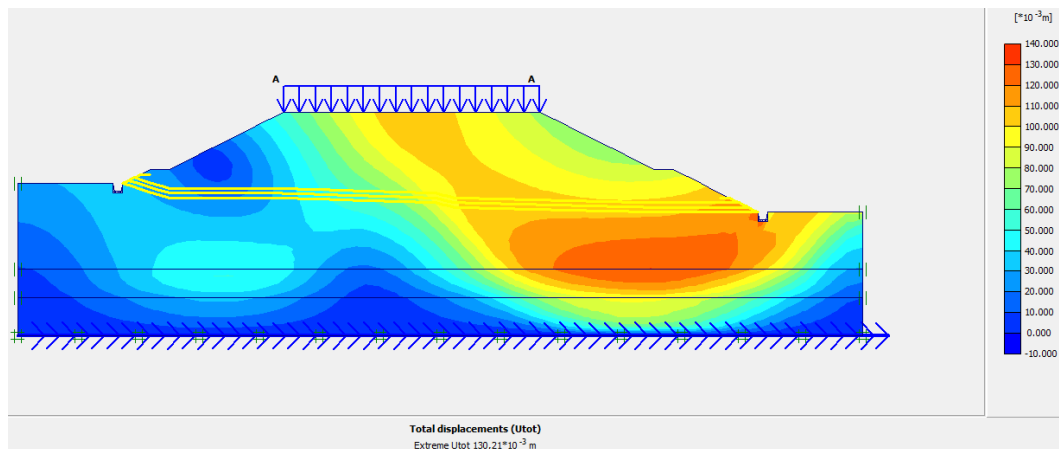


**Gambar 5.70 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

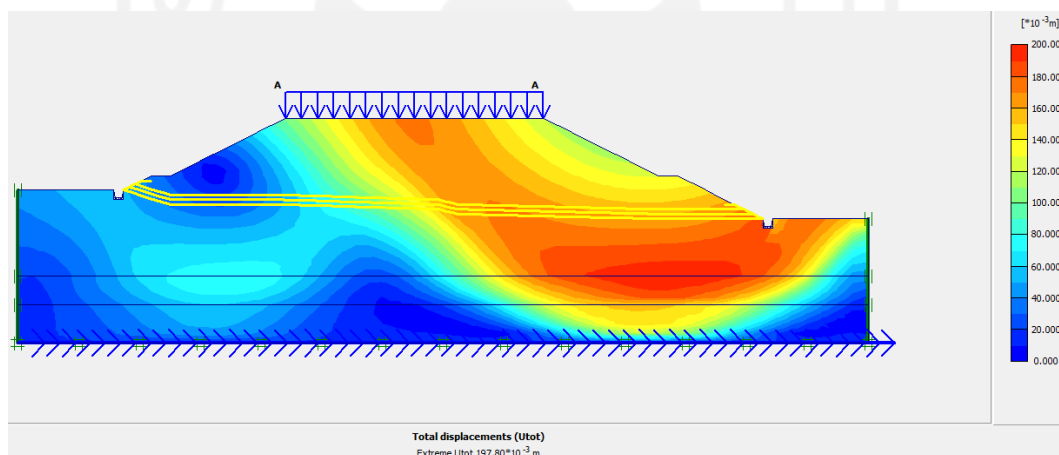


**Gambar 5.71 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada analisis masa konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar  $130,21 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.72. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar  $197,80 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.73.

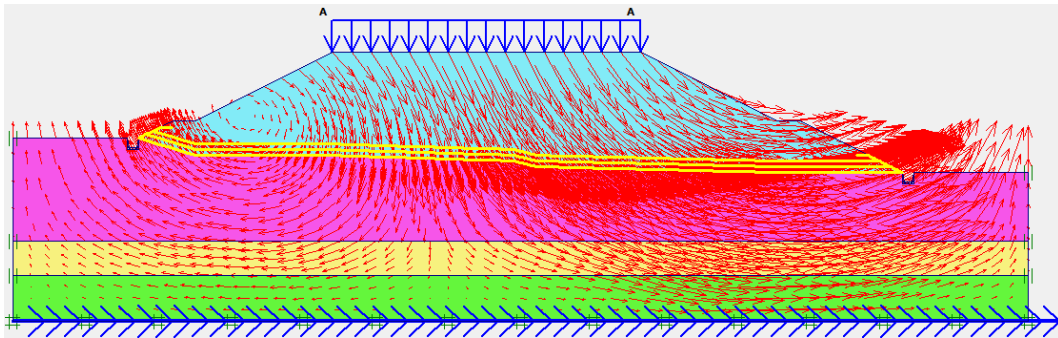


**Gambar 5.72 Total Displacement** Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi

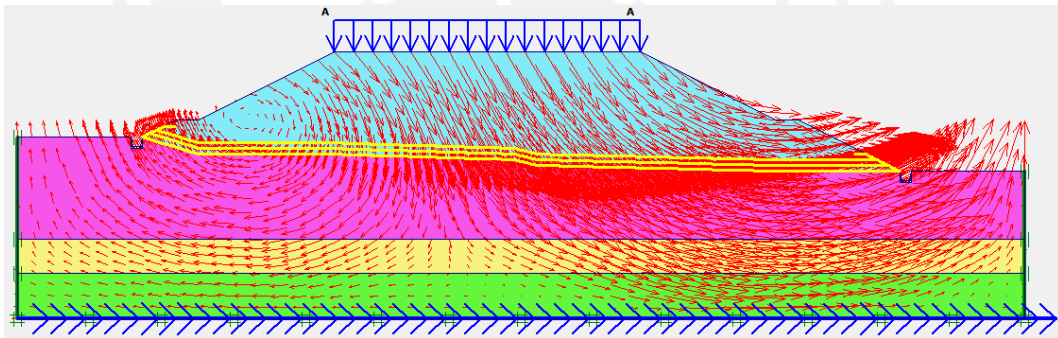


**Gambar 5.73 Total Displacement** Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi

*Output* pergerakan tanah pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.74 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.75.

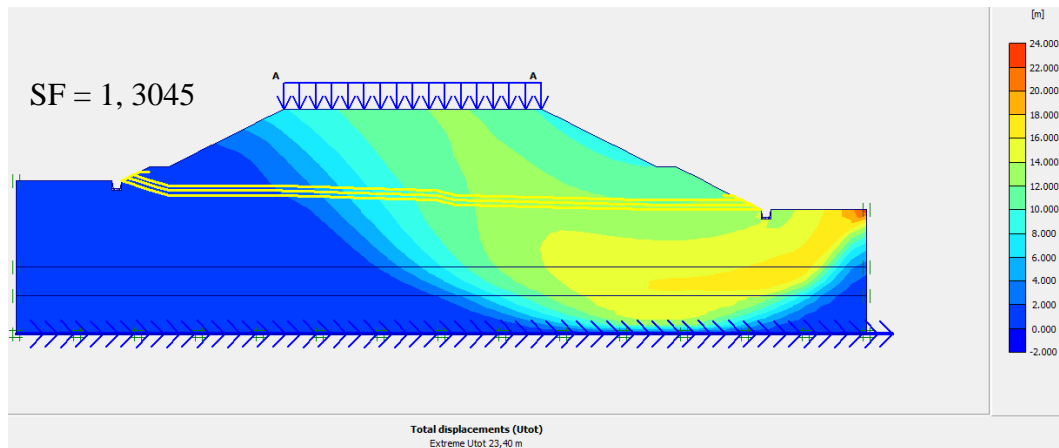


**Gambar 5.74 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

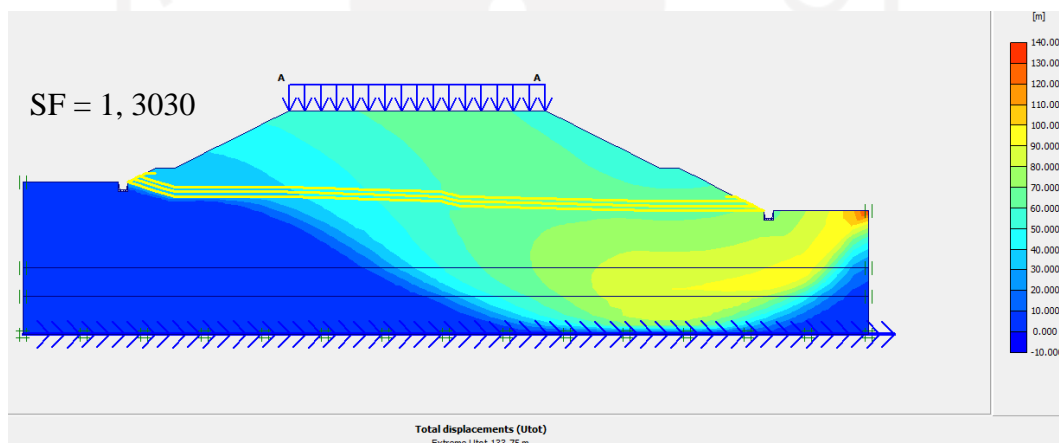


**Gambar 5.75 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.76 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.77.

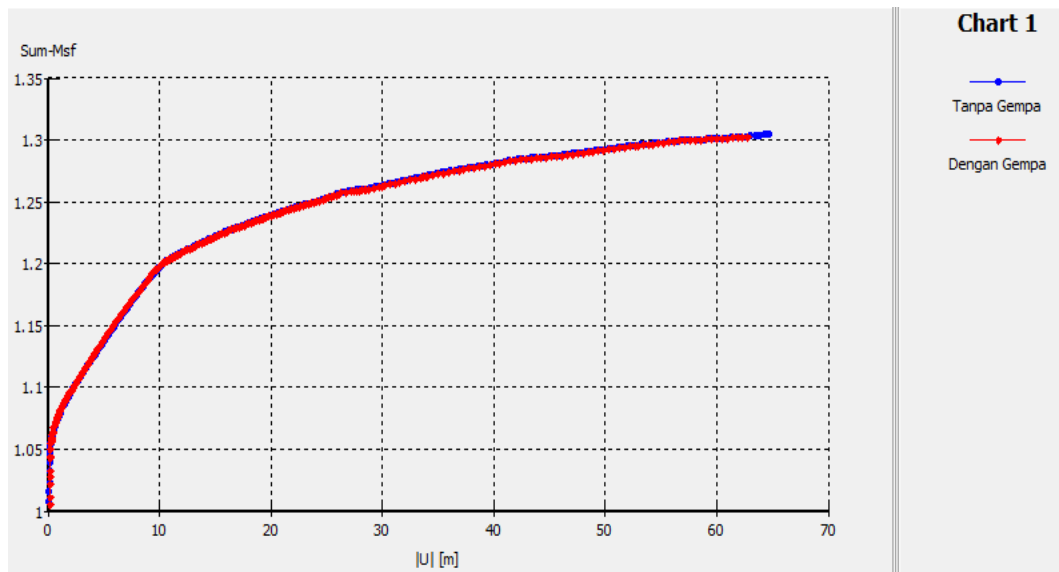


**Gambar 5.76 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



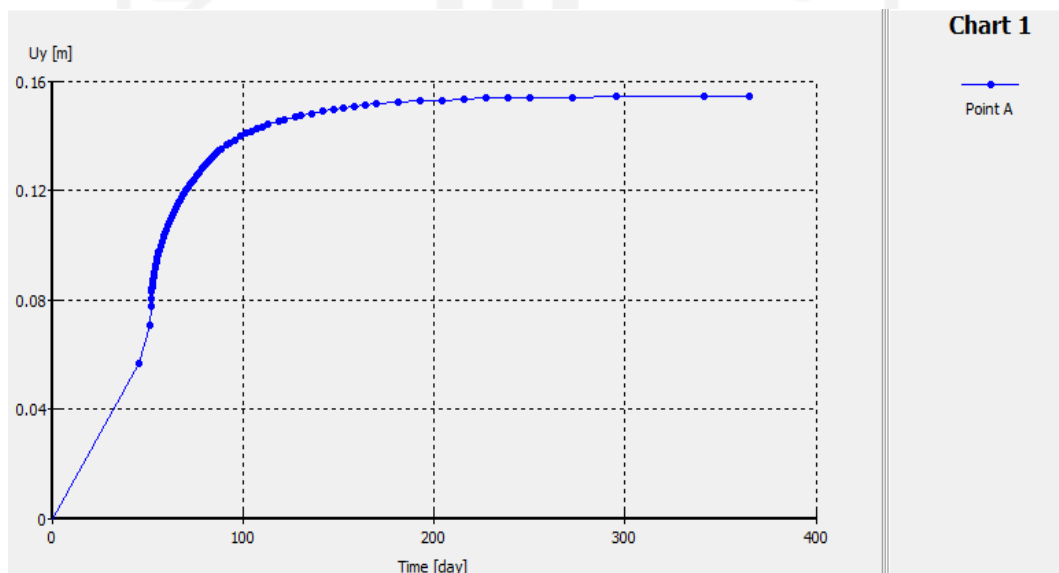
**Gambar 5.77 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 3 lapis pada masa konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur sebesar 1,3045 dan 1,3030 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.78



**Gambar 5.78 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Pada Masa Konstruksi**

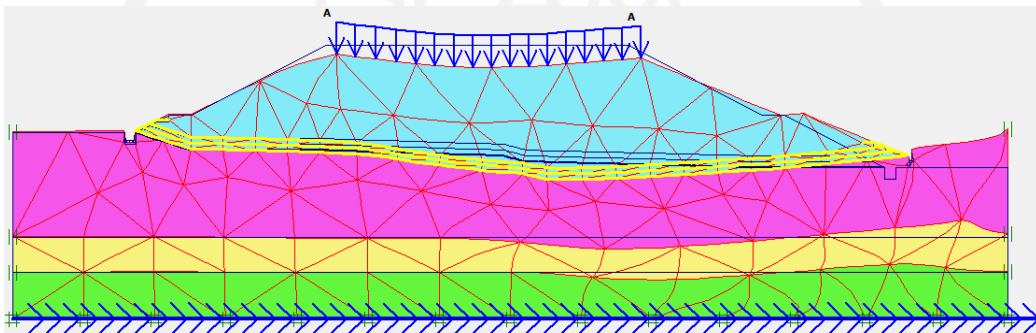
Sedangkan hasil konsolidasi pada timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 3 lapis yang terjadi dengan asumsi waktu penurunan selama setahun (365 hari) setelah masa konstruksi adalah sebesar 0,131 m. Hasil konsolidasi dapat dilihat dalam grafik konsolidasi antara *Displacement vs Time* pada Gambar 5.79 berikut



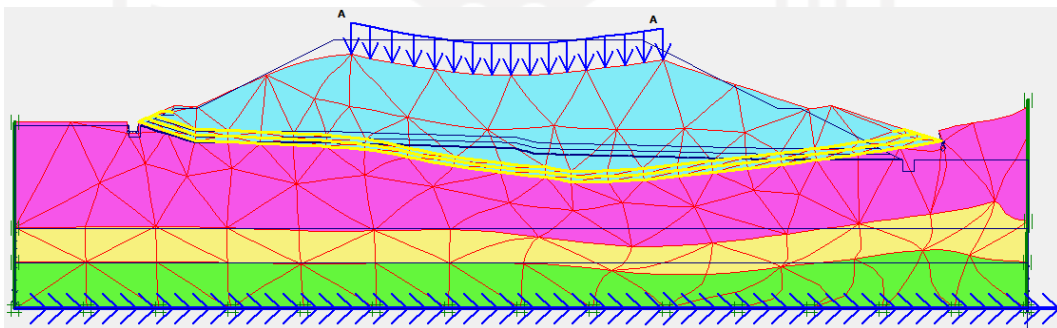
**Gambar 5.79 Kurva Timet vs Vertical Displacement Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis**

#### 4. Hasil Analisis *Plaxis* Paska Konstruksi

Setelah melalui proses analisis pada paska konstruksi didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan perkuatan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.80 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter tanah asli dengan perkuatan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.81

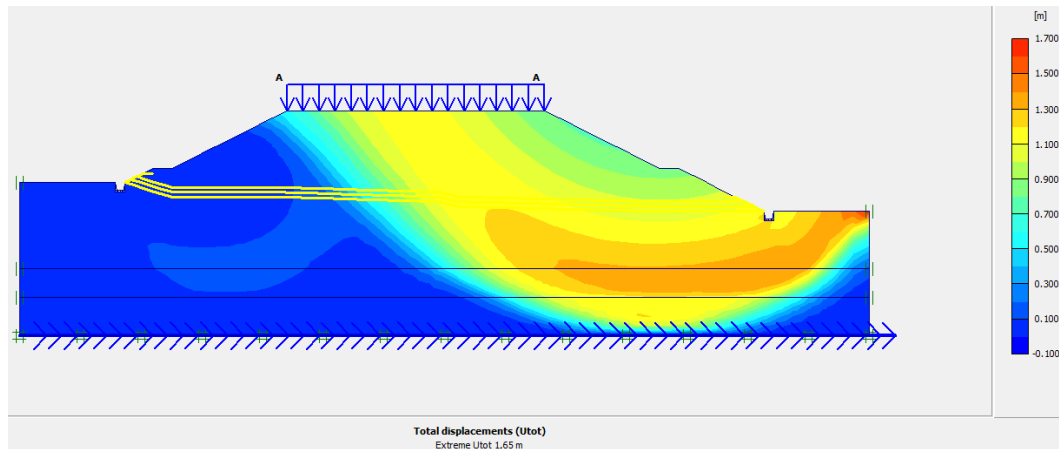


**Gambar 5.80 *Deformesh Mesh* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

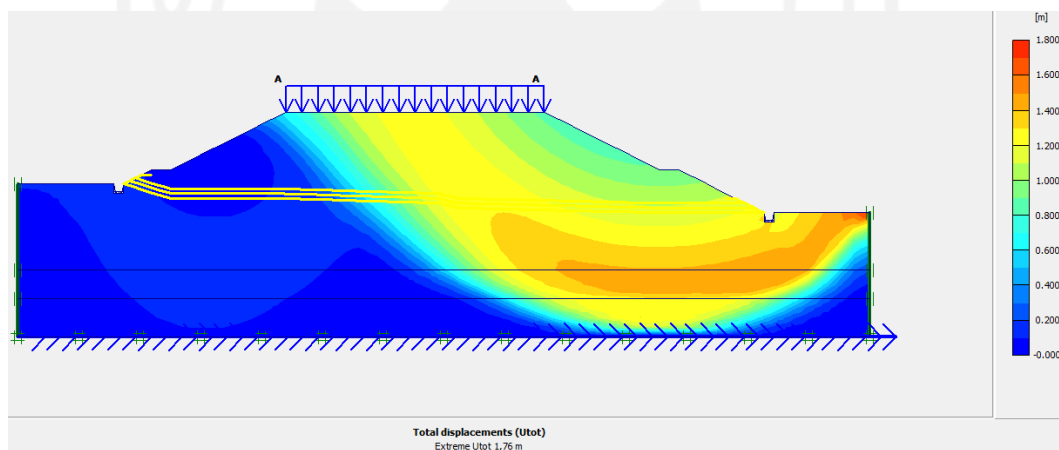


**Gambar 5.81 *Deformesh Mesh* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Pada analisis paska konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar 1,65 m dapat dilihat pada Gambar 5.82. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar 1,76 m dapat dilihat pada Gambar 5.83.



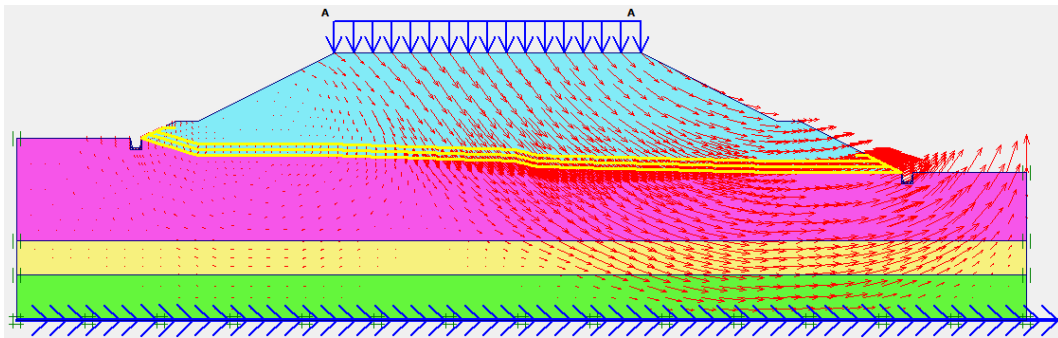
**Gambar 5.82 Total Displacement** Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



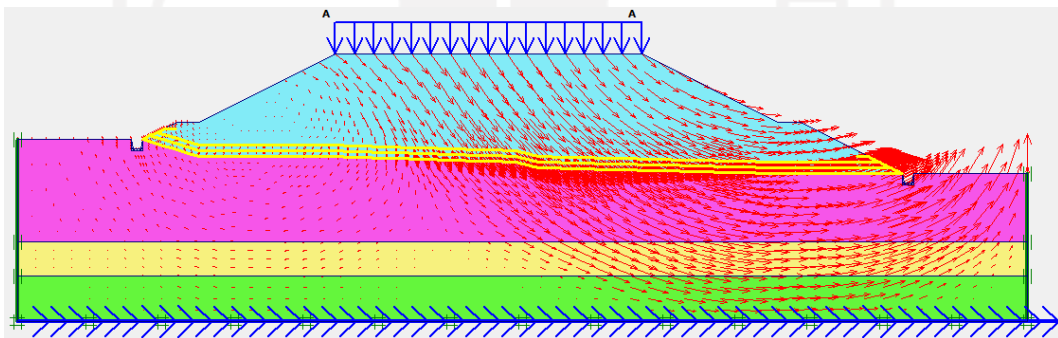
**Gambar 5.83 Total Displacement** Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi

*Output* pergerakan tanah pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.84 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.85.



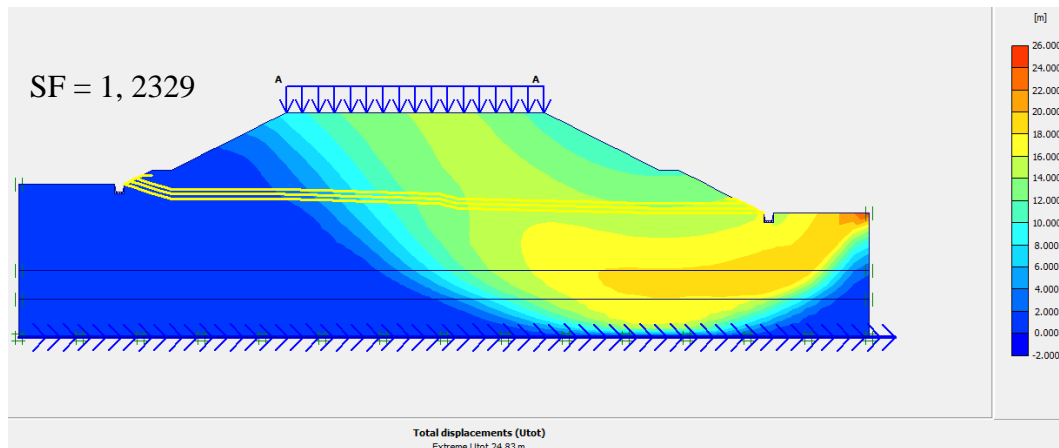


**Gambar 5.84 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

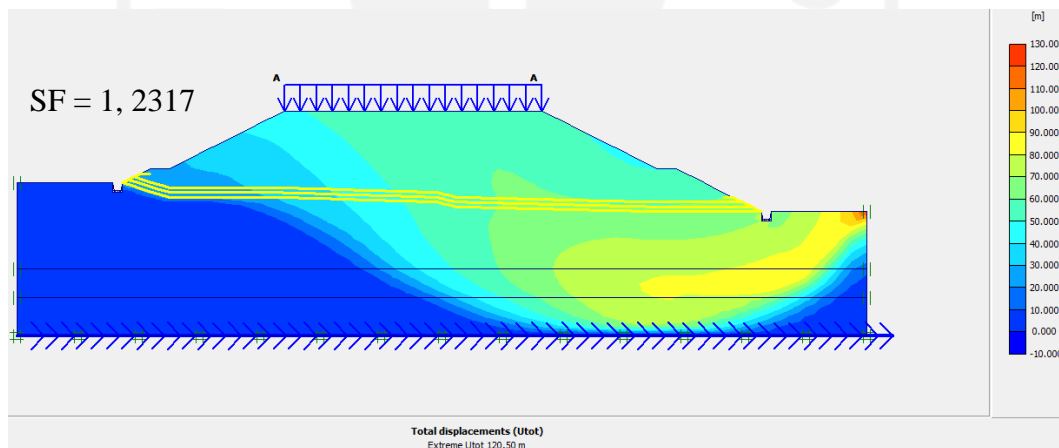


**Gambar 5.85 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.86 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter tanah asli dengan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.87.

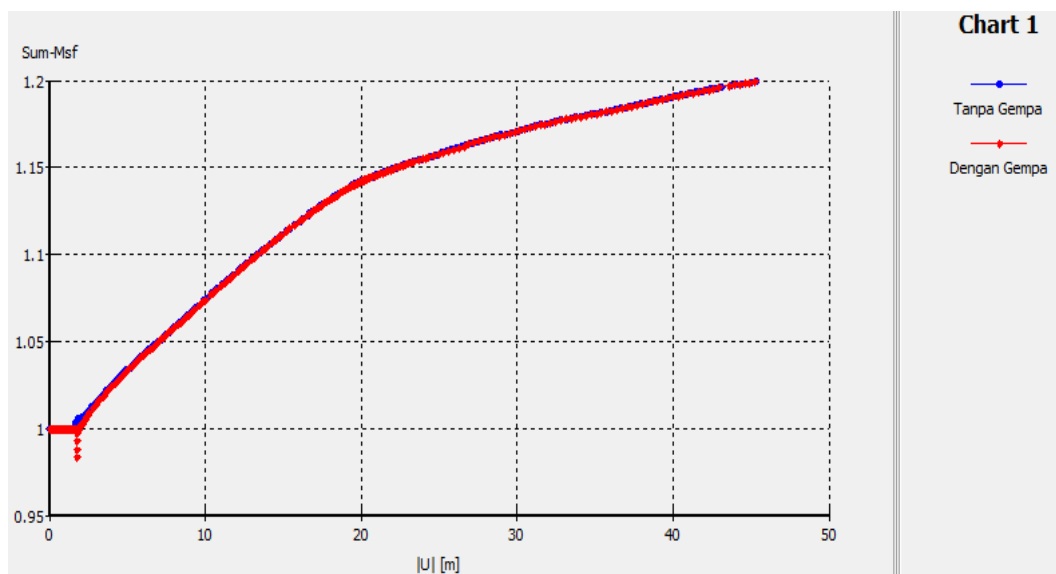


**Gambar 5.86 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar 5.87 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Pada timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 3 lapis pada paska konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur sebesar 1,2329 dan 1,2317 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.88



**Gambar 5.88 Kurva *Total Displacement vs Safety Factor* Timbunan 10,5m Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis Pada Paska Konstruksi**

Setelah dianalisis dengan *Plaxis* didapatkan hasil angka aman timbunan 10,5m tanah asli dengan geotekstil 3 lapis pada masa konstruksi telah memenuhi nilai yang disyaratkan yaitu 1,3 sedangkan pada kondisi paska konstruksi tidak memenuhi angka aman disyaratkan sehingga lereng timbunan dikatakan belum aman dan stabil, maka selanjutnya direncanakan analisis kembali pemodelan timbunan 10,5m dengan dilakukan perkuatan *replacement* dan dipasang geotekstil 2 lapis.

### 5.5.3 Analisis Lereng Timbunan Tanah *Replacement* Dengan Perkuatan Geotekstil Dua Lapis

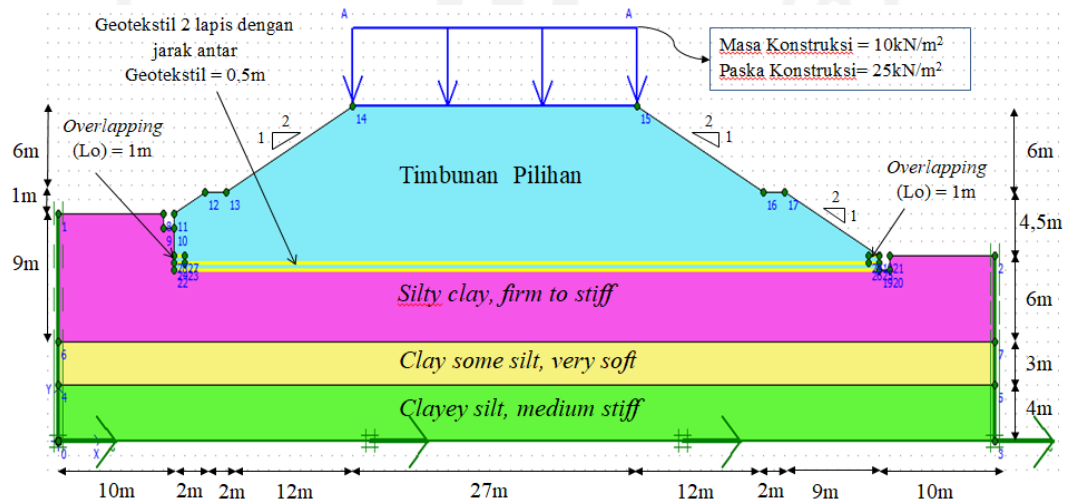
#### 1. Pemodelan Awal

Sebelumnya pada analisis perhitungan pemodelan timbunan 10,5 m tanah asli dengan geotekstil 3 lapis didapatkan didapatkan angka aman kurang dari yang disyaratkan sehingga timbunan dikatakan tidak aman dan tidak stabil. Maka direncanakan analisis pemodelan timbunan 10,5 m dengan tanah *replacement* yang dipasang perkuatan geotekstil 2 lapis dengan jarak antar geotekstil yaitu 0,5 m dan panjang *overlapping* geotekstil ( $L_o$ ) sebesar 1 m. Pemodelan awal

lereng pada *plaxis* dilakukan dengan *input* titik koordinat dapat dilihat pada Tabel 5.15 selanjutnya *input* material tanah dan *input* material geotekstil yang disesuaikan dengan data parameter yang telah diketahui. Pemodelan timbunan 10,5 m *replacement* dengan perkuatan geotekstil 2 lapis dapat dilihat pada Gambar 5.89

**Tabel 5. 15 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 10,5m *Replacement* Dengan Geotekstil 2 Lapis**

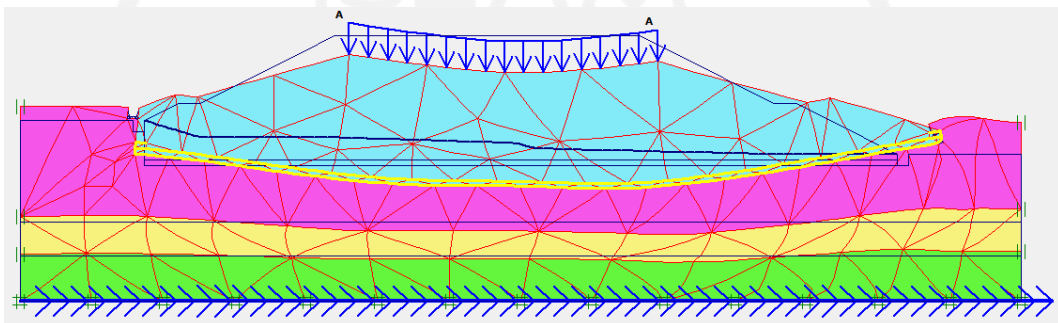
No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	8	10	16	16	67	17,5	24	11	12,5
1	0	16	9	10	15	17	69	17,5	25	78	12,5
2	89	13	10	11	15	18	78	13	26	77	12,5
3	89	0	11	11	16	19	78	12	27	12	13
4	0	4	12	14	17,5	20	79	12	28	11	13
5	89	4	13	16	17,5	21	79	13	29	77	13
6	0	7	14	28	23,5	22	11	12			
7	89	7	15	55	23,5	23	12	12,5			



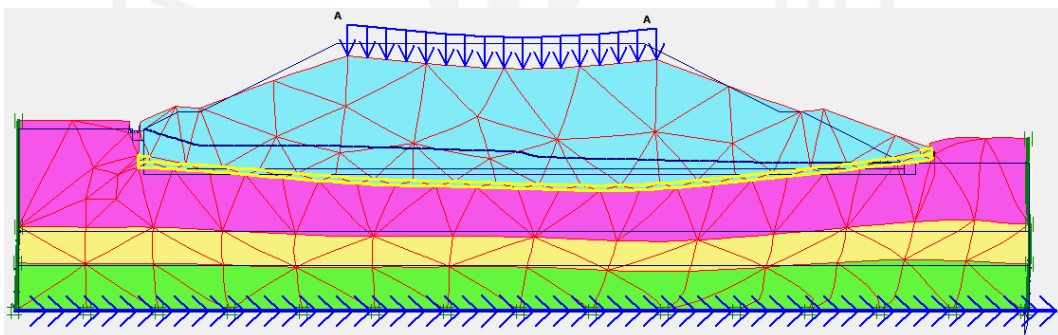
**Gambar 5. 89 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 10,5m *Replacement* Dengan Geotekstil 2 Lapis**

## 2. Hasil Analisis *Plaxis* Masa Konstruksi

Setelah melalui proses analisis pada masa konstruksi didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* dengan perkuatan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.90 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* dengan perkuatan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.91

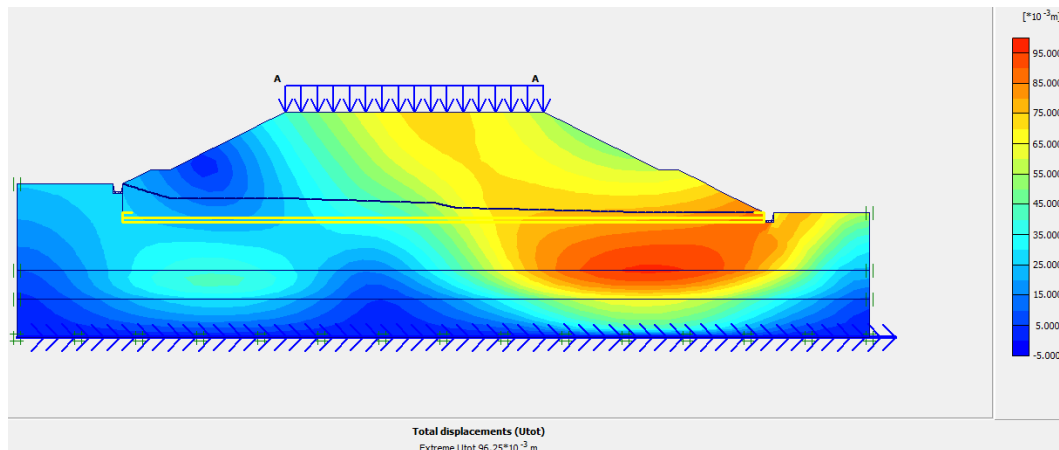


**Gambar 5.90 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

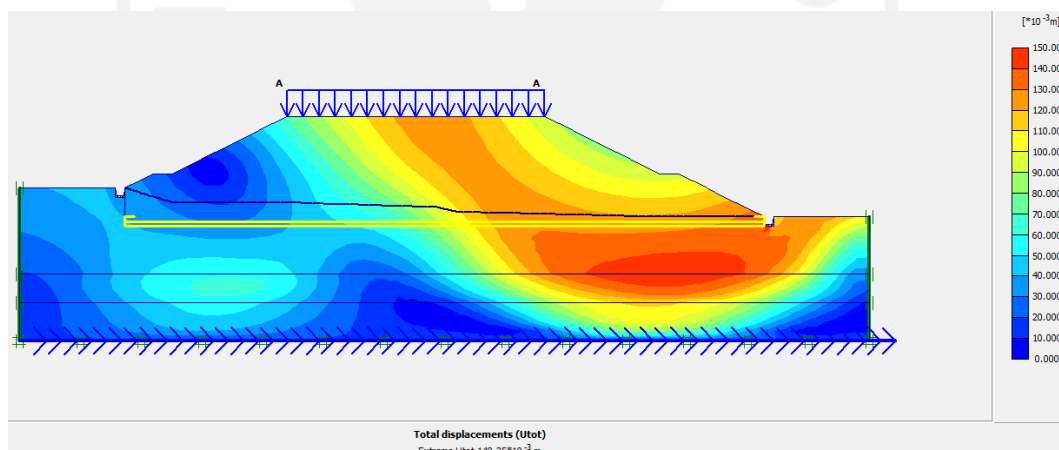


**Gambar 5.91 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada analisis masa konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar  $96,25 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.92. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar  $148,25 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.93.

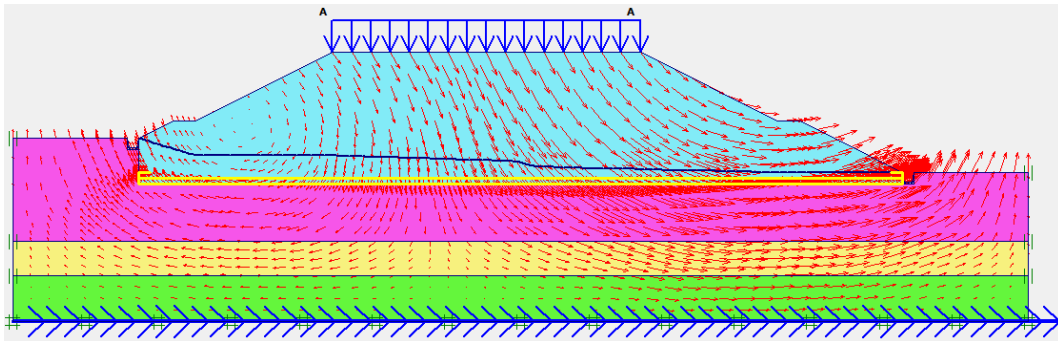


**Gambar 5.92 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

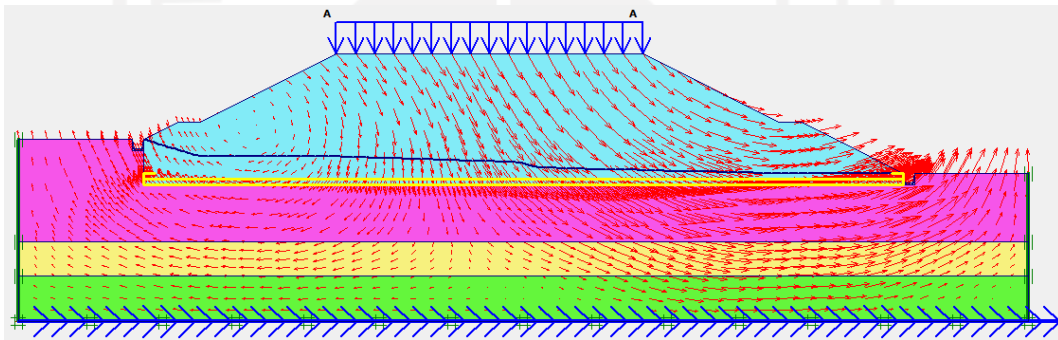


**Gambar 5.93 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

*Output* pergerakan tanah pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.94 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.95.

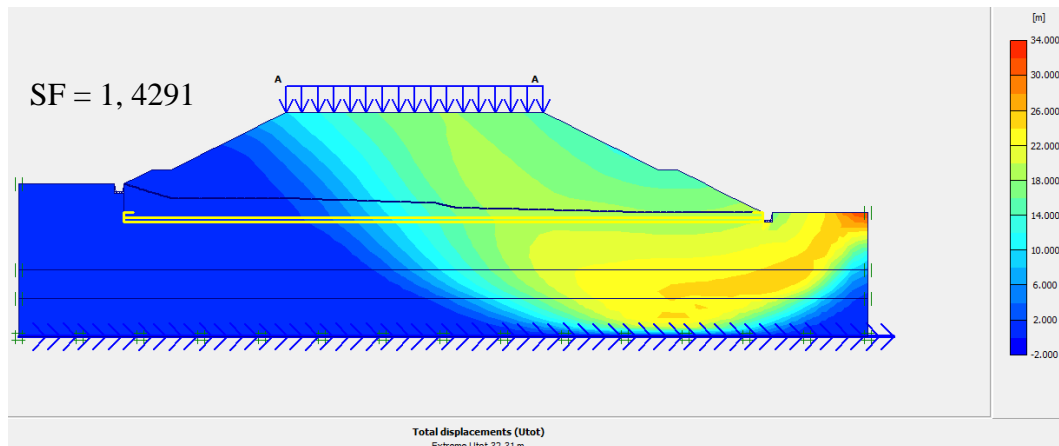


**Gambar 5.94 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m *Replacement* Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

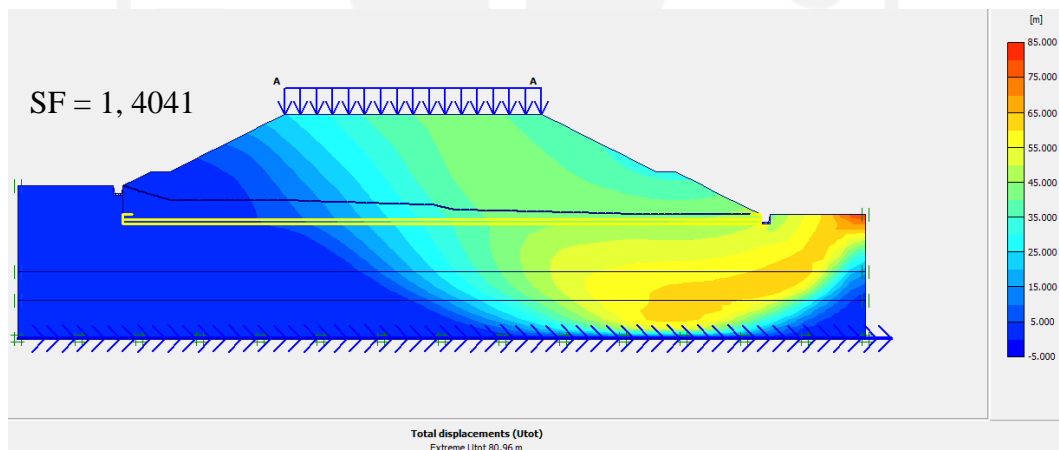


**Gambar 5.95 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m *Replacement* Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.96 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.97.



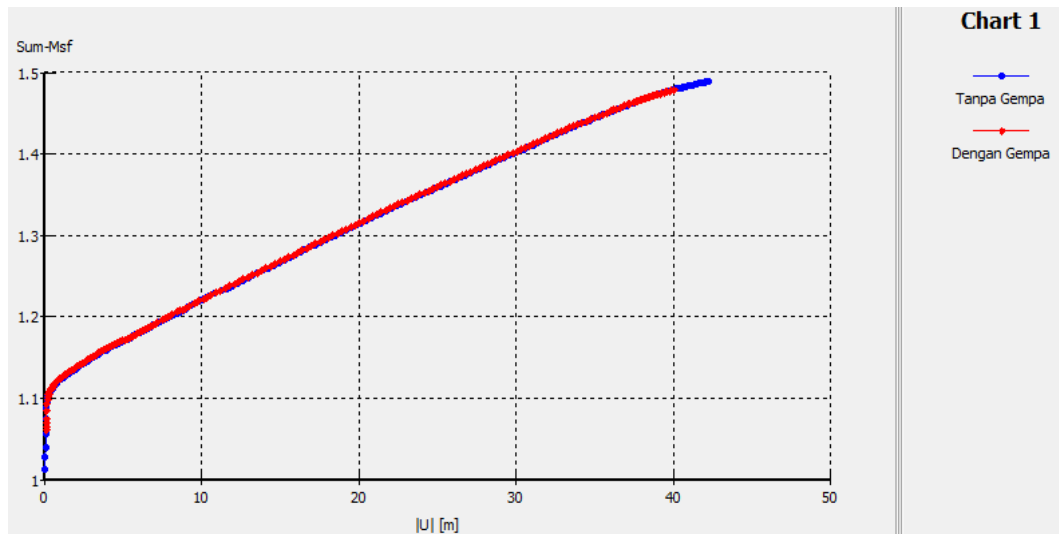
**Gambar 5.96 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



**Gambar 5.97 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

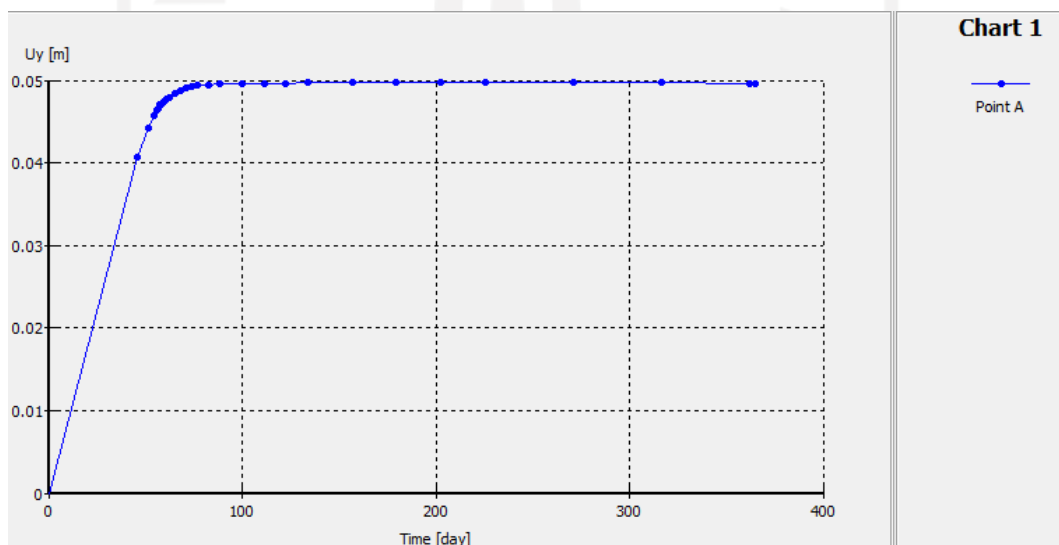
Pada timbunan 10,5m replacement dengan geotekstil 2 lapis pada masa konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur sebesar 1,4291 dan 1,4041 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.98





**Gambar 5.98 Kurva *Total Displacement vs Safety Factor* Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Pada Masa Konstruksi**

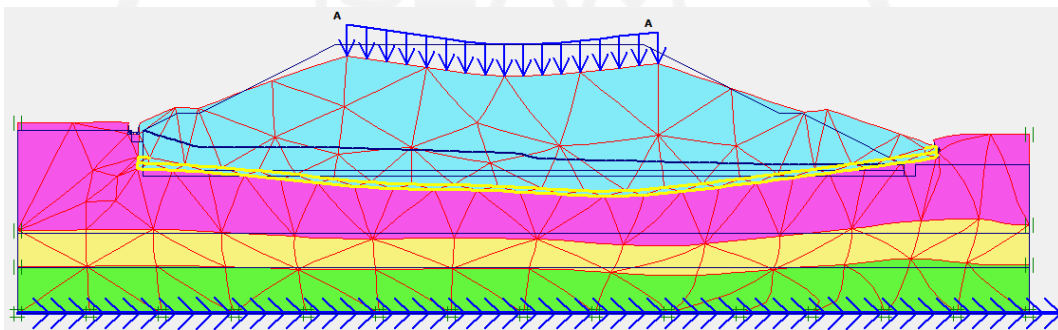
Sedangkan hasil konsolidasi pada timbunan 10,5m *replacement* dengan geotekstil 2 lapis yang terjadi dengan asumsi waktu penurunan selama setahun (365 hari) setelah masa konstruksi adalah sebesar 0,050 m. Hasil konsolidasi dapat dilihat dalam grafik konsolidasi antara *Displacement vs Time* pada Gambar 5.99 berikut



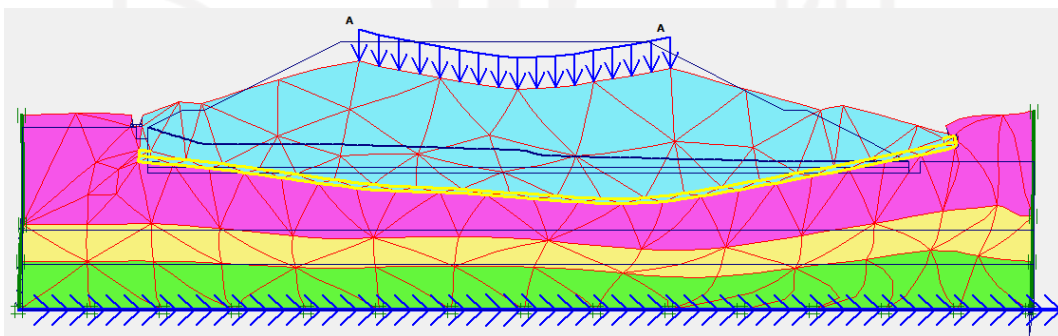
**Gambar 5.99 Kurva *Timet vs Vertical Displacement* Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis**

### 3. Hasil Analisis *Plaxis* Paska Konstruksi

Setelah melalui proses analisis pada paska konstruksi didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* dengan perkuatan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.100 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* dengan perkuatan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.101

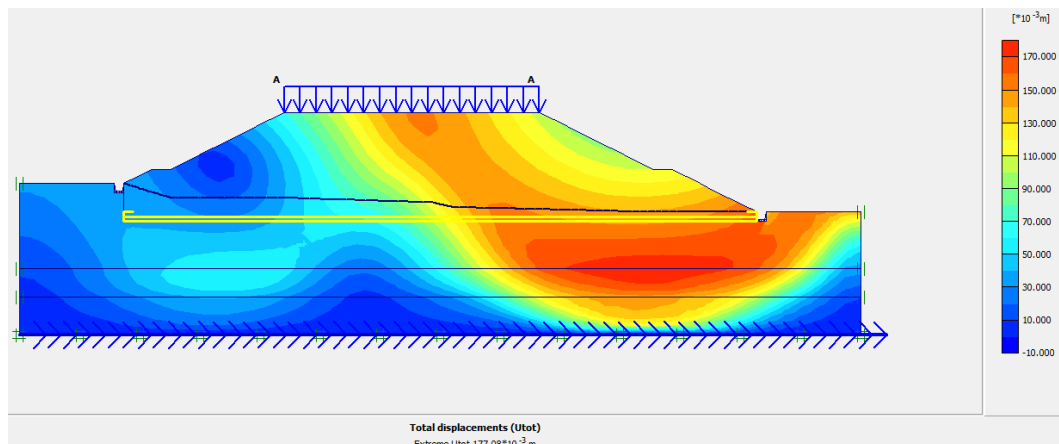


**Gambar 5.100 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

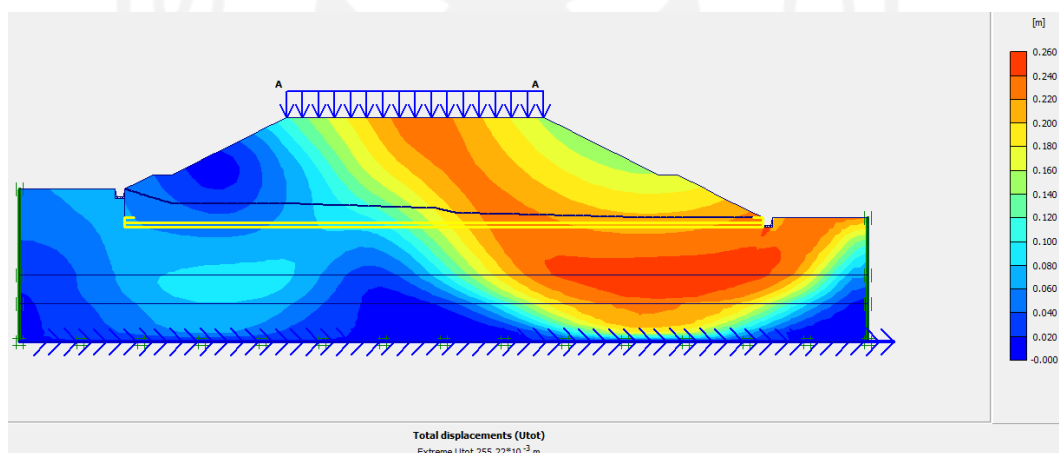


**Gambar 5.101 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Pada analisis paska konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar  $177,08 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.102. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar  $255,22 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.103.

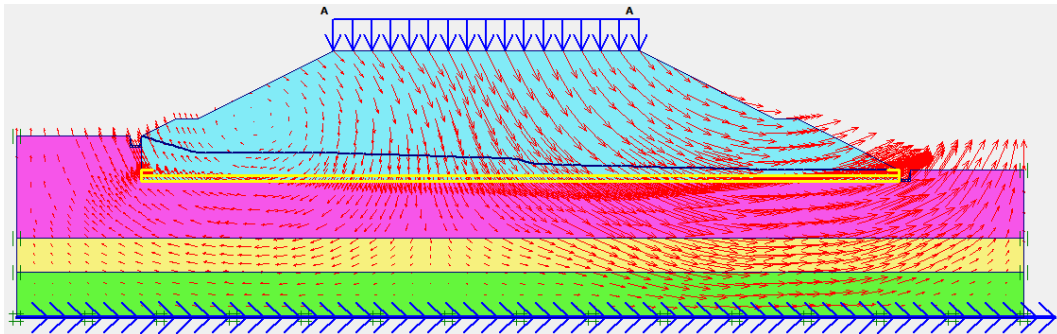


**Gambar 5.102 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

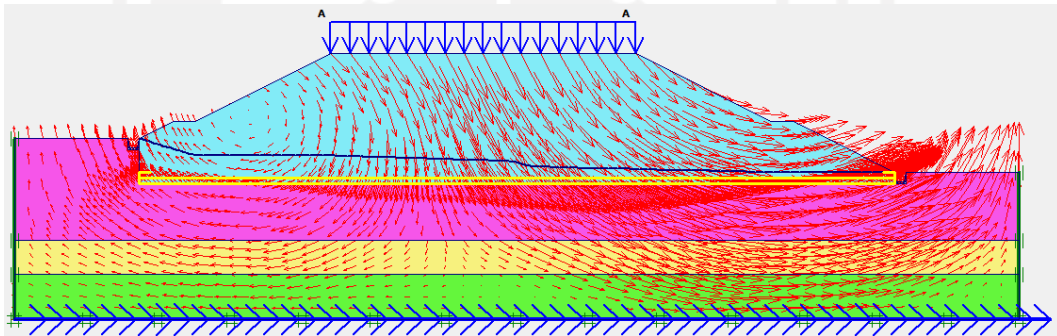


**Gambar 5.103 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

*Output* pergerakan tanah pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.104 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.105.

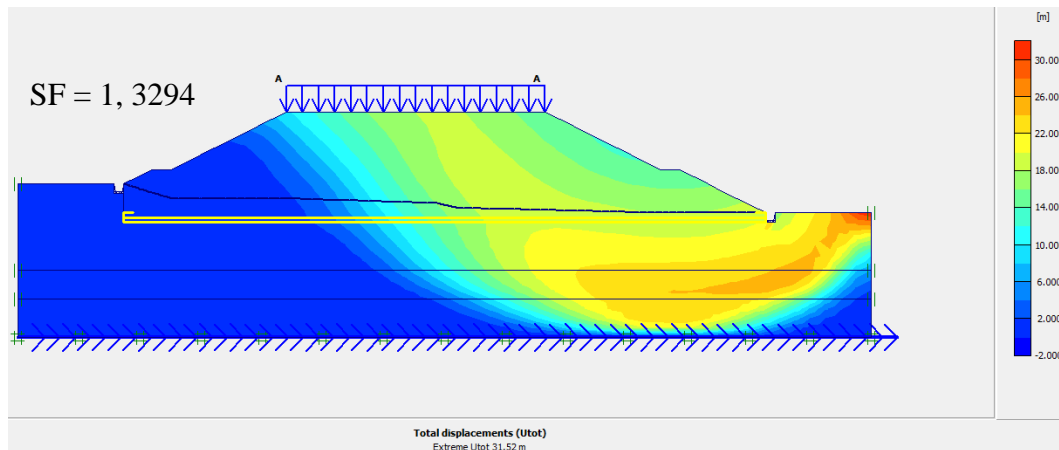


**Gambar 5.104 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m *Replacement* Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

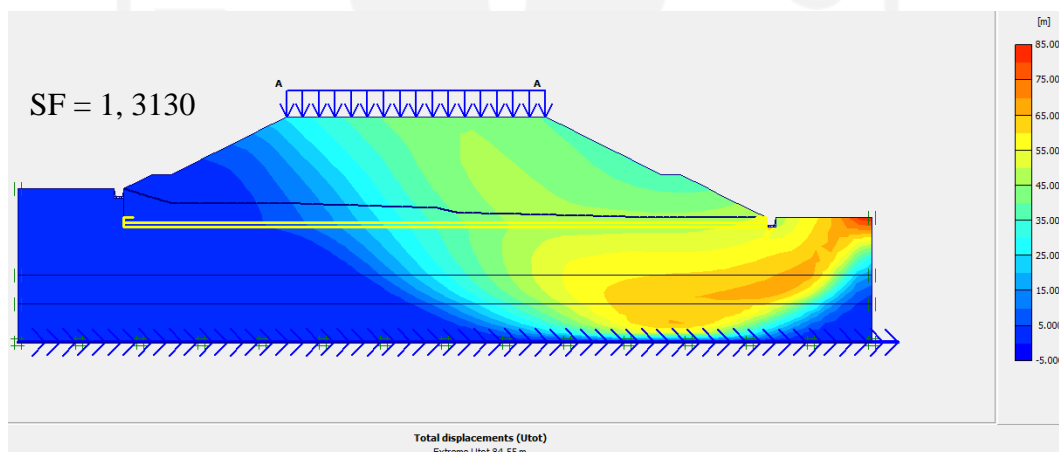


**Gambar 5.105 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m *Replacement* Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 2 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.106 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 2 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.107.

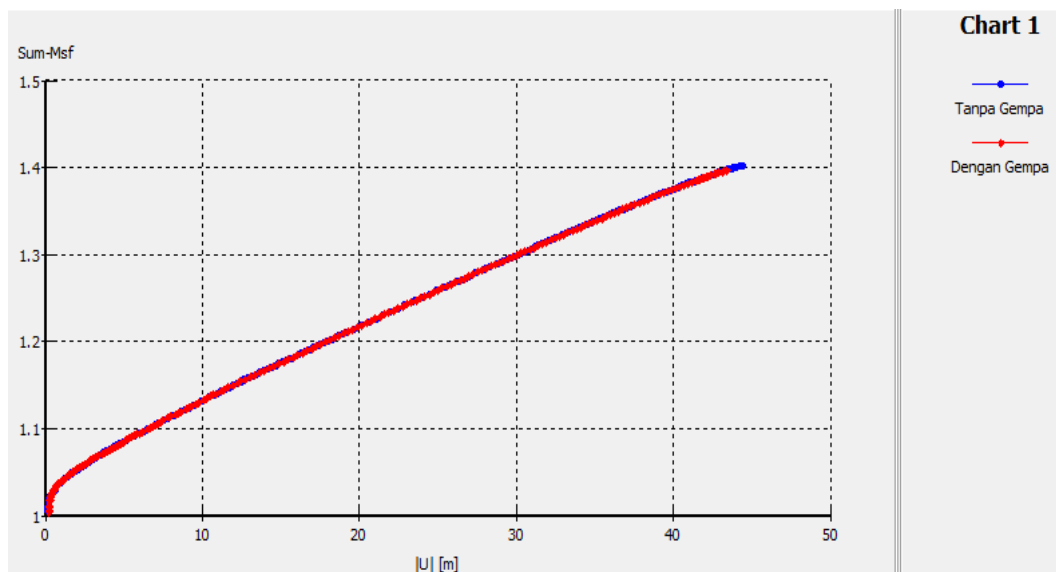


**Gambar 5.106 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar 5.107 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Pada timbunan 10,5m replacement dengan geotekstil 2 lapis paska konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur sebesar 1,3294 dan 1,3130 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.108



**Gambar 5.108 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 2 Lapis Pada Paska Konstruksi**

Berdasarkan analisis *plaxis* diatas pada timbunan 10,5m didapatkan hasil angka aman *replacement* dengan geotekstil 2 lapis telah memenuhi nilai angka aman yang disyaratkan yaitu 1,3 sehingga lereng timbunan dikatakan aman dan stabil.

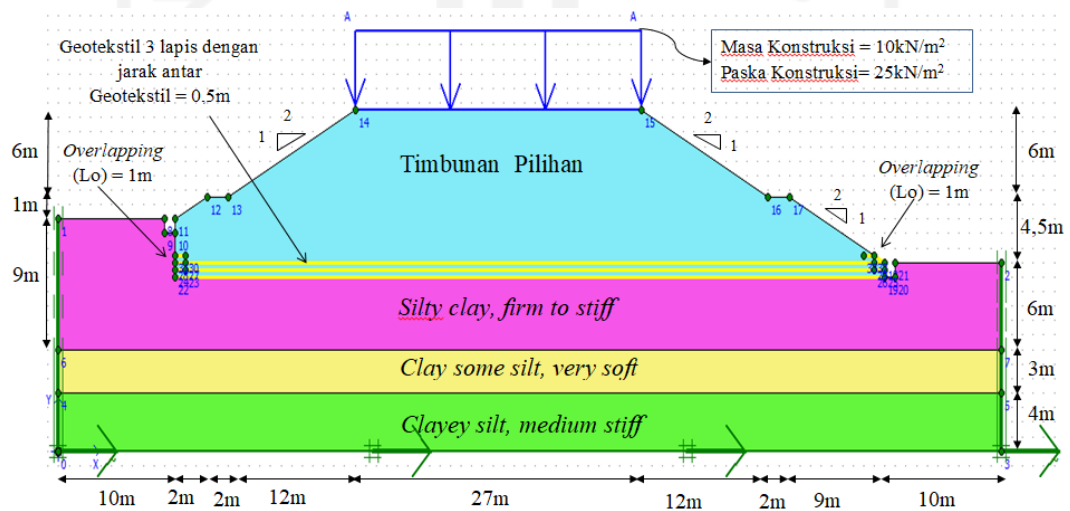
#### 5.5.4 Analisis Lereng Timbunan Tanah *Replacement* Dengan Perkuatan Geotekstil Tiga Lapis

##### 1. Pemodelan Awal

Analisis pemodelan timbunan 10,5 m dengan tanah *replacement* yang dipasang perkuatan geotekstil 3 lapis dipasang dengan jarak antar geotekstil yaitu 0,5 m dan panjang *overlapping* geotekstil ( $L_o$ ) sebesar 1 m. Pemodelan awal lereng pada *plaxis* dilakukan dengan *input* titik koordinat dapat dilihat pada Tabel 5.16 selanjutnya *input* material tanah dan *input* material geotekstil yang disesuaikan dengan data parameter yang telah diketahui. Pemodelan timbunan 10,5 m *replacement* dengan perkuatan geotekstil 3 lapis dapat dilihat pada Gambar 5.109

**Tabel 5. 16 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis**

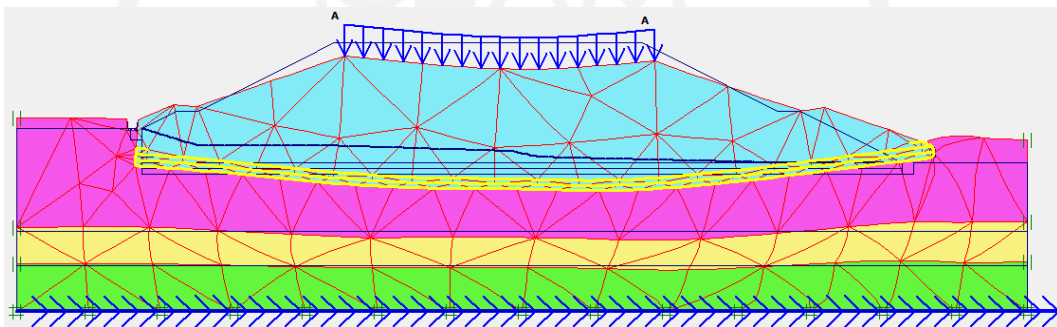
No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	17	69	17,5
1	0	16	18	78	13
2	89	13	19	78	12
3	89	0	20	79	12
4	0	4	21	79	13
5	89	4	22	11	12
6	0	7	23	12	12,5
7	89	7	24	11	12,5
8	10	16	25	78	12,5
9	10	15	26	77	12,5
10	11	15	27	12	13
11	11	16	28	11	13
12	14	17,5	29	77	13
13	16	17,5	30	12	13,5
14	28	23,5	31	11	13,5
15	55	23,5	32	77	13,5
16	67	17,5	33	76	13,5



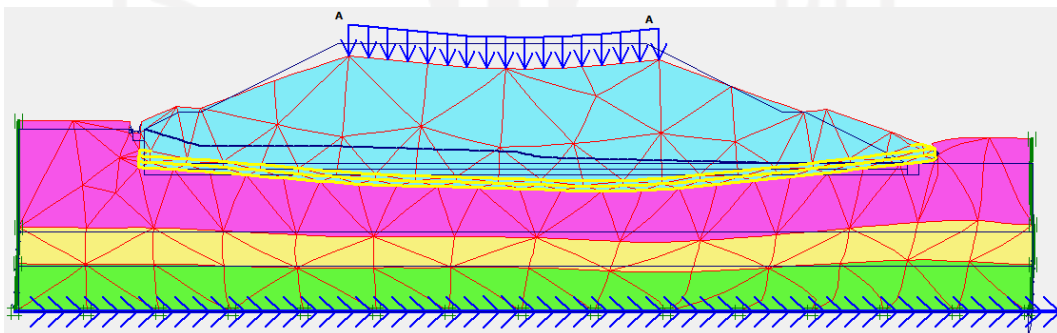
**Gambar 5.109 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis**

## 2. Hasil Analisis *Plaxis* Masa Konstruksi

Setelah melalui proses analisis pada masa konstruksi didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* dengan perkuatan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.110 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* dengan perkuatan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.111



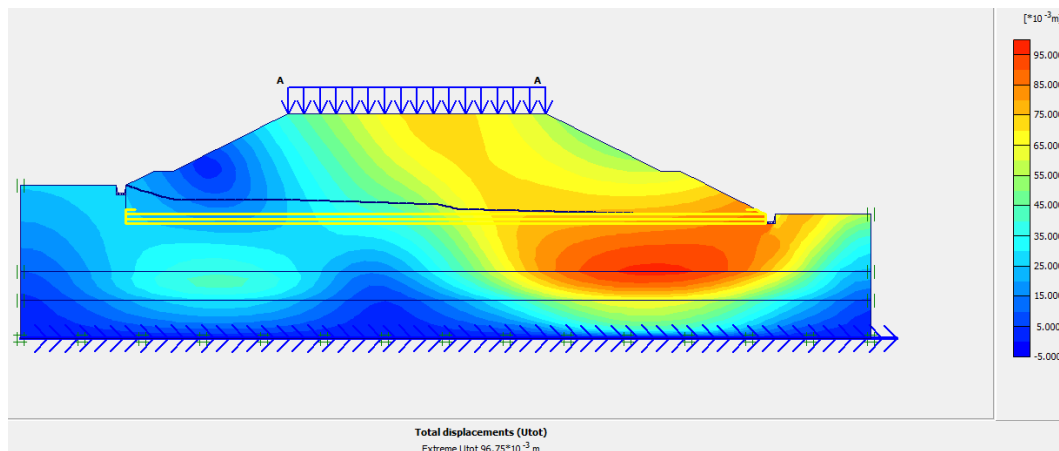
**Gambar 5.110 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



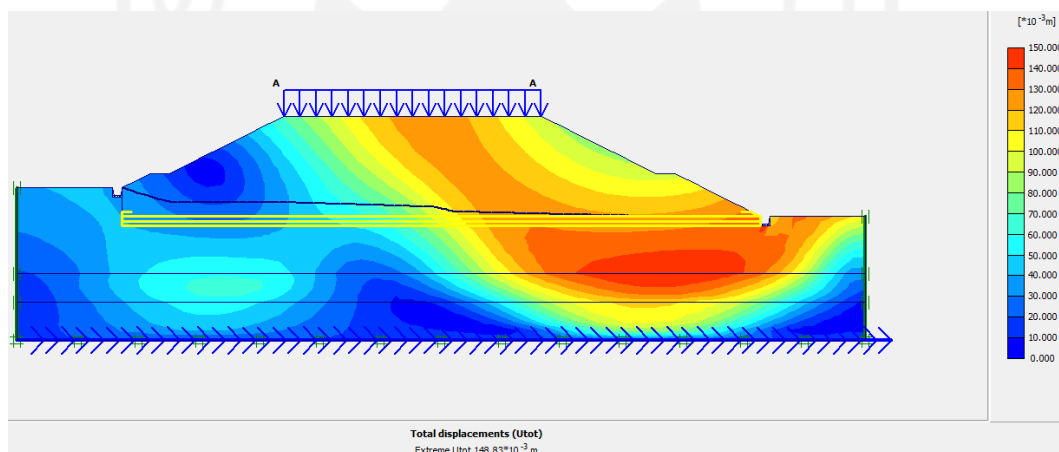
**Gambar 5.111 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada analisis masa konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar  $96,75 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.112. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar  $148,83 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.113.



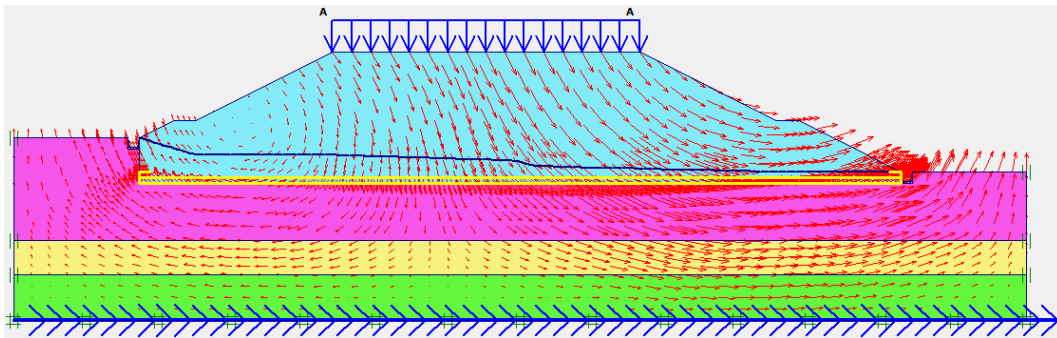


**Gambar 5.112 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

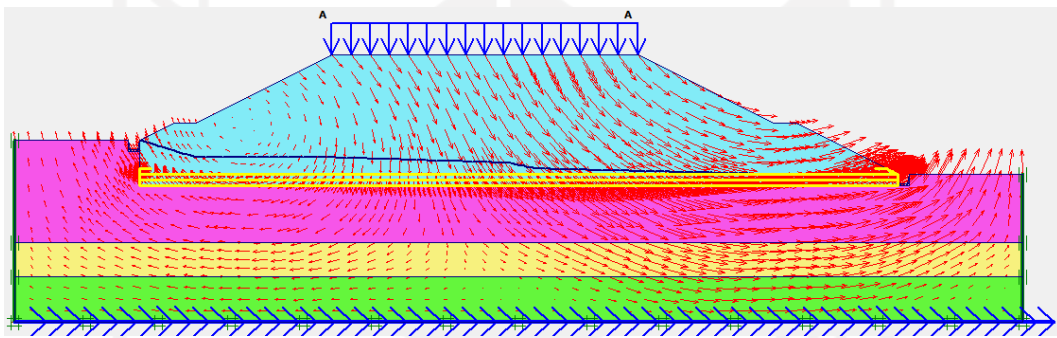


**Gambar 5. 113 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

*Output* pergerakan tanah pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.114 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.115.

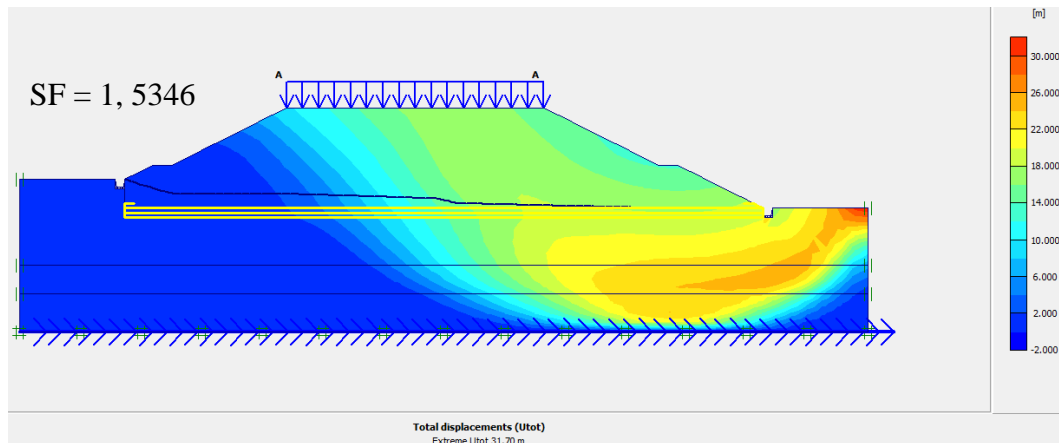


**Gambar 5.114 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m *Replacement* Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

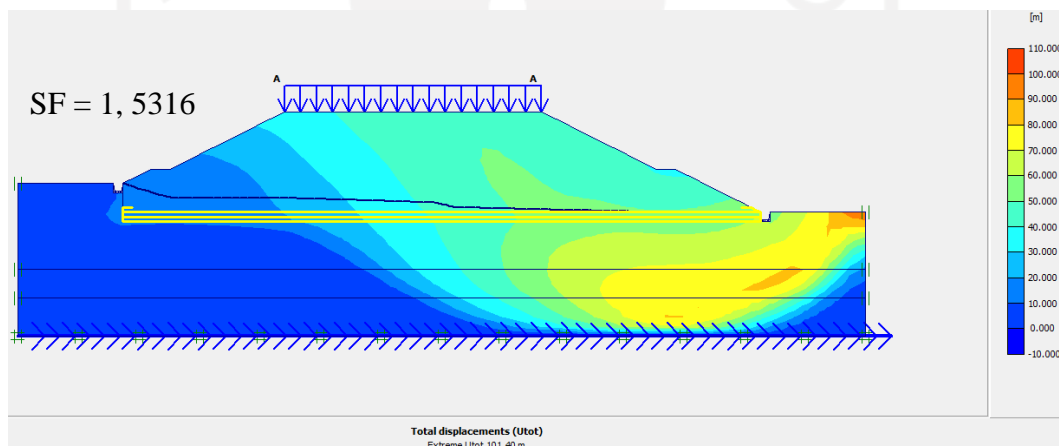


**Gambar 5.115 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m *Replacement* Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada masa konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.116 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.117.

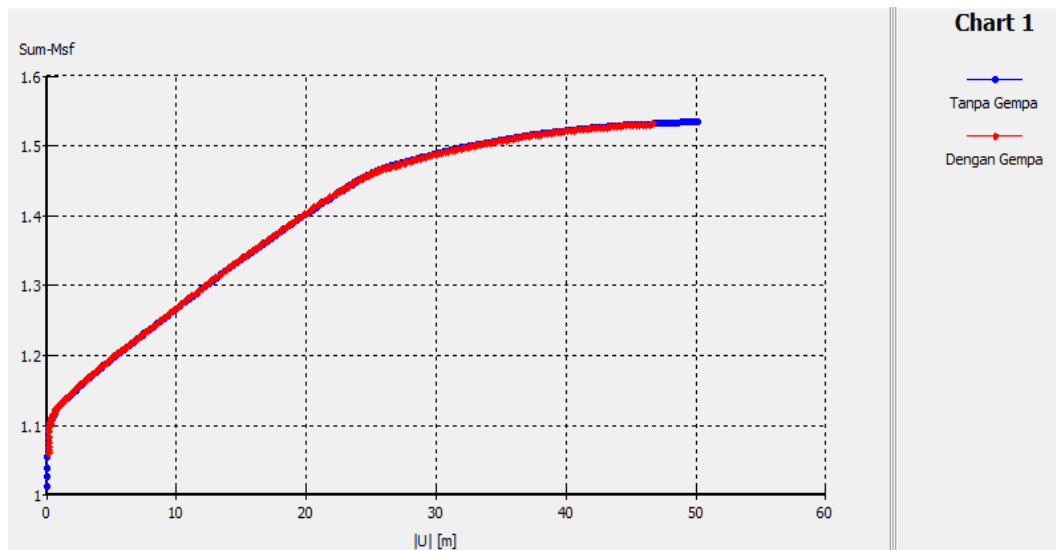


**Gambar 5.116 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



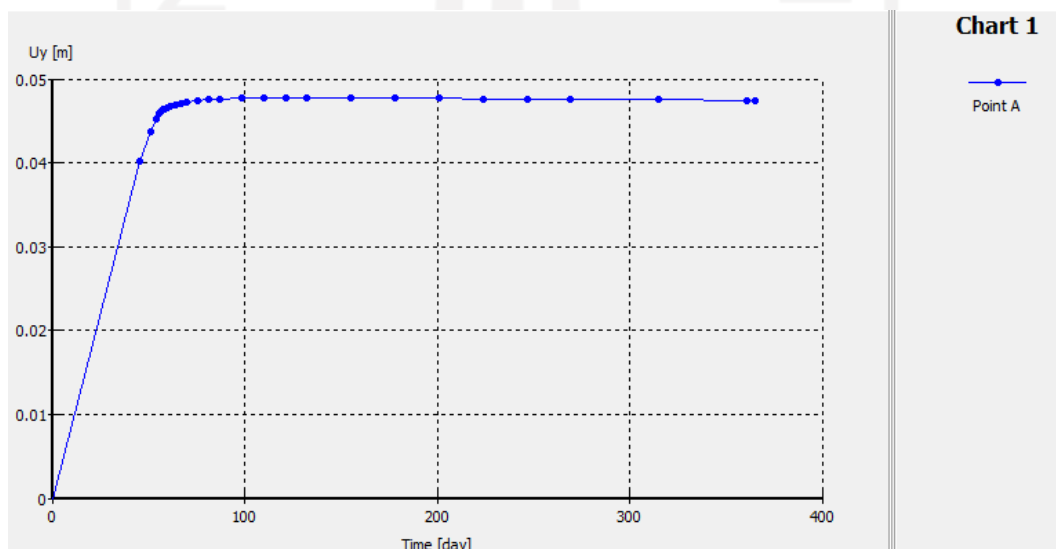
**Gambar 5.117 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

Pada timbunan 10,5m replacement dengan geotekstil 3 lapis pada masa konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur sebesar 1,5346 dan 1,5316 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.118



**Gambar 5.118 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Pada Masa Konstruksi**

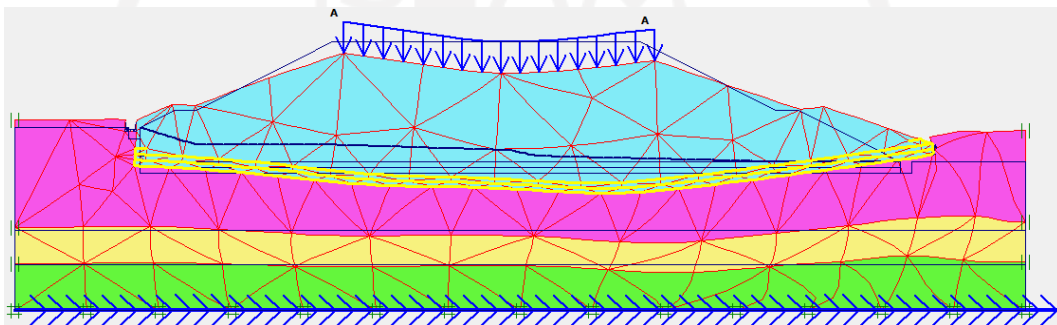
Sedangkan hasil konsolidasi pada timbunan 10,5m *replacement* dengan geotekstil 3 lapis yang terjadi dengan asumsi waktu penurunan selama setahun (365 hari) setelah masa konstruksi adalah sebesar 0,047 m. Hasil konsolidasi dapat dilihat dalam grafik konsolidasi antara *Displacement vs Time* pada Gambar 5.119 berikut



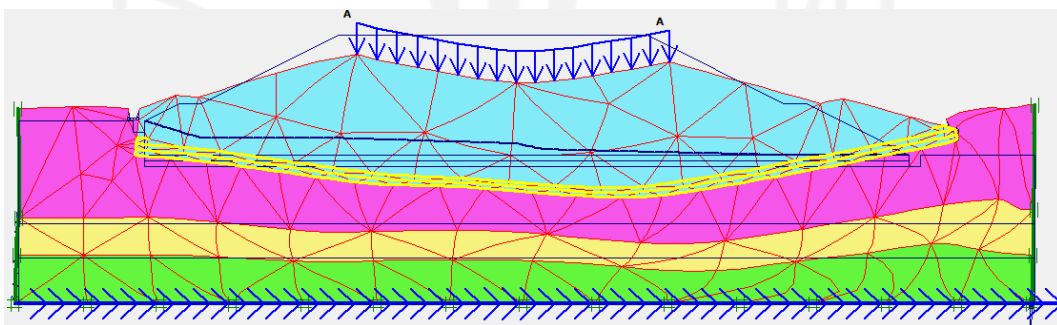
**Gambar 5.119 Kurva Timet vs Vertical Displacement Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis**

### 3. Hasil Analisis *Plaxis* Paska Konstruksi

Setelah melalui proses analisis pada paska konstruksi didapatkan hasil *output plaxis deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* dengan perkuatan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.120 dan *deformed mesh* timbunan 10,5 meter *replacement* dengan perkuatan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.121.

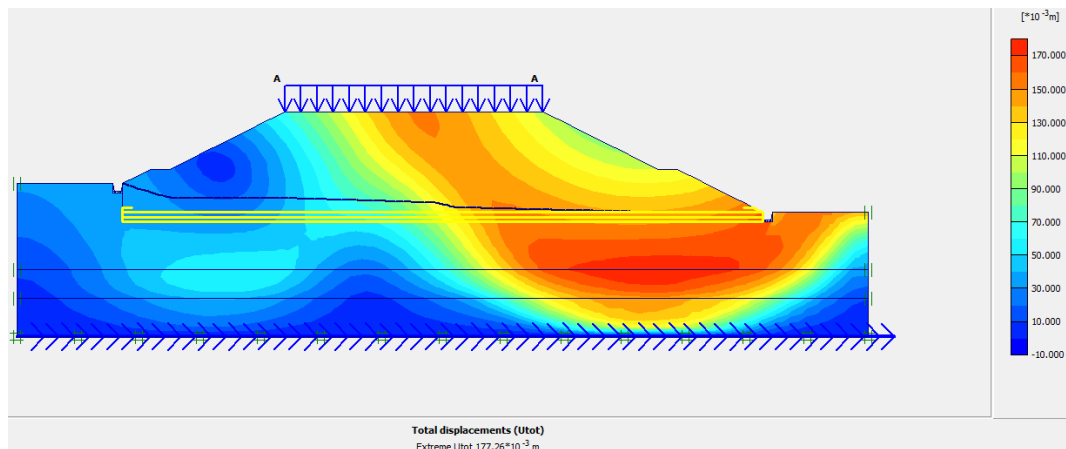


**Gambar 5.120 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

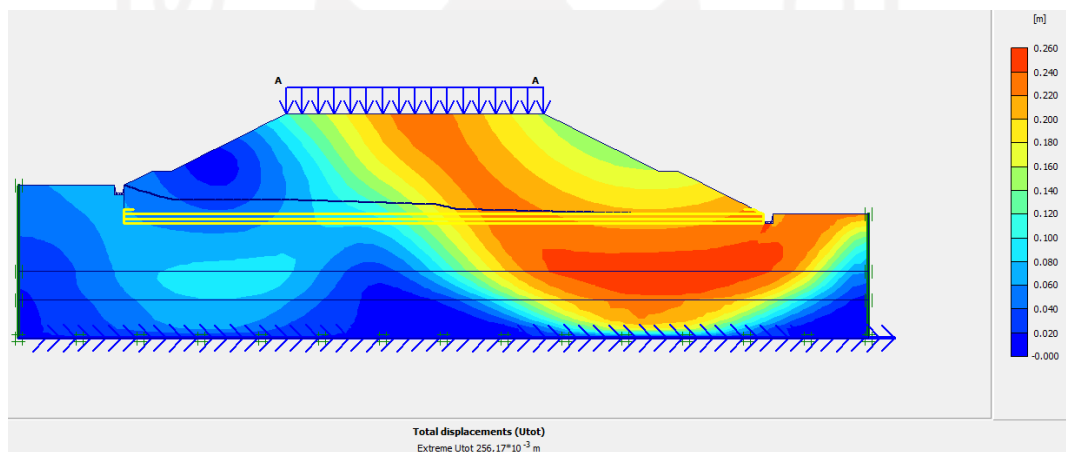


**Gambar 5.121 Deformesh Mesh Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Pada analisis paska konstruksi terjadi *total displacement* akibat beban struktur sebesar  $177,26 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.122. Sedangkan *total displacement* akibat beban struktur dan gempa terjadi sebesar  $256,17 \times 10^{-3}$  m dapat dilihat pada Gambar 5.123.

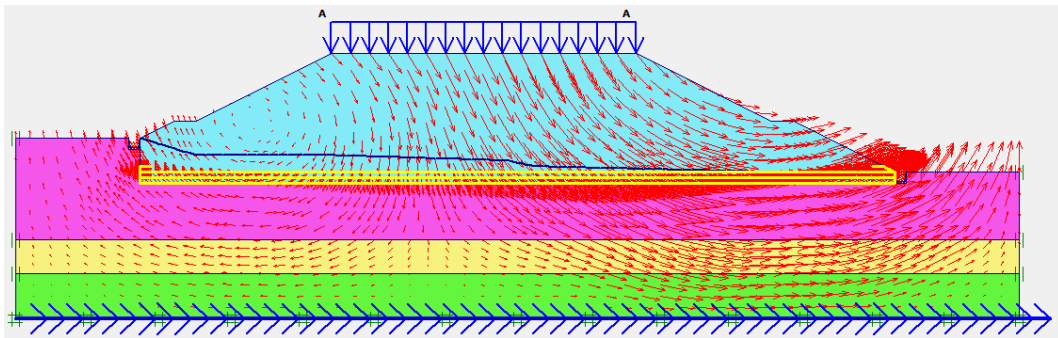


**Gambar 5.122 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

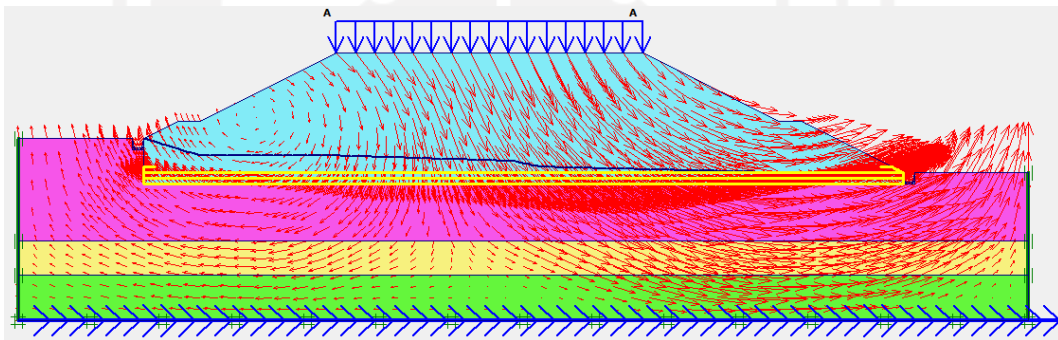


**Gambar 5.123 Total Displacement Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

*Output* pergerakan tanah pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.124 dan pergerakan tanah timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.125.

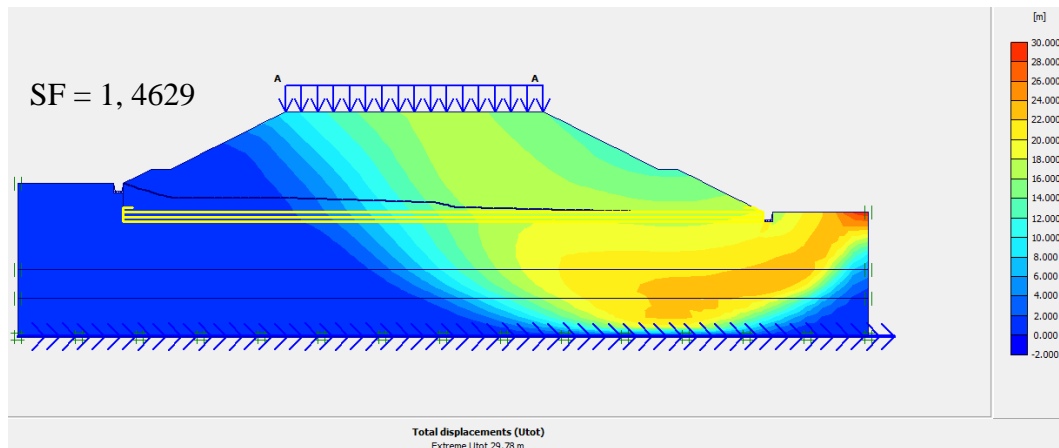


**Gambar 5.124 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

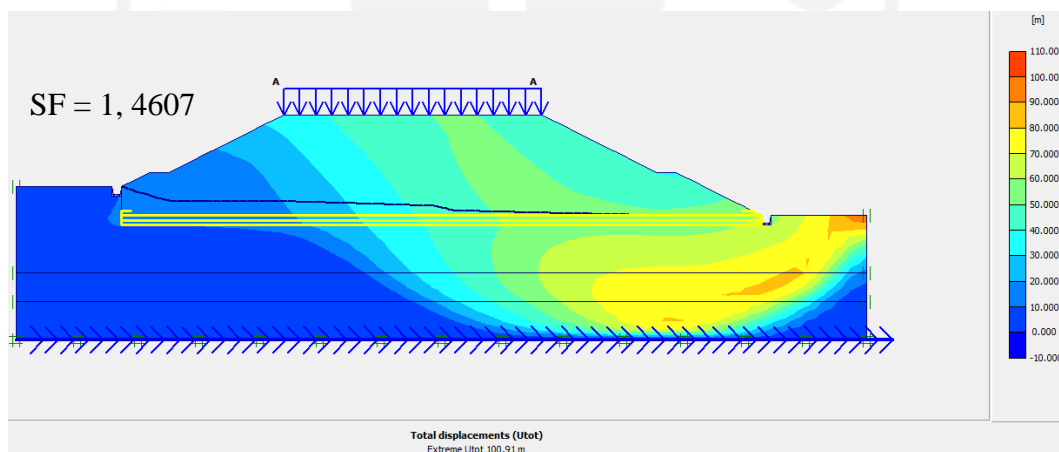


**Gambar 5.125 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Sedangkan *output* potensi longsor pada paska konstruksi timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 3 lapis tanpa beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.126 dan potensi longsor timbunan 10,5 meter *replacement* dengan geotekstil 3 lapis dengan beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.127.



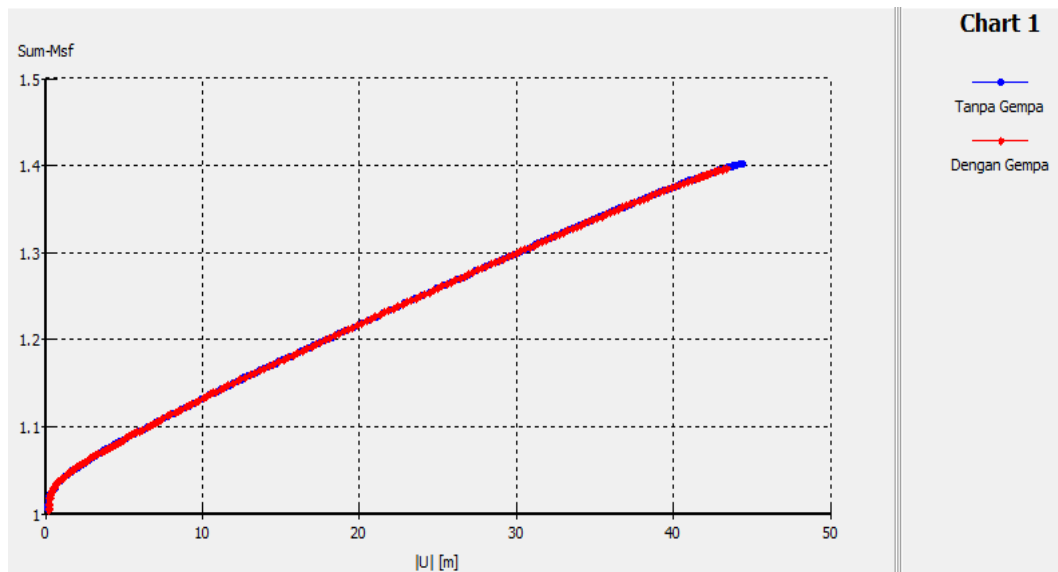
**Gambar 5.126 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar 5.127 Potensi Longsor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

Pada timbunan 10,5m replacement dengan geotekstil 3 lapis paska konstruksi diperoleh nilai angka aman akibat beban struktur sebesar 1,4629 dan 1,4607 akibat beban struktur dan gempa. Nilai angka aman tersebut dapat dilihat pada kurva Gambar 5.128





**Gambar 5.128 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 10,5m Replacement Dengan Geotekstil 3 Lapis Pada Paska Konstruksi**

Berdasarkan analisis *plaxis* diatas pada timbunan 10,5m didapatkan hasil angka aman *replacement* dengan geotekstil 3 lapis telah memenuhi nilai angka aman yang disyaratkan yaitu 1,3 sehingga lereng timbunan dikatakan aman dan stabil.

## 5.6 Pembahasan

Analisis stabilitas timbunan lereng jalan tol Terbanggi Besar-Pematnang Panggang ini dilakukan untuk memperoleh dan mengetahui nilai angka aman pada lereng timbunan tersebut. Dalam menganalisis digunakan bantuan menggunakan program *Plaxis V.8.6* dimana jika terjadi kegagalan (*collapse*) maka perhitungan angka aman dilakukan dengan metode *fellenius*. Analisis timbunan memperhitungkan faktor akibat kondisi pada masa konstruksi dan kondisi setelah timbunan bisa digunakan dimana difungsikan sebagai jalan (paska konstruksi). Parameter pembebanan yang digunakan merupakan beban merata akibat beban perkerasan jalan dan beban lalu lintas (beban struktur) , serta beban gempa dengan faktor gempa yang sudah disesuaikan pada zonasi gempa daerah Lampung.

Pemodelan yang dilakukan yaitu dengan variasi tinggi timbunan, yaitu pada timbunan 3,5m , timbunan 7m, dan timbunan 10,5m dengan kondisi muka air tanah berada pada tanah dasar lereng. Pada timbunan tanah asli eksisting apabila hasil analisis didapatkan nilai angka aman kurang dari diizinkan yaitu 1,3 maka dilakukan percobaan analisis dengan pemodelan timbunan yang dilakukan *replacement* sepanjang dasar timbunan sedalam 2,5 m. Apabila hasil angka aman yang diperoleh masih kurang dari 1,3 selanjutnya dilakukan analisis dengan pemodelan timbunan yang diperkuat geotekstil kondisi timbunan tanah asli maupun *replacement*.

Selain mendapatkan nilai angka aman lereng timbunan, analisis *plaxis* ini juga dapat memperoleh dan membandingkan besarnya nilai konsolidasi lereng timbunan yang terjadi selama satu tahun (365 hari) setelah masa konstruksi. Konsolidasi merupakan penurunan yang terjadi akibat adanya beban pada lereng dan keluarnya air melalui pori tanah selama waktu tertentu.

#### 5.6.1 Hasil Analisis Timbunan 3,5 m

Pada timbunan 3,5 m tanah asli pada masa konstruksi diperoleh angka aman 1,8440 untuk beban struktur dan 1,8423 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi didapatkan angka aman 1,5216 untuk beban struktur dan 1,5210 untuk beban gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,006713 m. Berdasarkan hasil tersebut untuk timbunan 3,5 m tanah asli pada kondisi masa konstruksi maupun paska konstruksi memiliki nilai angka aman yang lebih tinggi dari persyaratan angka aman lereng yaitu 1,3 sehingga lereng dapat dikatakan aman. Maka pada lereng timbunan 3,5 m tidak dilakukan analisis pemodelan timbunan dengan perkuatan.

#### 5.6.2 Hasil Analisis Timbunan 7 m

##### 1. Timbunan 7 m Tanah Asli

Pada timbunan 7 m masa konstruksi diperoleh angka aman 1,2681 untuk beban struktur dan 1,2624 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi diperoleh angka aman 1,1376 untuk beban struktur dan 1,1349 untuk beban

gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,028 m. Berdasarkan hasil tersebut, angka aman yang didapatkan tidak memenuhi angka aman diizinkan yaitu 1,3 sehingga timbunan dikatakan tidak aman maka perlu dilakukan perkuatan agar timbunan menjadi aman dan stabil.

#### 2. Timbunan 7 m *Replacement*

Pada timbunan 7 m *replacement* pada masa konstruksi diperoleh angka aman 1,3189 untuk beban struktur dan 1,3152 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi didapatkan angka aman 1,1872 untuk beban struktur dan 1,1834 untuk beban gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,023 m. Berdasarkan hasil tersebut, angka aman yang didapatkan tidak memenuhi angka aman diizinkan yaitu 1,3 sehingga timbunan dikatakan tidak aman maka perlu dilakukan perkuatan lainnya.

#### 3. Timbunan 7 m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis

Pada timbunan 7 m dengan geotekstil 1 lapis masa konstruksi diperoleh angka aman 1,3646 untuk beban struktur dan 1,3611 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi didapatkan 1,2425 untuk beban struktur dan 1,2397 untuk beban gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,020 m. Berdasarkan hasil tersebut, timbunan 7 m dengan geotekstil 1 lapis pada masa konstruksi memiliki angka aman yang memenuhi angka aman diizinkan 1,3 namun pada paska konstruksi memiliki angka aman yang kurang dari persyaratan sehingga timbunan dikatakan tidak aman.

#### 4. Timbunan 7 m *Replacement* Dengan Geotekstil 1 Lapis

Pada timbunan 7 m *replacement* dengan geotekstil 1 lapis pada masa konstruksi diperoleh angka aman 1,5180 untuk beban struktur dan 1,4883 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi didapatkan angka aman 1,3726 untuk beban struktur dan 1,3609 untuk beban gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,018 m. Berdasarkan hasil tersebut untuk timbunan 7 m *replacement* dengan geotekstil 1 lapis memiliki angka aman yang memenuhi angka aman diizinkan karena  $> 1,3$  sehingga lereng timbunan dapat dikatakan telah aman dan stabil.

### 5.6.3 Hasil Analisis Timbunan 10,5 m

#### 1. Timbunan 10,5 m Tanah Asli

Pada timbunan 10,5 m tanah asli pada masa konstruksi diperoleh angka aman 1,0575 untuk beban struktur dan 1,0559 untuk beban gempa sedangkan dalam kondisi paska konstruksi terjadi keruntuhan (*collapse*) pada tahap memasukkan beban struktur lalu lintas sehingga *plaxis* tidak dapat menampilkan angka aman karena dapat dipastikan angka aman  $< 1$ . Maka untuk mengetahui angka aman timbunan 10,5 m tanah asli kondisi paska konstruksi digunakan perhitungan secara manual dengan metode *fellinius* (irisan) dan didapatkan angka aman sebesar 0,9175. Selain itu, dengan konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 6,068 m. Berdasarkan hasil tersebut, timbunan 10,5 m tanah asli perlu dilakukan perkuatan agar timbunan aman dan stabil.

#### 2. Timbunan 10,5 m *Replacement*

Pada timbunan 10,5 m *replacement* pada masa konstruksi diperoleh angka aman 1,1115 untuk beban struktur dan 1,1093 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi didapatkan angka aman 1,0281 untuk beban struktur dan 1,0273 untuk beban gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,158 m. Berdasarkan hasil tersebut, angka aman yang didapatkan tidak memenuhi angka aman diizinkan yaitu 1,3 sehingga timbunan dikatakan tidak aman maka perlu dilakukan perkuatan lainnya.

#### 3. Timbunan 10,5 m Tanah Asli Dengan Geotekstil 2 Lapis

Pada timbunan 10,5 m dengan geotekstil 2 lapis pada masa konstruksi diperoleh angka aman 1,2487 untuk beban struktur dan 1,2432 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi didapatkan angka aman 1,1871 untuk beban struktur dan 1,1811 untuk beban gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,136 m. Berdasarkan hasil tersebut, angka aman yang didapatkan tidak memenuhi angka aman diizinkan yaitu 1,3 sehingga timbunan dikatakan tidak aman.

#### 4. Timbunan Tanah Asli Dengan Geotekstil 3 Lapis

Pada timbunan 10,5 m dengan geotekstil 3 lapis pada masa konstruksi diperoleh angka aman 1,3045 untuk beban struktur dan 1,3030 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi didapatkan angka aman 1,2329 untuk beban struktur dan 1,2317 untuk beban gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,131 m. Berdasarkan hasil tersebut timbunan masa konstruksi didapatkan nilai angka aman yang memenuhi angka aman diizinkan yaitu 1,3 namun pada paska konstruksi diperoleh angka aman yang kurang dari persyaratan sehingga lereng timbunan dikatakan tidak aman dan tidak stabil .

#### 5. Timbunan 10,5 m *Replacement* Dengan Geotekstil 2 Lapis

Pada timbunan 10,5 m *replacement* dengan geotekstil 2 lapis pada masa konstruksi diperoleh angka aman 1,4291 untuk beban struktur dan 1,4041 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi didapatkan angka aman 1,3294 untuk beban struktur dan 1,3130 untuk beban gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,050 m. Berdasarkan hasil tersebut untuk timbunan 10,5 m *replacement* dengan geotekstil 2 lapis didapatkan nilai angka aman yang sudah memenuhi angka aman diizinkan karena  $< 1,3$  sehingga lereng timbunan dapat dikatakan telah aman, dan stabil .

#### 6. Timbunan 10,5 m *Replacement* Dengan Geotekstil 3 Lapis

Pada timbunan 10,5 m *replacement* dengan geotekstil 3 lapis pada masa konstruksi diperoleh angka aman 1,5346 untuk beban struktur dan 1,5316 untuk beban gempa sedangkan kondisi paska konstruksi didapatkan angka aman 1,4629 untuk beban struktur dan 1,4607 untuk beban gempa. Selain itu, konsolidasi yang terjadi selama 365 hari sebesar 0,047 m. Berdasarkan hasil tersebut untuk timbunan 10,5 m *replacement* dengan geotekstil 3 lapis didapatkan nilai angka aman yang sudah memenuhi angka aman diizinkan juga karena  $< 1,3$  sehingga lereng timbunan dapat dikatakan telah aman, mantap, dan stabil .

#### 5.6.4 Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Lereng Timbunan

Pada pemodelan timbunan 3,5 m tanah asli memperoleh nilai angka aman yang sudah memenuhi syarat minimum diijinkan 1,3 sehingga lereng dikatakan aman dan tidak dilakukan percobaan pemodelan kembali. Pada timbunan 7m dan timbunan 10,5m tanah asli diperoleh angka aman yang belum memenuhi syarat minimum 1,3 sehingga dilakukan variasi pemodelan timbunan dengan perkuatan. Variasi pemodelan perkuatan timbunan yaitu timbunan *replacement*, timbunan tanah asli dengan geotekstil, dan timbunan *replacement* dengan geotekstil.

Dari hasil analisis *plaxis*, timbunan 7m *replacement* meningkatkan nilai angka aman 4,21 % dan timbunan 10,5m *replacement* 8,55 % . Timbunan 7m tanah asli geotekstil 1 lapis meningkatkan nilai angka aman 8,47 % dan dan timbunan 10,5m tanah asli geotekstil 2 lapis 23,48 % , timbunan 10,5m tanah asli geotekstil 3 lapis 28,85 % . Timbunan 7m *replacement* geotekstil 1 lapis meningkatkan nilai angka aman 19,54 % dan dan timbunan 10,5m *replacement* geotekstil 2 lapis 39,03 % , timbunan 10,5m *replacement* geotekstil 3 lapis 52,20 % .Hal tersebut menunjukkan bahwa tanah dasar dibawah timbunan memiliki kapasitas dukung tanah yang kurang baik (tanah lunak) sehingga perlu dilakukan *replacement*.

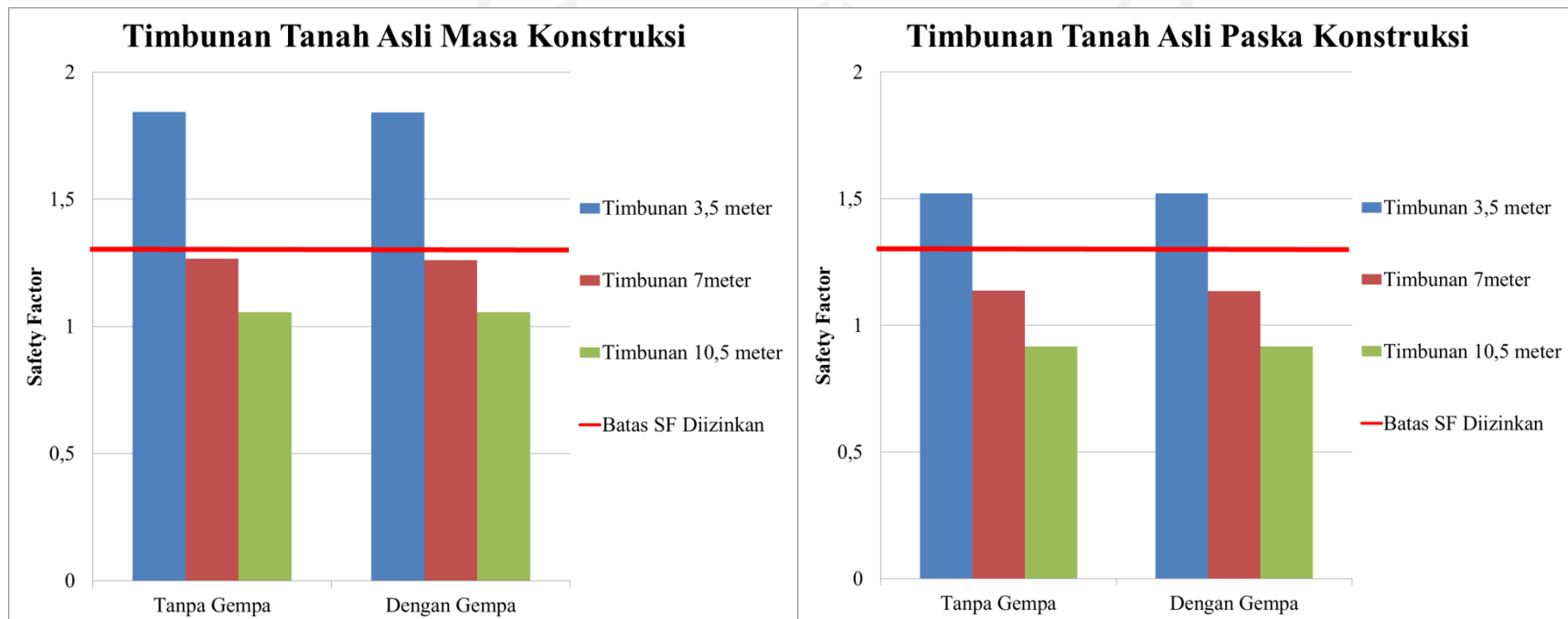
Berdasarkan hasil analisis diatas dapat menunjukkan perbandingan stabilitas lereng dengan variasi pemodelan menunjukkan semakin tinggi tanah timbunan maka potensi kelongsoran yang dapat terjadi semakin besar sehingga angka aman semakin kecil. Hal ini disebabkan lereng timbunan yang semakin tinggi membuat berat tanah timbunan semakin besar akibatnya karena gravitasi menambah gaya dorong kesamping menjadi besar . Konsolidasi tanah yang terjadi juga menjadi semakin besar apabila tanah timbunan menjadi semakin tinggi. Tanah timbunan dengan pemodelan semakin baik yaitu diberi penambahan perkuatan geotekstil diperoleh hasil nilai angka aman yang lebih tinggi dibandingkan timbunan tanpa geotekstil, semakin baik variasi pemodelan juga menunjukkan penurunan tanah selama 365 hari semakin kecil.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi nilai angka aman lereng timbunan yang disajikan dalam Tabel 5.17 adalah sebagai berikut.

**Tabel 5. 17 Rekapitulasi Safety Factor Timbunan Keseluruhan**

Kondisi Tanah	Masa Konstruksi		Paska Konstruksi	
	Tanpa Gempa	Dengan Gempa	Tanpa Gempa	Dengan Gempa
Timbunan 3,5 meter				
Tanah Asli	1,8440 (Aman)	1,8423 (Aman)	1,5216 (Aman)	1,5210 (Aman)
Timbunan 7 meter				
Tanah Asli	1,2681 (Tidak Aman)	1,2624 (Tidak Aman)	1,1376 (Tidak Aman)	1,1349 (Tidak Aman)
Tanah Replacement	1,3189 (Tidak Aman)	1,3152 (Tidak Aman)	1,1872 (Tidak Aman)	1,1834 (Tidak Aman)
Tanah Asli dengan Geotekstil 1 Lapis	1,3646 (Aman)	1,3611 (Aman)	1,2425 (Tidak Aman)	1,2397 (Tidak Aman)
Tanah Replacement dengan Geotekstil 1 Lapis	1,5180 (Aman)	1,4883 (Aman)	1,3726 (Aman)	1,3609 (Aman)
Timbunan 10,5 meter				
Tanah Asli	1,0575 (Tidak Aman)	1,0559 (Tidak Aman)	COLLAPSE	COLLAPSE
			<i>Fellinius = 0,917</i>	
Tanah Replacement	1,1115 (Tidak Aman)	1,1093 (Tidak Aman)	1,0281 (Tidak Aman)	1,0273 (Tidak Aman)
Tanah Asli dengan Geotekstil 2 Lapis	1,2487 (Tidak Aman)	1,2432 (Tidak Aman)	1,1871 (Tidak Aman)	1,1811 (Tidak Aman)
Tanah Asli dengan Geotekstil 3 Lapis	1,3045 (Aman)	1,3030 (Aman)	1,2329 (Tidak Aman)	1,2317 (Tidak Aman)
Tanah Replacement dengan Geotekstil 2 Lapis	1,4291 (Aman)	1,4041 (Aman)	1,3294 (Tidak Aman)	1,3130 (Tidak Aman)
Tanah Replacement dengan Geotekstil 3 Lapis	1,5346 (Aman)	1,5316 (Aman)	1,4629 (Aman)	1,4607 (Aman)

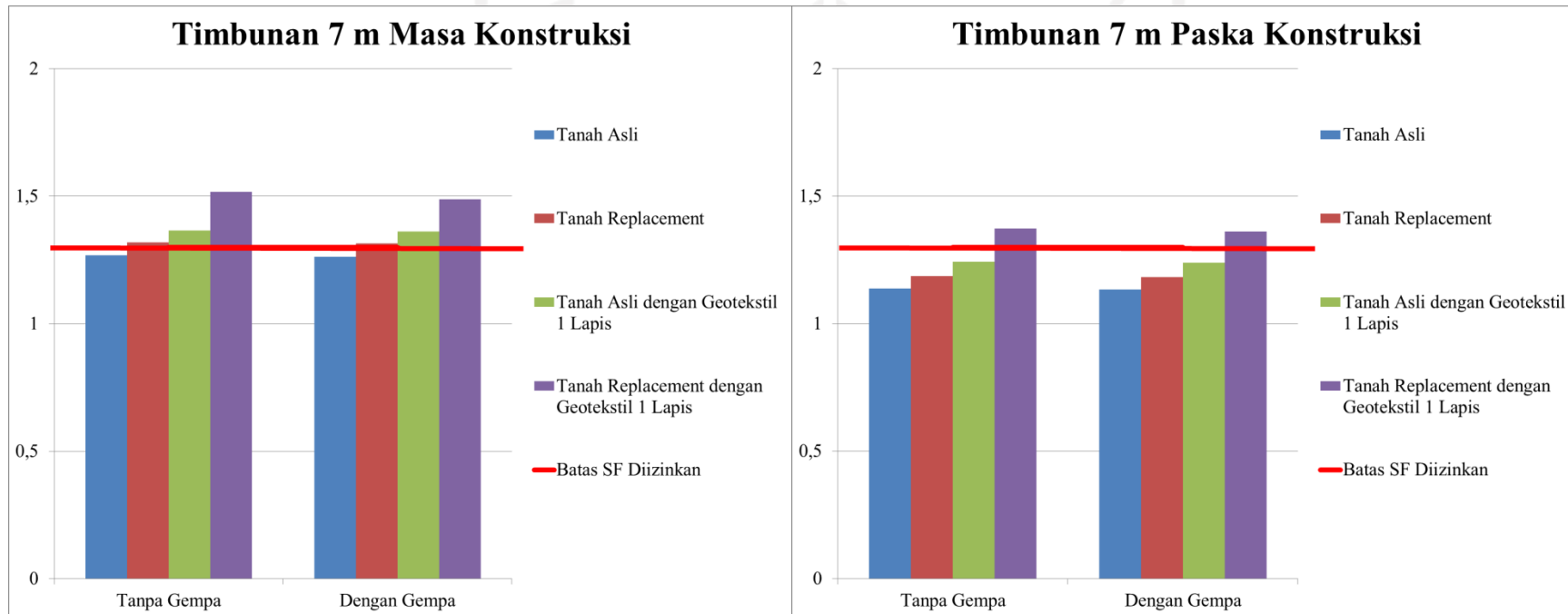
Untuk perbandingan nilai angka aman timbunan tanah asli dengan variasi tinggi timbunan disajikan pada grafik dalam Gambar 5.129 sebagai berikut.



Gambar 5.129 Grafik Perbandingan Nilai *Safety Factor* Timbunan Tanah Asli

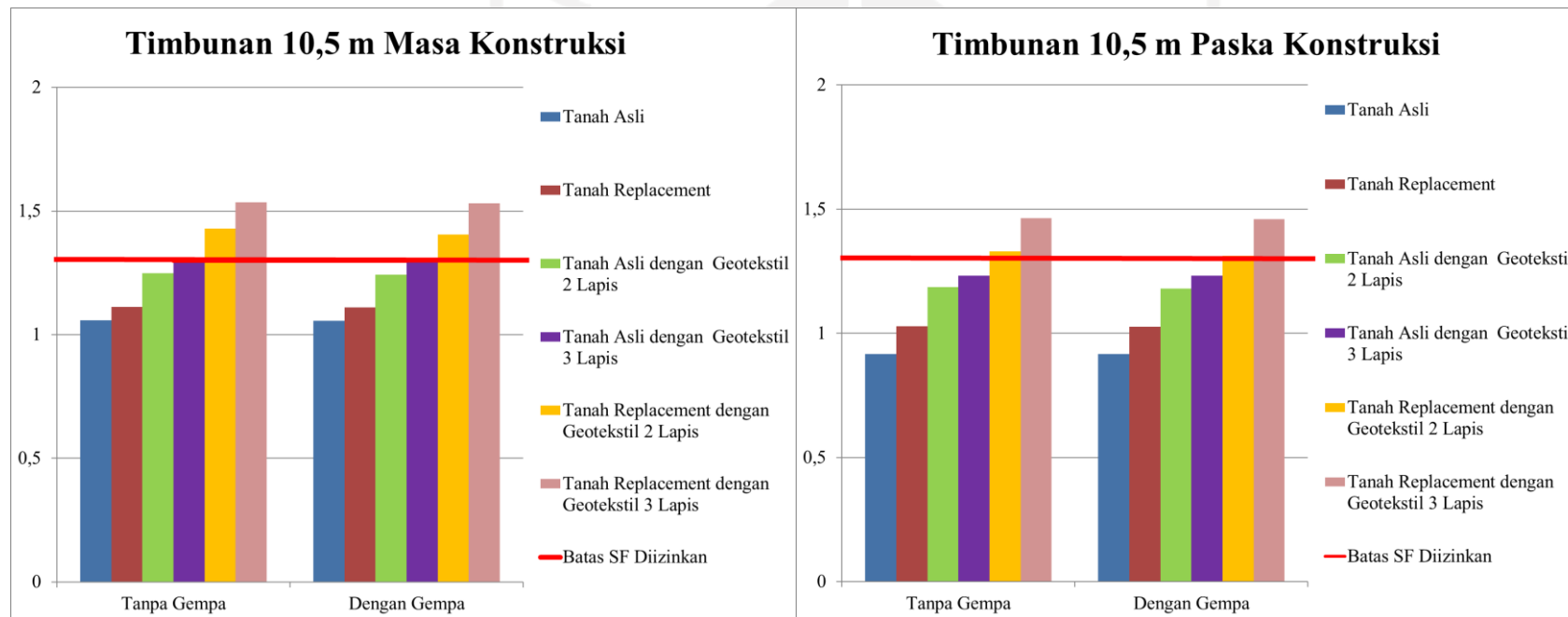


Untuk perbandingan nilai angka aman timbunan 7m dengan variasi pemodelan timbunan disajikan pada grafik dalam Gambar 5.130 sebagai berikut.



**Gambar 5.130 Grafik Perbandingan Nilai Safety Factor Timbunan 7m**

Untuk perbandingan nilai angka aman timbunan 10,5m dengan variasi pemodelan timbunan disajikan pada grafik dalam Gambar 5.131 sebagai berikut.



**Gambar 5.131 Grafik Perbandingan Nilai *Safety Factor* Timbunan 10,5m**

Untuk rekapitulasi besar penurunan konsolidasi yang terjadi dengan asumsi waktu selama satu tahun dapat dilihat pada Tabel 5.18

**Tabel 5. 18 Rekapitulasi Hasil Penurunan Secara Keseluruhan**

<b>Pemodelan</b>	<b>Penurunan (m)</b>	<b>Waktu (hari)</b>
Timbunan 3,5m		
Tanah Asli	0,006713	365
Timbunan 7m		
Tanah Asli	0,028	365
Tanah Replacement	0,019	365
Tanah Asli + Geotekstil 1 Lapis	0,020	365
Tanah Replacement + Geotekstil 1 Lapis	0,019	365
Timbunan 10,5 m		
Tanah Asli	6,068	365
Tanah Replacement	0,158	365
Tanah Asli + Geotekstil 2 Lapis	0,136	365
Tanah Asli + Geotekstil 3 Lapis	0,131	365
Tanah Replacement + Geotekstil 2 Lapis	0,050	365
Tanah Replacement + Geotekstil 3 Lapis	0,047	365

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dibahas dan diuraikan pada bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan analisis *plaxis* timbunan 3,5m tanah asli memiliki angka aman lebih dari syarat minimum 1,3 yaitu 1,5210 dengan konsolidasi sebesar 0,006713 m sehingga timbunan aman dan tidak dilakukan perkuatan. Timbunan 7m tanah asli dan timbunan 10,5m tanah asli memiliki angka aman kurang dari persyaratan sehingga perlu perkuatan. Timbunan 7m tanah asli memiliki angka aman 1,1349 dengan konsolidasi sebesar 0,028 m sedangkan timbunan 10,5m tanah asli terjadi keruntuhan (*collapse*) pada paska konstruksi sehingga dilakukan analisis dengan metode *fellinius* diperoleh angka aman sebesar 0,9175 .
2. Timbunan 7m *replacement* dan timbunan 10,5m *replacement* meningkatkan nilai angka aman masing-masing 4,21 % dan 8,55 % tetapi belum melampaui angka aman di izinkan. Timbunan 7m *replacement* dan timbunan 10,5m *replacement* memiliki angka aman masing-masing sebesar 1,1834 dan 1,0273 dengan konsolidasi masing-masing 0,023 m dan 0,158 m. Hal tersebut menunjukkan peningkatan angka aman yang dihasilkan belum melampaui angka aman di izinkan.
3. Timbunan 7m tanah asli geotekstil 1 lapis meningkatkan nilai angka aman 8,47 % yaitu 1,2397 dengan konsolidasi 0,02m . Nilai angka aman timbunan 10,5m tanah asli geotekstil 2 lapis meningkat 23,48 % yaitu 1,1811 dengan konsolidasi 0,136 m sedangkan timbunan 10,5m tanah asli geotekstil 3 lapis meningkat 28,85 % yaitu 1,2317 dengan konsolidasi 0,131 m . Hal tersebut menunjukkan peningkatan angka aman yang dihasilkan belum melampaui angka aman di izinkan.

4. Timbunan 7m *replacement* geotekstil 1 lapis meningkatkan nilai angka aman 19,54 % dan dan timbunan 10,5m *replacement* geotekstil 2 lapis 39,03 % , timbunan 10,5m *replacement* geotekstil 3 lapis 52,20 %. Peningkatan angka aman yang dihasilkan juga telah angka aman di izinkan 1,3 yaitu pada timbunan 7m *replacement* dengan geotekstil 1 lapis memiliki angka aman 1,3609 dengan konsolidasi sebesar 0,019 m. Timbunan 10,5m *replacement* dengan geotekstil 2 lapis memiliki angka aman 1,3130 dengan konsolidasi sebesar 0,050 m. Timbunan 10,5m *replacement* dengan geotekstil 3 lapis memiliki angka aman 1,4607 dengan konsolidasi sebesar 0,047 m
5. Semakin tinggi tanah timbunan maka potensi kelongsoran yang dapat terjadi semakin besar sehingga angka aman lereng timbunan semakin kecil. Semakin baik variasi pemodelan yaitu dengan perkuatan *replacement* dan geotekstil yang menghasilkan angka aman lebih baik dan menunjukkan penurunan (konsolidasi) yang terjadi semakin kecil.

## 6.2 Saran

Berdasarkan studi penelitian yang dilakukan , penulis dapat memberi beberapa saran antara lain

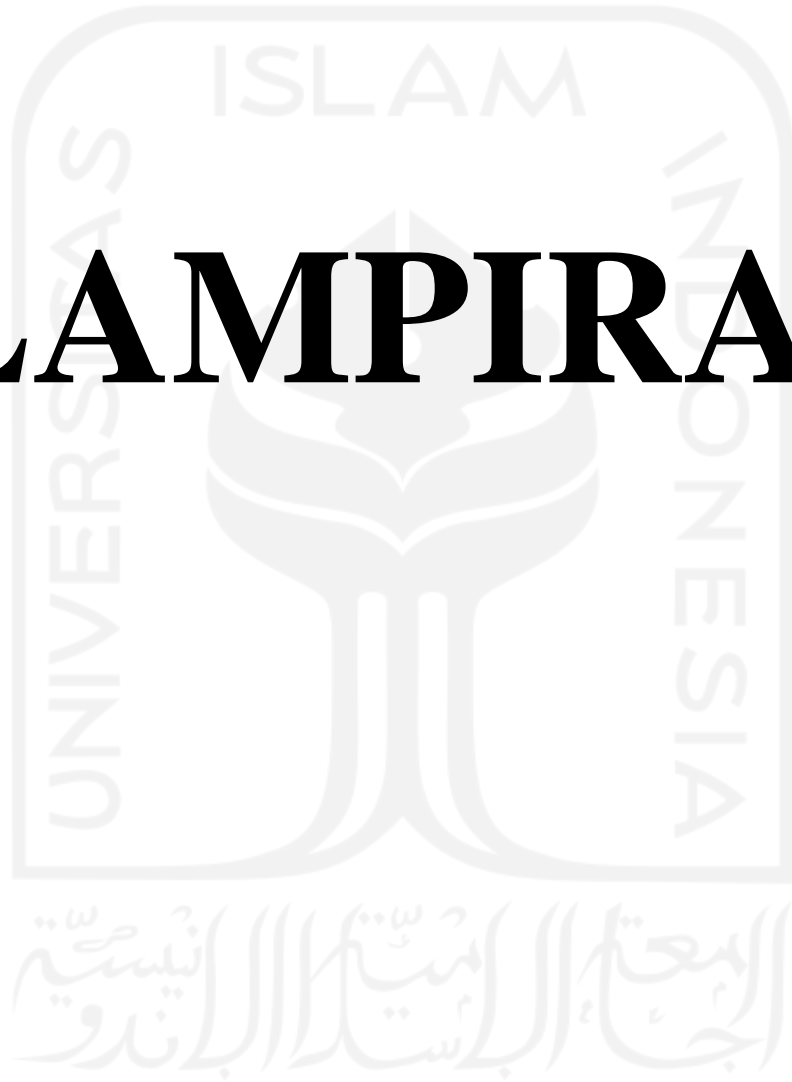
1. Dapat dilakukan analisis dengan variasi jenis parameter tanah timbunan seperti nilai berat jenis tanah ( $\gamma_b$ ), kohesi ( $c$ ), atau kuat geser tanah ( $\phi$ ).
2. Dalam menganalisis dapat dilakukan dengan bantuan software lain seperti *SLOPE/W*, *Geoslope*, dll.
3. Untuk perkuatan timbunan dapat dilakukan alternatif perkuatan lainnya seperti *bore pile* , *sheet pile*, cerucuk bambu, dan lain sebagainya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrozak, M.R., & Saputro, C.D. Plaxis. *Handout*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Annisa, N. 2018. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil Pada Bantaran Sungai Gajah Putih. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Arsy, A.A. 2018. Analisis Stabilitas Timbunan Pada Konstruksi Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Fellenius. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Bina Marga. 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Budiato, A. 2018. Analisis Stabilitas Timbunan Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis Pada Jalan Tol Solo-Kertosono Tahap III Sta. 118+700-139+760. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah*. Erlangga. Jakarta
- Gati, Brenda M. 2018. Penelitian tentang “Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan dan Prediksi Timbunan Yang Terjadi Menggunakan Program Plaxis. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2010. *Mekanika Tanah I. Edisi Ke VI*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah II. Edisi Ke II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Ma'ruf, F.N. 2019. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Perangkat Lunak Pada Proyek Jalan Tol Solo - Kertosono Seksi I. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

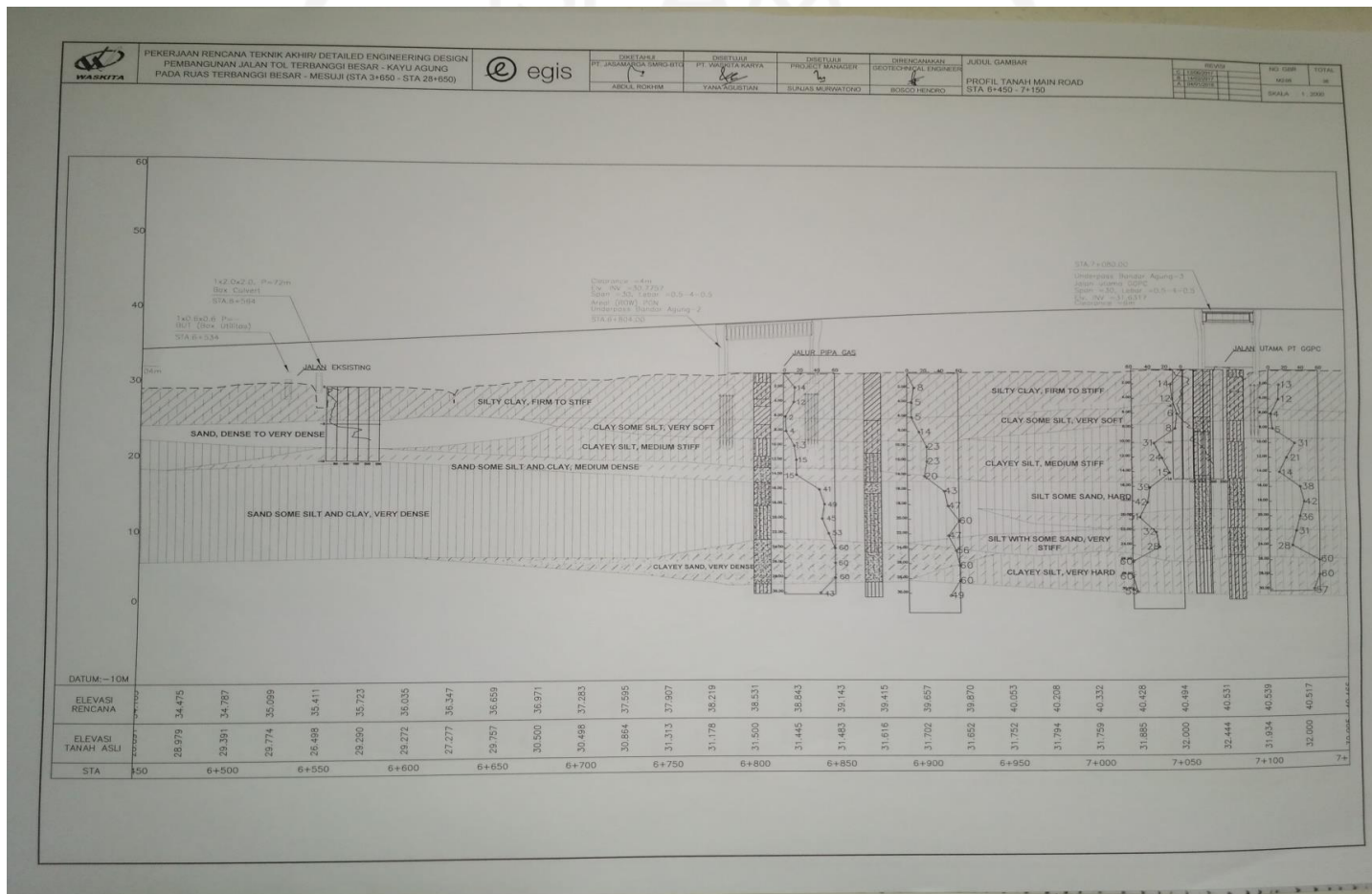
- Prasasti, Y. D., Munawir, A., & Suroso. (2013). Pengaruh Variasi Panjang Lapisan dan Jarak Vertikal Antar Geotekstil terhadap Daya Dukung Pondasi Menerus pada Pemodelan Lereng Pasir Kepadatan 74%. *Jurnal Sipil*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Purwanto, Edy. 2012. Perkuatan Tanah . *Handout Mata Kuliah* .Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Saleh, T. 2018. Analisis Stabilitas Lereng Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis 8.2 Pada Proyek Tol Trans Sumatra Lampung Bakauheni. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sekarty, Dyah Nimas A. 2018. Analisis Stabilitas Timbunan Di Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Santoso, B dkk. 1998: *Mekanika Tanah Lanjut*. Penerbit Gunadarma. Jakarta.
- Terzaghi, K. dan Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Erlangga. Jakarta.
- Wesley, L. D. (2012). *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

# LAMPIRAN





# Lampiran 1 Data Lapisan Tanah Lokasi Penelitian



Gambar L-1.1 Data Lapisan Tanah Lokasi Penelitian

Lampiran 2 Data Hasil Uji Laboratorium Sampel Tanah

Tabel L-2.1 Data Hasil Uji Laboratorium Sampel Tanah

Nama titik	No. sampel	Kedalaman (m)		Kadar air	Specific gravity	Batas Atterberg			Ujisaringan				UU triaxial		UCS
		Dari	Sampai	$w_n$ (%)	Gs	LL (%)	PL (%)	PI (%)	% G	% S	% M	% C	$c$	$\phi$	quu
													(kg/cm <sup>2</sup> )	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
<b>BH-1 STA 17+355</b>	UDS	5	5.5	33.78	2.637	65.5	22.23	43.27	0	1.84	34.16	64	0.23	5.2	1.2
<b>BH-2 STA 15+550</b>	UDS	5	5.5	35.83	2.656	65.24	24.22	41.02	0	2.06	38.94	59	0.19	9.5	1.12
<b>BH-3 STA 12+585</b>	UDS	5	5.5	39.81	2.645	65.81	24.59	41.22	0	1.74	43.51	54.8	0.18	9.4	1.21
<b>BH-3 STA 12+585</b>	UDS	10	10.5	37.82	2.611	71.52	25.04	46.47	0	31.1	22.86	46	0.25	6.2	2.5
<b>BH-4 STA 11+725</b>	UDS	5	5.5	37.89	2.632	61.87	26	35.87	0	4.74	33.51	61.8	0.2	8.3	0.82
<b>BH-5 STA 12+980</b>	UDS	5	5.5	25.62	2.64	60.54	26.57	33.87	0	4.35	33.15	62.5	0.21	7.4	0.7

**Lanjutan Tabel L-2.1 Data Hasil Uji Laboratorium Sampel Tanah**

Nama titik	No. sampel	Kedalaman (m)		Kadar air	Specific gravity	Batas Atterberg			Ujisaringan				UU triaxial		UCS
		Dari	Sampai	w <sub>n</sub> (%)	G <sub>s</sub>	LL (%)	PL (%)	PI (%)	% G	% S	% M	% C	c (kg/cm <sup>2</sup> )	φ (°)	quu (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>BH-6 STA 27+000</b>	UDS	5	5.5	35.78	2.668	61.85	24.67	37.19	0	1.64	38.11	60.25	0.23	6.6	1.16
<b>BH-6 STA 27+000</b>	UDS	10	10.5	38.89	2.629	67.5	25.04	42.46	0	33.66	23.84	42.5	0.24	5.8	0.74
<b>BH-6 STA 27+000</b>	UDS	15	15.5	34.89	2.658	62.4	25.48	36.92	0	6.13	31.62	62.25	-	-	1.15
<b>BH-7 STA 7+080</b>	UDS	5	5.5	42.84	2.614	60.04	24.67	35.37	0	4.68	35.57	59.75	0.03	5.6	0.66
<b>BH-8 STA 27+500</b>	UDS	5	5.5	40.12	2.618	71.44	23.4	48.03	0	10.54	53.31	36.15			0.6
<b>BH-8 STA 27+500</b>	UDS	10	10.5	17.85	2.713	-	-	-	0	57.56	14.69	27.75			-
<b>BH-8 STA 27+500</b>	UDS	15	15.5	19.78	2.693	-	-	-	0	59.43	13.57	27			

Lanjutan Tabel L.2.1 Data Hasil Uji Laboratorium Sampel Tanah

Nama titik	No. sampel	Kedalaman (m)		Kadar air	Specific gravity	Batas Atterberg			Ujisaringan				UU triaxial		UCS
		Dari	Sampai	w <sub>n</sub> (%)	G <sub>s</sub>	LL (%)	PL (%)	PI (%)	% G	% S	% M	% C	c (kg/cm <sup>2</sup> )	φ (°)	quu (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>BH-9 STA 6+800</b>	UDS	5	5.5	38.98	2.637	60.4	25.34	35.07	0	1.38	31.62	67	0.25	5.2	0.73
<b>BH-9 STA 6+800</b>	UDS	10	10.5	35.78	2.632	53.52	34.77	18.75	0	14.02	51.23	34.75	0.21	4.7	1.25
<b>BH-10 STA 9+100</b>	UDS	5	5.5	38.56	2.641	63.39	25.34	38.06	0	13.86	28.39	57.75	0.18	5.5	1.29
<b>BH-10 STA 9+100</b>	UDS	10	10.5	15.86	2.635	-	-	-	0	54.21	17.04	28.75			0.52
<b>BH-11 STA 9+800</b>	UDS	5	5.5	36.53	2.63	71.59	24.19	47.4	0	4.74	35.76	59.5	0.17	6.6	2.24
<b>BH-12 STA 14+250</b>	UDS	5	5.5	41.08	2.609	59.15	24.19	34.96	0	1.87	34.13	64			1.25
<b>BH-12 STA 14+250</b>	UDS	10	10.5	36.77	2.636	54.48	33.67	20.81	0	5.45	60.05	34.5	0.25	5.9	2.33

## Lampiran 3 Data Spesifikasi Geotekstil

## TECHNICAL SPECIFICATION

**Geo – Reinnox**

Geo - Reinnox is a local geotextile woven, woven with the DAP (Double Active Pretensioning) system technology and strict quality control. Geo-Reinnox is made of polypropylene silt film with certain reinforcing characteristics to meet the reinforcement function. stabilizer added to the material during the construction period in general. Geo-Reinnox has been tested and proven to be a reliable product. Geo-Reinnox has tensile strength in the range of 38 to 70 kN / m.

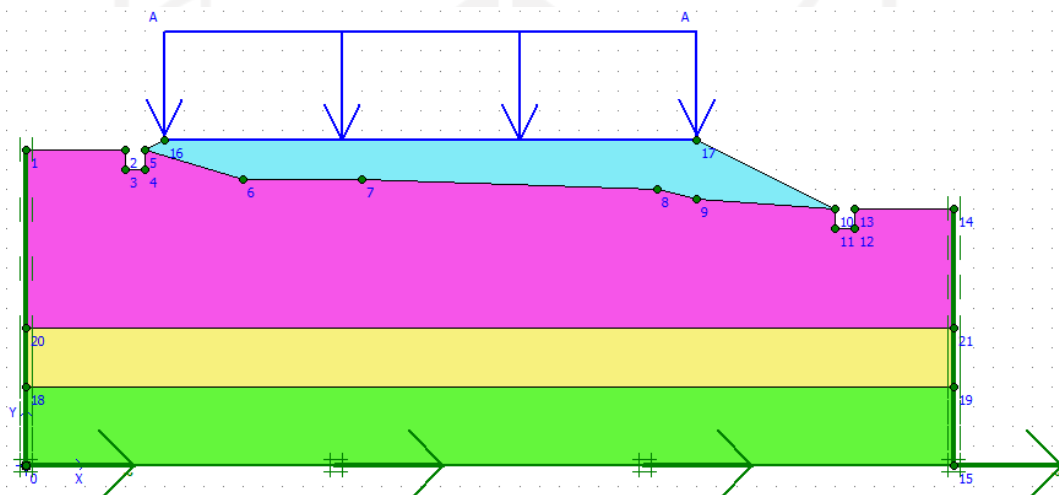
Peroperties	Test Method	Units	HRX 250	HRX 300
<b>PHYSICAL</b>				
Raw Material	-	-	Polyporpylane	Polyporpylane
Colour	-	-	Black	Black
<b>MECHANICAL</b>				
<b>Wide Width Tensile Strangeth</b>				
-Machanic Diraction (Warp)	ASTM D 459	Kn/m	36	55
-Cross Machine Diraction (Weft)			33	51
<b>Wirde Width Tensile Elomgation</b>				
-Machanic Diraction (Warp)	ASTM D 4596	%	11	14
-Cross Machine Diraction (Weft)			8	9
<b>Traperoid Tearing Strangth</b>				
-Machanic Diraction (Warp)	ASTM D 4533	N	769	880
-Cross Machine Diraction (Weft)			598	730
Mullen Brust	ASTM D 3786	kN/m <sup>2</sup>	3090	6500
CBR Puncture Strength	ASTM D 5241	N	5180	6500
Index Puncture Resistance	ASTM D 4833	N	766	870
<b>HYDRAULIC</b>				
Apparex Opening Size	ASTM D 4751	Mm	0.28	0.346
Permeability	ASTM D 4491	Sec	0.03	0.64
Parmivity	ASTM D 4491	Sec	0.42	0.48
Flow Rate	ASTM D 4491	kN/m <sup>2</sup>	1050	1200
<b>ENVIRONMENTAL</b>				
Effect of Soil Alklnity	-	-	Nil	Nil
Effect of Soil Acidity	-	-	Nil	Nil
Effect of Bacteria	-	-	Nil	Nil
Effect of UV Light	-	-	Stabilized	Stabilized
<b>DIMENSION</b>				
Roll Width	-	M	3.65 or 4.00	3.85 or 4.00
Roll Length	-	m	150	150

Gambar L-3.1 Data Technical Spesifikasi Geo-Reinnox HRX 300

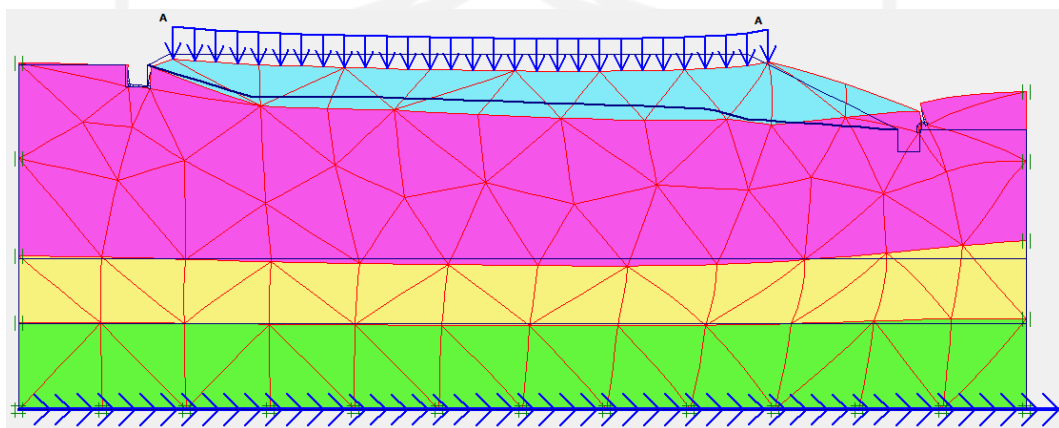
#### Lampiran 4 Hasil Analisis *Plaxis* Timbunan 3,5 Meter

Tabel L-4.1 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 3,5m Asli

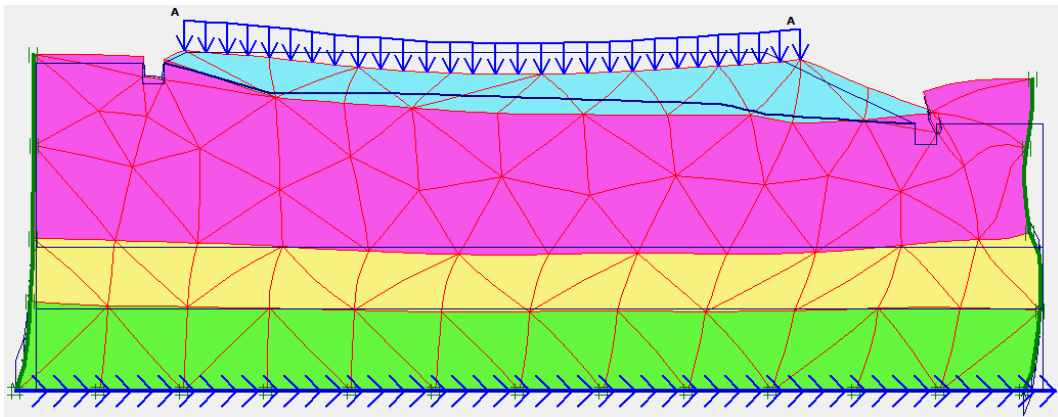
No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	6	11	14,5	12	42	12	18	0	4
1	0	16	7	17	14,5	13	42	13	19	47	4
2	5	16	8	32	14	14	47	13	20	0	7
3	5	15	9	34	13,5	15	47	0	21	47	7
4	6	15	10	41	13	16	7	16,5			
5	6	16	11	41	12	17	34	16,5			



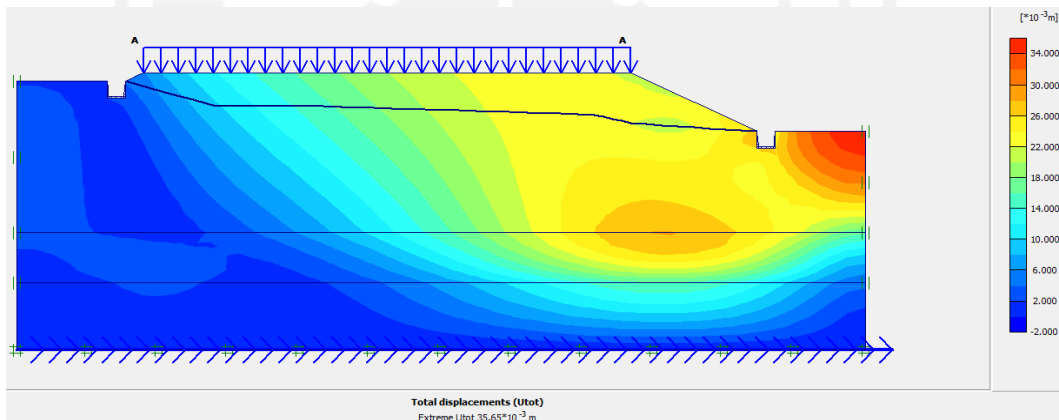
Gambar L-4.1 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 3,5m Tanah Asli



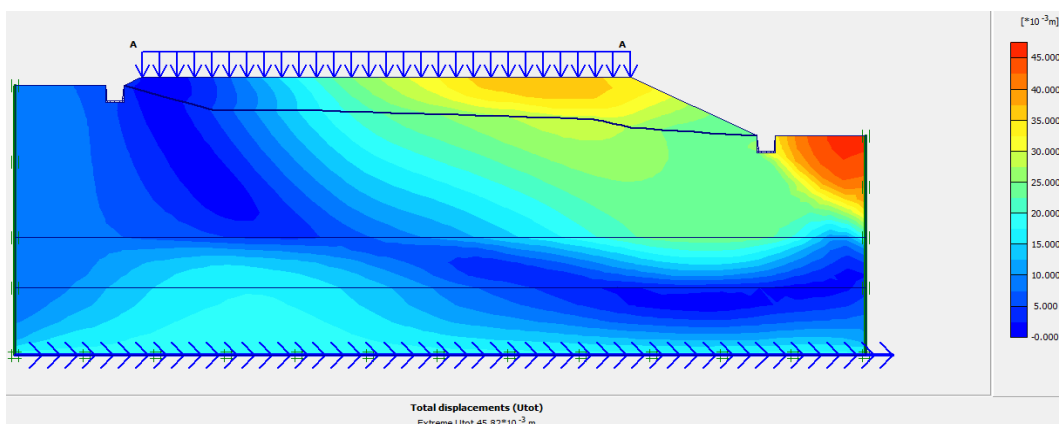
Gambar L-4.2 *Deformesh Mesh* Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi



**Gambar L-4.3 Deformesh Mesh Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

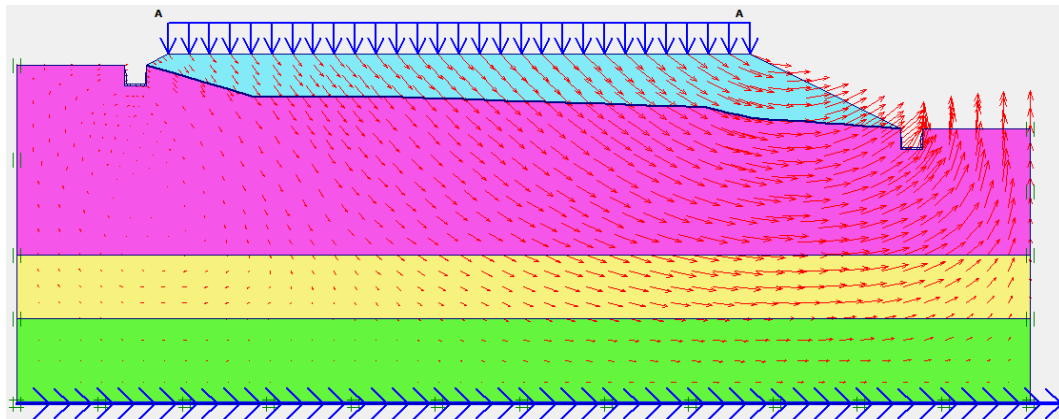


**Gambar L-4.4 Total Displacement Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

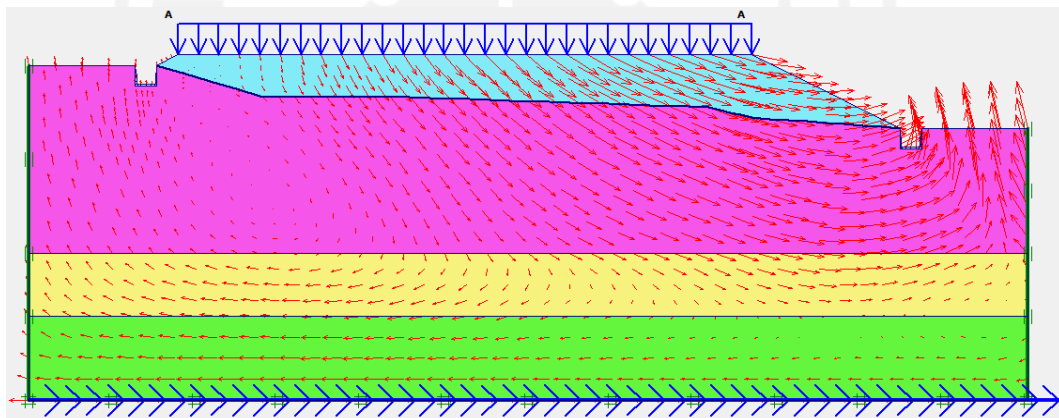


**Gambar L-4.4 Total Displacement Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

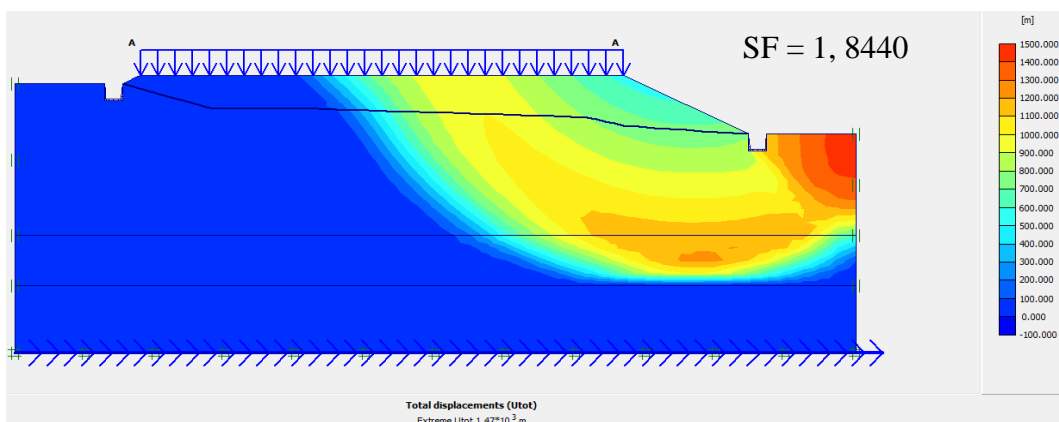




**Gambar L-4.5 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

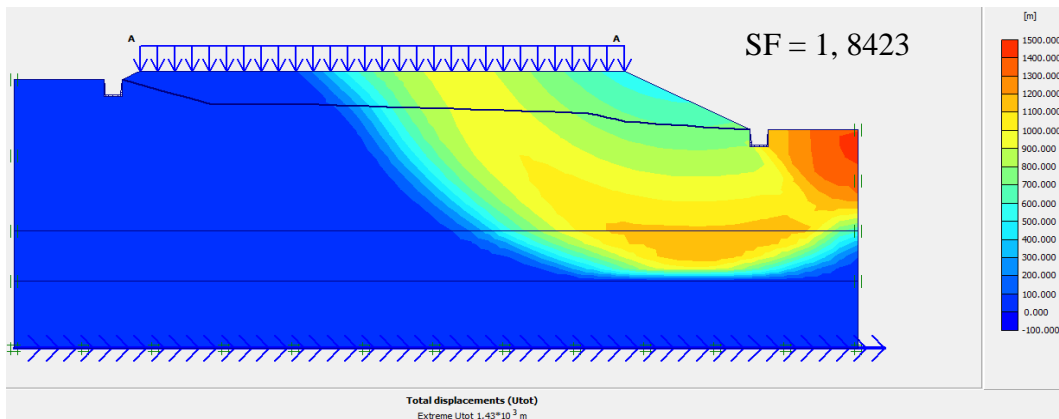


**Gambar L-4.6 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

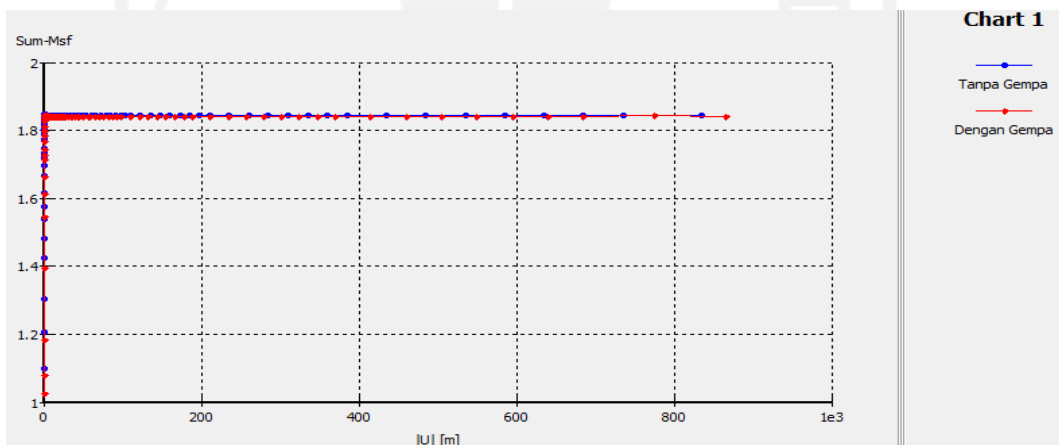


**Gambar L-4.7 Potensi Longsor Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**

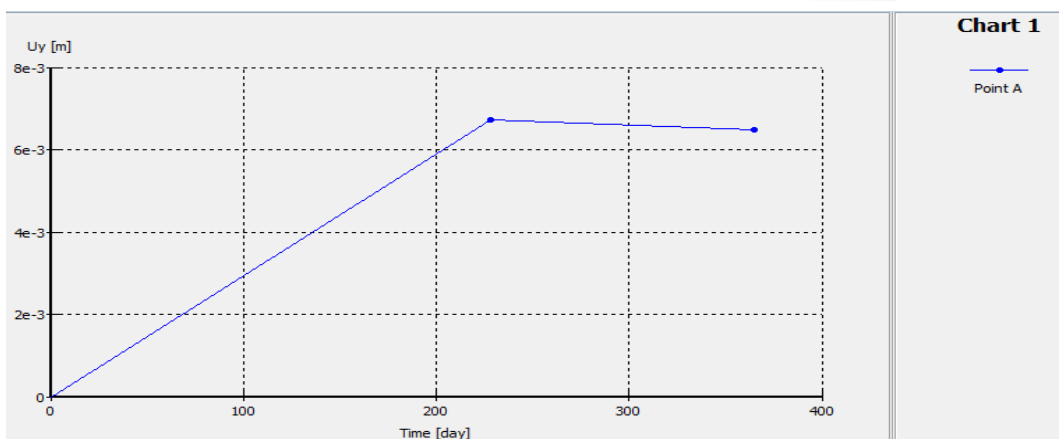




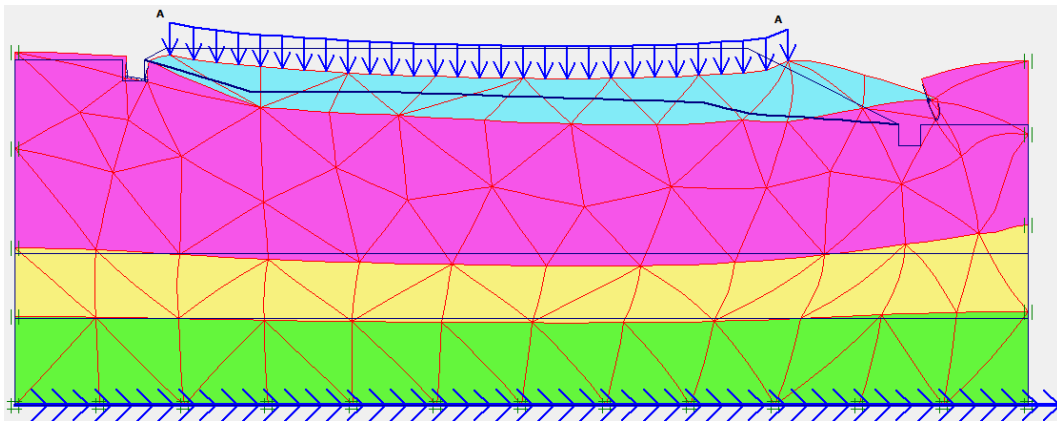
**Gambar L-4.8 Potensi Longsor Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



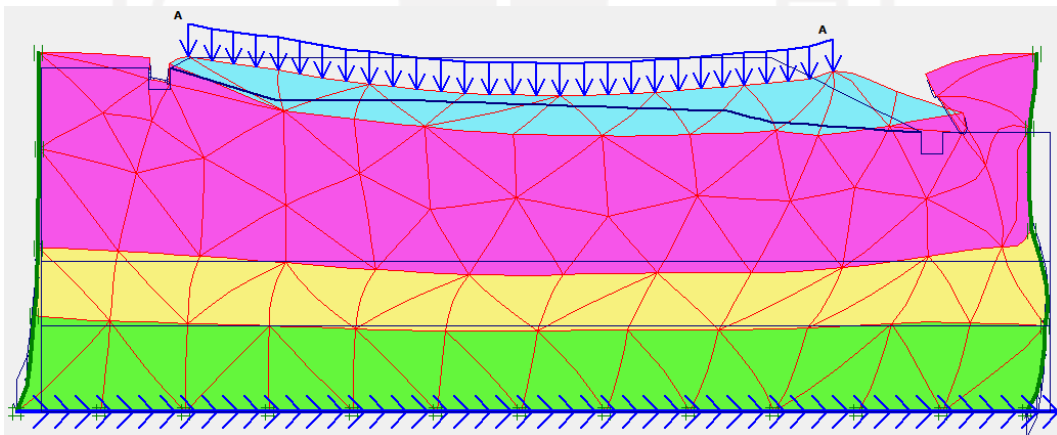
**Gambar L-4.9 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 3,5m Tanah Asli Pada Masa Konstruksi**



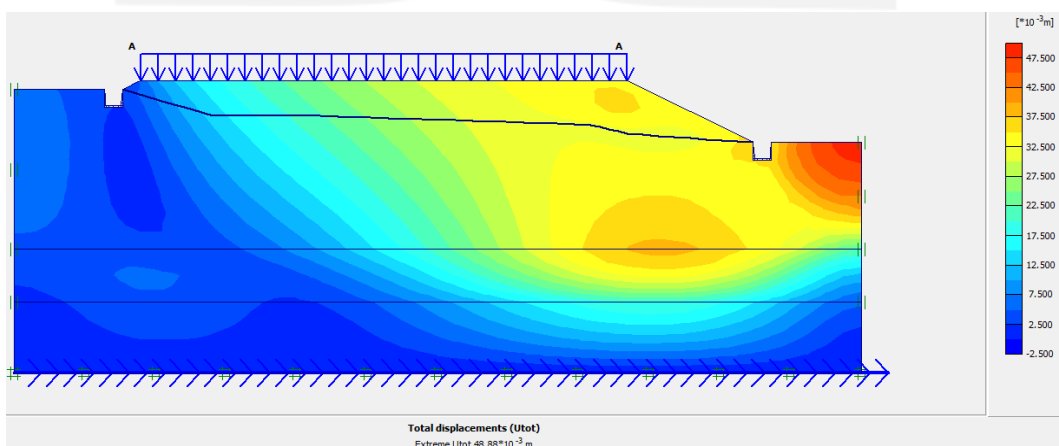
**Gambar L-4.10 Kurva Timet vs Vertical Displacement Timbunan 3,5m Tanah Asli**



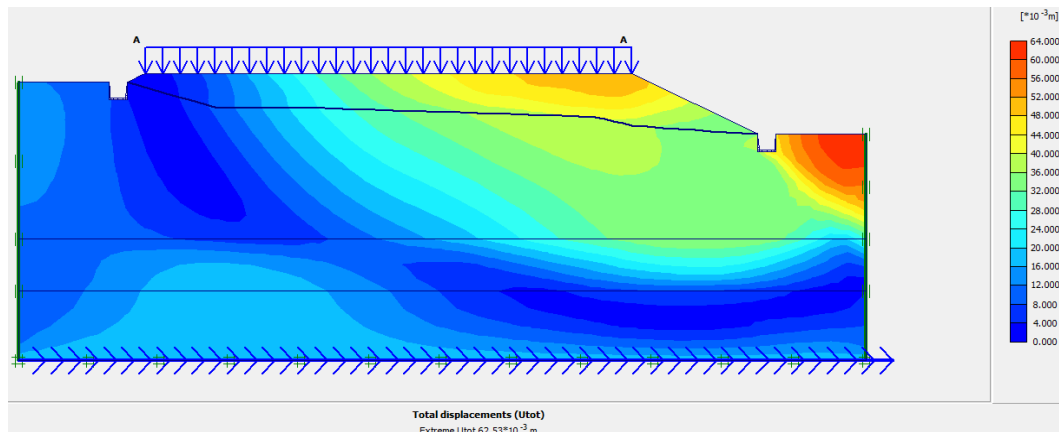
**Gambar L-4.11** *Deformesh Mesh* Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



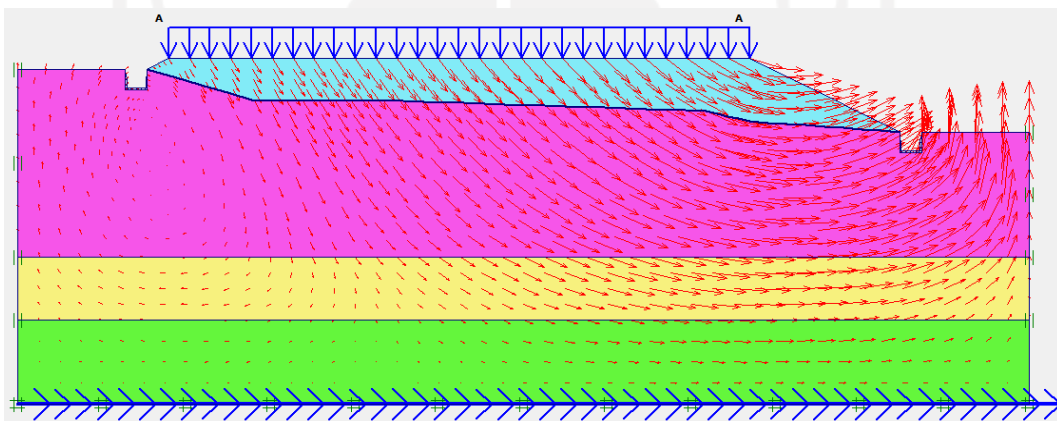
**Gambar L-4.12** *Deformesh Mesh* Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi



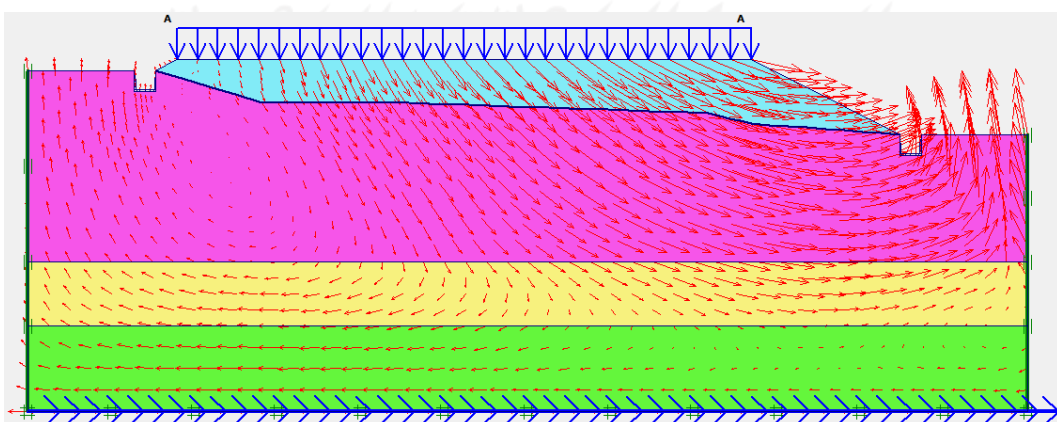
**Gambar L-4.13** *Total Displacement* Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



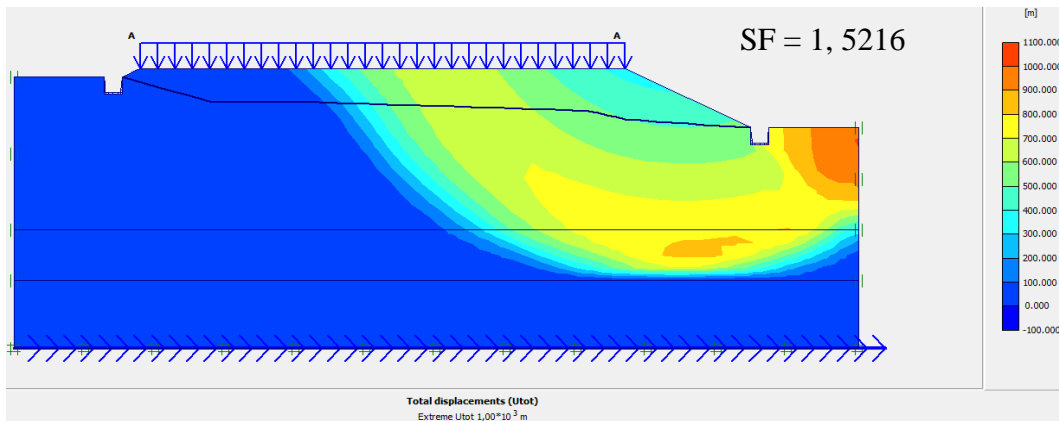
**Gambar L-4.14 Total Displacement** Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat  
Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi



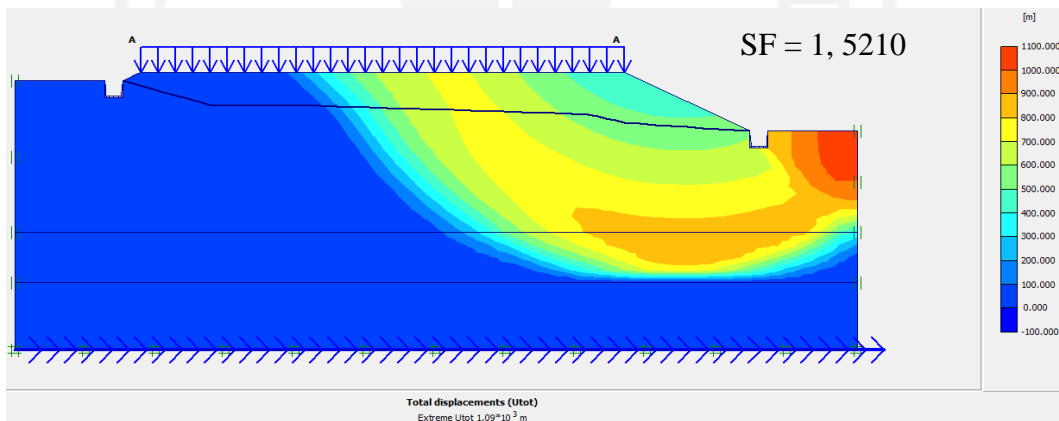
**Gambar L-4.15 Arah Pergerakan Tanah** Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat  
Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



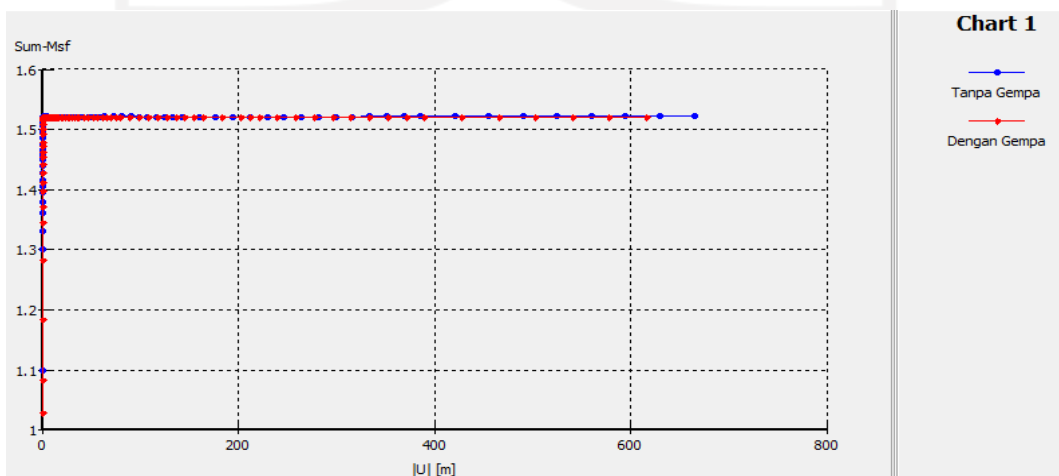
**Gambar L-4.16 Arah Pergerakan Tanah** Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat  
Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi



**Gambar L-4.17 Potensi Longsor Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar L-4.18 Potensi Longsor Timbunan 3,5m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

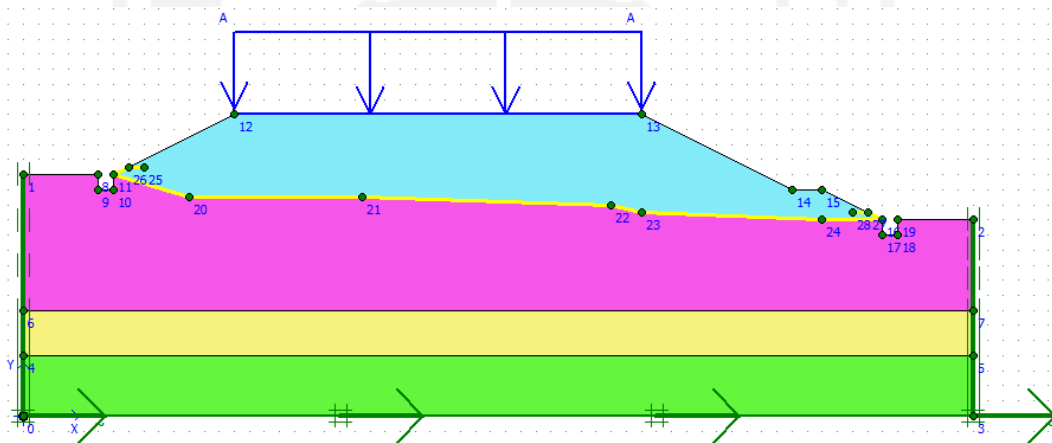


**Gambar L-4.19 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 3,5m Tanah Asli Paska Konstruksi**

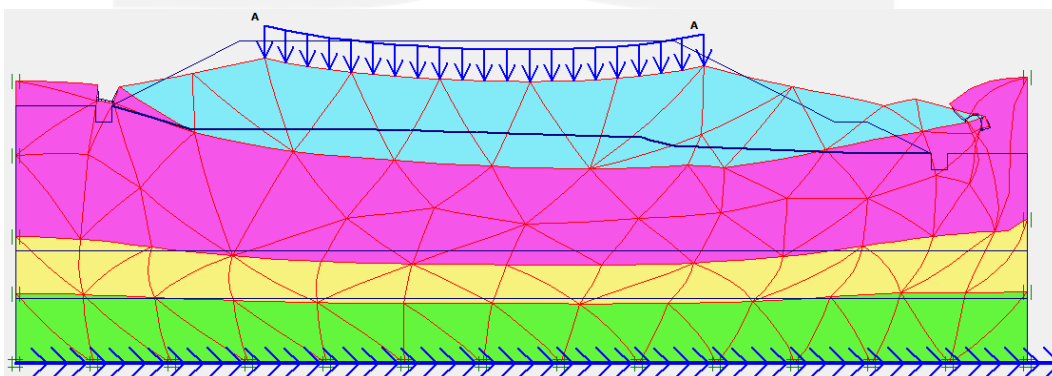
### Lampiran 5 Hasil Analisis Plaxis Timbunan 7 Meter Tanah Asli

**Tabel L-5.1 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 7m Asli**

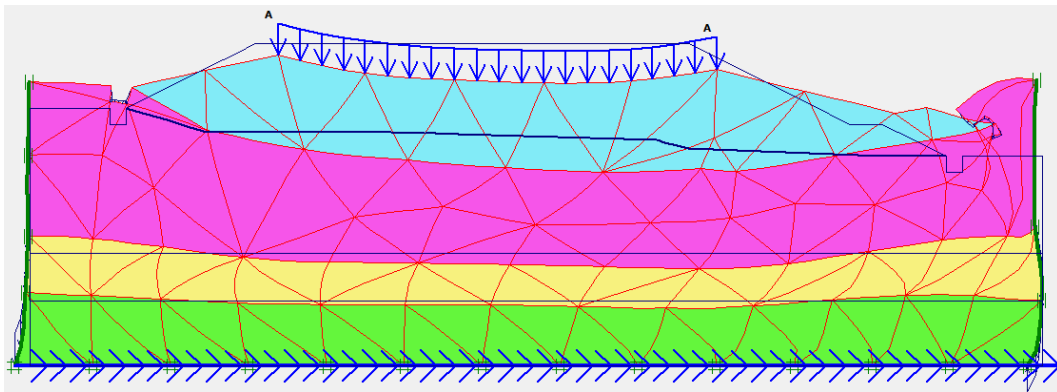
No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	7	63	7	14	51	15	21	22,5	14,5
1	0	16	8	5	16	15	53	15	22	39	14
2	63	13	9	5	15	16	57	13	23	41	13,5
3	63	0	10	6	15	17	57	12	24	53	13
4	0	4	11	6	16	18	58	12			
5	63	4	12	14	20	19	58	13			
6	0	7	13	41	20	20	11	14,5			



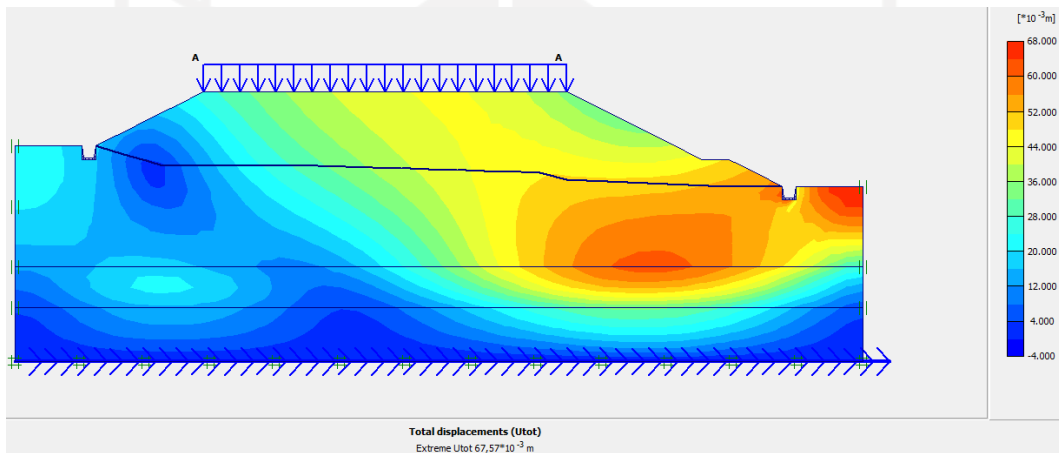
**Gambar L-5.1 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 7m Tanah Asli**



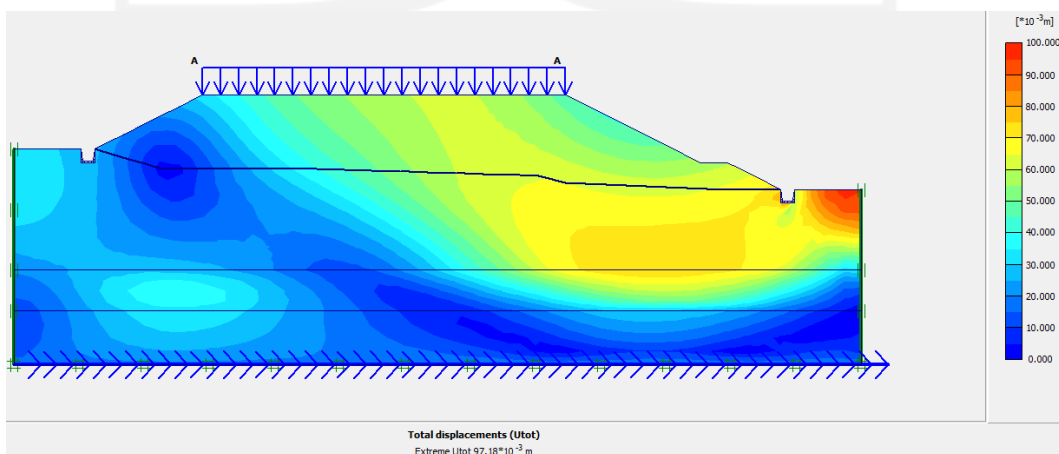
**Gambar L-5.2 Deformesh Mesh Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



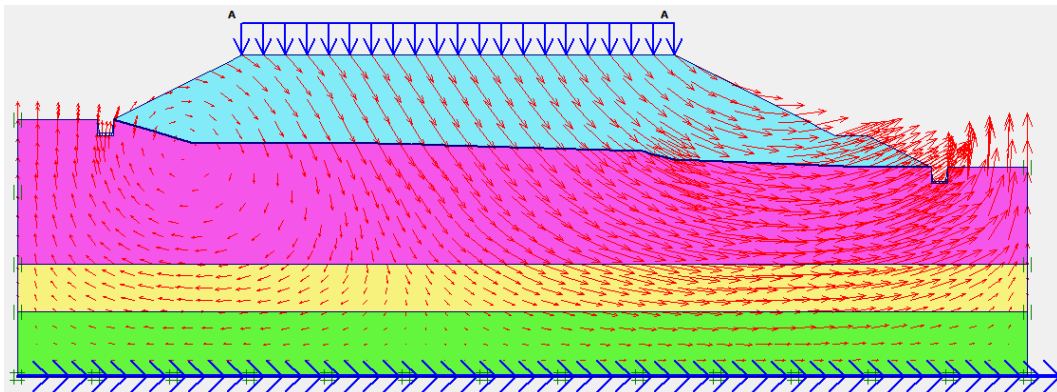
**Gambar L-5.3 Deformesh Mesh Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



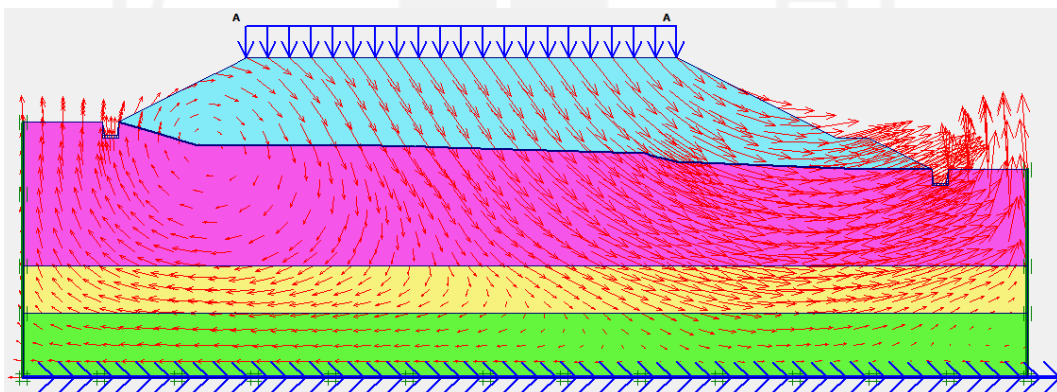
**Gambar L-5.4 Total Displacement Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



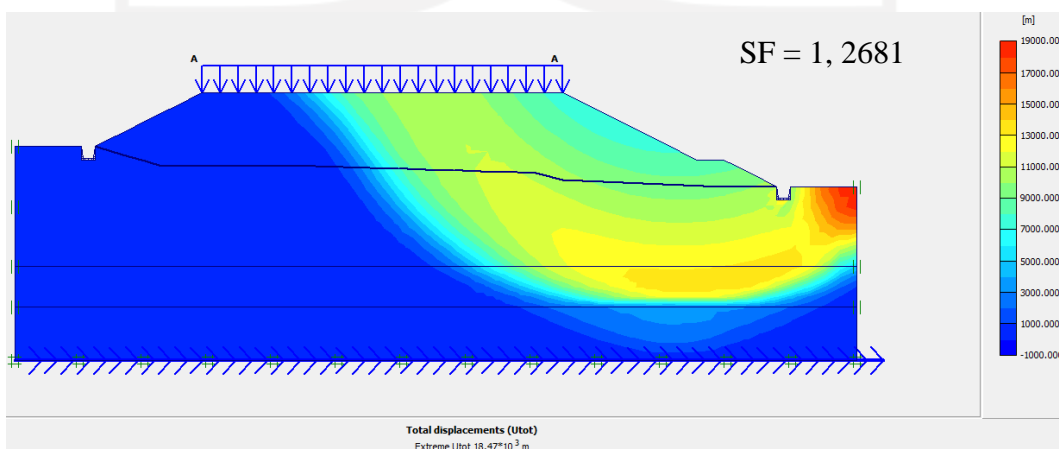
**Gambar L-5.5 Total Displacement Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



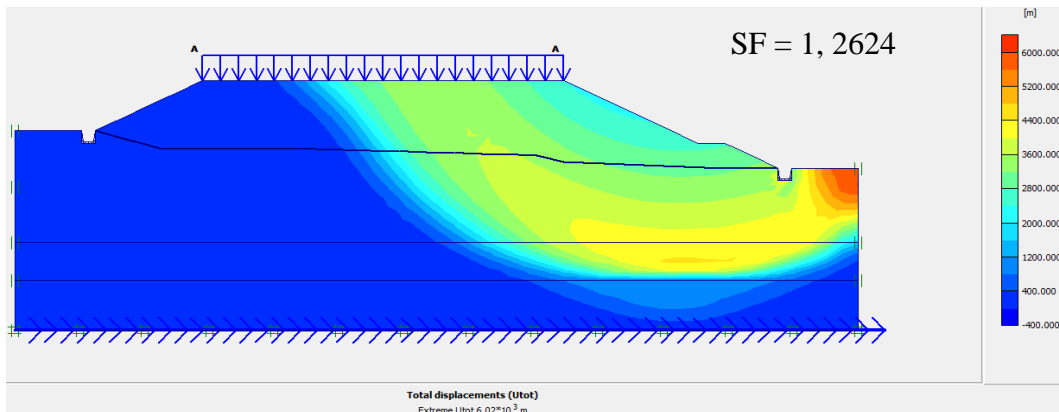
**Gambar L-5.6 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



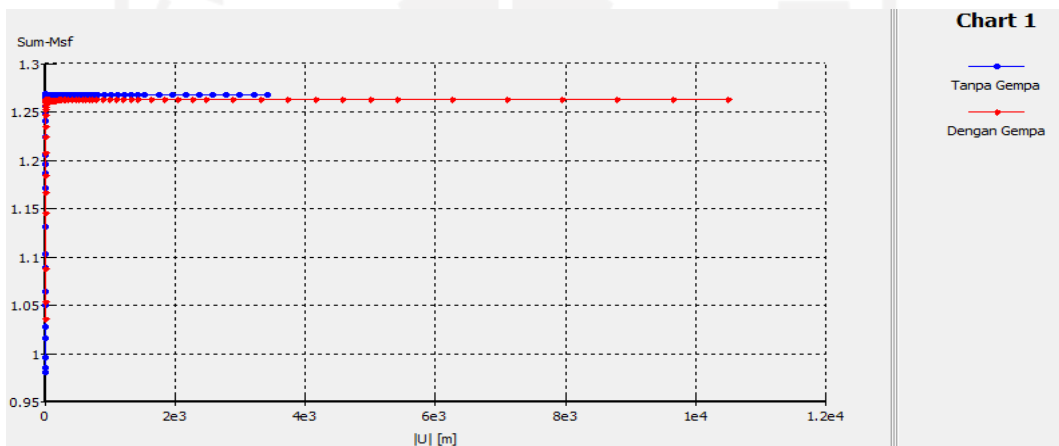
**Gambar L-5.7 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



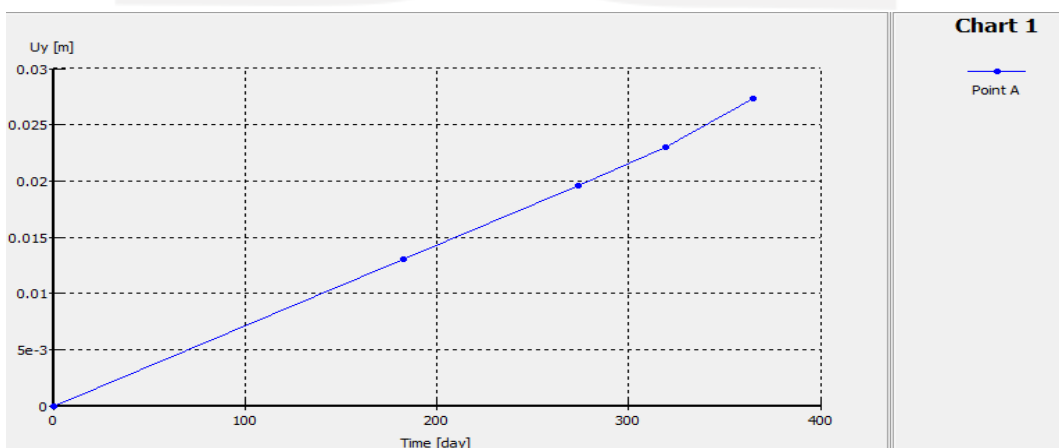
**Gambar L-5.8 Potensi Longsor Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



**Gambar L-5.9 Potensi Longsor Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

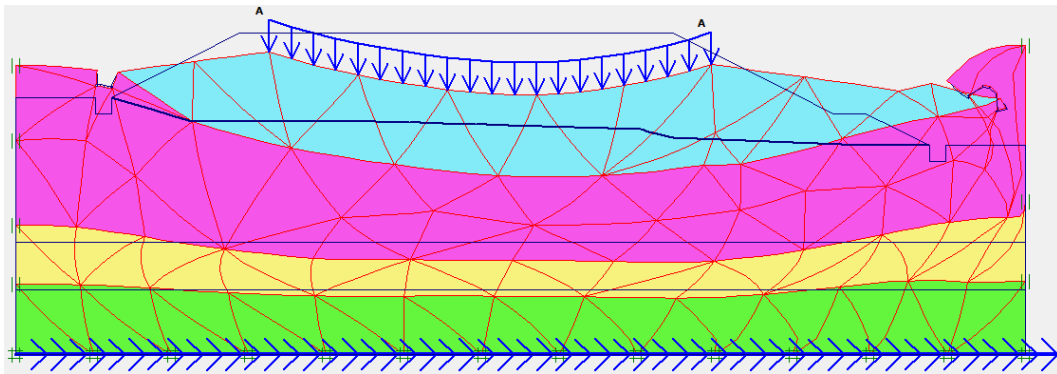


**Gambar L-5.10 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 7m Tanah Asli Masa Konstruksi**

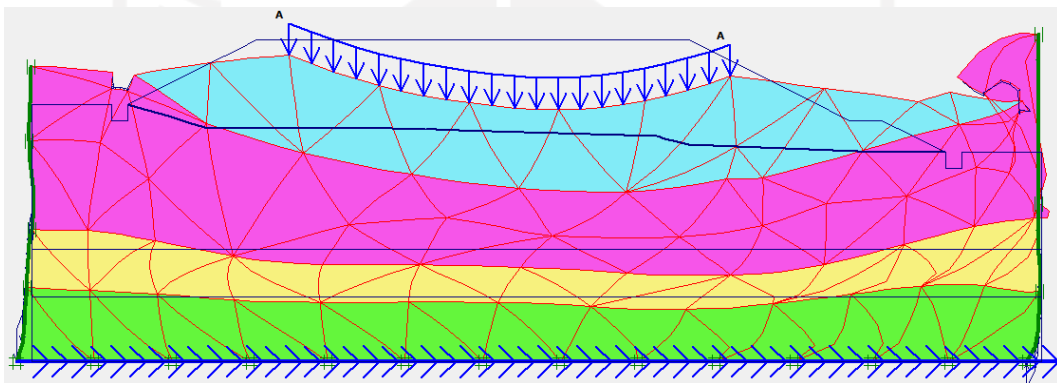


**Gambar L-5.11 Kurva Timet vs Vertical Displacement Timbunan 7m Tanah Asli**

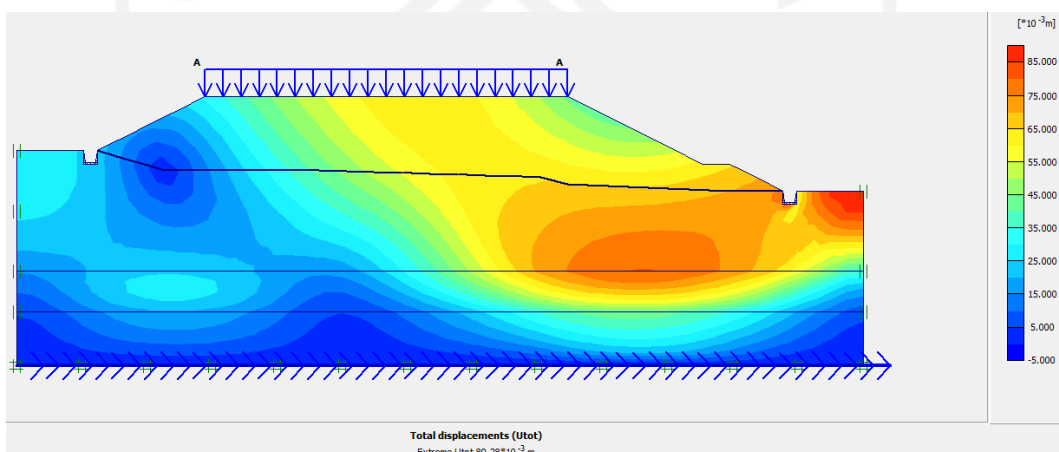




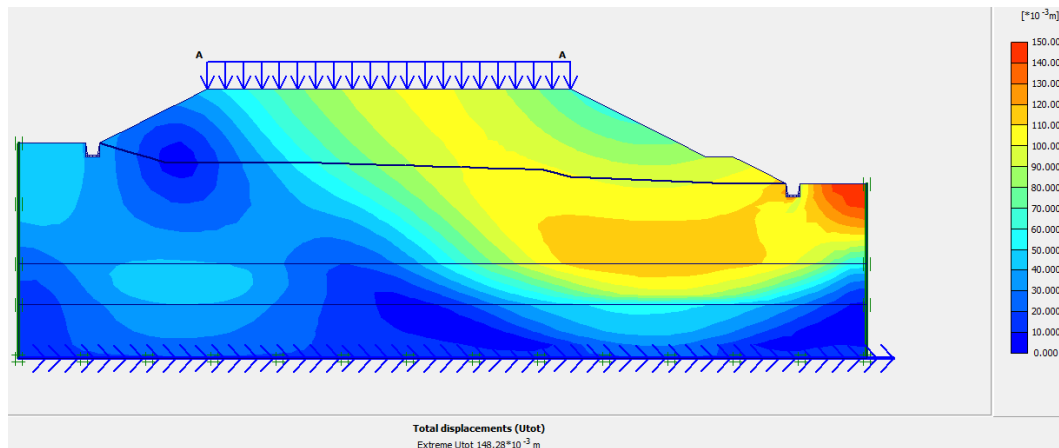
**Gambar L-5.12** *Deformesh Mesh* Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



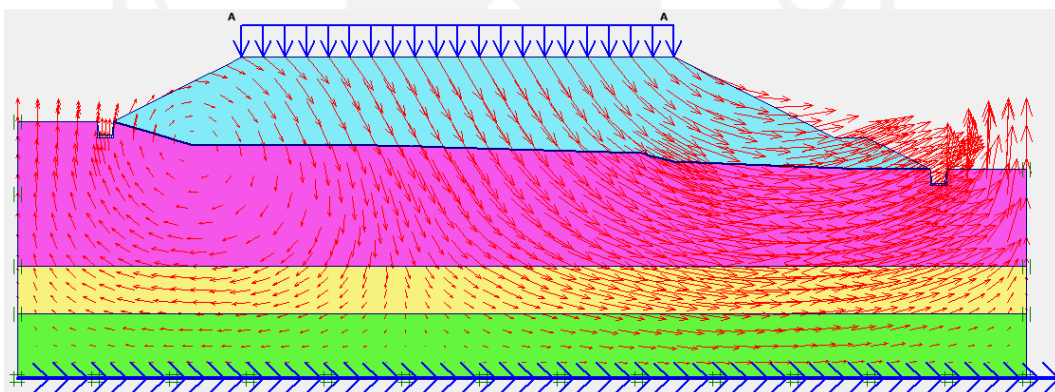
**Gambar L-5.13** *Deformesh Mesh* Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi



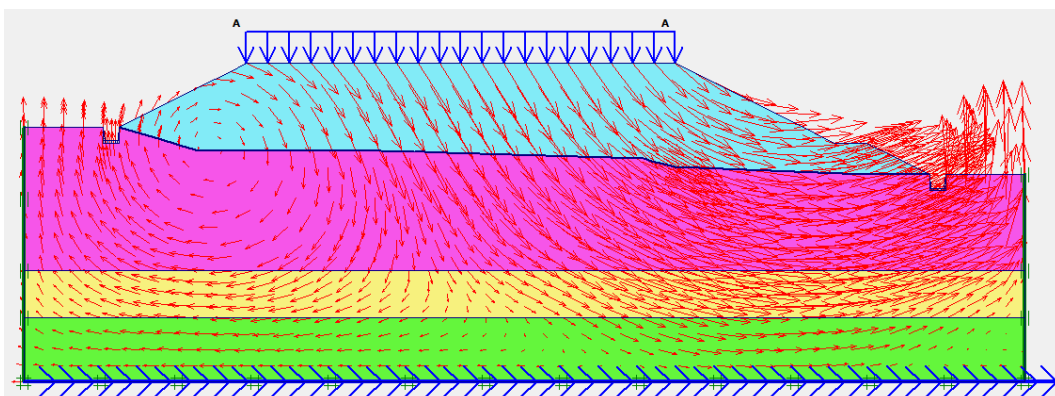
**Gambar L-5.14** *Total Displacement* Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



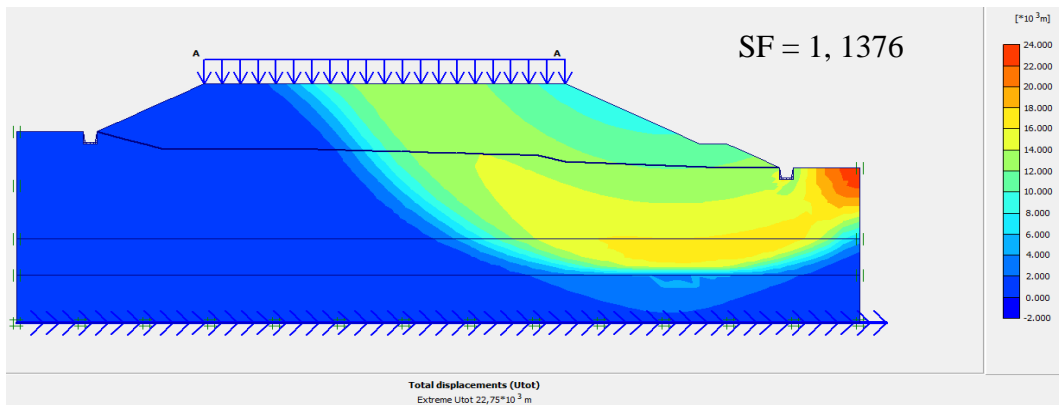
**Gambar L-5.15 Total Displacement** Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi



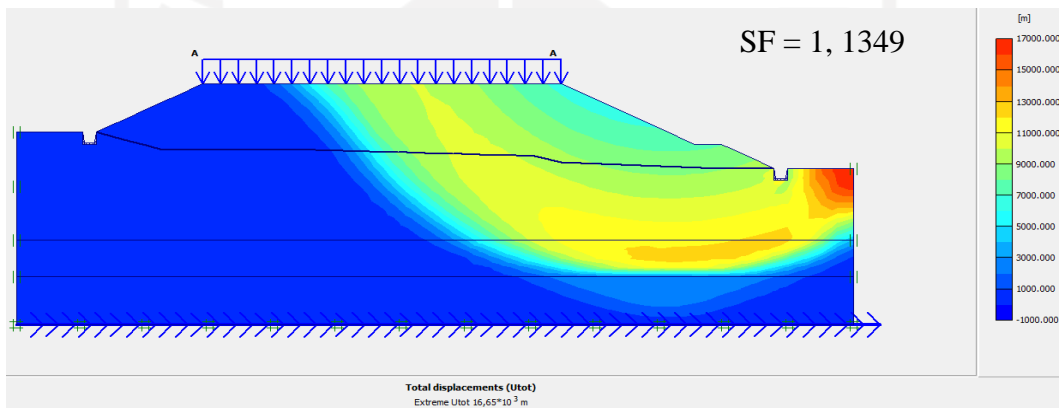
**Gambar L-5.16 Arah Pergerakan Tanah** Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



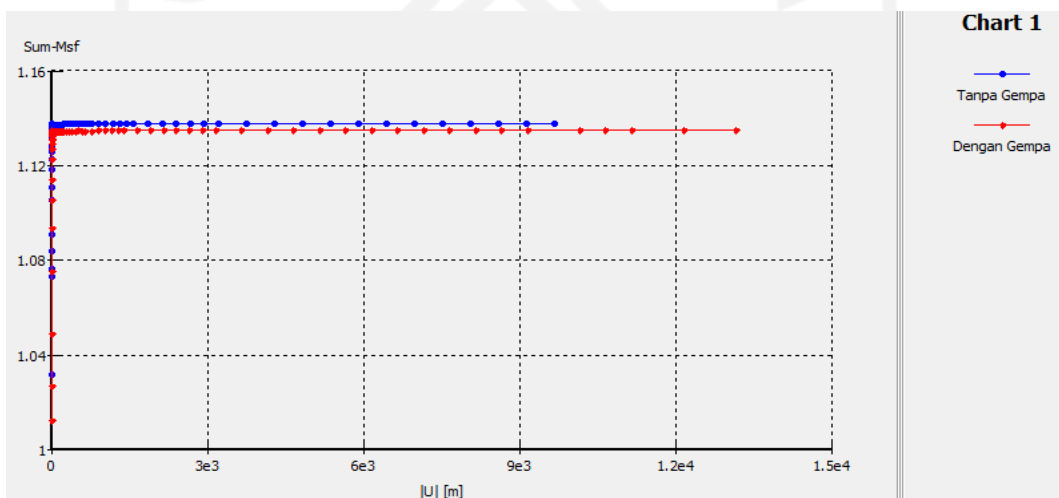
**Gambar L-5.17 Arah Pergerakan Tanah** Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi



**Gambar L-5.18 Potensi Longsor Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar L-5.19 Potensi Longsor Timbunan 7m Tanah Asli Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

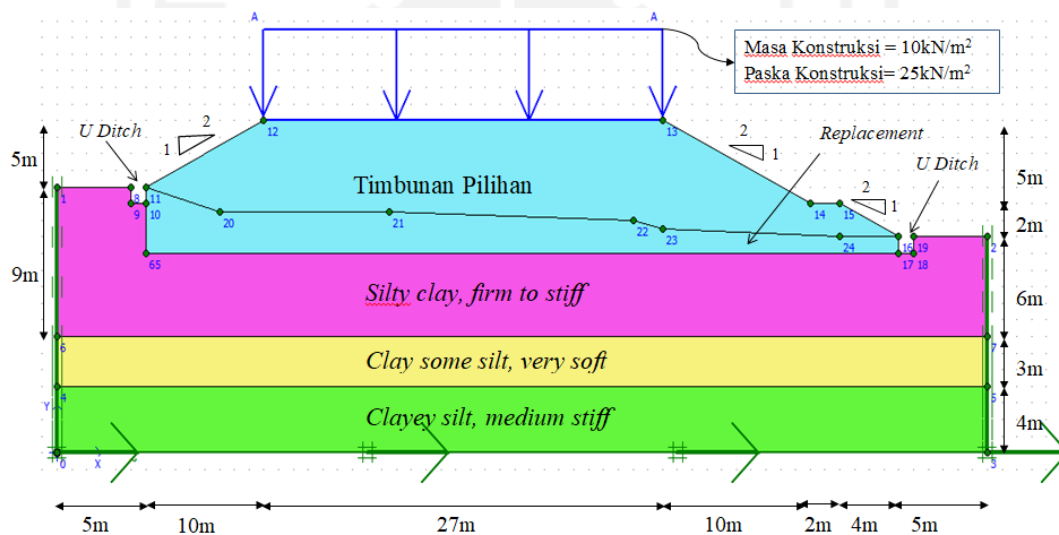


**Gambar L-5.20 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 7m Tanah Asli Paska Konstruksi**

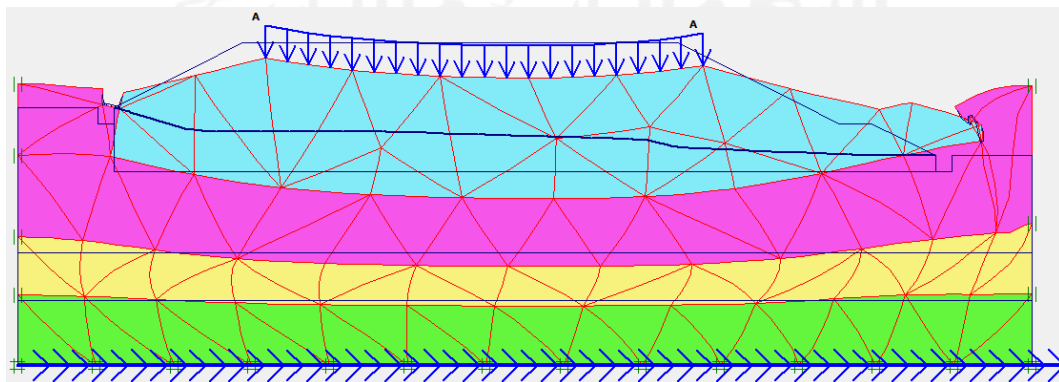
### Lampiran 6 Hasil Analisis *Plaxis* Timbunan 7 Meter Replacement

Tabel L-6.1 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 7m Replacement

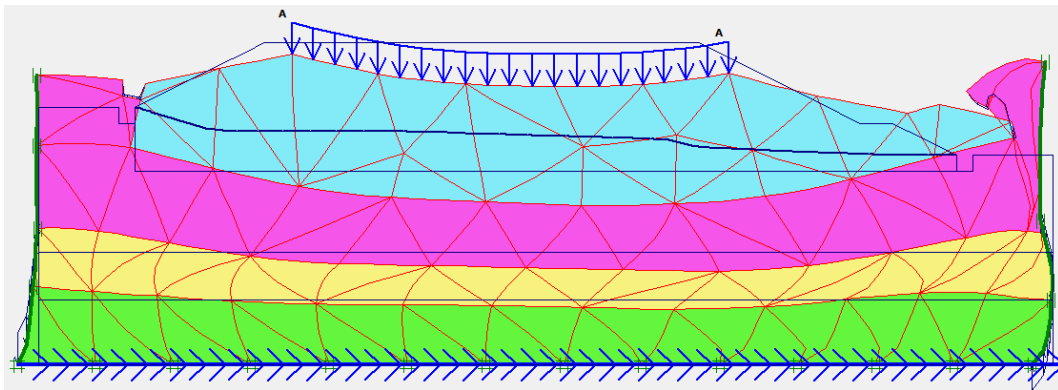
No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	7	63	7	14	51	15
1	0	16	8	5	16	15	53	15
2	63	13	9	5	15	16	57	13
3	63	0	10	6	15	17	57	12
4	0	4	11	6	16	18	58	12
5	63	4	12	14	20	19	58	13
6	0	7	13	41	20	20	6	12



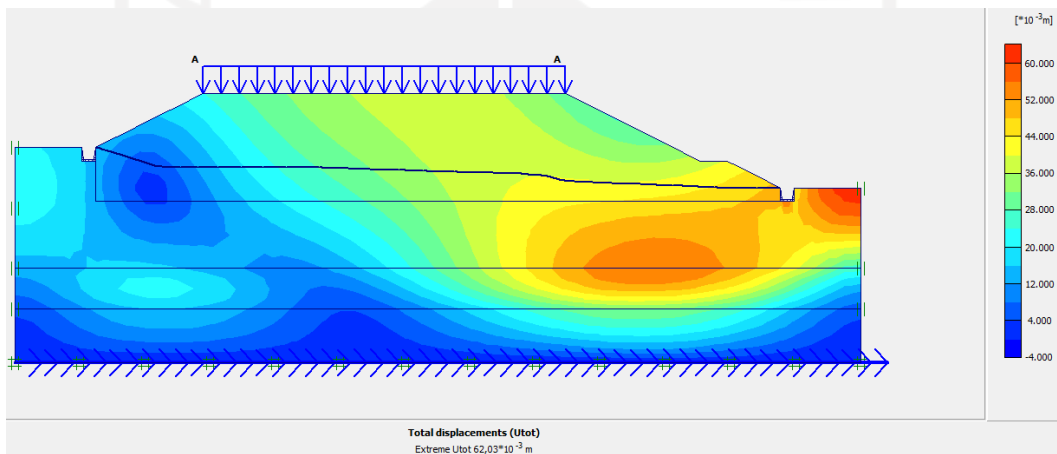
Gambar L-6.1 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 7m Replacement



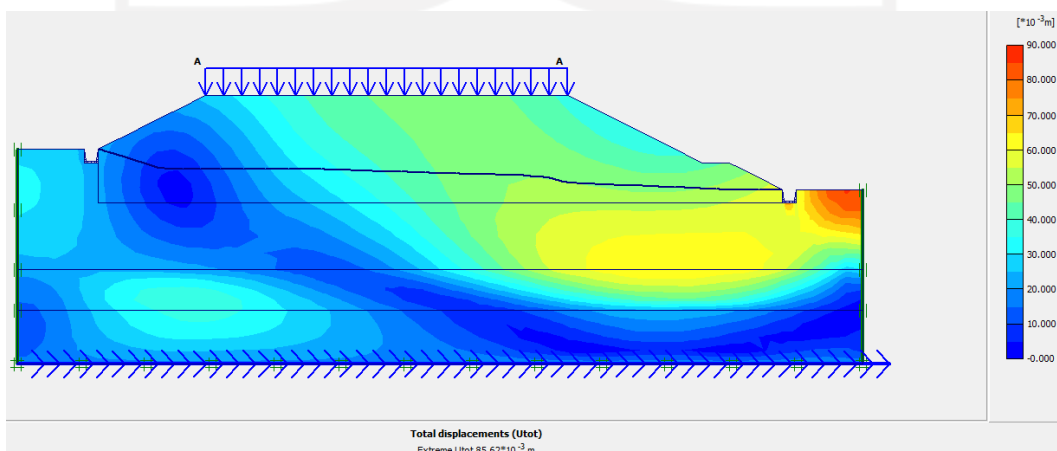
Gambar L-6.2 Deformesh Mesh Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi



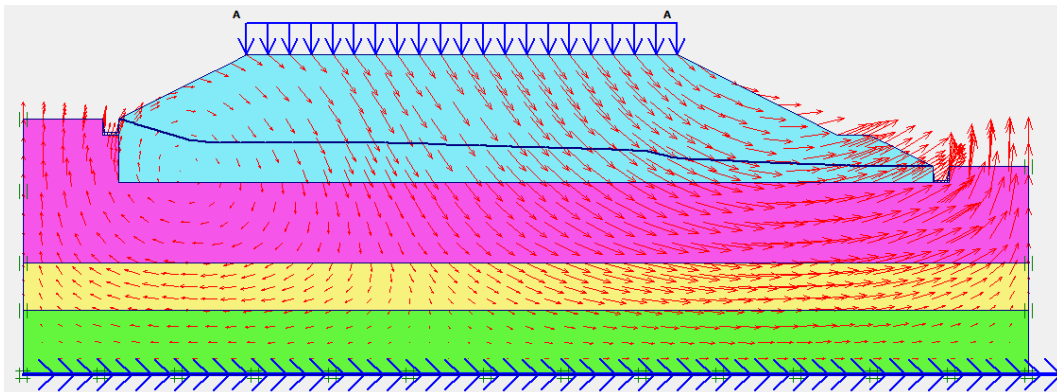
**Gambar L-6.3 Deformesh Mesh Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



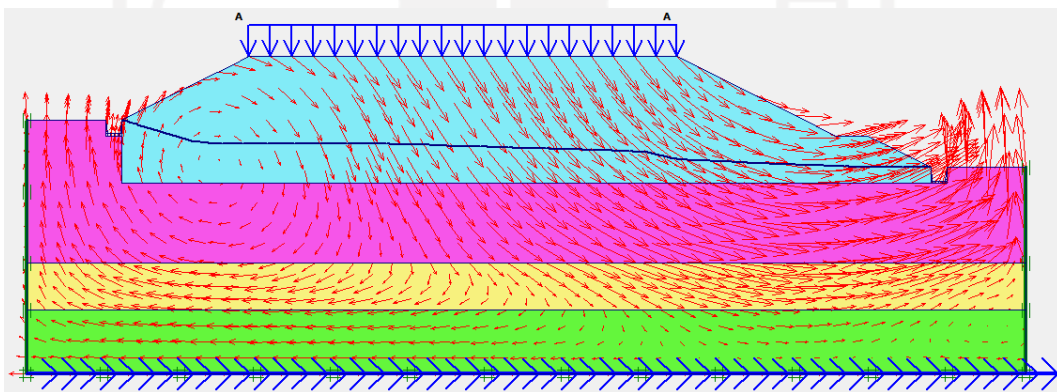
**Gambar L-6.4 Total Displacement Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



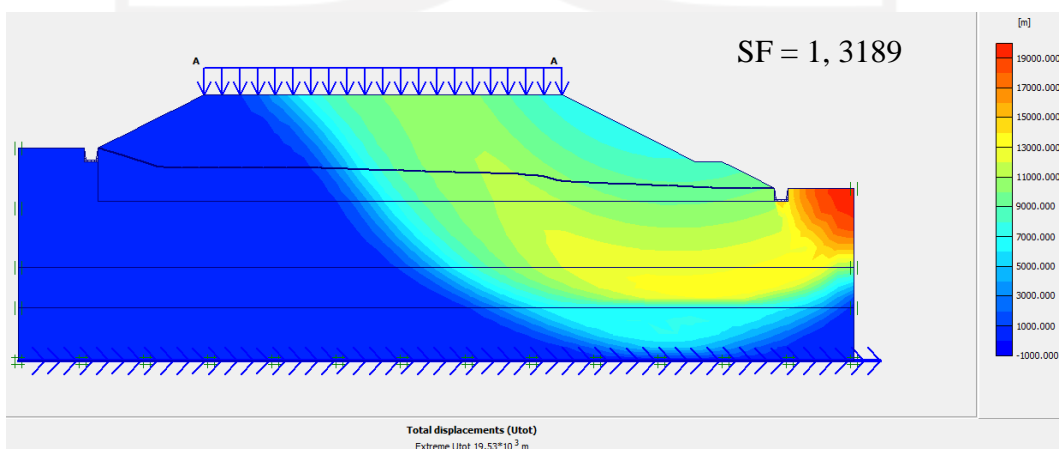
**Gambar L-6.5 Total Displacement Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



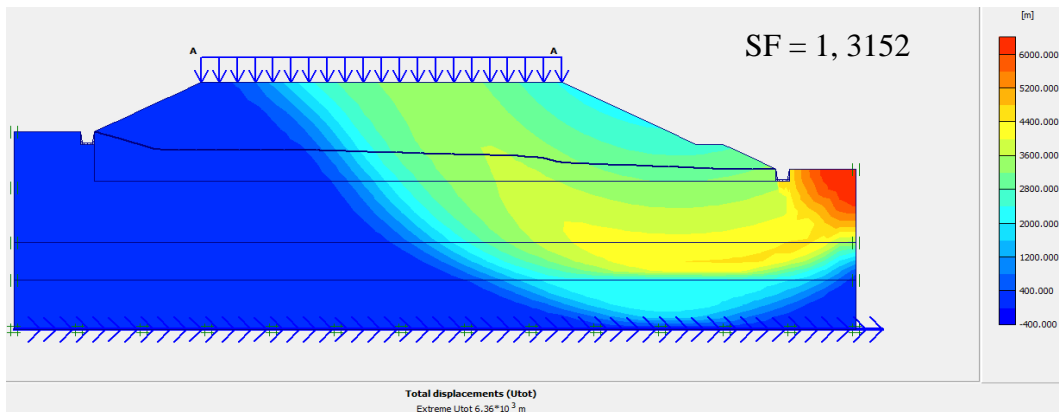
**Gambar L-6.6 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Replacement Akibat  
Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



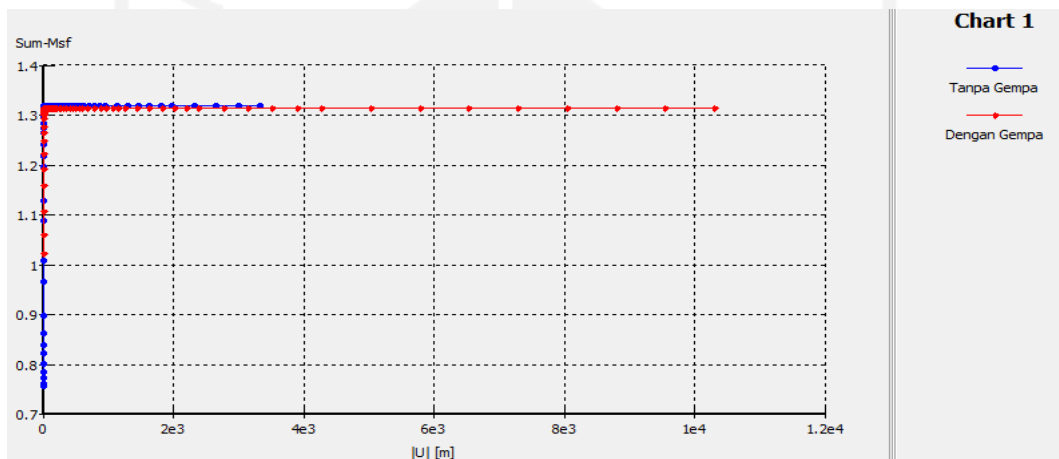
**Gambar L-6.7 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Replacement Akibat  
Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



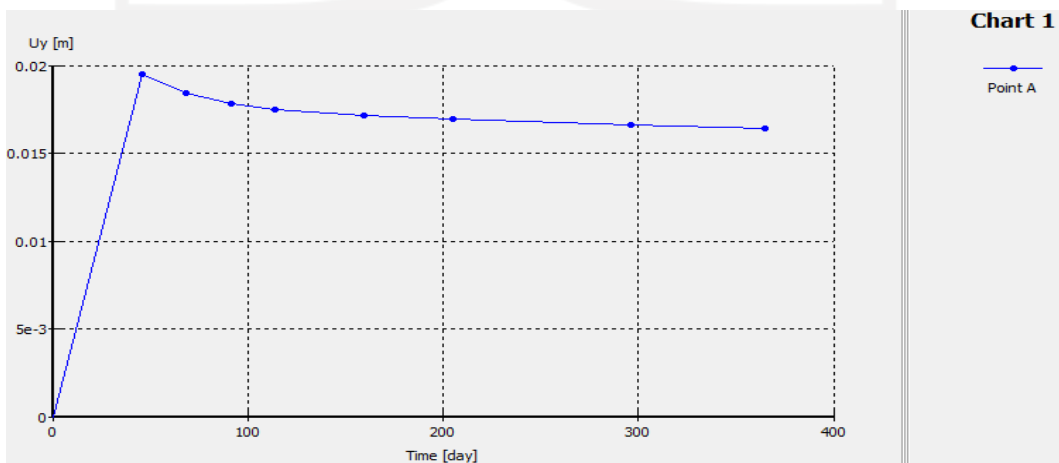
**Gambar L-6.8 Potensi Longsor Timbunan 7m Replacement Akibat Beban  
Struktur Pada Masa Konstruksi**



**Gambar L-6.9 Potensi Longsor Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**

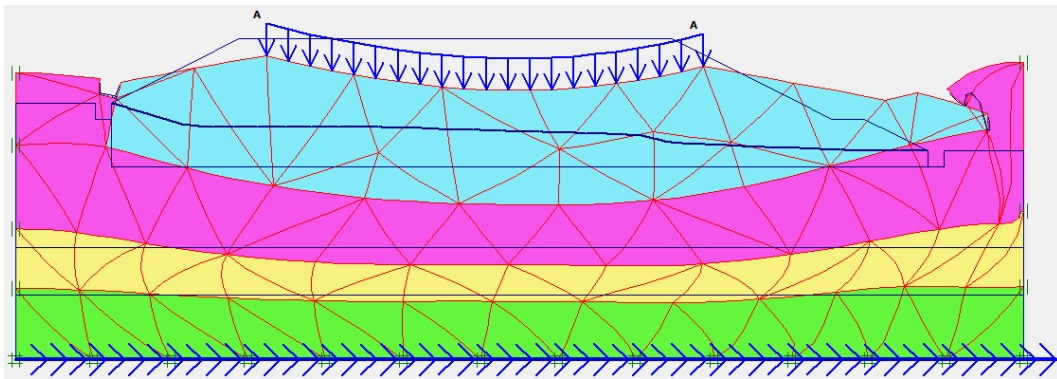


**Gambar L-6.10 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 7m Replacement Masa Konstruksi**

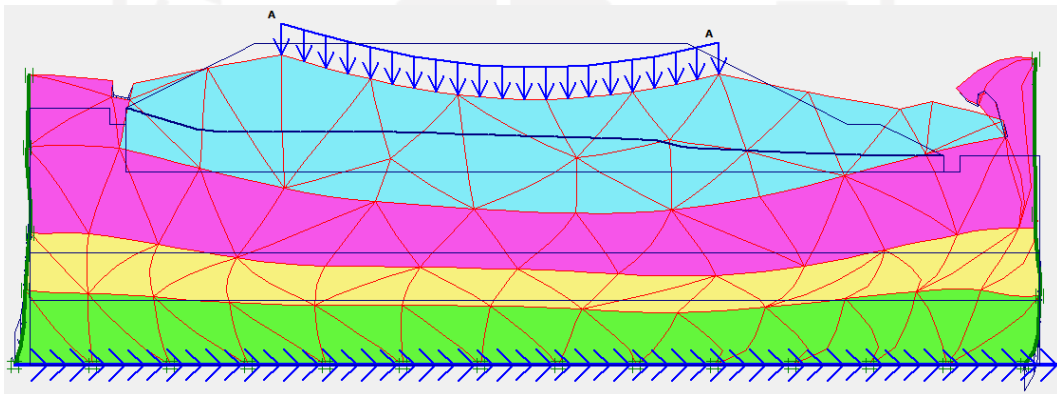


**Gambar L-6.11 Kurva Timet vs Vertical Displacement Timbunan 7m Replacement**

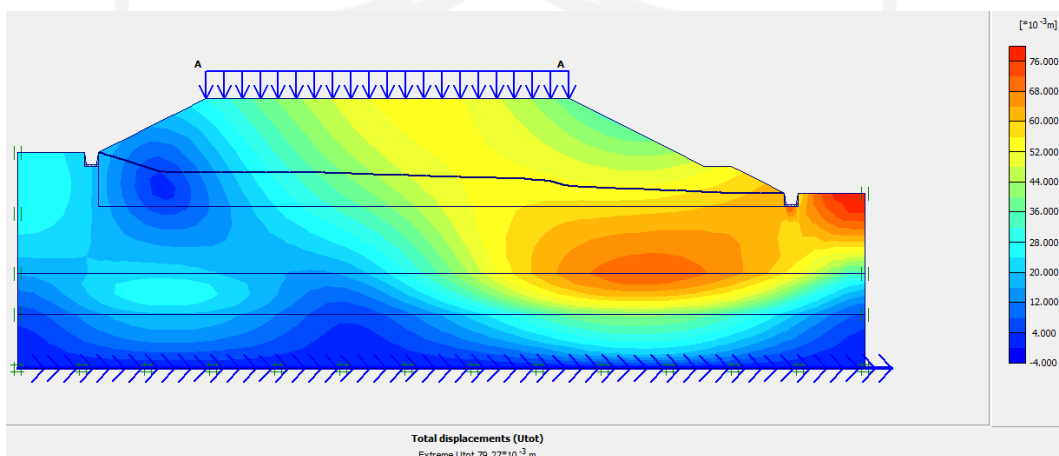




**Gambar L-6.11** *Deformesh Mesh* Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi

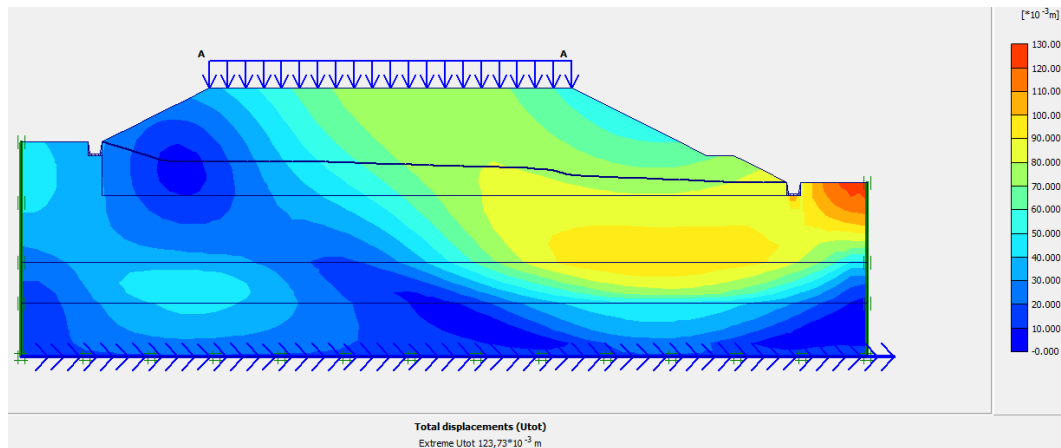


**Gambar L-6.12** *Deformesh Mesh* Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi

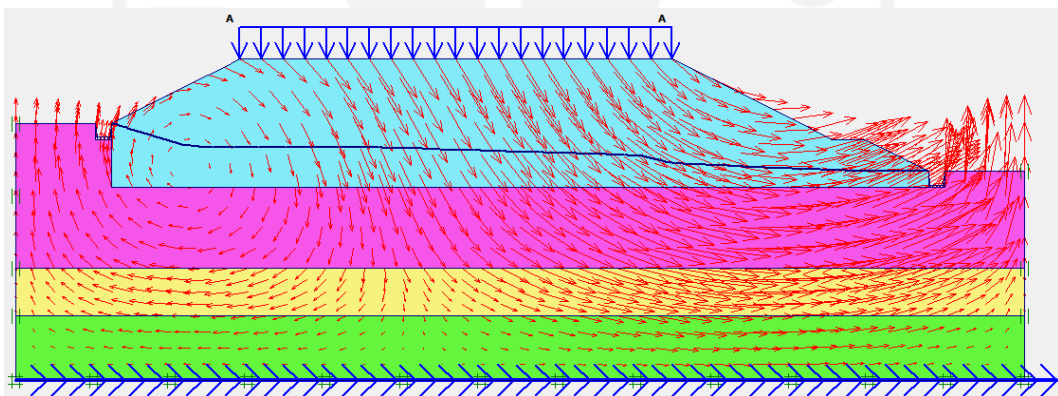


**Gambar L-6.13** *Total Displacement* Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi

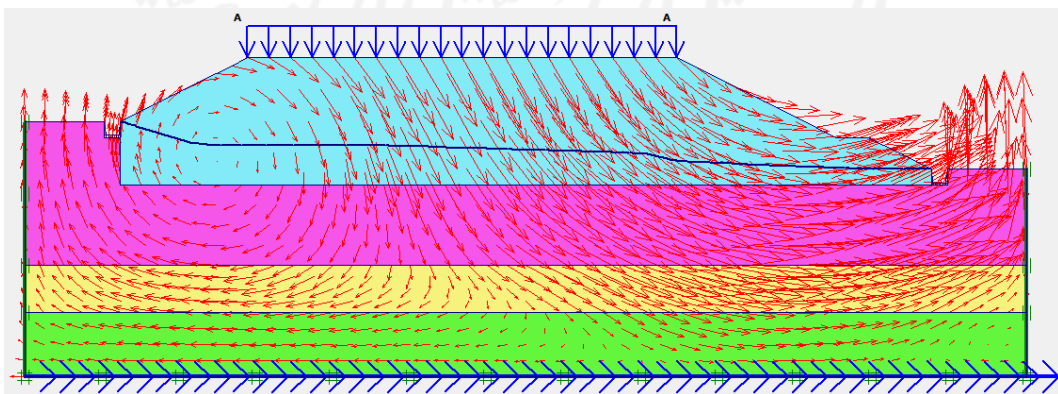




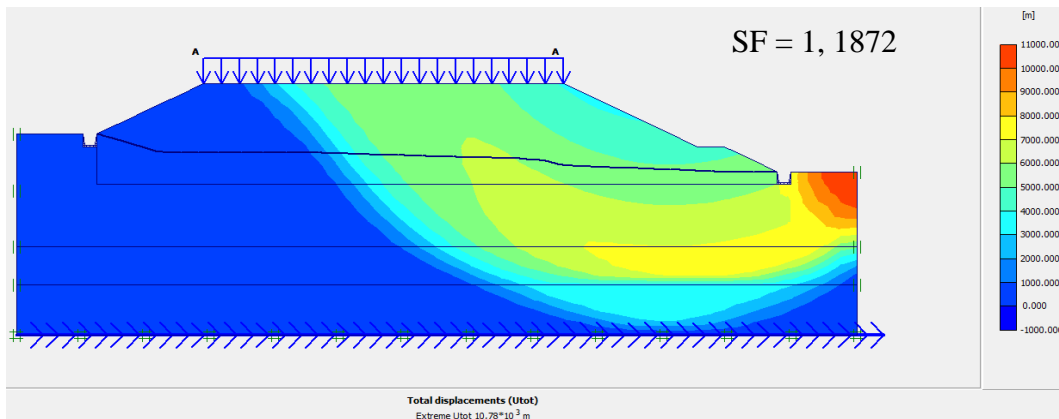
**Gambar L-6.14** *Total Displacement* Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi



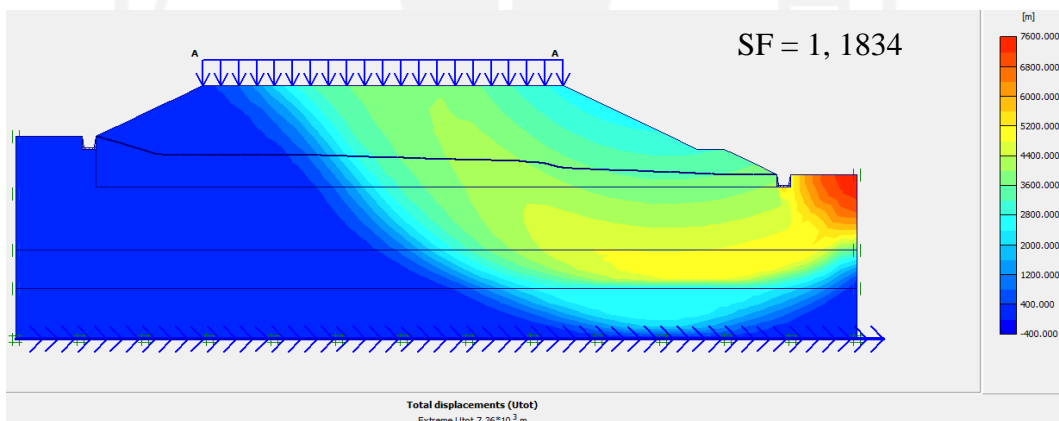
**Gambar L-6.15** Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



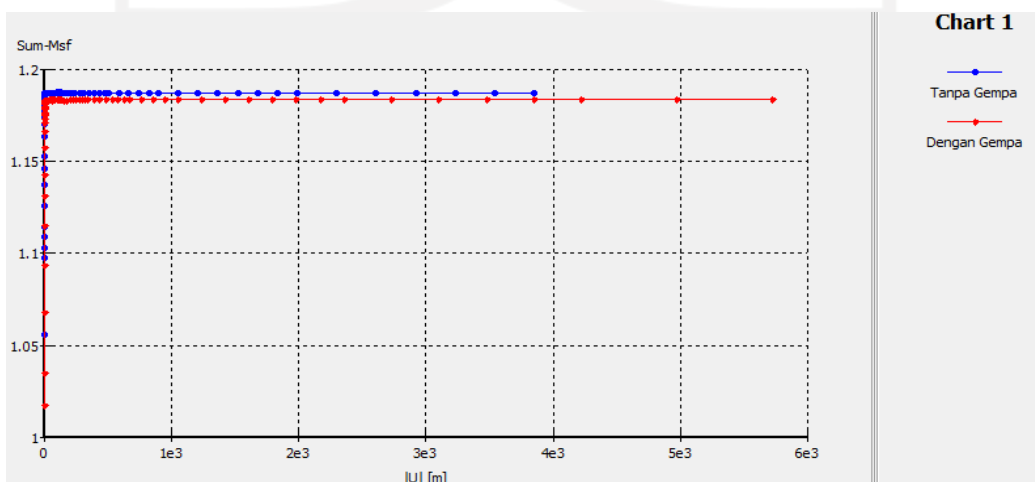
**Gambar L-6.16** Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi



**Gambar L-6.17 Potensi Longsor Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar L-6.18 Potensi Longsor Timbunan 7m Replacement Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

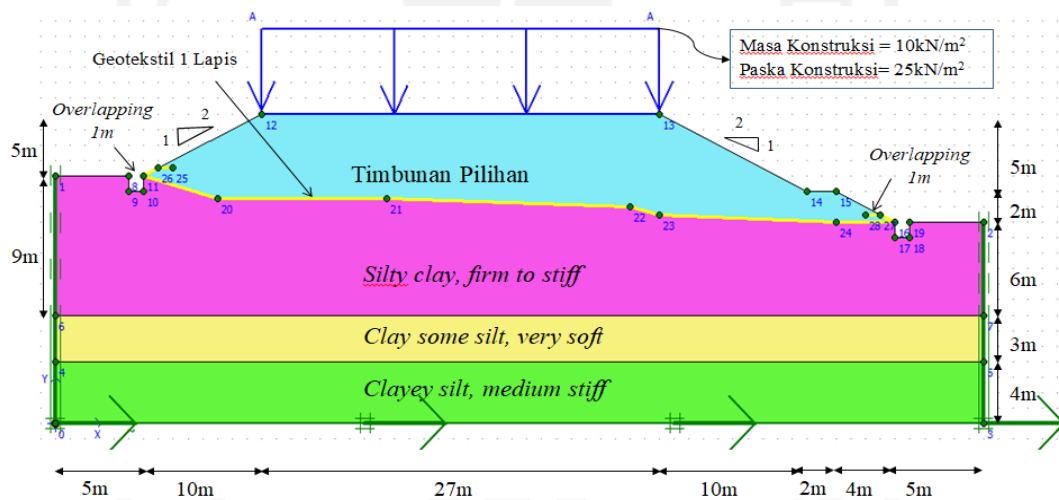


**Gambar L-6.19 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 7m Replacement Paska Konstruksi**

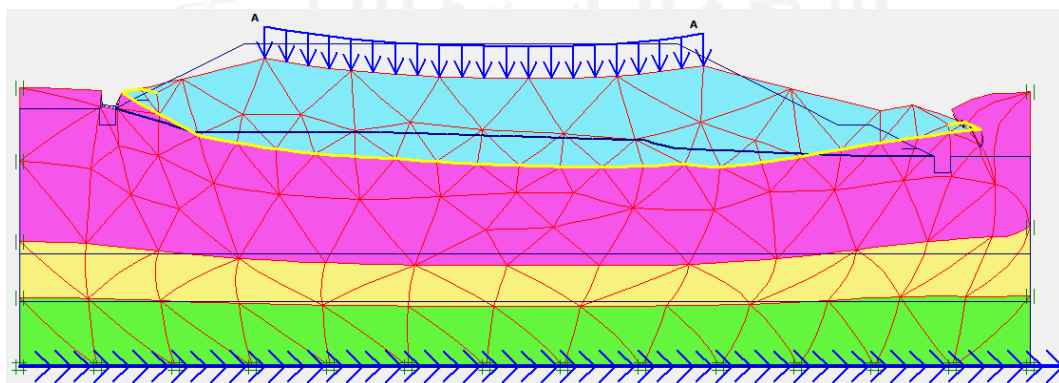
**Lampiran 7 Hasil Analisis *Plaxis* Timbunan 7 Meter Tanah Asli Dengan Geotekstil Satu Lapis**

**Tabel L-7.1 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis**

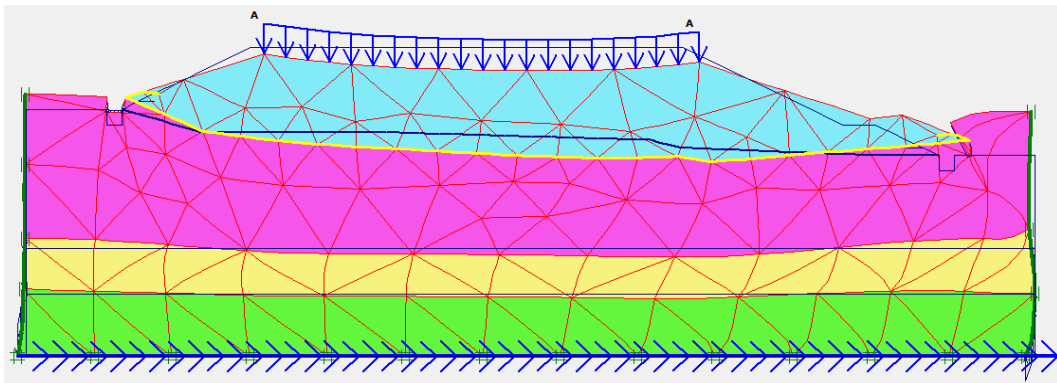
No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	6	0	7	12	14	20	18	58	12	24	53	13
1	0	16	7	63	7	13	41	20	19	58	13	25	8	16,5
2	63	13	8	5	16	14	51	15	20	11	14,5	26	7	16,5
3	63	0	9	5	15	15	53	15	21	22,5	14,5	27	56	13,5
4	0	4	10	6	15	16	57	13	22	39	14	28	55	13,5
5	63	4	11	6	16	17	57	12	23	41	13,5			



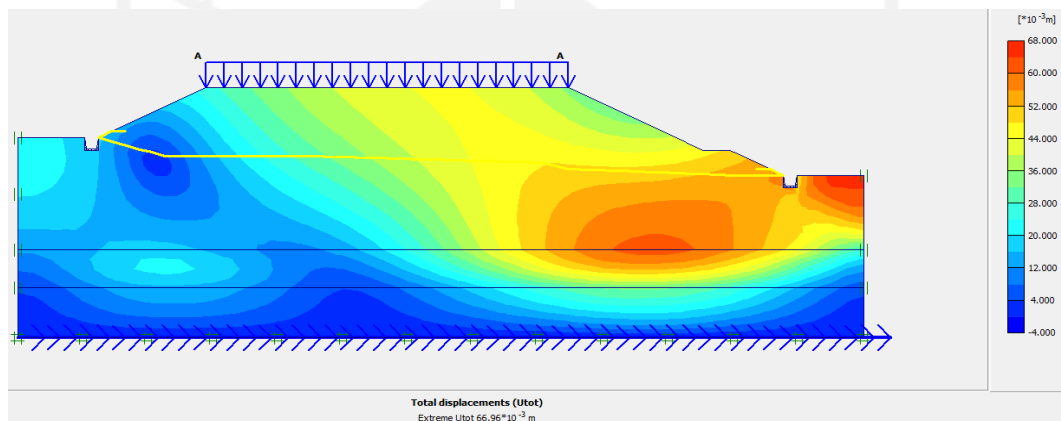
**Gambar L-7.1 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis**



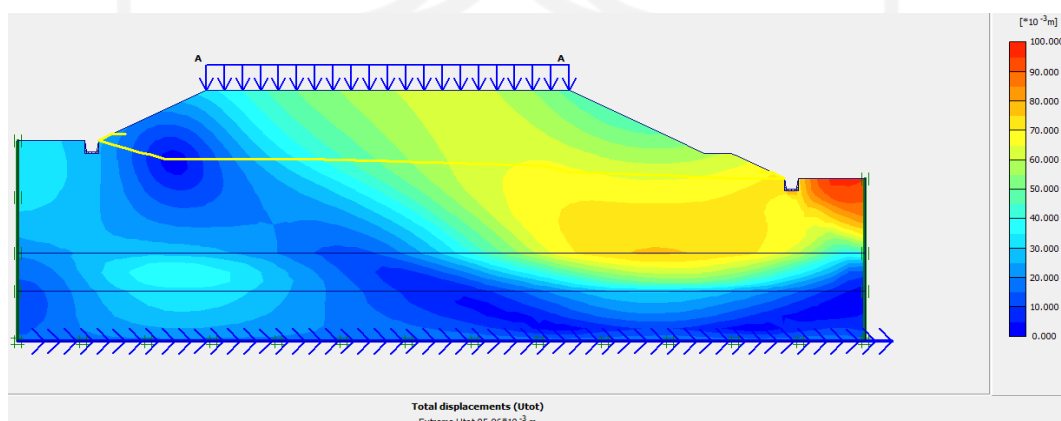
**Gambar L-7.2 Deformesh Mesh Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



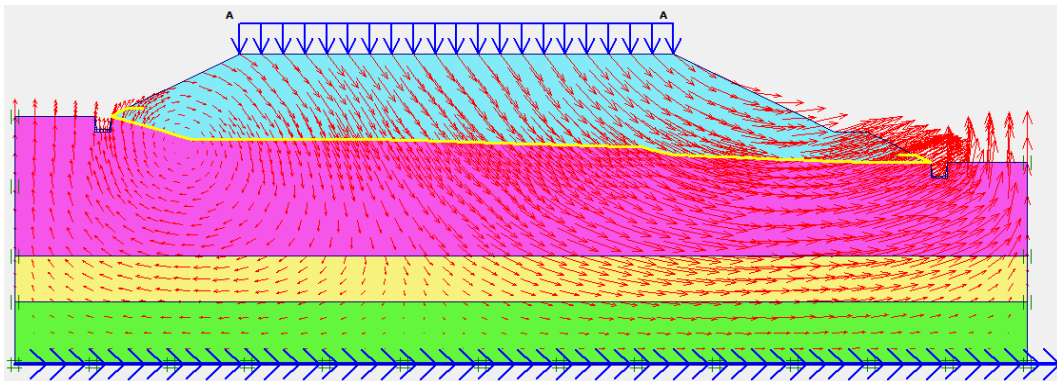
**Gambar L-7.3 Deformesh Mesh Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



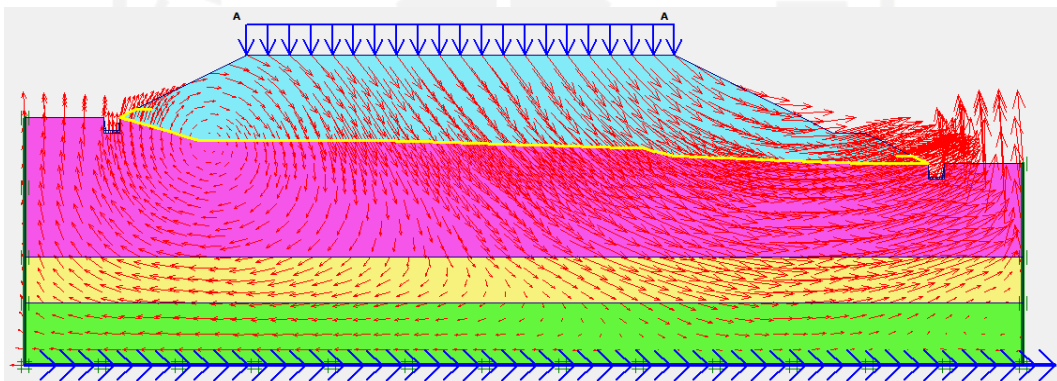
**Gambar L-7.4 Total Displacement Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



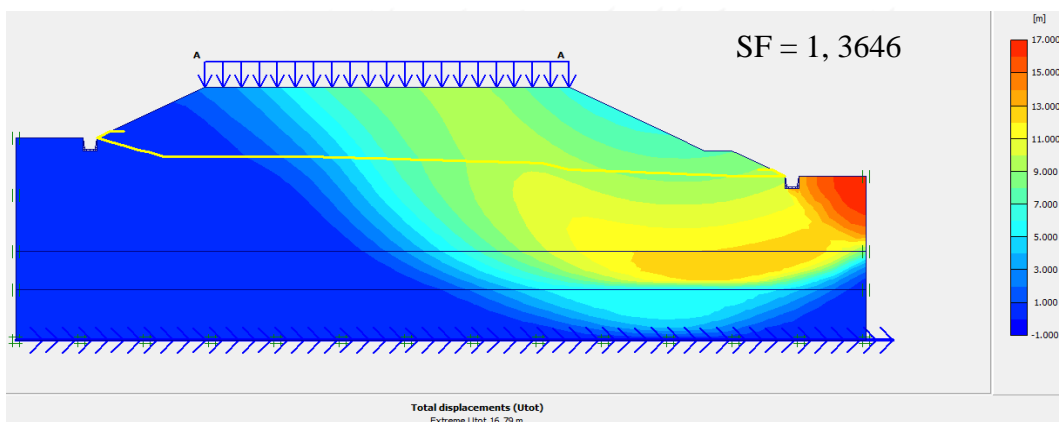
**Gambar L-7.5 Total Displacement Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



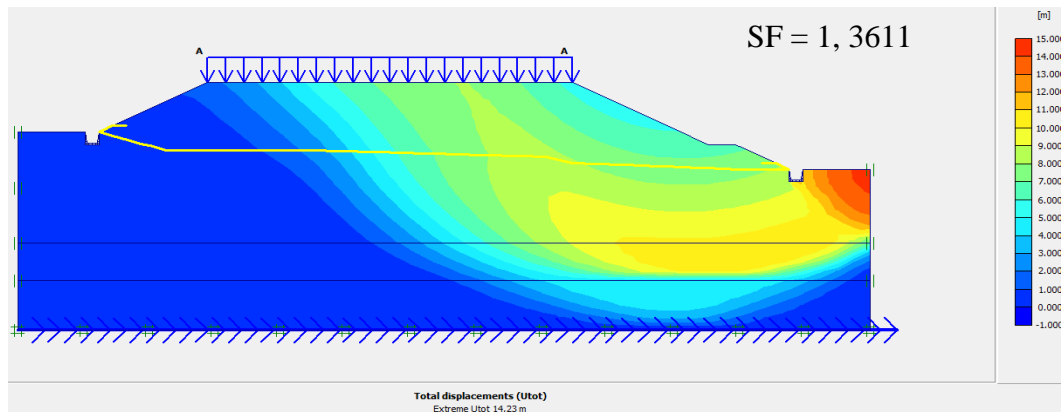
**Gambar L-7.6 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



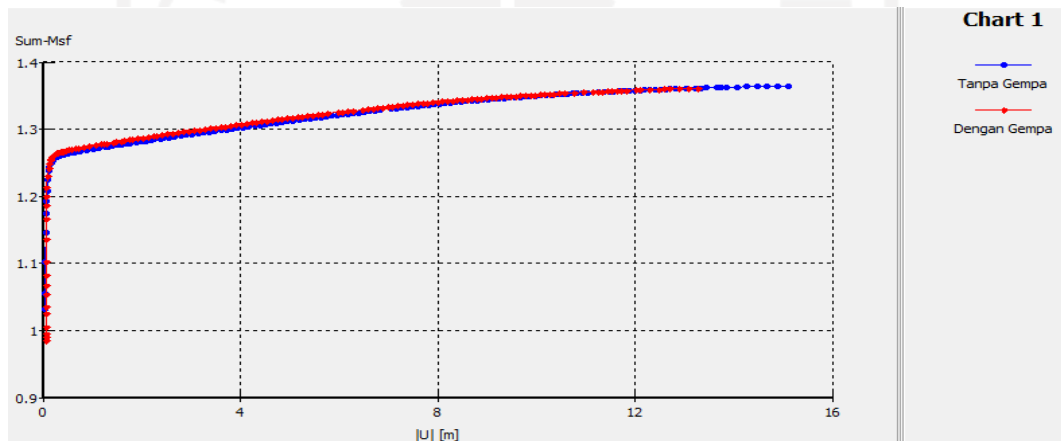
**Gambar L-7.7 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



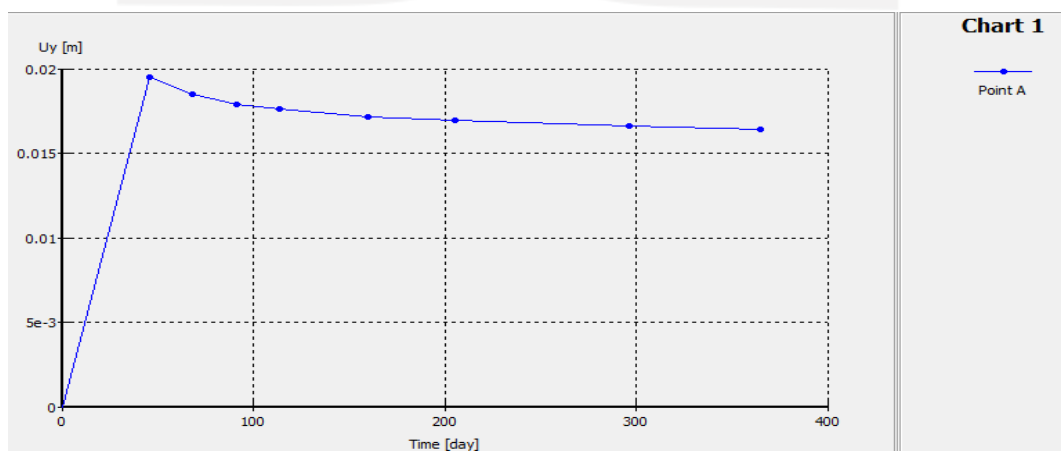
**Gambar L-7.8 Potensi Longsor Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



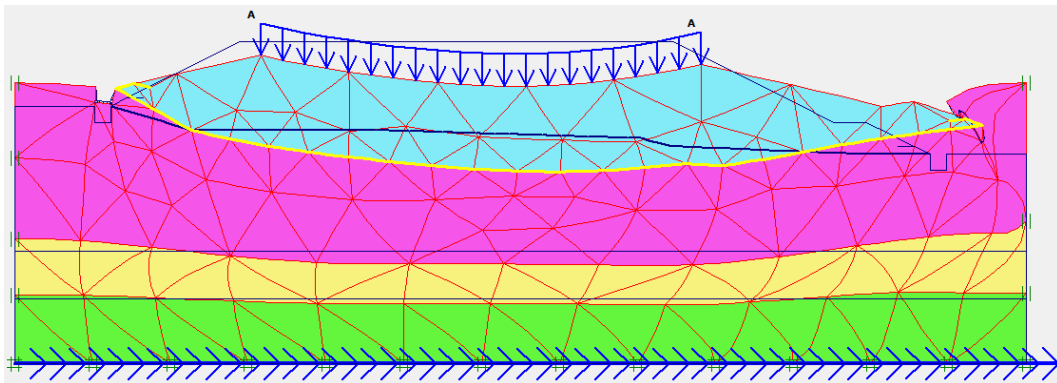
**Gambar L-7.9 Potensi Longsor Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



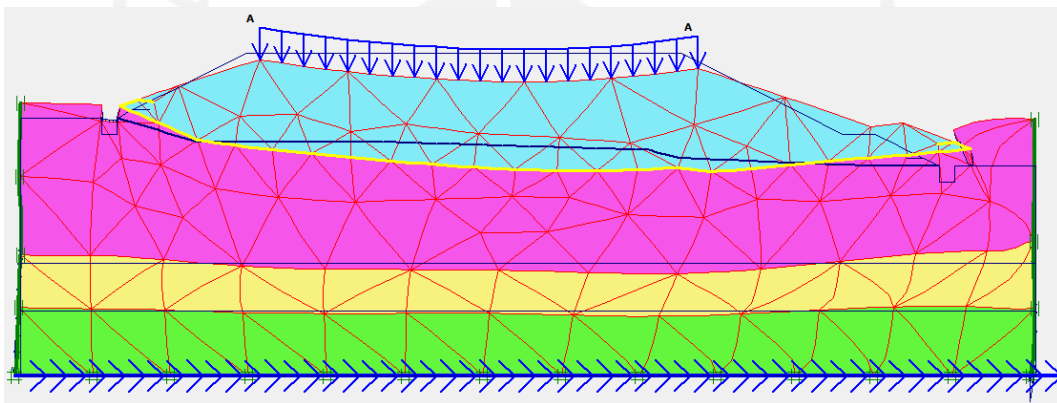
**Gambar L-7.10 Kurva *Total Displacement vs Safety Factor* Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Masa Konstruksi**



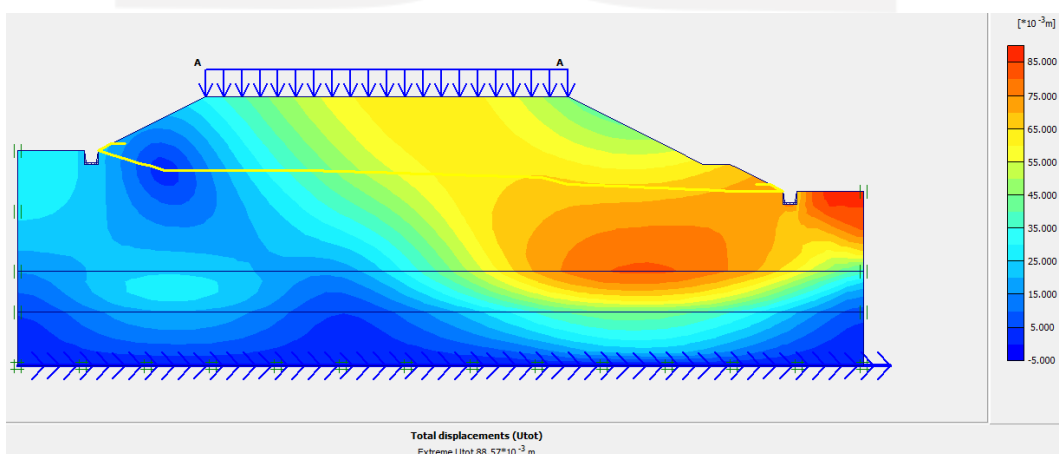
**Gambar L-7.11 Kurva *Timet vs Vertical Displacement* Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis**



**Gambar L-7.12** *Deformesh Mesh* Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi

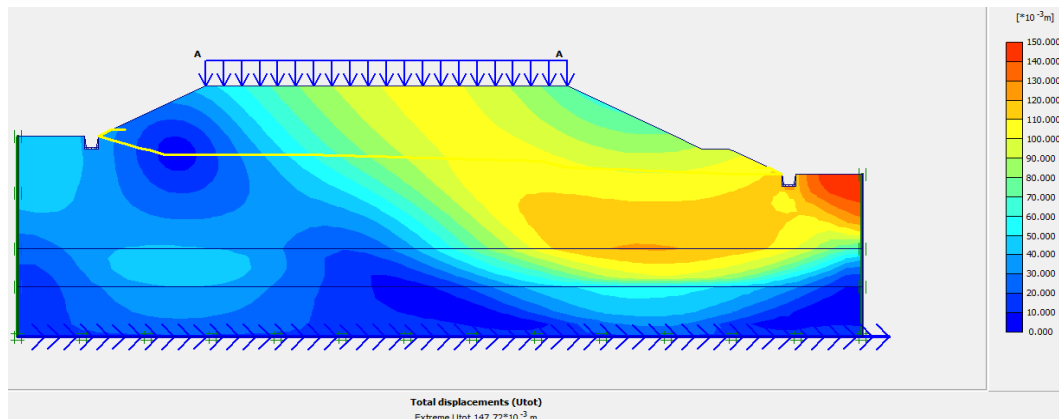


**Gambar L-7.13** *Deformesh Mesh* Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi

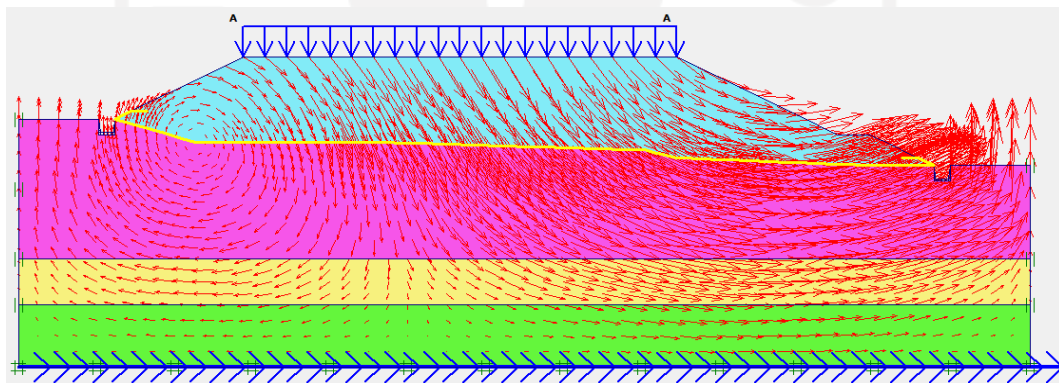


**Gambar L-7.14** *Total Displacement* Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi

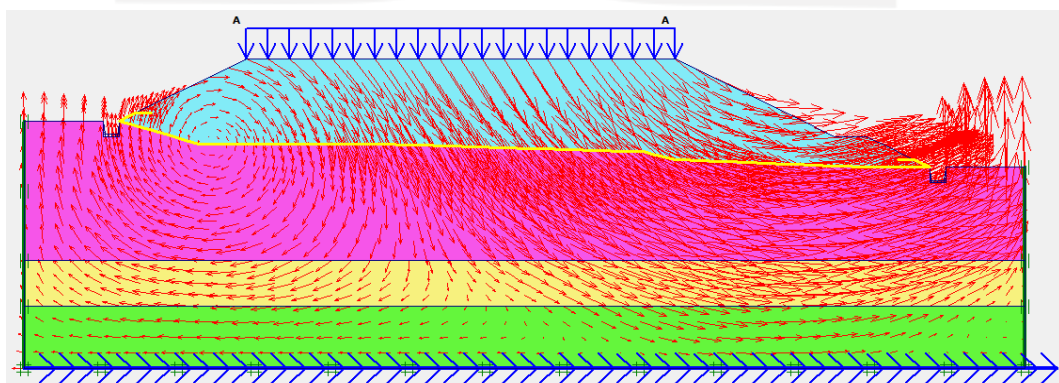




**Gambar L-7.15 Total Displacement** Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi

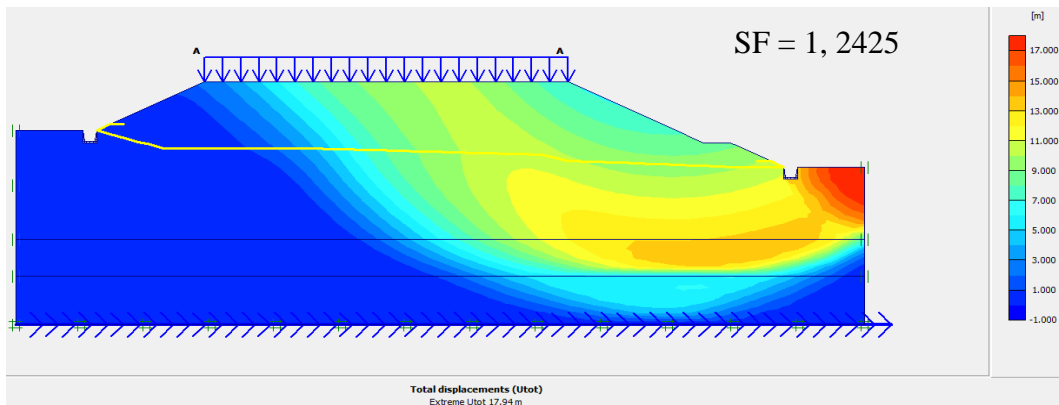


**Gambar L-7.16 Arah Pergerakan Tanah** Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi

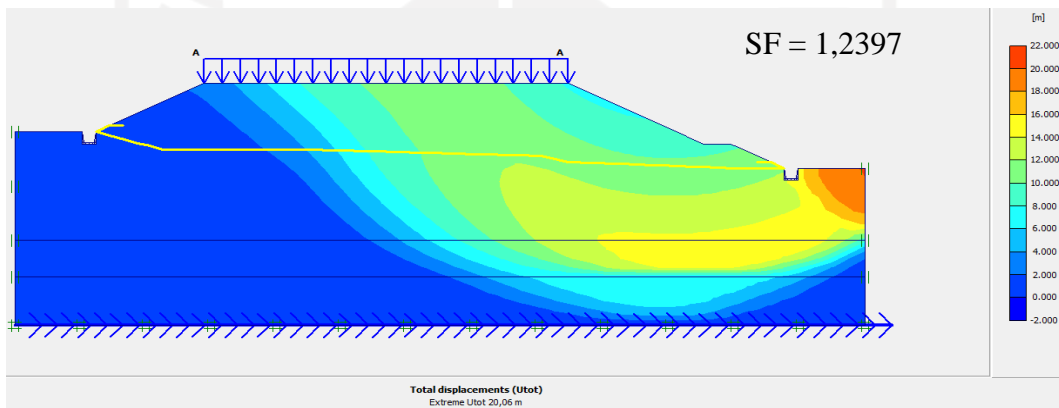


**Gambar L-7.17 Arah Pergerakan Tanah** Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi

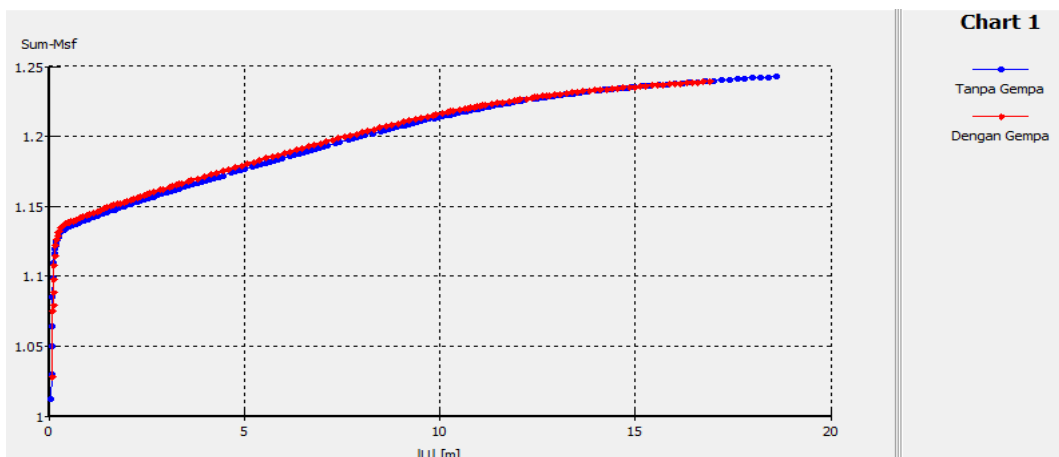




**Gambar L-7.18 Potensi Longsor Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar L-7.19 Potensi Longsor Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

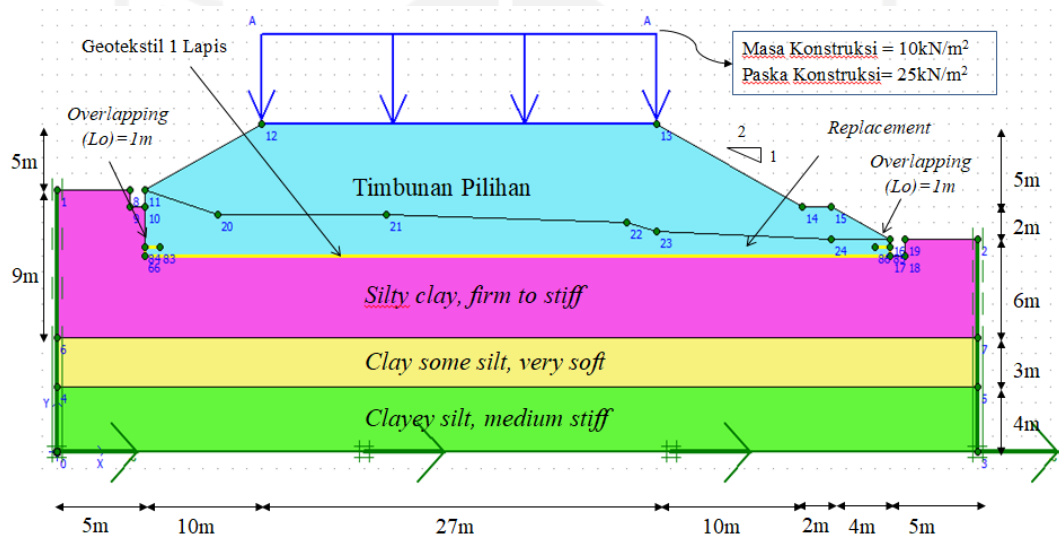


**Gambar L-7.20 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Paska Konstruksi**

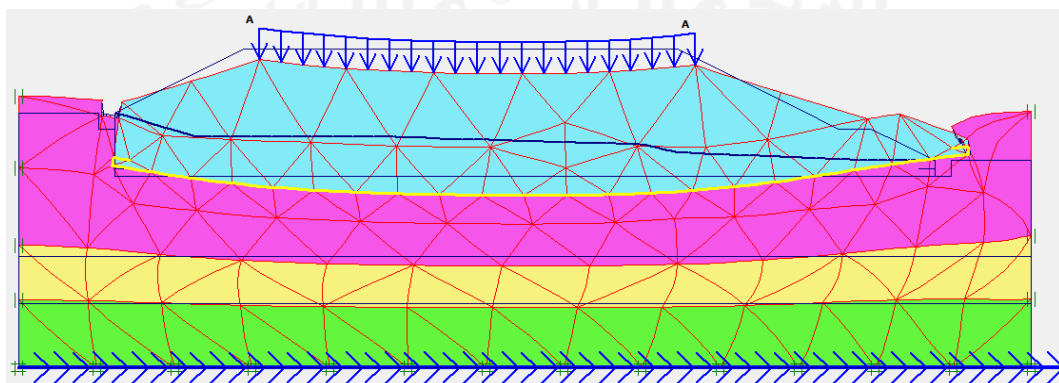
**Lampiran 8 Hasil Analisis *Plaxis* Timbunan 7 Meter Replacement Dengan Geotekstil Satu Lapis**

**Tabel L-8.1 Titik Koordinat *Plaxis* Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis**

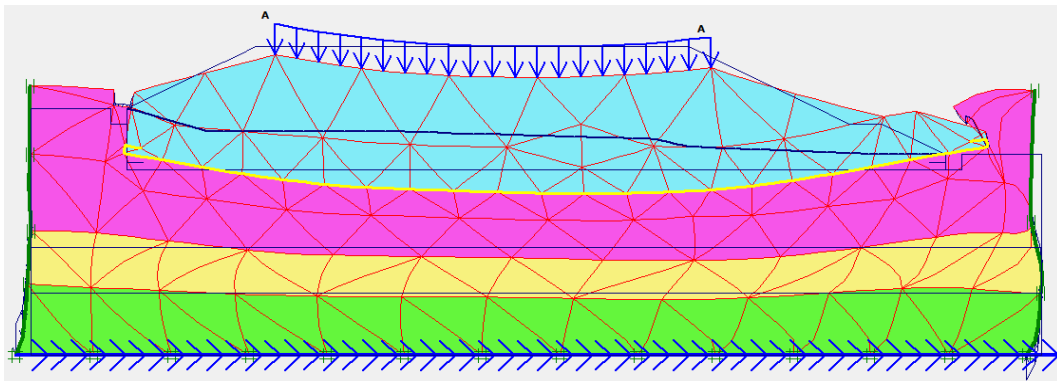
No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
0	0	0	5	63	4	10	6	15	15	53	15	20	6	12
1	0	16	6	0	7	11	6	16	16	57	13	21	7	12,5
2	63	13	7	63	7	12	14	20	17	57	12	22	6	12,5
3	63	0	8	5	16	13	41	20	18	58	12	23	57	12,5
4	0	4	9	5	15	14	51	15	19	58	13	24	56	12,5



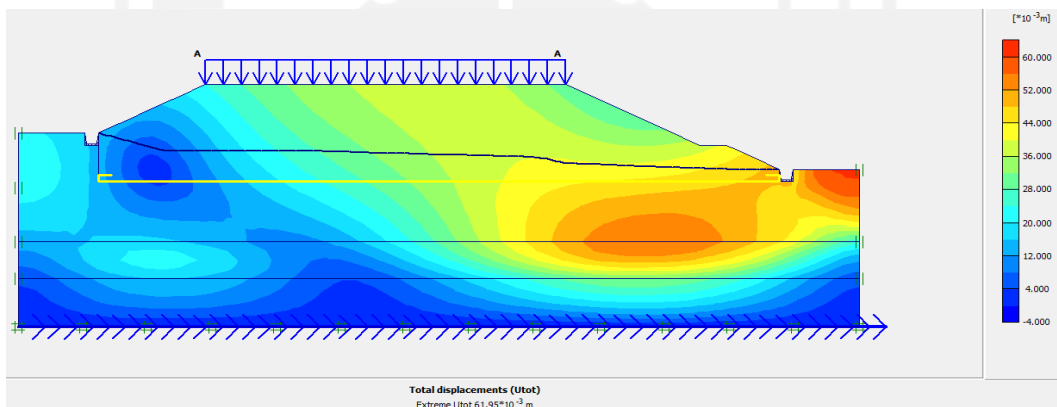
**Gambar L-8.1 Pemodelan *Plaxis* Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis**



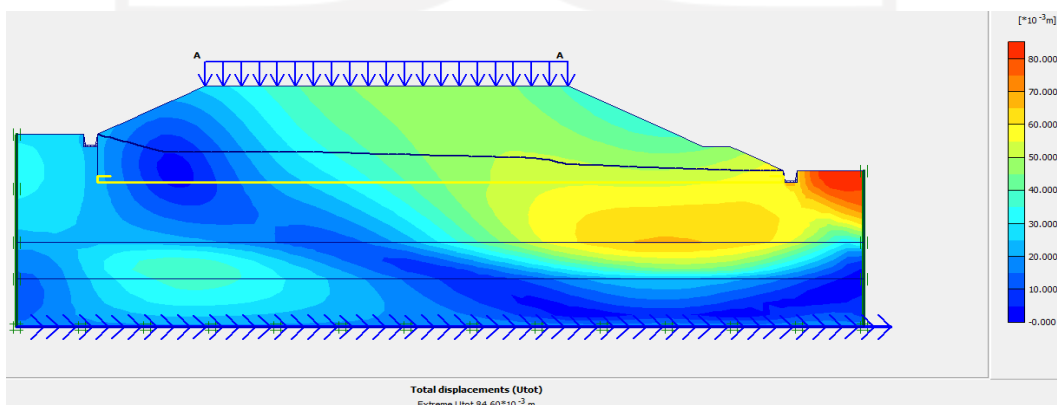
**Gambar L-8.2 Deformesh Mesh Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



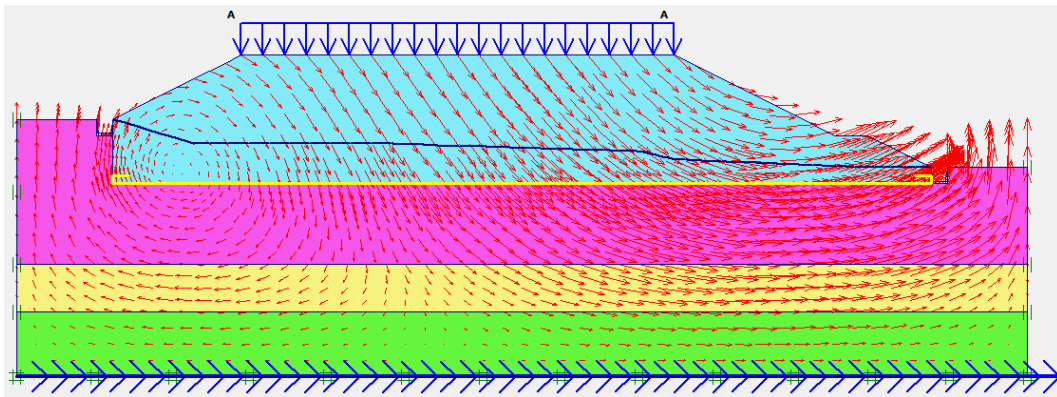
**Gambar L-8.3 Deformesh Mesh Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



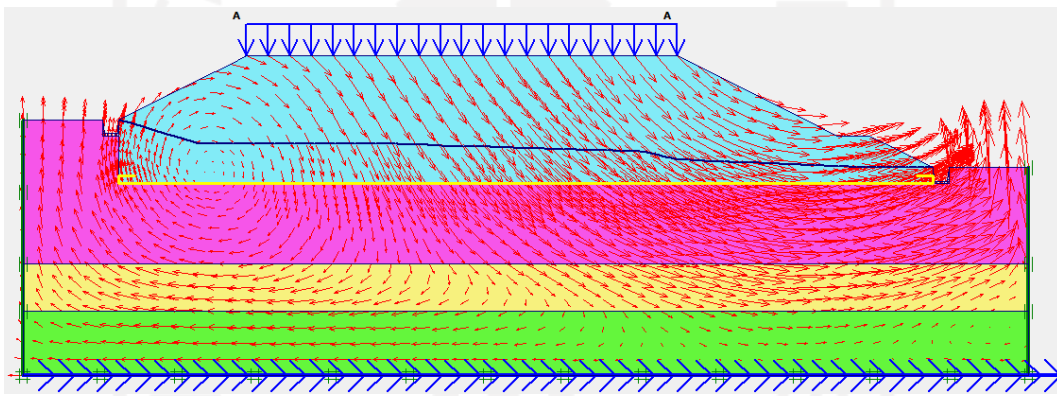
**Gambar L-8.4 Total Displacement Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



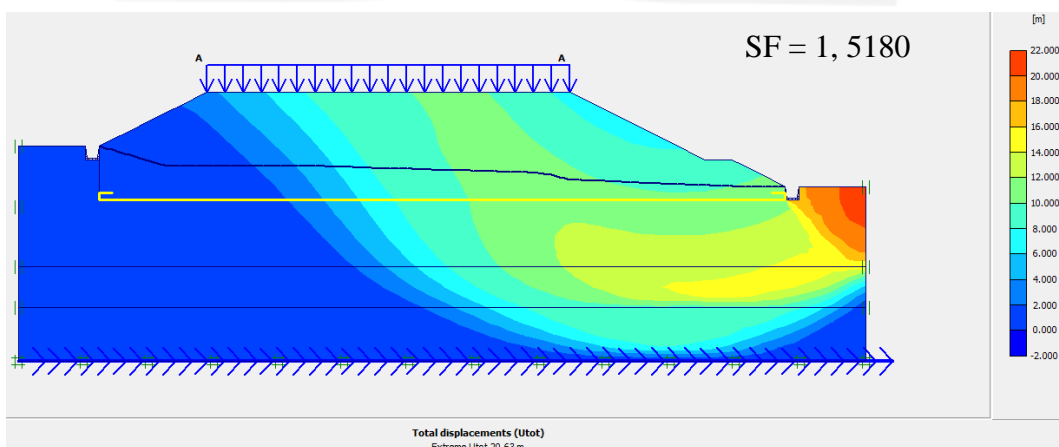
**Gambar L-8.5 Total Displacement Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



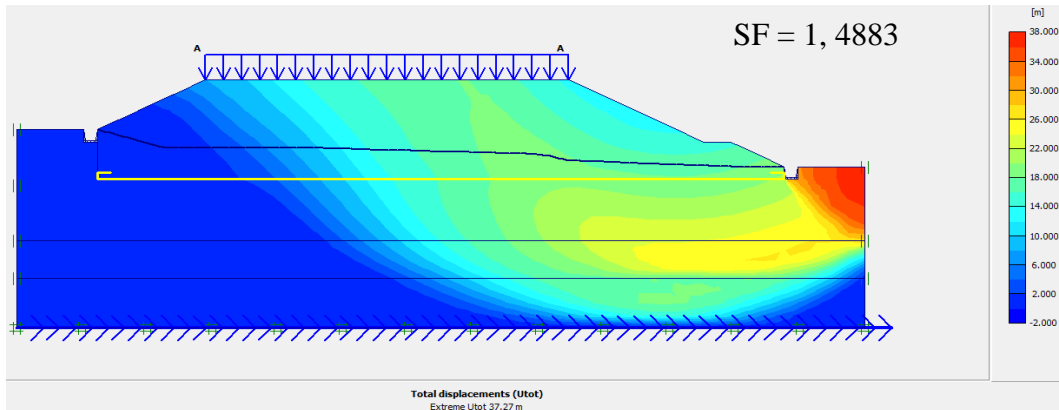
**Gambar L-8.6 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



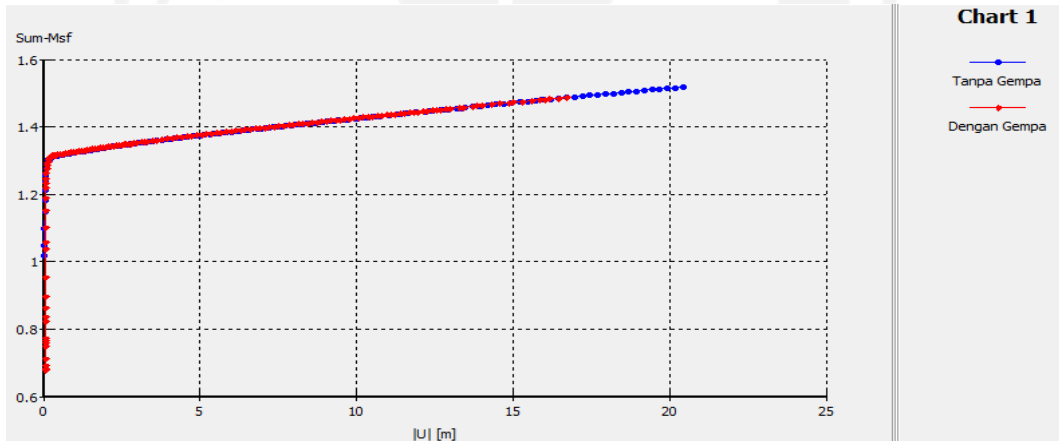
**Gambar L-8.7 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Masa Konstruksi**



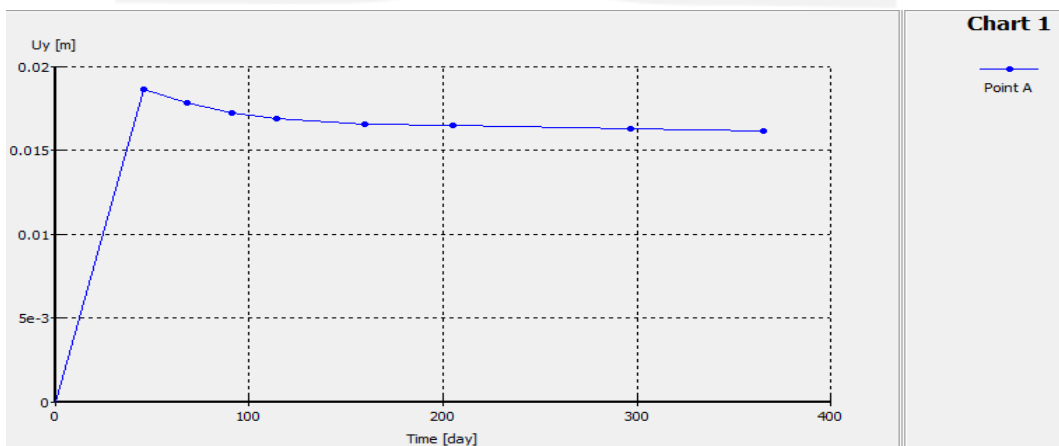
**Gambar L-8.8 Potensi Longsor Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Masa Konstruksi**



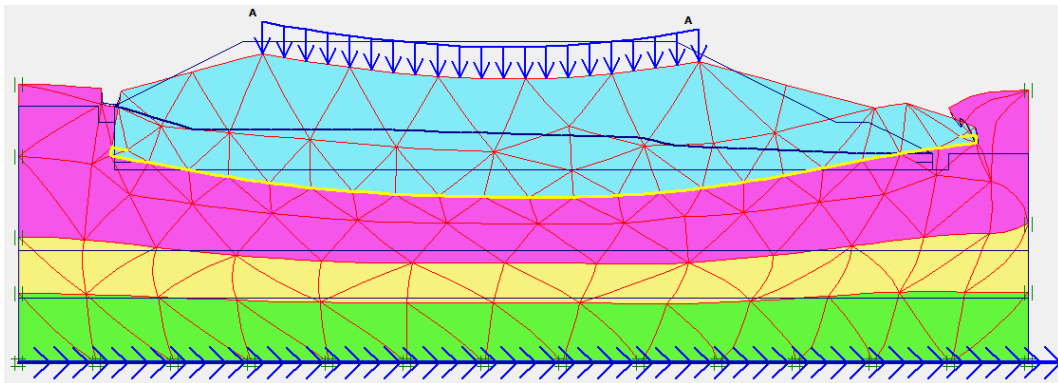
**Gambar L-8.9 Potensi Longsor Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Masa Konstruksi**



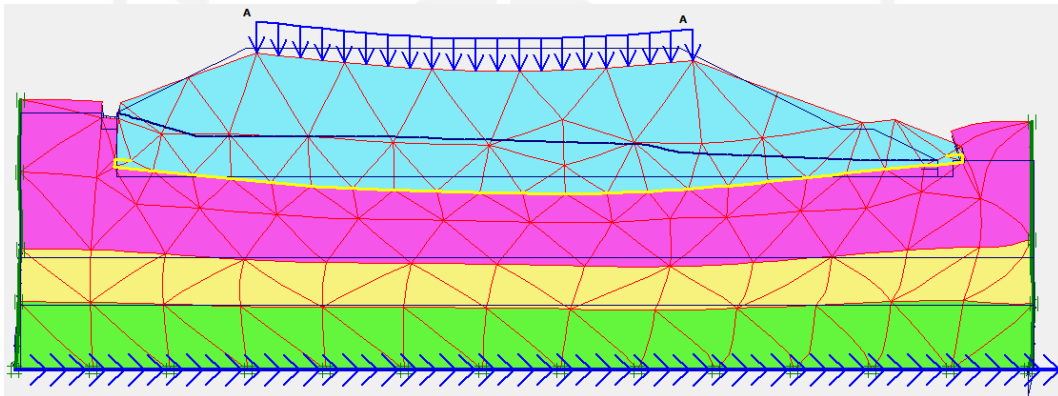
**Gambar L-8.10 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 7m Tanah Asli Dengan Geotekstil 1 Lapis Masa Konstruksi**



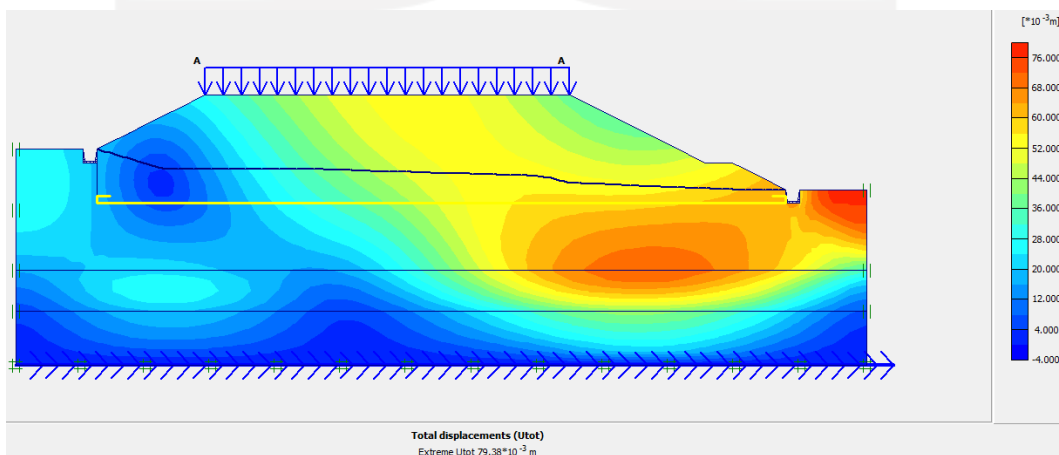
**Gambar L-8.11 Kurva Timet vs Vertical Displacement Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis**



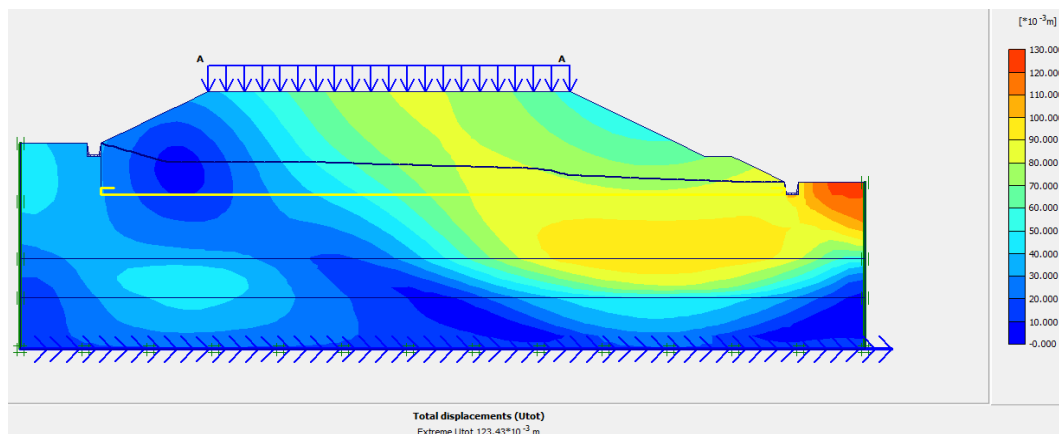
**Gambar L-8.12** *Deformesh Mesh* Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



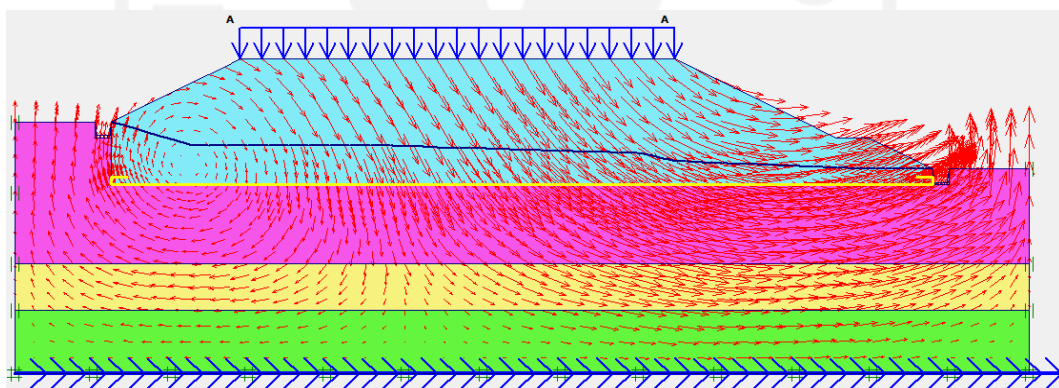
**Gambar L-8.13** *Deformesh Mesh* Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi



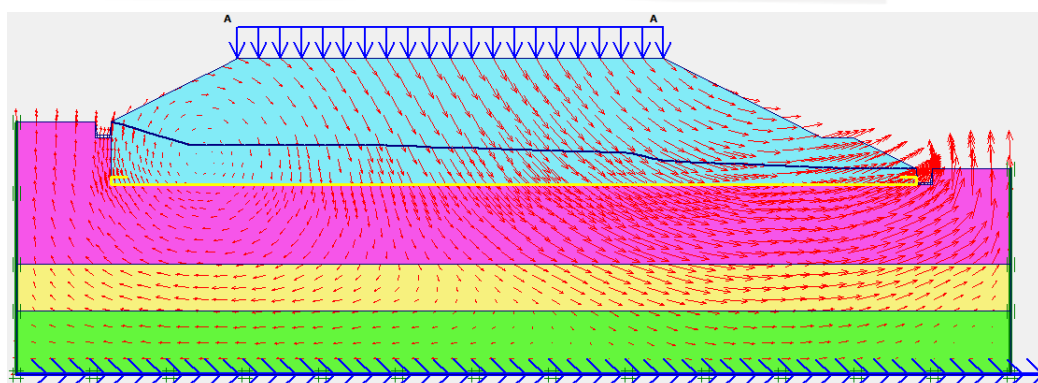
**Gambar L-8.14** *Total Displacement* Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi



**Gambar L-8.15 Total Displacement Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

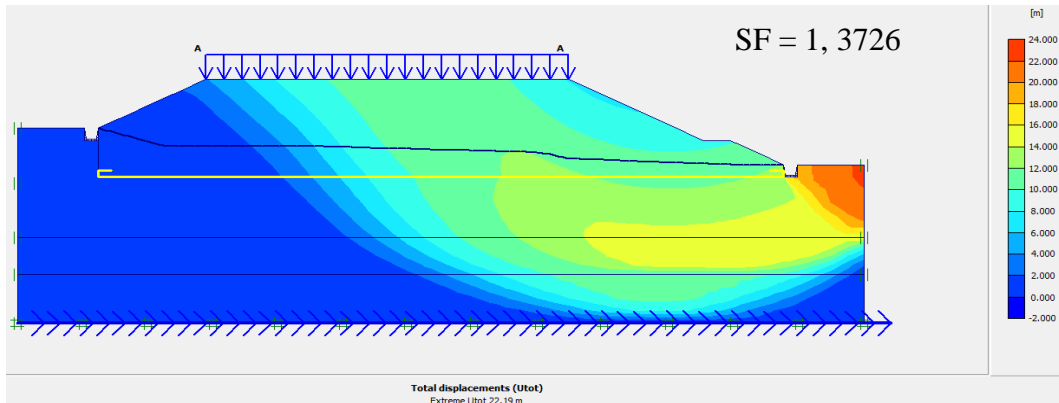


**Gambar L-8.16 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**

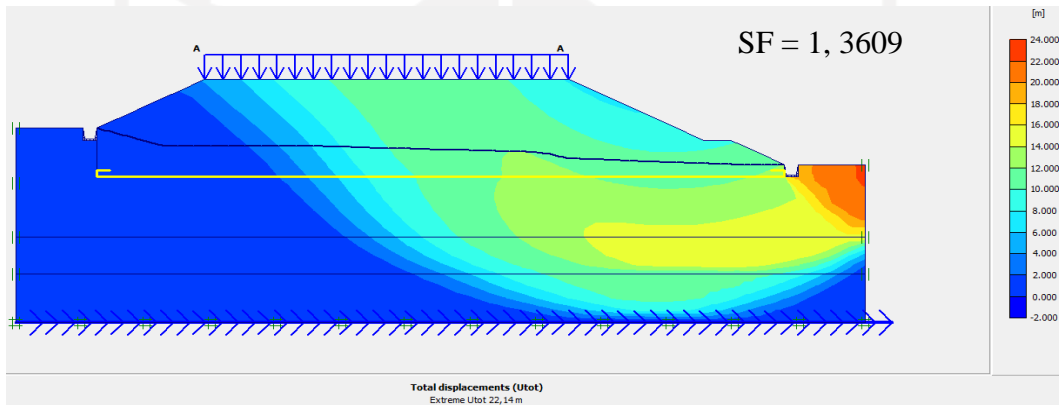


**Gambar L-8.17 Arah Pergerakan Tanah Timbunan 7m mReplacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**

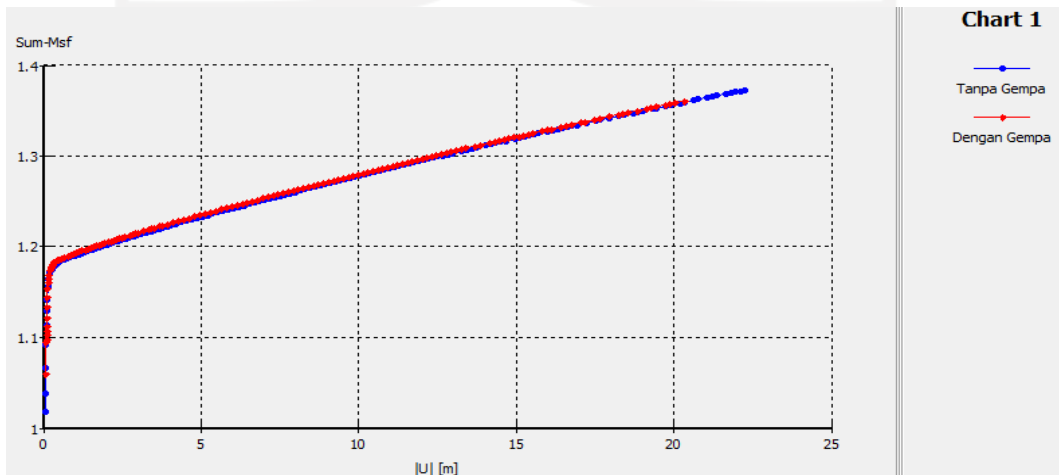




**Gambar L-8.18 Potensi Longsor Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur Pada Paska Konstruksi**



**Gambar L-8.19 Potensi Longsor Timbunan 7m Replacement Dengan Geotekstil 1 Lapis Akibat Beban Struktur dan Gempa Pada Paska Konstruksi**



**Gambar L-8.20 Kurva Total Displacement vs Safety Factor Timbunan 7m Replacement s Dengan Geotekstil 1 Lapis Paska Konstruksi**