

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL PADA VARIASI KETINGGIAN MUKA AIR TANAH *SLOPE STABILITY ANALYSIS USING GEOTEXTILE REINFORCEMENT WITH VARIATION OF GROUNDWATER LEVELS*

**Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Prabumulih-Muara Enim,
Sumatera Selatan, Sta.104+850)**

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



**RIZKY ADITYA MAULANA
145111121**

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

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL PADA VARIASI KETINGGIAN MUKA AIR TANAH *SLOPE STABILITY ANALYSIS USING GEOTEXTILE REINFORCEMENT WITH VARIATION OF GROUNDWATER LEVELS*

**Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Prabumulih-Muara Enim,
Sumatera Selatan, Sta.104+850)**

Disusun Oleh

RIZKY ADITYA MAULANA

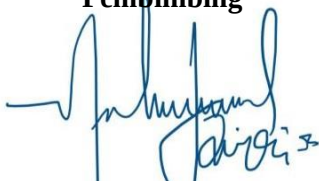
14511121

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

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



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

Penguji I



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

Penguji II



Hanindya Kusuma Artati ST., MT.
NIK: 045110407



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir yang saya sunsun sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta merupakan hasil dari karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah terluliskan dalam sumbernya secara lengkap dan jelas sesuai norma, kaidan dan etika dalam penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau Sebagian Laporan Tugas Akhir ini bukan karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan peraturan perundang- undangan yang berlaku di Indonesia.

Yogyakarta, 27 Desember 2021

Yang membuat pernyataan,



Rizky Aditya Maulana

(14511121)

DEDIKASI

Dengan Rahmat Allah SWT yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang serta atas izin dan ridho-NYA saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, saya dedikasikan Tugas Akhir ini kepada:

1. Ayah Eldy Zamri dan Ibu Ria Praetty tercinta yang selalu mendo'akan dan memberikan semangat serta dukungan yang tak henti-hentinya kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas ilmu pengetahuan, pemahaman, dan waktu yang telah diberikan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Kakak-kakak saya Arfan Erzaldi Pratama dan Gilang Riadi Ramadhani yang telah banyak memberikan dukungan dan semangat sehingga memotivasi dan memudahkan penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
4. Saudara-saudara seperjuangan Teknik Sipil 2014 yang selalu membantu dan telah berkontribusi banyak sehingga dapat memperlancar penulisan Tugas Akhir ini.
5. Keluarga besar Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang telah berkontribusi sehingga dapat memperlancar penulisan Tugas Akhir ini.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil'alamin penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-NYA penulis diberi kekuatan, kesehatan, kelancaran, dan ilmu yang bermanfaat sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil dan Variasi Ketinggian Muka Air Tanah Menggunakan Program Plaxis. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari do'a, dukungan, kerjasama, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas ilmu pengetahuan, pemahaman, dan waktu yang telah diberikan kepada penulis dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Akhmad Marzuko, Ir .,M.T., selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir, atas ilmu pengetahuan, pemahaman, dan waktu yang telah diberikan kepada penulis dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Hanindya Kusuma Artati ST., MT., selaku Dosen Penguji II Tugas Akhir, atas ilmu pengetahuan, pemahaman, dan waktu yang telah diberikan kepada penulis dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Seluruh Bapak/ Ibu Dosen dan civitas akademika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa menjalankan perkuliahan.

Tidak ada satupun yang dapat menggantikan seluruh do'a, dukungan, kerjasama, waktu, kesempatan, dan bimbingan dari semua pihak yang telah disebutkan diatas kecuali do'a yang penulis haturkan agar kiranya Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang berkenan membalas semua yang telah diberikan kepada penulis.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	ii
TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
DEDIKASI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Mengenai Stabilitas Lereng	6
2.1.1 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil dan Variasi Ketinggian Muka Air Tanah	6
2.1.2 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope	7
2.1.3 Pengaruh Kondisi Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng Jalan dengan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Program Plaxis	8
2.1.4 Analisis Stabilitas Timbunan Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis	9
2.1.5 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus: Bantaran Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta)	10

BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Tanah	15
3.1.1 Parameter Tanah	16
3.1.2 Klasifikasi Tanah	20
3.2 Lereng	21
3.2.1 Pengertian umum	21
3.2.2 Faktor keamanan	21
3.2.3 Penyebab kelongsoran	22
3.2.4 Macam-macam Kelongsoran	23
3.2.5 Stabilitas Lereng	27
3.3 Gotekstil	30
3.3.1 Sifat-Sifat Geotekstil	32
3.3.2 Fungsi Geotekstil	32
3.4 Perkuatan Tanah	33
3.4.1 Dasar-Dasar Perkuatan Tanah	34
3.4.2 Perkuatan Dengan Geotekstil	35
3.5 Plaxis	38
3.5.1 Pendahuluan	38
3.5.2 Parameter Input Untuk Program Plaxis V20	38
3.5.3 Analisis Stabilitas Lereng dengan Plaxis V20	41
Bab IV METODE PENELITIAN	42
4.1 Tinjauan umum	42
4.2 Lokasi Penelitian	42
4.3 Data penelitian	43
4.4 Metode penelitian	43
4.5 Langkah penelitian	44
4.6 Data Profil Lereng	46
4.7 Parameter Penelitaan	47
4.7.1 Parameter Tanah	47
4.7.2 Beban Lalu Lintas	49
4.7.3 Beban Gempa	49

4.7.4 Data Geotekstil	50
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	52
5.1 Gambar Umum Analisis	52
5.2 Data Analisis	53
5.2.1 Data Parameter Lapis tanah	53
5.2.2 Data Beban Lalu Lintas	53
5.2.3 Data Beban Gempa	53
5.2.4 Data Geotekstil	53
5.2.5 Kondisi Desain Pada Lereng Timbunan	54
5.3 Lereng Timbunan Tanah Tahap Masa Konstruksi	57
5.3.1 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah -6 m Pada Program <i>Plaxis V20</i>	57
5.3.2 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah +1 m Program <i>Plaxis V20</i>	64
5.4 Lereng Timbunan Tanah Tahap Paska Konstruksi	70
5.4.1 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah -6 m Program <i>Plaxis V20</i>	70
5.4.2 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah +1 m Program <i>Plaxis V20</i>	76
5.4.3 Analisis Timbunan Dengan Metode Fellinius	83
5.5 Perhitungan Kebutuhan Geotekstil	87
5.5.1 Data Pehitungan Geotekstil	87
5.5.2 Stabilitas Eksternal	88
5.5.3 Stabilitas Internal	92
5.5.4 Cek Gaya Tarik Geotekstil	93
5.6 Lereng Timbunan Tanah dengan Perkuatan Geotekstil Tahap Masa Konstruksi	94
5.6.1 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah -6 m Program <i>Plaxis V20</i>	94
5.6.2 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah +1 m Program <i>Plaxis V20</i>	101
5.7 Lereng Timbunan Tanah Tahap Paska Konstruksi	107

5.7.1 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah -6 m Program <i>Plaxis V20</i>	107
5.7.2 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah +1 m Program <i>Plaxis V20</i>	113
5.8 Pembahasan	120
5.8.1 Hasil Analisis Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan	121
5.8.2 Hasil Analisis Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil	122
5.8.3 Perbandingan Nilai Angka Aman Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan Dengan Lereng Timbunan Diberi Geotekstil	123
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	125
6.1 Kesimpulan	125
6.2 Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN	129

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitaian Terdahulu dan Sekarang	12
Tabel 3.1 Hubungan Jenis Tanah dengan Nilai Modulus Elastisitas	19
Tabel 3.2 Hubungan Jenis Tanah dengan Poisson Ratio	19
Tabel 3.3 Hubungan Jenis Tanah dengan Kuat Geser Tanah	20
Tabel 3.7 Nilai Faktor Keamanan untuk Perancangan Lereng	22
Tabel 3.8 Faktor Keamanan Lereng	22
Tabel 4.1 Data Parameter Tanah	48
Tabel 4.2 Beban Lalu Lintas	49
Tabel 4.3 Data Geotekstil Woven UW-250	51
Tabel 5.1 Data Geotekstil Woven UW-250	54
Tabel 5.2 Tabel Perhitungan Gaya Berat Metodde Irisan	85
Tabel 5.3 Koefisien Daya Dukung Tanah	88
Tabel 5.4 Rekapitulasi Kebutuhan Panjang Geotekstil	92
Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Stabilitas Internal	92
Tabel 5.6 Tabel Rekapitulasi Nilai SF	124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Fase Tanah	16
Gambar 3.3 Gambar Tanah Jenis Longsoran Rotasi	24
Gambar 3.4 Gerakan Tanah Jenis Runtuhan	24
Gambar 3.5 Gerakan Tanah Jenis Longsoran Translasi	25
Gambar 3.6 Gerakan Tanah Jenis Rayapan	26
Gambar 3.7 Gerakan Tanah Jenis Aliran	26
Gambar 3.8 Gerakan Tanah Jenis Longsor Blok	27
Gambar 3.9 Tipe-Tipe Keruntuhan Lereng	28
Gambar 3.10 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Irisan	29
Gambar 3.11 Geotekstil <i>Woven</i>	31
Gambar 3.12 Geotekstil <i>Non Woven</i>	31
Gambar 3.13 Tegangan-Regangan	34
Gambar 3.14 Diagram Tekanan Tanah Lateral	35
Gambar 4.1 Lokasi Proyek Pembangunan Jaan Tol Prabumulih-Muara Enim	43
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	45
Gambar 4.3 Tampang Melintang Lereng Sta 104+850	46
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Percepatan dan Waktu	50
Gambar 4.5 Peta Zonasi Gempa Indonesia	50
Gambar 5.1 Geometri Kondisi Desain Timbunan Tanah Asli	54
Gambar 5.2 Geometri Kondisi Desain Timbunan Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil	56
Gambar 5.3 Geometri Kondisi Desain Timbunan Lereng Dengan Ketinggian Muka Air Tanah -6 m	56
Gambar 5.4 Geometri Kondisi Desain Timbunan Lereng Dengan Ketinggian Muka Air Tanah +1 m	57
Gambar 5.5 Pemodelan Lereng Tanah Timbunan 8 m	58
Gambar 5.6 Jaringan Elemen (<i>Meshing</i>) Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur	58

Gambar 5.7 <i>Flow Condition</i> -6 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa Konstruksi	59
Gambar 5.8 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur	60
Gambar 5.9 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa	60
Gambar 5.10 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur	61
Gambar 5.11 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa	61
Gambar 5.12 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur	62
Gambar 5.13 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa	62
Gambar 5.14 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur	63
Gambar 5.15 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa	63
Gambar 5.16 Potensi Kelongsoran <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Gempa	64
Gambar 5.17 <i>Flow Condition</i> +1 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa Konstruksi	65
Gambar 5.18 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m Masa Konstruksi	66
Gambar 5.19 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan Akibat Beban Gempa dan Muka Air Tanah +1 m Masa Konstruksi	66
Gambar 5.20 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m	67
Gambar 5.21 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa Muka Air Tanah +1 m	67

Gambar 5.22 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m	68
Gambar 5.23 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa Muka Air Tanah +1 m	68
Gambar 5.24 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m	69
Gambar 5.25 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa dan Muka Air Tanah +1 m	69
Gambar 5.26 Potensi Kelongsoran <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Gempa pada Muka Air Tanah +1 m	70
Gambar 5.27 Jaringan Elemen (Meshing) Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi akibat Beban Lalu Lintas	71
Gambar 5.28 <i>Flow Condition</i> -6 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska Konstruksi	71
Gambar 5.29 <i>Deform mesh</i> Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas	72
Gambar 5.30 <i>Deform mesh</i> Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa	72
Gambar 5.31 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas	73
Gambar 5.32 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa	73
Gambar 5.33 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas	74
Gambar 5.34 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa	74
Gambar 5.35 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas	75
Gambar 5.36 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa	75

Gambar 5.37 Potensi Kelongsoran <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa	76
Gambar 5.38 <i>Flow Condition</i> +1 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska Konstruksi	77
Gambar 5.39 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m Paska Konstruksi	78
Gambar 5.40 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan Akibat Beban Gempa pada Muka Air Tanah +1 m Paska Konstruksi	78
Gambar 5.41 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m	79
Gambar 5.42 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa pada Muka Air Tanah +1 m	79
Gambar 5.43 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m	80
Gambar 5.44 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Gempa pada Muka Air Tanah +1 m	80
Gambar 5.45 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas Pada Muka Air Tanah +1 m	81
Gambar 5.46 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa Pada Muka Air Tanah +1 m	81
Gambar 5.47 Potensi Kelongsoran <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa pada M.A.T +1 m	82
Gambar 5.48 Kurva Angka Amam (SF) pada Lereng Timbunan Tanah +8 m Tanpa Perkuatan	83
Gambar 5.49 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Irisan Paska Konstruksi Ketinggian M.A.T +1 m	84
Gambar 5.50 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Timbunan Lereng	89
Gambar 5.51 Pemodelan Lereng Tanah Timbunan 8 m dengan Penguatan Geotekstil	94

Gambar 5.52 Jaringan Elemen (<i>Meshing</i>) Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi akibat Beban Struktur	95
Gambar 5.53 <i>Flow Condition</i> -6 m Lereng Timbunan Tanah 8 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi	96
Gambar 5.54 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur	97
Gambar 5.55 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa	97
Gambar 5.56 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur	98
Gambar 5.57 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa	98
Gambar 5.58 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m engan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur	99
Gambar 5.59 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa	99
Gambar 5.60 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur	100
Gambar 5.61 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa	100
Gambar 5.62 Potensi Kelongsoran <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Gempa	101
Gambar 5.63 <i>Flow Condition</i> +1 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi	102

Gambar 5.64 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m Masa Konstruksi	103
Gambar 5.65 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Akibat Beban Gempa dan Muka Air Tanah +1 m Masa Konstruksi	103
Gambar 5.66 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m	104
Gambar 5.67 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa Muka Air Tanah +1 m	104
Gambar 5.68 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m	105
Gambar 5.69 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa Muka Air Tanah +1 m	105
Gambar 5.70 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m	106
Gambar 5.71 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa dan Muka Air Tanah +1 m	106
Gambar 5.72 Potensi Kelongsoran <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Gempa pada Muka Air Tanah +1 m	107
Gambar 5.73 Jaringan Elemen (Meshing) Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi akibat Beban Lalu Lintas	108
Gambar 5.74 <i>Flow Condition</i> -6 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi	108
Gambar 5.75 <i>Deform mesh</i> Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas	109

Gambar 5.76 <i>Deform mesh</i> Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa	109
Gambar 5.77 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m engan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas	110
Gambar 5.78 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m engan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa	110
Gambar 5.79 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas	111
Gambar 5.80 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa	111
Gambar 5.81 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas	112
Gambar 5.82 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa	112
Gambar 5.83 Potensi Kelongsoran <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa	113
Gambar 5.84 <i>Flow Condition</i> +1 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi	114
Gambar 5.85 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m	115
Gambar 5.86 <i>Deformed Mesh</i> Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Akibat Beban Gempa pada Muka Air Tanah +1 m	115

Gambar 5.87 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m	116
Gambar 5.88 <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa pada Muka Air Tanah +1 m	116
Gambar 5.89 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m	117
Gambar 5.90 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Gempa pada Muka Air Tanah +1 m	117
Gambar 5.91 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas Pada Muka Air Tanah +1 m	118
Gambar 5.92 Nilai <i>Effective Stresses</i> Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa Pada Muka Air Tanah +1 m	118
Gambar 5.93 Potensi Kelongsoran <i>Total Displacement</i> Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa pada M.A.T +1 m	119
Gambar 5.94 Kurva Angka Amam (SF) pada Lereng Timbunan Tanah +8 m Dengan Perkuatan Geotekstil	120
Gambar 5.95 Grafik Perbandingan Nilai Angka Aman Lereng	124

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.Data Parameter Tanah	130
Lampiran 2.Potongan Melintang Proyek	131
Lampiran 3.Potongan Memanjang Proyek	132

ABSTRAK

Pembangunan Jalan tol Prabumulih-Muara Enim yang berada di pulau Sumatera Selatan yang memiliki peran dalam pengembangan dari suatu wilayah seperti ekonomi, sosial dan budaya. Dalam proses pembangunan jalan tol ruas Prabumulih-Muara Enim khususnya pada Sta 104+850 adalah area yang memiliki ketinggian kontur yang berbeda sehingga dalam pelaksanaannya perlu untuk menimbun tanah untuk mencapai badan jalan yang direncanakan.

Pada penelitian analisis stabilitas lereng dilakukan dengan program *plaxis* V20. Pada penelitian ini lereng timbunan kemiringan 1:1,5 dengan ketinggian 8m. Dilakukan analisis dengan dua kondisi, yaitu pada saat kondisi masa konstruksi dan pada saat pasca konstruksi dan menggunakan variasi ketinggian muka air tanah air tanah -6 m dan + 1 m. Permodelan lereng pada perencanaan akan diberi perkuatan pada jika tidak mencapai angka aman yang direncanakan dan akan diberi perkuatan geotekstil *woven* UW-250 yang diproduksi oleh PT. Teknindo Geosistem Unggul.

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai angka aman pada ketinggian muka air tanah -6 m tahap masa konstruksi didapatkan nilai angka aman 1,416, untuk tahap paska konstruksi didapatkan nilai angka aman 1,327, kedua nilai $SF > 1,3$ maka aman. Pada ketinggian muka air tanah +1 m pekerjaan masa konstruksi didapatkan nilai angka aman 1,163, sedangkan pekerjaan paska konstruksi didapatkan nilai angka aman 1,112, kedua nilai $SF < 1,3$ maka lereng dianggap labil. Lereng dengan perkuatan geotekstil ketinggian muka air tanah -6 m untuk tahap pekerjaan masa konstruksi didapatkan nilai angka aman 1,685, sedangkan untuk tahap pekerjaan paska konstruksi didapatkan nilai angka aman 1,554, kedua nilai $SF > 1,3$ maka aman. Pada pada ketinggian muka air tanah +1 m untuk tahap pekerjaan masa konstruksi didapatkan nilai angka aman (SF) 1,367 sedangkan untuk tahap paska konstruksi didapatkan nilai angka aman (SF) 1,305, nilai $SF > 1,3$ maka aman.

Kata Kunci: Lereng Timbunan, Angka Aman, Muka Air Tanah, Perkuatan Geotekstil

ABSTRACT

Construction of the Prabumulih-Muara Enim toll road located on the island of South Sumatra which has a role in the development of an area such as economy, social and culture. different so that in its implementation it is necessary to fill the soil to reach the planned road body.

In this study, slope stability analysis was carried out using program Plaxis V20. In this study, the embankment slope is 1:1.5 with a height of 8m. The analysis was carried out under two conditions, namely during the construction period and at the time of post-construction and using variations in ground water level of -6 m and + 1 m. Slope modeling in the planning will be strengthened if it does not reach the planned safety value and will be reinforced with geotextile woven UW-250 produced by PT. Teknindo Superior Geosystems.

The results of this study indicate the safe value at the ground water level of -6 m during the construction phase, the safe number value is 1.416, for the post-construction stage the safe value is 1.327, both SF values > 1.3 are safe. At a ground water level of +1 m during construction work, a safe value of 1.163 was obtained, while for post-construction work a safe value of 1.112 was obtained, both SF values < 1.3, then the slope was considered unstable. Slope with geotextile reinforcement with a ground water level of -6 m for the construction phase, a safe value of 1.685 was obtained, while for the post-construction work phase, a safe number value was 1.554, both SF values > 1.3 then it was safe. At a ground water level of +1 m for the construction phase, a safe number value (SF) of 1.367 was obtained, while for the post-construction stage a safe number value (SF) was 1.305, a SF value > 1.3 means it is safe.

Keywords: Embankment Slope, Safe Factor, Groundwater Level, Geotextile Reinforcement

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan zaman dan teknologi merupakan kunci dasar dari pembangunan besar-besaran infrastruktur yang terjadi di Indonesia, salah satunya adalah pembangunan di bidang transportasi yang memiliki peran dalam pengembangan dari suatu wilayah seperti ekonomi, sosial dan budaya. Pembangunan di bidang transportasi seperti proyek Jalan Tol merupakan akses pendukung dari pertumbuhan penduduk yang terjadi di Provinsi Sumatera Selatan. Berdasarkan hasil sensus penduduk yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2020, didapatkan hasil jumlah penduduk sebanyak 8,47 juta jiwa dibandingkan dengan proyeksi pada tahun 2010 sebanyak 7,44 juta jiwa, jumlah penduduk Sumsel mengalami pertumbuhan sebesar 1,25%.

Dalam pembangunan konstruksi jalan tol biasanya melewati kawasan perbukitan dan terkadang mempunyai lereng terjal dimana topografi tanah yang sangat beragam. Longsor adalah pergerakan material ke bawah dan keluar lereng karena pengaruh gaya gravitasi bumi (Vernes,1979). Peristiwa longsor merupakan salah satu ancaman yang sering terjadi pada dataran tinggi atau permukaan yang lebih tinggi disekitarnya. Kejadian tanah longsor umumnya terjadi pada musim penghujan yaitu ketika intensitas hujan yang tinggi menyebabkan peningkatan pori akibat pembasahan serta peningkatan kadar air dalam tanah. Tanah yang berada pada kondisi jenuh air dapat mengakibatkan kenaikan elevasi muka air tanah yang dapat menurunkan ketahanan pada lereng di bidang gelincirnya. Untuk mewujudkan transportasi yang aman, nyaman dan mempunyai konstruksi yang kuat diperlukan maka dalam pelaksanaannya diperlukan suatu analisis tentang stabilitas lereng.

Pembangunan jalan Tol ruas Prabumulih-Muara Enim zona 7 merupakan proyek yang akan menghubungkan kota Prabumulih dan Kabupaten Muara Enim yang memiliki panjang trase sejauh 54,5 Km akan melintasi empat kecamatan di

wilayah Kabupaten Muara Enim. Proyek ini masuk dalam Perpres No 100 tahun 2014 tentang Percepatan Pembangunan Jalan Tol di Pulau Sumatera, untuk mendorong pengembangan Kawasan di Pulau Sumatera dan mendukung pertumbuhan perekonomian nasional serta dalam rangka *masterplan* percepatan pembangunan dan perluasan ekonomi di Indonesia dari tahun 2010 hingga 2025.

Indonesia memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan penghujan. Pada proyek jalan tol perlu adanya perhatian khusus untuk memperhatikan tinggi muka air dalam tanah. Dalam proses pembangunan jalan tol ruas Prabumulih-Muara Enim khususnya pada Sta 104+850 adalah area yang memiliki ketinggian kontur yang berbeda sehingga dalam pelaksanaannya untuk mencapai *finish grade* permukaan jalan yang direncanakan maka akan dilakukan dengan cara menimbun tanah dengan ketinggian hingga 8 meter dari permukaan tanah asli. Dilakukan penimbunan tanah agar membentuk badan jalan sesuai dengan perencanaan pada gambar yang didesain.

Terdapat beberapa metode dalam analisis stabilitas lereng salah satunya adalah perkuatan geotekstil. Geotekstil itu sendiri merupakan metode dalam geoteknik yang menggunakan bahan sintesis polimer yang berfungsi sebagai separator, filter, proteksi dan perkuatan. Bahan dasar pembuatannya adalah *polyester*, *polypropylene*, *nylon*, *polyvinyl chloride*, dan campuran dari bahan-bahan tersebut. Geosintetik tersebut berfungsi sebagai penahan kelongsor yang mungkin terjadi pada lereng. Geosintetik ini mempunyai beberapa kelebihan dibanding metode lainnya, sebagai berikut ini.

1. Geosintetik menjadi perkuatan tanah dasar, dimana material geosintetik bersifat tembus air (*porous*), memiliki keahlian menahan tarik dan juga geser yang dapat melawan pergerakan tanah baik mengembang maupun menyusut.
2. Geosintetik sebagai dinding penahan tanah dapat mengatasi masalah pada susunan penahan tanah. Langkah tersebut dapat menambah kemampuan dalam menerima beban yang cukup besar.
3. Geosintetik pada timbunan tanah diatas tanah lunak dapat melindungi stabilitas tanah sampai tanah lunak terkonsolidasi.

4. Geosintetik sebagai perkuatan dinding penahan tanah lebih mudah serta lebih efisien dalam pelaksanaannya mengingat bahan geosintetik sebagai bahan yang sudah jadi dan dapat menghemat hingga 50% dari biaya konstruksi dibandingkan dengan bangunan struktur (campuran semen, pasir, kerikil, baja tulangan, air serta material lain yang diperlukan).

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka dalam perumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut ini.

1. Berapa nilai angka aman (SF) lereng timbunan 8 m pada masa konstruksi dengan variasi ketinggian muka air tanah -6 m dan +1 m menggunakan program Plaxis V20.
2. Berapa nilai angka aman (SF) lereng timbunan 8 m pada paska konstruksi dengan variasi ketinggian muka air tanah -6 m dan +1 m menggunakan program Plaxis V20.
3. Berapa nilai angka aman (SF) lereng timbunan 8 m pada masa konstruksi dengan variasi ketinggian muka air tanah -6 m dan +1 m setelah diberi perkuatan Geotekstil menggunakan program Plaxis V20.
4. Berapa nilai angka aman (SF) lereng timbunan 8 m pada paska konstruksi dengan variasi ketinggian muka air tanah -6 m dan +1 m setelah diberi perkuatan Geotekstil menggunakan program Plaxis V20.

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui nilai *safety factor* pada lereng timbunan 8 m pada masa konstruksi dengan variasi ketinggian muka air tanah -6 m dan +1 m menggunakan program Plaxis V20.
2. Mengetahui nilai *safety factor* pada lereng timbunan 8 m pada paska konstruksi dengan variasi ketinggian muka air tanah -6 m dan +1 m menggunakan program Plaxis V20.

3. Mengetahui nilai *safety factor* pada lereng timbunan 8 m pada masa konstruksi dengan variasi ketinggian muka air tanah -6 m dan +1 m setelah diberi perkuatan Geotekstil menggunakan program Plaxis V20.
4. Mengetahui nilai *safety factor* pada lereng timbunan 8 m pada paska konstruksi dengan variasi ketinggian muka air tanah -6 m dan +1 m setelah diberi perkuatan Geotekstil menggunakan program Plaxis V20.

1.4 Manfaat penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut ini.

1. Menambah pengetahuan bagi pembaca tentang program Plaxis V20.
2. Menambah pengetahuan bagi pembaca tentang stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil.
3. Sebagai acuan dalam perencanaan lapangan yang sama pada studi kasus proyek jalan Tol Prabumulih-Muara Enim Sta.104+850.
4. Sebagai acuan bagi mahasiswa atau peneliti yang lain untuk melakukan penelitian sejenis lainnya.

1.5 Batasan penelitian

Batasan-batasan masalah yang diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Lokasi studi adalah Proyek Pembangunan Jalan Tol Prabumulih-Muara Enim Sta 104+850.
2. Data tanah yang dipakai berasal dari uji di laboratorium dan lapangan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Prabumulih-Muara Enim Sta 104+850.
3. Tinggi lereng timbunan 8m.
4. Analisis stabilitas lereng menggunakan program Plaxis V20 dengan permodelan 2D metode Mohr-Coulomb.
5. Kemiringan Lereng adalah 1 Vertikal : 1,5 Horizontal
6. Ketinggian muka air tanah dibagi menjadi 2 variasi yaitu -6 m dan +1 m dari tanah asli

7. Bahan yang digunakan dalam stabilitas lereng adalah geotekstil woven UW-250.
8. Data tanah lereng yang digunakan berdasarkan hasil penelitian Laporan Analisa Geoteknik Pelaksanaan Pembangunan Jalan Tol Prabumulih-Muara Enim Sta. 104+850 oleh PT. Hutama Karya
9. Beban gempa yang digunakan berdasarkan gempa wilayah Prabumulih-Muara Enim.
10. Tidak dilakukan analisis biaya dan waktu.
11. Beban perkerasan tidak diperhitungkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Mengenai Stabilitas Lereng

2.1.1 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil dan Variasi Ketinggian Muka Air Tanah

Taufik (2017) melakukan penelitian tentang analisis stabilitas lereng pada Jalan Wanayasa-Banjarnegara Jawa Tengah, Sta. 70+500 untuk mengetahui nilai *safety factor*. Penelitian ini dilakukan menggunakan analisis program Plaxis 8.2 dan perhitungan manual menggunakan metode Fellinius dengan membandingkan analisis lereng dengan variasi tinggi muka air tanah.

Berdasarkan hasil analisis lereng asli sebelum diberikan perkuatan geotekstil menggunakan program Plaxis 8.2, lereng mengalami kelongsoran maka dilakukan analisa manual dengan menggunakan Metode Irisan (*Fellinius*) pada lereng asli tanpa beban didapatkan nilai *safety factor* 1,006 sedangkan pada lereng asli dengan beban kendaraan didapatkan nilai *safety factor* 0,995. Berdasarkan dari kedua nilai *safety factor* $< 1,5$, maka lereng dianggap labil dan tidak aman. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan perkuatan pada lereng dengan menggunakan geotekstil.

Hasil analisis menggunakan program Plaxis 8.2 untuk lereng setelah diberi perkuatan geotekstil pada muka air tanah 5,3 m dengan beban sendiri didapatkan nilai *safety factor* sebesar 1,809 sedangkan pada lereng dengan beban kendaraan didapatkan nilai *safety factor* 1,592, serta dengan beban kendaraan dan gempa didapatkan nilai *safety factor* 1,575. Tahapan selanjutnya dengan variasi tinggi pada muka air tanah 4,3 m (eksisting), nilai *safety factor* dengan beban sendiri didapatkan nilai 1,809, dengan beban kendaraan nilai *safety factor* sebesar 1,588 serta dengan beban kendaraan dan gempa didapatkan sebesar 1,569. Analisis selanjutnya dengan ketinggian muka air tanah 3,3 m, untuk nilai *safety factor* lereng akibat beban sendiri didapatkan sebesar 1,725, untuk lereng dengan beban kendaraan didapatkan sebesar 1,588, serta untuk lereng dengan beban kendaraan dan gempa didapatkan

sebesar 1,560. Nilai *safety factor* pada muka air tanah 2,3 m, dengan beban sendiri adalah sebesar 1,645, dengan beban kendaraan sebesar 1,588, serta dengan beban kendaraan dan gempa sebesar 1,534.

2.1.2 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope

Ardyana (2019) melakukan penelitian tentang analisis stabilitas lereng dengan bantuan program Geoslope dan perhitungan manual menggunakan Metode Fellinius untuk menentukan angka aman (*safety factor*) pada trase Jalan Ponorogo-Trenggalek Sta 31+100. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan *safety factor* dari stabilitas lereng yang ada pada lokasi tersebut. Kesimpulan pada penelitian ini didapatkan hasil analisis lereng tanah asli menggunakan *software Geoslope* tanpa beban gempa, nilai SF sebesar 1,125 sedangkan pada lereng dengan memperhitungkan beban gempa didapatkan nilai *safety factor* 0,564 berdasarkan dari kedua nilai *safety factor* $< 1,25$, maka lereng dianggap labil dan bahaya longsor. Kemudian peneliti melakukan analisis stabilitas lereng geometri baru dengan diberi perkuatan geotekstil dibagi panjang per zona menjadi 4 bagian timbunan masing-masing per 2 m dan juga seragam. Hasil analisis *software Geoslope* untuk panjang seragam tanpa beban gempa, Pertama zona 4 didapatkan nilai SF 2,552.

Kedua zona 4 dan 3 didapatkan nilai SF 2,562, Ketiga zona 4,3 dan 2 didapatkan nilai SF 2,632. Sedangkan untuk semua zona didapatkan nilai SF 2,771. Analisis dengan beban gempa zona 4 didapatkan nilai SF 1,098, untuk zona 4 dan 3 didapatkan nilai SF 1,131, untuk zona 4,3 dan 2 didapatkan nilai SF 1,131, untuk semua zona didapatkan nilai SF 1,182. Penelitian dilanjutkan dengan perhitungan untuk panjang per zona, analisis lereng tanpa beban gempa pada zona 4 didapatkan nilai SF sebesar 2,552, untuk zona 4 dan 3 didapatkan nilai SF 2,552, untuk zona 4,3 dan 2 didapatkan nilai SF sebesar 2,552, dan untuk semua zona didapatkan SF sebesar 2,634. Sedangkan untuk panjang per zona dengan beban gempa pada zona 4 didapatkan nilai SF sebesar 1,098, untuk zona 4 dan 3 didapatkan nilai SF sebesar 1,098, untuk zona 4,3 dan 2 didapatkan nilai SF sebesar 1,098 dan untuk semua zona didapatkan nilai SF sebesar 1,131.

2.1.3 Pengaruh Kondisi Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng Jalan dengan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Program Plaxis

Ardiansyah (2017) melakukan penelitian tentang stabilitas lereng yang berada di ruas jalan Banjarnegara-Karangkobar km 77, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. Peneliti melakukan analisis lereng dengan pengaruh variasi muka air tanah terhadap stabilitas lereng menggunakan program Plaxis 8.2 dengan memodelkan dua kondisi yaitu kondisi muka air tanah normal (-5 m) dan muka air tanah ekstrim (-1 m) dan agar meminimalisir longsoran dengan variasi perkuatan dengan menggunakan dinding penahan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor aman (SF) dari lereng eksisting ketika kondisi muka air tanah normal dianalisis kemudian sebagai permodelan lereng akan dibebani beban kendaraan serta perhitungan beban gempa. Setelah itu diberi perkuatan dinding penahan tanah menggunakan program Plaxis 8.2. Pengambilan data tanah diambil dari kampung Banjarnegara-Karangkobar km 77, Kabupaten Banjarnegara dan dilakukan perhitungan koefisien percepatan gempa berdasarkan peta zonasi gempa di wilayah Kota Banjarnegara Jawa Tengah yaitu sebesar 0,3g untuk menghitung berat bangunan diatas lereng menggunakan *software* SAP2000 didapatkan nilai beban vertikal 15 kN/m^3 .

Analisis permodelan menggunakan *software* Plaxis v 8.2 diperoleh faktor aman (SF) lereng eksisting dan dengan beban kendaraan sebesar 1,081 pada kondisi muka air tanah normal, sedangkan untuk analisis lereng dengan beban kendaraan pada kondisi muka air tanah ekstrim didapatkan nilai faktor aman (SF) sebesar 1,043. Kedua nilai SF tersebut $< 1,5$ atau tidak memenuhi syarat *safety factor* sehingga perlu perancangan perkuatan yaitu dinding penahan tanah untuk mengantisipasi longsoran. Analisis lereng dilakukan dengan perkuatan dinding penahan tanah dengan pengaruh muka air tanah normal dan ekstrim serta dengan dibebani beban kendaraan dan beban gempa. Pada analisis muka air tanah normal akibat beban kendaraan dan beban gempa didapatkan nilai *safety factor* sebesar 2,75 dan untuk muka air tanah ekstrim yaitu -1 m dengan perkuatan dinding penahan tanah akibat beban kendaraan ditambah dengan beban gempa didapatkan nilai

safety factor sebesar 1,85. Nilai *safety factor* tersebut $>1,5$ maka lereng sudah memenuhi syarat aman.

2.1.4 Analisis Stabilitas Timbunan Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil

Menggunakan Program Plaxis

Suryadinullah (2018) melakukan analisis timbunan tanah pada proyek jalan tol Terbanggi Besar-Pemantang Panggang STA 3+650 provinsi Lampung yang merupakan tol pertama pada pulau Sumatera. Penelitian ini menggunakan variasi tinggi timbunan mulai dari 2m, 4m, 6m, dan 8m. Untuk variasi pemodelan mempunyai jenis timbunan tanah asli dengan syarat nilai angka aman ijin 1,3, jika belum memenuhi maka akan dilakukan analisis timbunan tanah asli dengan *replacement*, dan timbunan tanah asli dengan perkuatan Geotekstil untuk mencapai angka aman sebesar 1,3. Kondisi timbunan yang akan dianalisis yaitu menggunakan dua tahap, tahap pertama pada masa konstruksi dimana pada masa konstruksi ini beban yang terdapat pada timbunan yaitu beban pada saat pekerjaan yang diambil sebesar 10 kN/m^2 dan pada tahap kedua pada masa pasca konstruksi dimana beban lalu lintas saat pasca konstruksi ini memiliki beban yang terdapat diatas timbunan yaitu 25 kN/m^2 . Peneliti mengambil data hasil penyelidikan tanah dari PT. Egis International Indonesia dan untuk perkuatannya dengan menggunakan geotekstil jenis woven atau geotekstil teranyam dari PT. Tetrasa Geosindo. Pada analisis beban gempa data yang digunakan yaitu SMC dengan durasi gempa pada data kawasan *American Canyon California* pada tahun 2014 dan untuk percepatan pada daerah Lampung memiliki puncak gempa (PGA) sebesar 0,25-0,3g dengan waktu interval akibat beban gempa yang digunakan pada saat dimasukkan ke dalam program *Plaxis V. 8.6* sebesar 14,8 detik. Hasil analisis dengan program *Plaxis V 8.6* pada timbunan 2m mempunyai angka aman (SF) masa konstruksi 1,8410 dan pasca konstruksi sebesar 1,7894. Untuk timbunan 4m didapatkan angka aman (SF) pada masa konstruksi sebesar 1,7014 dan pada masa pasca konstruksi sebesar 1,4882. Untuk timbunan 6m didapatkan angka aman (SF) pada masa konstruksi dengan nilai 1,4354 dan pasca konstruksi sebesar 1,2469. Untuk timbunan 8m didapatkan

nilai angka aman (SF) pada masa konstruksi sebesar 1,2479 dan pasca konstruksi sebesar 1,1868.

Pada timbunan lereng 6m dan timbunan lereng 8m nilai angka aman yang didapatkan masih lebih kecil dari angka aman yang diijinkan sebesar 1,3, maka dilakukan kembali analisis timbunan lereng pada timbunan lereng 6m dan timbunan lereng 8m akan tetapi ditambahkan dengan *replacement* yang nantinya berguna untuk memperbaiki tanah dasar dengan digali sedalam 1m. Setelah dilakukan analisis lagi dengan program *Plaxis* didapatkan timbunan 6m dengan *replacement* nilai SF pada masa konstruksi sebesar 1,4696 dan pasca konstruksi sebesar 1,3565. Untuk timbunan 8m dengan *replacement* didapatkan nilai SF pada masa konstruksi sebesar 1,2781 dan pasca konstruksi sebesar 1,2192. Pada penelitian ini sebagai variasi kedua peneliti melakukan penambahan perkuatan tanah dengan geotekstil, dan hasil analisisnya untuk timbunan 6m dengan perkuatan geotekstil didapatkan nilai angka aman (SF) masa konstruksi 1,8405 dan pasca konstruksi 1,5886. Untuk timbunan 8m dengan perkuatan geotekstil didapatkan angka aman (SF) masa konstruksi 1,6501 dan pasca konstruksi 1,4275.

2.1.5 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus: Bantaran Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta)

Pradhana (2018) melakukan analisis stabilitas lereng yang berada dibantaran Sungai Kali Code Kampung Gondolayu, Kecamatan Jetis, Kabupaten Yogyakarta, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu tebing yang rawan longsor disekitar perumahan dan pertokoan. Pada penelitian ini penulis melakukan variasi pada beban vertikal (10 kN/m^3 dan 20 kN/m^3) dan dua variasi muka air tanah yaitu -19 m dan -16 m dan beban gempa dan dianalisis menggunakan program *Geoslope*. Pada lereng sebelum longsor hasil analisis menggunakan program *Geoslope* didapatkan nilai SF lereng setelah longsor dengan variasi beban vertikal, dan beban vertikal 2 adalah 1,055 dan 1,040. Hasil menunjukkan nilai $SF \leq 1,07$, maka lereng labil. Variasi muka air tanah 1, dan muka air tanah 2 adalah 1,030 dan 0,981. Hasil menunjukkan $SF \leq 1,07$, maka lereng dianggap labil. Untuk variasi muka air tanah 1, dan muka air tanah 2 adalah 1,039 dan 0,981. Hasil menunjukkan nilai $SF \leq 1,07$,

maka lereng dianggap labil. Pada analisis dengan memperhitungkan beban gempa didapatkan nilai SF sebesar 0,861, karena nilai $SF \leq 1,07$, maka lereng dianggap labil.

Berdasarkan analisis menggunakan program *Geoslope* lereng setelah longsor didapatkan SF dengan variasi beban verikal 1 yaitu 10 kN/m^3 dan beban vertikal 2 yaitu 20 kN/m^3 didapatkan nilai SF sebesar 1,293 dan 1,284. Karena $SF \geq 1,25$, maka lereng akan terjadi longsor. Pada analisis untuk variasi muka air tanah 1, dan muka air tanah 2 didapatkan nilai SF sebesar 1,07 dan 1,089. Hasil menunjukkan nilai SF diantar 1,07 sampai 1,25, maka lereng dianggap pada keadaan kritis. Pada analisis dengan memperhitungkan beban gempa didapatkan SF sebesar 0,956. Karena $SF \leq 1,07$, maka lereng dianggap labil. Peneliti melakukan perencaana menggunakan perkuatan geotekstil pada lereng asli setelah longsor, didapatkan nilai SF untuk beban vertikal 1, dan beban vertikal 2 adalah sebesar 1,683 dan 1,695. Nilai SF tersebut $\geq 1,25$ maka longsor jarang terjadi. Pada analisis variasi muka air tanah 1 dan muka air tanah 2 didapatkan nilai SF 1,623 dan 1,567. Hasil menunjukkan nilai $SF \geq 1,25$, maka lereng jarang terjadi longsor.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitaian Terdahulu dan Sekarang

	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
Peneliti	Taufik (2017)	Ardyana (2019)	Ardiyansyah (2017)	Suryadinullah (2018)	Pradhana (2018)	Maulana (2021)
Judul Penelitian	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil dan Variasi Ketinggian Muka Air Tanah Program Plaxis	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope	Pengaruh Kondisi Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng Jalan dengan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Program Plaxis	Analisis Stabilitas Timbunan Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus: Bantaran Sungai Code)	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Variasi Ketinggian Muka Air Tanah Menggunakan Perkuatan Geotekstil
Lokasi	Jalan Wanayasa-Banjarnegara, Jawa Tengah Sta. 70+500	Trase Jalan Ponorogo-Trenggalek Sta. 31+100	Ruas Jalan Banjarnegara-Karangobar km 77 Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah	Proyek Jalan Tol Tebanggi Besar-Pematang Sta. 3+650 Provinsi Lampung	Bantaran Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta	Proyek Jalan Tol Prabumulih-Muara Enim Sta. 104+850
Tipe Perkuatan	Perkuatan lereng dengan menggunakan Geotekstil	Perkuatan lereng dengan menggunakan Geotekstil	Perkuatan dinding Penahan Tanah	Perkuatan menggunakan Geotekstil	Perkuatan lereng menggunakan Geotekstil	Perkuatan lereng dengan menggunakan Geotekstil

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
Peneliti	Taufik (2017)	Ardyana (2019)	Ardiyansyah (2017)	Suryadinullah (2018)	Pradhana (2018)	Maulana (2021)
Metode	Peneliti mengkaji pengaruh tinggi muka air tanah pada lereng terhadap nilai aman lereng, serta pengaruh penambahan geotekstil pada lereng dan dianalisis menggunakan program Plaxis. Kemudian menggunakan variasi pembebanan berupa beban gempa dan kendaraan.	Penelitian dilakukan untuk menghitung nilai stabilitas lereng (<i>safety factor</i>) pada lereng yang sebelum diberi beban gempa dan setelahnya. Untuk kekuatannya menggunakan Geotekstil dengan timbunan dibagi menjadi 4 zona dengan perbedaan kedalaman masing-masing per 2m. Kemudian dianalisis menggunakan Program <i>Geoslope</i>	Penelitian ini mengkaji stabilitas lereng untuk mencari nilai (SF) dengan variasi ketinggian muka air tanah normal dan ekstrim dengan kekuatan dinding penahan tanah pada lereng menggunakan <i>software Plaxis 8.2</i> . Dengan memperhitungkan percepatan gempa sebesar 0.3g dan beban vertical pada lereng 15 kN/m ³ .	Penelitian ini mengkaji stabilitas lereng dengan variasi tinggi timbunan mulai dari 2m, 4m, 6m, dan 8m. Beban pada masa konstruksi tahap pertama sebesar 10 kN/m ² dan tahap kedua pasca konstruksi dengan beban lalu lintas sebesar 25 kN/m ² .	Penelitian ini mengkaji stabilitas lereng dengan variasi pada beban vertikal yaitu 10 kN/m ³ dan 20 kN/m ³ dan variasi ketinggian muka air tanah yaitu -19 m dan -16 m dengan meperhitungkan beban gempa	Penelitian mengkaji pengaruh variasi ketinggian muka air tanah pada lereng terhadap nilai aman lereng, serta pengaruh penambahan geotekstil pada lereng dan analisis menggunakan program Plaxis V20. Dengan menggunakan variasi beban gempa dan kendaraan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
Peneliti	Taufik (2017)	Ardyana (2019)	Ardiyansyah (2017)	Suryadinullah (2018)	Pradhana (2018)	Maulana (2021)
Hasil Analisis	Pada variasi ketinggian muka air tanah penggunaan perkuatan geotekstil sangat berpengaruh pada kenaikan pada nilai <i>safety factor</i> . Lereng sebelumnya mengalami kelongsoran dengan adanya perkuatan maka lereng menjadi aman.	Analisis menggunakan Metode Fellinius dengan menggunakan <i>software Geoslope</i> dengan analisis timbunan per 2m yang dibagi menjadi 4 zona didapatkan hasil perkuatan lereng menjadi aman. Untuk panjang seragam zona 4 dan 3 didapatkan nilai SF 1,131. Untuk zona 4,3 dan 2 didapatkan nilai SF 1,131 dan untuk semua zona didapatkan nilai SF 1,182	Hasil penelitian dengan menggunakan program <i>Plaxis</i> pada kondisi muka air tanah normal (-5m) akibat beban kendaraan dan gempa didapatkan nilai SF 2,75. Sedangkan muka air tanah ekstrim (-1m) perkuatan DPT didapatkan nilai SF 1,85.	Hasil penelitian dengan menggunakan <i>software Plaxis</i> timbunan 2m mempunyai angka aman (SF) masa konstruksi 1,8410 dan pasca konstruksi sebesar 1,7894. Untuk timbunan 4m didapatkan angka aman (SF) pada masa konstruksi sebesar 1,7014 dan pada masa pasca konstruksi sebesar 1,4882. Untuk timbunan 6m dengan perkuatan geotekstil didapatkan nilai angka aman (SF) masa konstruksi 1,8405 dan pasca konstruksi 1,5886. Untuk timbunan 8m dengan perkuatan geotekstil didapatkan angka aman (SF) masa konstruksi 1,6501 dan pasca konstruksi 1,4275	Hasil penelitian dengan menggunakan <i>geoslope</i> didapatkan nilai SF setelah diberi perkuatan geotekstil untuk beban vertikal 1 dan 2 sebesar 1,683 dan 1,695 dan untuk variasi muka air tanah 1 dan 2 nilai SF-nya sebesar 1,623 dan 1,567	Penggunaan perkuatan geotekstil memberikan pengaruh pada lereng dengan naiknya nilai <i>safety factor</i> . Lereng yang sebelumnya dengan variasi muka air tanah rawan kelongsoran dengan adanya perkuatan maka lereng menjadi aman.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

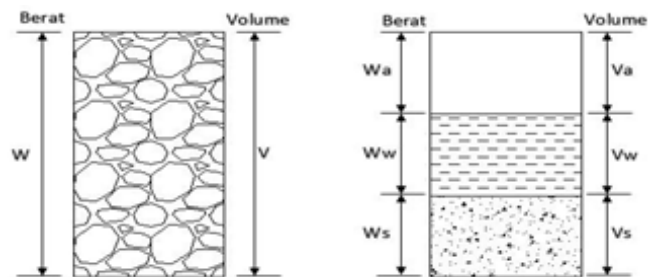
Dalam pandangan bidang teknik sipil, semua bangunan konstruksi direkayasa untuk bertumpu pada tanah. Fungsi tanah adalah sebagai penyalur untuk beban konstruksi di atasnya, oleh sebab itu tanah merupakan dasar yang berperan sangat penting sebagai pondasi dari suatu bangunan.

Berdasarkan Hardiyatmo (2010), tanah adalah himpunan mineral yang terdiri dari berbagai bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara maupun keduanya. 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 diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses kimia lainnya. 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*).

Berdasarkan Das (1995) didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah umumnya dapat berupa kerikil, pasir, lanau, atau lempung tergantung dari partikel tanah yang paling mendominasi.

3.1.1 Parameter Tanah

Berdasarkan Hardiyatmo (2010), tanah dapat terdiri dari beberapa bagian. Didalam tanah yang kering, terdapat dua bagian yaitu butiran tanah dan udara. Pada tanah jenuh, tanah memiliki dua bagian yaitu butiran tanah dan air. Sedangkan tanah tidak jenuh, terdapat tiga bagian yaitu butiran tanah, udar dan air. Bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada diagram fase ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram Fase Tanah

1. Kadar air (w)

Kadar air adalah perbandingan anatar berat air (W_w), dengan berat butiran padat (W_s) dalam tanah tersebut, nilai kadar air dinyatakan dalam persen, Kadar air dapat dinyatakan dengan Persamaan 3.1.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (3.1)$$

Dengan,

w = kadar air (%)

W_w = berat air (kN/m^3)

W_s = berat butiran padat (kN/m^3)

2. Angka pori (e)

Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s), Biasanya juga dinyatakan dengann decimal dapat dinayatakan dengan Persamaan 3.2.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (3.2)$$

Dengan,

e = angka pori

V_v = volume rongga (m^3)

V_s = volume butiran tanah (m^3)

3. Berat Spesifik atau berat jenis (*spesific gravity*) tanah (G_s)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume butiran padat, dengan berat volume air, pada temperature 4 C, dapat dinyatakan dengan Persamaan 3.3.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.3)$$

Dengan,

γ_s = berat volume tanah (kN/m^3)

γ_w = berat volume air (kN/m^3)

4. Berat volume tanah basah (γ)

Berat volume tanah basah dapat dinyatakan dengan Persamaan 3.4 sebagai berikut ini.

$$\gamma = \frac{G_s \gamma_w (1+w)}{1+e} \quad (3.4)$$

Dengan,

G_s = gempu spesifik

W_w = berat air

w = kadar air

e = angka pori

5. Berat volume tanah jenuh air (γ_{sat})

Berat volume tanah jenuh air (γ_{sat}), ($S=100\%$) dinyatakan dengan Persamaan 3.5 sebagai berikut ini.

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s \gamma_w (1+w)}{1+e} \quad (3.5)$$

Dengan,

G_s = gempa spesifik

γ_w = berat volume air (kN/m³)

w = kadar air

e = angka pori

6. Modulus Young

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan dengan rengangan. Nilai ini bisa didapatkan dari uji *Triaxial Test*. Umumnya nilai modulus elastisitas (E) ditentukan dari uji triaksial kondisis *undrained*, dan nilai E ditentukan dari pendekatan kemiringan kurva tegangan-regangan yang diambil pada setengah dari beban ultimit aksial.

Schmermann (1970) menyatakan bahwa modulus elastisitas tanah dapat diperoleh menggunakan korelasi nilai dari data pengujian N-SPT yang dinyatakan pada Persamaan 3.6 dan 3.7

$$E_s \text{ (KN/m}^2\text{)} = 766 \times \text{N-SPT} \quad (3.6)$$

$$E_s = 2 \text{ } q_c \quad (3.7)$$

Nilai Modulus elastisistas (E_s) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hubungan Jenis Tanah dengan Nilai Modulus Elastisitas

Macam Tanah	E (kN/m ²)
LEMPUNG	
Sangat Lunak	300-3000
Lunak	2000-4000
Sedang	4500-5000
Keras	7000-20000
Berpasir	30000-42500
PASIR	
Berlananu	5000-20000
Tidak Padat	10000-25000
Padat	50000-100000
PASIR DAN KRIKIL	
Padat	80000-200000
Tidak Padat	50000-140000
LANAU	2000-20000
LOESS	15000-60000
CADAS	140000-1400000

Sumber: Bowless (1977)

7. Poisson Ratio

Nilai poisson ratio ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan permukaan lateral. Nilai poisson ratio dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hubungan Jenis Tanah dengan Poisson Ratio

Macam Tanah	V
Lempung jenuh	0,40 – 0,50
Lempung tak jenuh	0,10 – 0,50
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
Loesss	0,10 – 0,30
Beton	0.15

Sumber: Bowles (1977)

8. Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik antara partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Nilai ini didapatkan dari pengujian *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*.

9. Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah dapat didefinisikan sebagai tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser dibawah sesuatu kondisi yang diberikan. Kekuatan geser (*sheer strength*) tanah merupakan gaya tahanan internal yang bekerja per satuan luas masa tanah untuk menahan keruntuhan atau kegagalan sepanjang bidang runtuh dalam masa tanah tersebut. Adapun hubungan antara jenis tanah dengan kuat geser tanah dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hubungan Jenis Tanah dengan Kuat Geser Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam
Kerikil kepasiran	35–40
Kerikil kerakal	35–40
Pasir padat	35–40
Pasir lepas	30
Lempung Berpasir	25-30
Lempung Kelanauan	15-25

Sumber: Das (1994)

3.1.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat fisis dari tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, maka klasifikasi secara umum dikelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah yang memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan

tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isis dan sebagainya (Bowless, 1989).

Tanah dapat diklasifikasi secara umum sebagai tanah tidak kohesif dan tanah kohesif atau sebagai tanah berbutir kasar atau tanah berbutir halus. Istilah ini terlalu umum, sehingga memungkinkan terjadinya identifikasi yang sama untuk tanah-tanah yang hampir sama sifatnya.

Berdasarkan sifat dan karakteristik tanah, tanah dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis golongan tanah. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas sifat-sifat ukuran partikel atau butiran dan plastisitas. Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang sering digunakan, yaitu *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)* dan *USCS (Unified Soil Classification System)*.

3.2 Lereng

3.2.1 Pengertian umum

Lereng adalah permukaan bumi/tanah yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Pada pengertian yang lain disebutkan bahwa lereng merupakan suatu kondisi permukaan tanah dimana terdapat perbedaan elevasi antara suatu daerah dengan daerah yang lain dan membentuk kemiringan tertentu. Berdasarkan asal muasal pembentukannya lereng dibagi menjadi dua macam yaitu lereng yang terbentuk oleh alam dan lereng yang terbentuk akibat ulah manusia.

3.2.2 Faktor keamanan

Didalam analisis lereng dengan permukaan gelincir yang diasumsikan sebagai lengkung lingkaran, maka gaya yang mendorong massa tanah diatas daripada 25 lengkungan lingkaran sehingga menggelincir maka harus dibandingkan dengan gaya geser sepanjang lengkung lingkaran yang menahan longsoran itu. Berbagai metode diusulkan untuk perbandingan antara gaya dorong dengan gaya penahan. Sehingga angka aman: gaya yang menggelincirkan gaya penahan $SF =$ bila faktor keamanan didapatkan nilai 1, maka berarti lereng sudah hampir dalam keadaan keruntuhan lereng/longsor. Akibatnya, untuk mendapatkan lereng yang

stabil atau yang ditetapkan makan *safety fator* ($SF \geq 1,0$). Didalam buku Mekanika Tanah 1 karya (Hardiyatmo H.C., 2010), Bowless J.E. (1989) menjelaskan bahwa lereng berdasarkan nilai *safety factor* (SF) nya dapat dilihat pada Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.4 Nilai Faktor Keamanan untuk Perancangan Lereng

Faktor Keamanan (F)	Keadaan Lereng
$F < 1,00$	Lereng dalam kondisi tidak mantap (lereng labil)
$1,00 < F < 1,20$	Lereng dalam kondisi kemantapan diragukan
$1,30 < F < 1,40$	Lereng dalam kondisi memuaskan
$1,5 < F < 1,70$	Lereng dalam kondisi mantap (lereng stabil)

Sumber: Sosrodarsono (2003)

Tabel 3.5 Faktor Keamanan Lereng

Faktor Keamanan	Status Lereng	Intensitas Longsor
$SF < 1,07$	Lereng Labil	Longsor sering terjadi
$1,07 \geq SF \geq 1,25$	Lereng Kritis	Longsor pernah terjadi
$1,25 \geq SF$	Lereng relatif stabil	Longsor jarang terjadi

Sumber: Bowless (1989)

3.2.3 Penyebab kelongsoran

Berdasarkan Hardiyatmo (2014), kelongsoran lereng alam dapat terjadi dari hal-hal sebagai berikut ini.

1. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban lereng dapat berupa bangun baru, tambahan beban air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenang di permukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuhan-tumbuhan yang tertiup angin dan lain-lain.
2. Penggalan yang mempertajam kemiringan lereng.
3. Penggalan atau pemotongan tanah pada kaki lereng.

4. Kenaikan tekanan tanah lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral)
5. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) pada bendung, sungai dan lain-lain.
6. Penurunan tanah geser tanah pembentuk lereng akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut dan lain-lain.
7. Gempa bumi

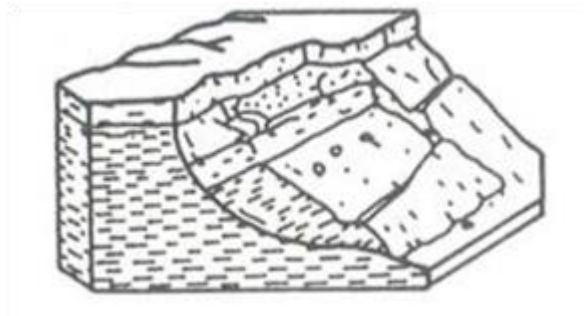
3.2.4 Macam-macam Kelongsoran

Kelongsoran adalah pergerakan massa batuan, bahan rombakan dan tanah pada suatu lereng yang berpindah tempat karena gravitasi dan terganggunya keseimbangan gaya yang bekerja antar beban berat sendiri tanah/batuan dan kemampuannya dalam menahan beban Cruden (1991).

Menurut Hardiyatmo (2014) karakteristik kegagalan lereng dapat dibagi menjadi enam macam.

1. Longsoran rotasi

Longsoran rasional umumnya terjadi pada lereng yang tanahnya homogen. Bidang longsor berbentuk lingkaran dan dalam, dan massa tanah yang longsor cenderung menyatu, walaupun kadang-kadang tampak adanya *scarp* di bagian atas longsor. Longsoran rasional dapat terjadi pada timbunan atau galian. Adapun gambar longsor rasional dapat dilihat pada Gambar 3.3.

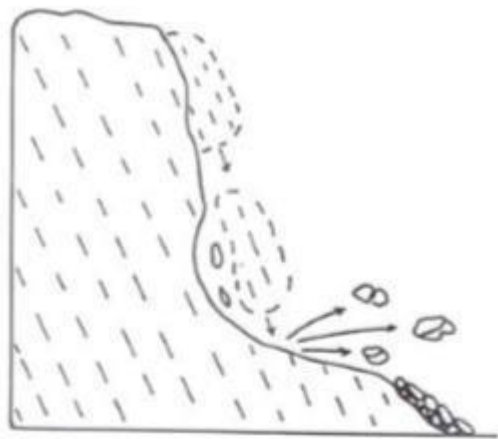


Gambar 3.2 Gambar Tanah Jenis Longsor Rotasi

(Sumber: Mitchell dan Villet, 1987)

2. Longsor Rayapan (*Creepflow*)

Lereng yang mengalami rayapan, bergerak sangat perlahan. Rayapan menerus dapat terjadi pada tegangan geser yang rendah dan terjadi pada waktu yang lama dengan tanpa penyebab keruntuhan lereng. Rayapan menerus sering terjadi pada tanah-tanah lempung dan batuan yang kelebihan beban. Seperti contoh, dia area pemukiman penduduk, terdaat kecendrungan tempat tinggal yang kecil, karena harga tanah yang mahal. Adapun gambar longsoraan rayapan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Gerakan Tanah Jenis Runtuhan

3. Longsor Translasi

Longsor translasional terjadi dengan bidang longsor datar dan massa tanah yang longsor berbentuk baji. Bidang longsor dapat terjadi mengikuti lapisan tanah

lempung lunak dengan kuat geser rendah, atau lapisan lanau tersisip diantara dua lapisan lempung. Sering pula bidang longsor mengikuti arah permukaan batuan dasar (*bedrock*). Adapun gambar longsoran translasi dapat dilihat pada Gambar 3.5



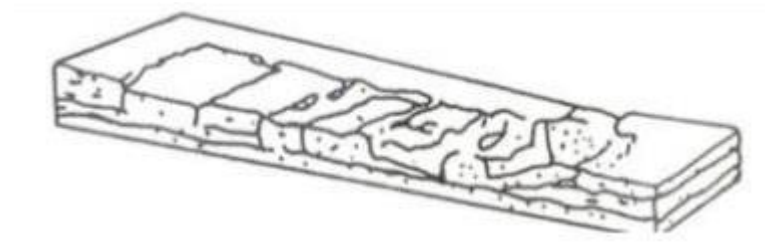
Gambar 3.4 Gerakan Tanah Jenis Longsoran Translasi

(Sumber: Mitchell dan Villet, 1987)

4. Rayapan (*Creep*)

Rayapan atau rangkak (*creep*) adalah gerakan tanah atau batuan pembentuk lereng yang kurang lebih kontinyu dalam arah tertentu. Rayapan ini, bisa terjadi pada tanah di dekat permukaan maupun pada kedalaman tertentu. Umumnya, besarnya gerakan dipengaruhi oleh beberapa factor: kuat geser lempung, sudut lereng, tinggi lereng, waktu, kondisi kelembaban dan ketebalan zona rayapan efektif (Lytton dan Dyke, 1980).

Lereng yang mengalami rayapan, bergerak sangat perlahan. Rayapan menerus dapat terjadi pada tegangan geser yang rendah dan terjadi pada waktu yang lama dengan tanpa penyebab keruntuhan lereng. Rayapan menerus sering terjadi pada tanah-tanah lempung dan batuan yang kelebihan beban. Seperti contoh, di area permukiman penduduk, terdapat kecenderungan tempat tinggal yang kecil, karena harga tanah yang mahal. Adapun gambar longsoran rayapan dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.5 Gerakan Tanah Jenis Rayapan

(Sumber: Mitchell dan Villet, 1987)

5. Aliran

Longsoran yang berupa aliran lanau atau lumpur berupa gerakan material tanah dangkal di dekat permukaan. Aliran lumpur terdiri dari aliran tanah lembek jenuh yang bergerak ke bawah seperti air. Kelongsoran sering terjadi tanpa tanda-tanda selama atau sesudah hujan lebat, atau kalau di negara barat ketika salju mencair. Aliran lumpur ini, sering terjadi pada lereng tajam yang tanah pembentukannya berupa pasir atau lanauan dengan atau sedikit kandungan lempung. Adapun gambar longsoran aliran dapat dilihat pada Gambar 3.7



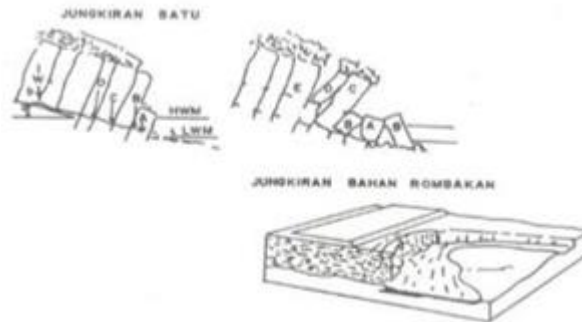
Gambar 3.6 Gerakan Tanah Jenis Aliran

(Sumber: Mitchell dan Villet, 1987)

6. Longsoran Blok

Longsoran blok terjadi dalam bentuk blok masif dari material tanah atau batuan yang bergerak dalam satu kesatuan dan terjadi disepanjang bidang longsor tertentu, atau di sepanjang kekar (*joint*) batuan. Bidang longsor umumnya terdiri dari material lemah atau kekar. Longsoran balok dapat terdiri dari unit tunggal maupun banyak yang bergerak pada waktu yang berbeda. Longsoran tipe ini sangat

berbahaya, Karena terjadi sangat cepat dan tanpa tanda-tanda awal. Adapun gambar longsoran blok dapat dilihat pada Gambar 3.8

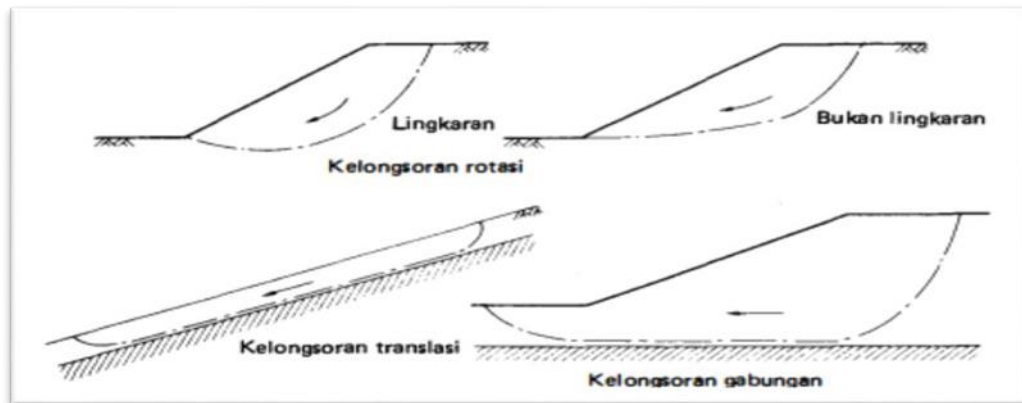


Gambar 3.7 Gerakan Tanah Jenis Longsor Blok

(Sumber: Mitchell dan Villet, 1987)

3.2.5 Stabilitas Lereng

Gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) cenderung menyebabkan ketidakstabilan (instability) pada lereng alami (natural slope), pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan pada lereng tanggul serta bendungan tanah (earth dams). Tipe keruntuhan lereng yang paling penting digambarkan pada Gambar 3.9. Dalam kelongsoran rotasi (rotasional slip) bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran (circular arc) atau kurva bukan lingkaran. Pada umumnya, kelongsoran lingkaran berhubungan dengan kondisi tanah yang homogen dan kelongsoran bukan lingkaran berhubungan dengan kondisi tidak homogen. Kelongsoran translasi (translational slip) dan kelongsoran gabungan (compound slip) terjadi bila bentuk permukaan runtuh dipengaruhi oleh adanya kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan. Kelongsoran translasi cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relatif dangkal di bawah permukaan lereng, di mana permukaan runtuhnya akan berbentuk bidang dan hampir sejajar dengan lereng. Kelongsoran gabungan biasanya terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih besar, dan permukaan runtuhnya terdiri dari bagian-bagian lengkung dan bidang.



Gambar 3.8 Tipe-Tipe Keruntuhan Lereng

(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Di dalam praktek metode keseimbangan batas (*limiting equilibrium method*) digunakan dalam menganalisis stabilitas lereng. Dianggap bahwa keruntuhan (*failure*) terjadi pada titik di sepanjang permukaan runtuh yang diasumsikan maupun yang diketahui. Kekuatan geser dengan dibutuhkan untuk mempertahankan kondisi keseimbangan batas dibandingkan dengan kekuatan geser yang ada pada tanah, dan akan memberikan faktor keamanan rata-rata sepanjang permukaan runtuh. Masalah tersebut dianggap dua-dimensi, kondisi regangan bidang diasumsikan. Telah diperlihatkan bahwa analisis dua-dimensi memberikan hasil yang aman untuk suatu keruntuhan pada permukaan tiga-dimensi (*dishshaped*).

1. Metode Fellinius

Metode ini mengasumsikan bahwa, untuk setiap irisan gaya-gaya antar irisan adalah nol. Penyelesaian tersebut meliputi penyelesaian ulang untuk gaya-gaya pada setiap irisan yang tegak lurus terhadap dasar, yaitu dengan menggunakan Persamaan 3.8 dan Persamaan 3.9 berikut ini.

$$N' = (W \times \cos \alpha) - (u \times l) \quad (3.8)$$

$$SF = \frac{c' \cdot L_{\alpha} + \tan \varphi' \cdot \sum N'}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (3.9)$$

Dengan:

N' = Gaya Normal Efektif

W = Berat Total Irian

α = Sudut Geser Singgung masing-masing Irian

u = Tekanan Air Pori pada Pusat Dasar

l = Panjang Dasar

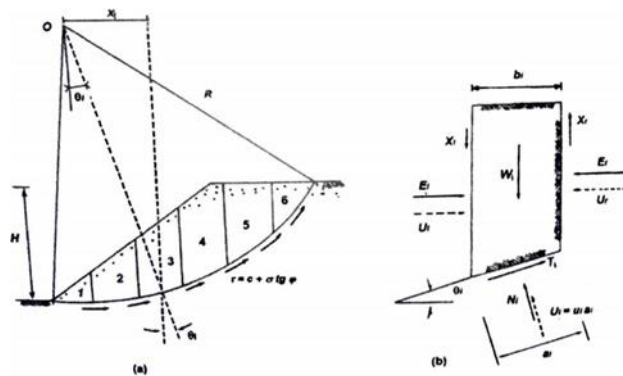
L_a = Panjang Busur

ϕ = Sudut Gesek Dalam

c' = Kohesi Tanah Efektif

2. Metode Irian

Gaya normal yang bekerja pada suatu titik di lingkaran bidang longsor, terutama dipengaruhi oleh berat tanah diatas titik tersebut. Dalam metode irisan, massa tanah yang longsor dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Gaya-gaya yang bekerja pada setiap irisan dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.9 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Irisan

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Faktor keamanan merupakan rasio kekuatan geser yang ada (τ) terhadap kekuatan geser (τ_m) yang harus dikerahkan untuk mempertahankan syarat batas keseimbangan. Untuk menghitung faktor aman dapat digunakan Persamaan 3.10 sebagai berikut.

$$SF = \frac{\tau}{\tau_m} \quad (3.10)$$

Dengan meninjau momen terhadap titik O, jumlah momen akibat gaya-gaya geser pada busur keruntuhan AC harus sama dengan momen akibat massa tanah ABCD. Untuk setiap irisan, lengan momen' $W = r \cdot \sin \alpha$ sehingga dapat dibentuk Persamaan 3.11, Persamaan 3.12 dan Persamaan 3.13 berikut ini.

$$\sum Tr = \sum W \times r \times \sin \alpha \quad (3.11)$$

$$T = \frac{\tau}{SF} \times l \quad (3.12)$$

$$SF = \frac{\sum \tau \times l}{\sum W \times \sin \alpha} \quad (3.13)$$

Untuk menganalisis yang menggunakan tegangan efektif dapat digunakan Persamaan 3.14 berikut.

$$SF = \frac{c' \times La - \tan \varphi' \sum N'}{\sum W \times \sin \alpha} \quad (3.14)$$

3.3 Gotekstil

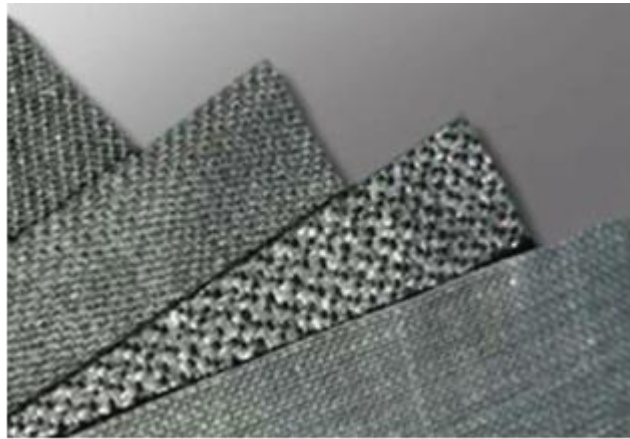
Menurut Hardiyatmo (2008), geotekstil adalah material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil polymeric, bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non-woven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kontak dengan tanah/batu atau material geoteknik yang lain di dalam aplikasi teknik sipil.

Geoteksil umumnya dibuat dari polimer polypropylene (beberapa dibuat polyester atau polyethylene), yang dibuat dalam bentuk fiber-fiber atau benang-benang, dan akhirnya dipakai untuk membuat lembaran kain anyam (*woven*) atau nir-anyam (*non woven*). Ketika kain tekstil ini diletakkan didalam tanah, maka disebut geotekstil. Adapun jenis geotekstil. Adapun jenis geotekstil berdasarkan jenis pembuatannya adalah sebagai berikut.

1. Geotekstil anyam (*Woven*)

Geoteksil anayam (*woven*) dibuat dengan cara dianyam geotekstil jenis ini mempunyai kuat tarik yang cukup tinggi sehingga pada aplikasinya di lapangan lebih banyak digunakan sebagai lapisan perkuatan dan sebagai lapisan pemisah.

Sebagai perkuatan, geotekstil anyam berfungsi sebagai tulangan pada tanah. Sedangkan sebagai pemisah, geotekstil anyam berfungsi memisahkan antara tanah lunak dengan tanah keras. Adapun gambar geotekstil anyam dapat dilihat pada Gambar 3.11



Gambar 3.10 Geotekstil Woven

(Sumber: PT. Tekindo Geosistem Unggul)

2. Geotekstil nir-anyam (*Non Woven*)

Geotekstil nir-anyam (*non woven*) pembuatannya tidak dengan cara dianyam, tetapi jaringan atau serat-serat pembentukannya dilekatkan satu sama lain dengan cara diikat atau dengan bahan perekat. Adapun geotekstil nir-anyam dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.11 Geotekstil Non Woven

3.3.1 Sifat-Sifat Geotekstil

Kata kain (*fabric*) dan geotekstil(*geotextile*) dapat saling tertukar. Umumnya kain dari bahan polymer yang pakai untuk aplikasi proyek pembangunan ini sering disebut geotekstil, karena tipe geotekstil yang sangat banyak, maka aplikasi harus mempertimbangkan fungsi dari material ini terhadap macam struktur yang akan dirancang, lima sifat polymer sebagai bahan dasar material geotekstil meliputi sifat fisik, sifat mekanik, sifat hidrolik, sifat ketahanan, dan sifat degradasi.

3.3.2 Fungsi Geotekstil

Salah satu fungsi geotekstil adalah sebagai separato/pemisah antara material dengan tanah yang diberi perkuatan. Adapun macam-macam fungsi geotekstil yang lain sebagai berikut:

1. Filter/Penyaring

Sebagai filter, geotekstil non woven berfungsi untuk mencegah terbawanya partikel-partikel tanah pada aliran air. Karena sifat geotekstil non woven adalah permeable (tembus air) maka air dapat melewati geotekstil tetapi partikel tanah tertahan. Aplikasi sebagai filter biasanya digunakan pada proyek-proyek subdrain (drainase bawah tanah).

2. Separator/ Pemisah

Sebagai separator atau pemisah, geotekstil non woven berfungsi untuk mencegah tercampurnya lapisan material yang satu dengan material yang lainnya. Kegunaannya untuk menghindari terjadinya kontaminasi dan pencampuran yang mungkin terjadi di antara kedua material tersebut. Contohnya pada penggunaan geotekstil di dalam konstruksi jalan untuk memisahkan agregat dengan lapisan tanah dasar yang mempunyai daya dukung lemah.

2. Perkuatan/ *Reinforcement*

Misalnya dipakai pada proyek-proyek timbunan tanah, perkuatan lereng dll. Fungsi ini sebenarnya masih menjadi perdebatan dikalangan ahli geoteknik, sebab geotekstil bekerja menggunakan metode membrane effect yang hanya mengandalkan kuat tarik (*tensile strength*) sehingga kemungkinan terjadinya penurunan setempat pada timbunan, masih besar, karena kurangnya kekakuan

bahan. Apalagi sifat geotekstil yang mudah mulur terutama jika terkena air (terjadi reaksi hidrolisis) menjadikannya rawan sebagai bahan perkuatan lereng.

3. Lain-lain

Fungsi geotekstil yang lain adalah sebagai pengganti karung goni pada proses curing beton untuk mencegah terjadinya retak-retak pada proses pengeringan beton baru.

3.4 Perkuatan Tanah

Tanah dilapangan pada umumnya bersifat lepas, mudah tertekan, mempunyai permeabilitas yang tinggi dan sifat-sifat lain yang tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut perlu diberi perkuatan. Teknik perkuatan tanah yang berkembang hingga saat ini yaitu menggunakan material yang mempunyai fleksibilitas relatif tinggi (Purwanto,2012).

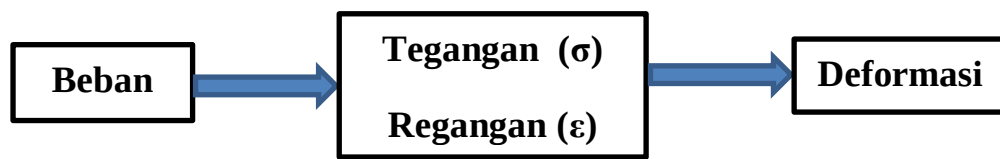
Kemuadian perkuatan tanah merupakan usaha yang dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas karakteristik tanah, utamanya parameter kuat geser tanah yang akan mendukung sebuah struktur sehingga mampu menahan beban struktur yang akan dibangun dengan deformasi yang diizinkan. Secara garis besar perbaikan dan perkuatan tanah dimaksudkan untuk dapat menaikkan daya dukung dan kuat geser, menaikkan modulus, mengurangi *kompressibilitas*, mengontrol stabilitas volume (*shrinkage & swelling*), mengurangi kerentanan terhadap *liquifikasi*, memperbaiki kualitas material untuk bahan konstruksi, memperkecil pengaruh lingkungan disekitar tanah eksisting.

Keruntuhan atau kelongsoran yang terjadi bukan karena tarikan atau tekanan antar burtiran-butiran tanah, tetapi disebabkan oleh tergulingnya atau tergelincirnya butiran-butiran tanah. Dengan mengetahui tipe keruntuhan yang terjadi, maka perkuatan tanah dapat diterapkan pada bidang longsor dengan cara meletakkan material perkuatan tanah, penjangkaran (*soil nailing*) dan sebagainya.

3.4.1 Dasar-Dasar Perkuatan Tanah

1. Konsep Tegangan-Regangan

Salah satu fungsi terpenting dalam studi mekanika tanah yaitu perkiraan mengenai besarnya tegangan akibat suatu beban atau pembebanan yang dapat menghasilkan deformasi yang berlebihan disebut dengan “Tegangan Runtuh”, yang dapat dilihat pada Gambar 3.13



Gambar 3.12 Tegangan-Regangan

(Sumber: Purwanto, 2012)

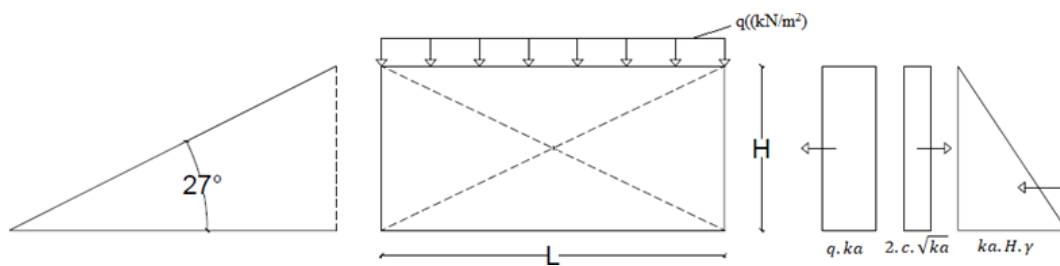
2. Massa Tanah

Tanah merupakan material berbutir yang tidak saling terikat atau terlepas satu sama lainnya. Butiran tanah mengandung mineral organik dan non-organik. Keruntuhan pada masa 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-regangan sampai tanah tersebut menjadi runtuh.
 - 2) Deformasi yang terjadi setelah keruntuhan. Kekuatan tanah setelah runtuh disebut “Kekuatan Sisa” (*Residual Strength*).

3.4.2 Perkuatan Dengan Geotekstil

Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan terdiri dari analisis stabilitas eksternal dan stabilitas internal. Stabilitas eksternal terdiri dari stabilitas terhadap gerer, guling, eksentrisitas dan kapasitas daya dukung tanah. Stabilitas internal merupakan gaya-gaya internal yang diperhitungkan terhadap panjang geotekstil (*overlapping*) dan Panjang efektif geotekstil. Adapun diagram distribusi tekanan tanah lateral pada lereng dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.13 Diagram Tekanan Tanah Lateral

(Sumber: Purwanto, 2012)

Untuk mendapatkan jarak arah vertical antar lapis geotekstil (S_v) dapat dilakukan dengan Persamaan 15 sampai dengan Persamaan 17 berikut ini.

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

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

$$S_v = \frac{T_a}{\sigma \cdot hc \cdot SF} \quad (3.17)$$

Dengan:

K_a = koefisien tanah aktif

σ_{hc} = tekanan horizontal rata-rata pada lipatan (kN/m^2)

q = beban merata (kN/m^2)

SF = faktor aman

S_v = jarak tulangan arah vertikal (m)

γ = berat volume tanah (kN/m^3)

c = kohesi (kN/m^2)

T_a = kuat Tarik geotekstil *allowable*

1. Stabilitas Eksternal

a. Stabilitas Terhadap Geser

Faktor aman terhadap geser dinyatakan pada Persamaan 3.18

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

b. Stabilitas Terhadap Guling

Faktor aman terhadap guling dinyatakan pada Persamaan 3.19

$$SF = \frac{L^2 \cdot \left(\frac{1}{2}q + \frac{1}{2}\gamma b \cdot H\right)}{\left(\frac{1}{2}q \cdot Ka \cdot H^2 + \frac{1}{6}Ka \cdot H^3 \cdot \gamma b - c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H^2\right)} \quad (3.19)$$

c. Stabilitas Terhadap Eksentrisitas

Nilai $\frac{1}{6} L$ harus lebih besar daripada nilai eksentrisitas yang dinyatakan pada Persamaan 3.20.

$$\begin{aligned} \frac{1}{6} L &\geq e \\ \frac{1}{6} L &\geq \frac{\left(\frac{1}{2}q \cdot Ka \cdot H^2 + \frac{1}{6}Ka \cdot H^3 \cdot \gamma b - c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H^2\right)}{(q \cdot L + \gamma b \cdot H \cdot L)} \end{aligned} \quad (3.20)$$

d. Stabilitas Terhadap Kapasitas Dukung Tanah

Faktor keamanan terhadap kapasitas dukung tanah dinyatakan pada Persamaan 3.21 sampai dengan Persamaan 3.23.

$$SF = \frac{\sigma_{ult}}{q_{ult}} \quad (3.21)$$

$$q_{ult} = c \cdot N_c + 0,5 \cdot L \cdot \gamma b \cdot N_\gamma \quad (3.22)$$

$$\sigma_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot L \cdot \gamma b \cdot N_\gamma \quad (3.23)$$

2. Stabilitas Internal

a. Panjang geotekstil “*Overlapping*”

Panjang geotekstil overlapping dinyatakan pada Persamaan 3.24 sebagai berikut.

$$L_0 = \frac{\sigma \cdot hc \cdot svi \cdot SF}{2 \cdot Zi \cdot \gamma b \cdot \tan \varphi} \quad (3.24)$$

Dengan:

L_0 = Panjang efektif geotekstil (m)

SF = faktor aman

σhc = tekanan horizontal rata-rata pada lipatan (kN/m²)

SF = faktor aman

S_v = jarak tulangan arah vertikal (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)

φ = sudut gesek dalam tanah (°)

Z_i = kedalaman tulangan yang ditekuk masuk ke dalam tanah (m)

b. Panjang Efektif Geotekstil

Panjang efektif geotekstil dinyatakan pada Persamaan 3.25 berikut ini.

$$L_{cf} = \frac{SF \cdot Svi \cdot Ka \cdot \gamma b \cdot Zi}{2 \cdot Zi \cdot \gamma b \cdot \tan \varphi} \quad (3.25)$$

Dengan:

L_{cf} = Panjang efektif geotekstil (m)

SF = faktor aman

S_v = jarak tulangan arah vertikal

γ = berat volume tanah (kN/m³)

φ = sudut gesek dalam tanah (°)

Z_i = kedalaman tulangan yang ditekuk masuk ke tanah (m)

K_a = koefisien tanah aktif

3.5 Plaxis

3.5.1 Pendahuluan

Plaxis adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang (*plane-strain*) maupun *axisymmetric*. Program ini menerapkan model antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaringan elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis. Program ini terdiri dari empat sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran dan kurva.

Plane-strain digunakan untuk menganalisis struktur yang memiliki potongan melintang dengan pembebanan dan kondisi tegangan yang seragam dan perpindahan/deformasi pada arah ini dianggap nol. Sedangkan *axisymmetric* digunakan untuk analisis struktur lingkaran (*circular structures*) yang memiliki potongan radial dan pembebanan seragam terhadap pusat, dengan deformasi dan tegangan yang dianggap sama pada arah radialnya.

Kondisi di lapangan yang diasumsikan ke dalam program *Plaxis* ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, dengan harapan pelaksanaan di lapangan dapat didekati sedekat mungkin pada program, sehingga respon yang dihasilkan dari program dapat diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan.

3.5.2 Parameter Input Untuk Program Plaxis V20

Model Mohr-Coulomb akan digunakan pada tugas akhir ini dengan parameter-parameter berupa: kohesi tanah (c), sudut geser dalam (ϕ). Analisis data dengan program *Plaxis* dilakukan dengan memasukkan data berupa parameter-parameter dasar yang meliputi:

1. Bentuk kemiringan lereng dan kondisi muka air tanah

Input data ini memberikan gambaran dari lereng yang akan dianalisis. Gambaran lereng akan ditampilkan dengan memasukkan koordinat-koordinat lereng tersebut. Data muka air tanah diinput untuk kemiringan lereng. Jika tekanan air pori sama dengan nol, maka opsi untuk kondisi permukaan air tanah diabaikan.

2. Data *mesh generation*

Data *mesh generation* merupakan informasi berupa titik noda koordinat, jumlah titik noda, dan titik tegangan yang ada untuk semua elemen yang dipakai.

3. Data Tanah

a. Berat isi tanah (γ)

Perhitungan berat tanah basah dan berat kering mengacu pada berat isi tanah pada parameter ini. Berat isi kering digunakan untuk material diatas garis *phreatic*, sedangkan berat isi basah digunakan untuk material yang berada dibawahnya. Untuk material *nonporous* paling sesuai menggunakan berat isi kering. Sebenarnya tidak ada tanah yang benar-benar kering. Tanah diatas garis *phreatic* bersifat jenuh karena sifat kapiler tanah, sedang diatasnya lagi sebagian jenuh.

b. Konstanta modulus Young (E_{ref})

Plaxis menggunakan modulus young sebagai modulus kekakuan dalam model elastik pada model Mohr-Coulomb. Namun Plaxis juga memberikan dua alternatif modulus lainnya, yaitu modulus geser G atau modulus oedometer E_{oed} . Harga dari parameter kekakuan memerlukan perhatian khusus karena banyak material tanah menunjukkan sifat non linier pada kondisi pembebanan. Dari test triaxial, dapat ditentukan besarnya modulus Young E , yang didapat dari kemiringan awal grafik tegangan regangan.

c. Rasio Poisson (ν_0)

Pada awal pembebanan aksial dalam tes triaksial, akan dihasilkan perubahan volume yang cukup besar, sehingga harga rasio poisson yang didapat cukup kecil. Harga rasio poisson ini disebut dengan harga elastik murni (V_0). Pada kasus dan beberapa kasus geoteknik lainnya, harga ini cukup realistis untuk digunakan. Akan tetapi, apabila menggunakan model tanah Mohr-Coulomb, disarankan untuk memakai harga rasio poisson yang lebih besar.

d. Kohesi (c)

Dimensi kohesi sama dengan dimensi tegangan. Plaxis dapat menjalankan material yang tidak memiliki kohesi misalnya seperti pasir ($c=0$) tetapi tidak akan berjalan dengan baik. Sebaiknya digunakan nilai kohesi yang kecil untuk prosedur nonlinear agar lebih efektif (gunakan $c>0$). Dalam praktek di lapangan, material yang tidak memiliki kohesi sama sekali terkadang ditemui. Kohesi yang kecil diperlukan untuk mencocokkan pengukuran kuat geser dari test triaxial pada tingkat tegangan yang berbeda. Dalam hal ini parameter kohesi didapat dari analisa balik.

e. Sudut gesek (ϕ)

Parameter sudut geser dinyatakan dalam derajat dan merupakan pertambahan dari kuat geser dengan level tegangan. Sudut geser yang besar sering ditemukan pada pasir padat, dan cenderung menurun ketika tanah mengalami deformasi geser yang terus menerus. Sudut geser konstan pada pemodelan Mohr-Coulomb, lebih cocok menggunakan ϕ_{cv} (sudut geser kritis) dibandingkan dengan nilai yang lebih besar yang menghasilkan regangan yang kecil. Dalam hal ini parameter sudut geser didapat dari analisis balik. Penggunaan sudut geser yang besar dapat meningkatkan beban komputasi, sehingga waktu eksekusi akan meningkat secara eksponensial.

f. Sudut dilatansi (ψ)

Tanah lempung biasanya menunjukkan dilatansi yang kecil ($\psi \approx 0$). Dilatansi pada pasir tergantung pada kerapatan dan sudut gesernya, selain material lapisan *over consolidated*, lempung dan lanau biasanya memiliki

sudut dilatasi yang kecil ($\psi \approx 0$). Sudut dilatasi pada pasir tergantung kepadatan dan sudut gesernya. Untuk pasir kuarsa $\psi = \phi - 30^\circ$. Nilai negatif yang kecil untuk ψ hanya realistis untuk pasir sangat lepas.

3.5.3 Analisis Stabilitas Lereng dengan Plaxis V20

Dari data yang ada kemudian dioalah dengan memasukan data-data yang ada untuk lereng untuk dilakukan pengolahan data oleh program, maka akan diketahui perlu tidaknya lereng diberi perkuatan. Angka faktor keamanan (SF) terhadap lereng perkuatan geotekstil juga dapat dikontrol dengan program ini. Dalam pengoprasianya diperlukan Langkah-langkah sebagai berikut:

1. Buka program *Plaxis V20* kemudian masukkan data dimensi dan *tittle* program yang akan dibuat.
2. Gambar penampang lereng yang akan dianalisis. Kemudian klik *Standart Fixities*.
3. Buat jenis *properties* material yang akan dipakai pada lereng, dan isi data-data lereng seperti γ_d , γ_b , ϕ , dan lain sebagainya. Lalu kemudian aplikasikan material yang telah dibuat ke setiap lapisan tanah.
4. Kemudian ubah *mesh generating setup* sesuai dengan *mesh* dan lalu *generate*.
5. Buat lapisan muka air tanah pada penampang dengan menggunakan *initial conditions*.
6. Kemudian lakukan *calculating* dan isi setiap *phase* yang akan dilakukan analisis.
7. Kemudian buat *curva displacement*, dan baru dapat dilakukan *calculate*.
8. Setelah proses *calcutale* selesai maka didapatkan *output* sebagai berikut.

Dari tahapan-tahapan yang telah dilakukan oleh program *Plaxis V20* didapatkan berupa *curve displacement* dan juga nilai SF. *Output* tersebut dapat dilihat apakah lereng aman mengalami kelongsoran atau sudah aman sehingga tidak diperlukan perkuatan tambahan. Apabila lereng belum aman terhadap longsor, maka akan dilakukan analisis Kembali menggunakan perkuatan geotekstil dan akan didapatkan *safety factor* yang baru setelah diberi perkuatan.

Bab IV

METODE PENELITIAN

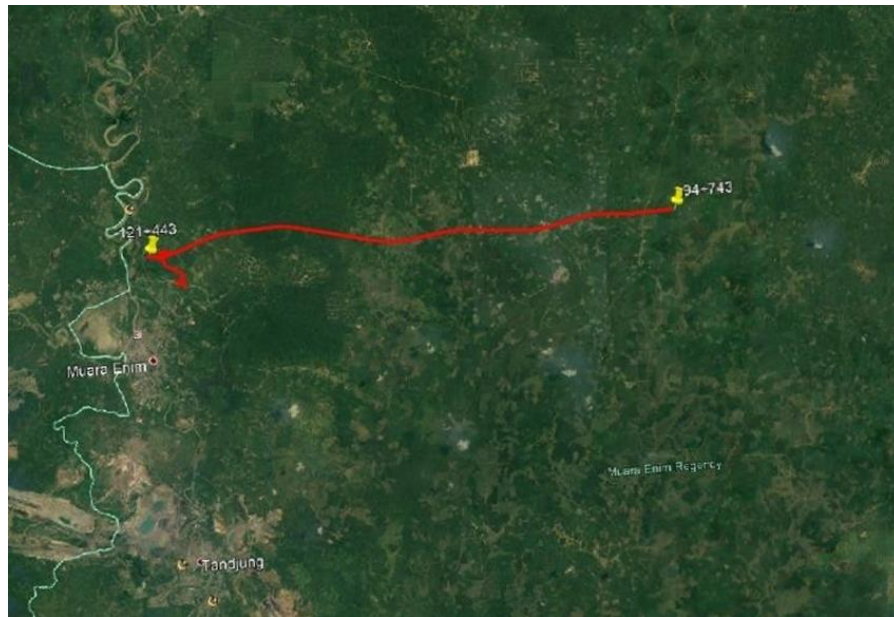
4.1 Tinjauan umum

Metode penelitian adalah suatu cara pelaksanaan untuk mencari jawaban dari permasalahan yang telah diajukan. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melaksanakan serangkaian pemeriksaan dan pengujian tanah di laboratorium sesuai dengan data-data yang diperlukan, penelitian ini dilaksanakan berdasarkan pada jurnal, buku-buku, dan standar pengujian yang biasa digunakan pada bidang Geoteknik dan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, dengan Analisa kualitatif dan kuantitatif.

Penelitian dilakukan untuk menganalisis stabilitas lereng, baik lereng asli, lereng dengan geometri baru, lereng dengan geometri baru dan diperkuat dengan geotekstil, lereng diperkuat dengan turap yang dilakukan analisis menggunakan program Plaxis V20. Program plaxis merupakan salah satu program aplikasi geoteknik yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng. Dari analisis tersebut, hasil yang di dapatkan nanti diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang terjadi pada lereng.

4.2 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini meninjau Proyek pembangunan Jalan Tol ruas Prabumulih–Muara Enim lokasi Jemenang, Gemawang, dan Bangun Sari Provinsi Sumatera selatan. Untuk lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Proyek Pembangunan Jaan Tol Prabumulih-Muara Enim

(Sumber: PT. Waskita, 2021)

4.3 Data penelitian

Data penelitian yang akan dianalisis adalah data sekunder sebagai berikut.

1. Data penyelidikan tanah
2. Peta lokasi
3. Gambar melintang jalan
4. Peta kontur lokasi
5. Data gempa

4.4 Metode penelitian

Analisis stabilitas lereng pada tugas akhir ini menggunakan aplikasi program plaxis V20. Analisis pada lereng dimodelkan dengan dua kondisi pada ketinggian muka air tanah yaitu pada saat kondisi normal (-6 m) dan pada saat kondisi muka air tanah ekstrim (-1 m) dibawah permukaan tanah. Kemudian pada dua kondisi tersebut lereng dimodelkan mendapat beban kendaraan dan beban gempa. Lereng akan dianalisis pada kondisi masa konstruksi dan pada masa operasional dengan perbedaan pada beban kendaraan. Perkuatan lereng digunakan adalah

menggunakan geotekstil yang nantinya akan dihitung nilai angka aman pada lereng dengan muka air tanah normal dengan beban gempa dan pada kondisi muka air tanah ekstrim dengan beban gempa.

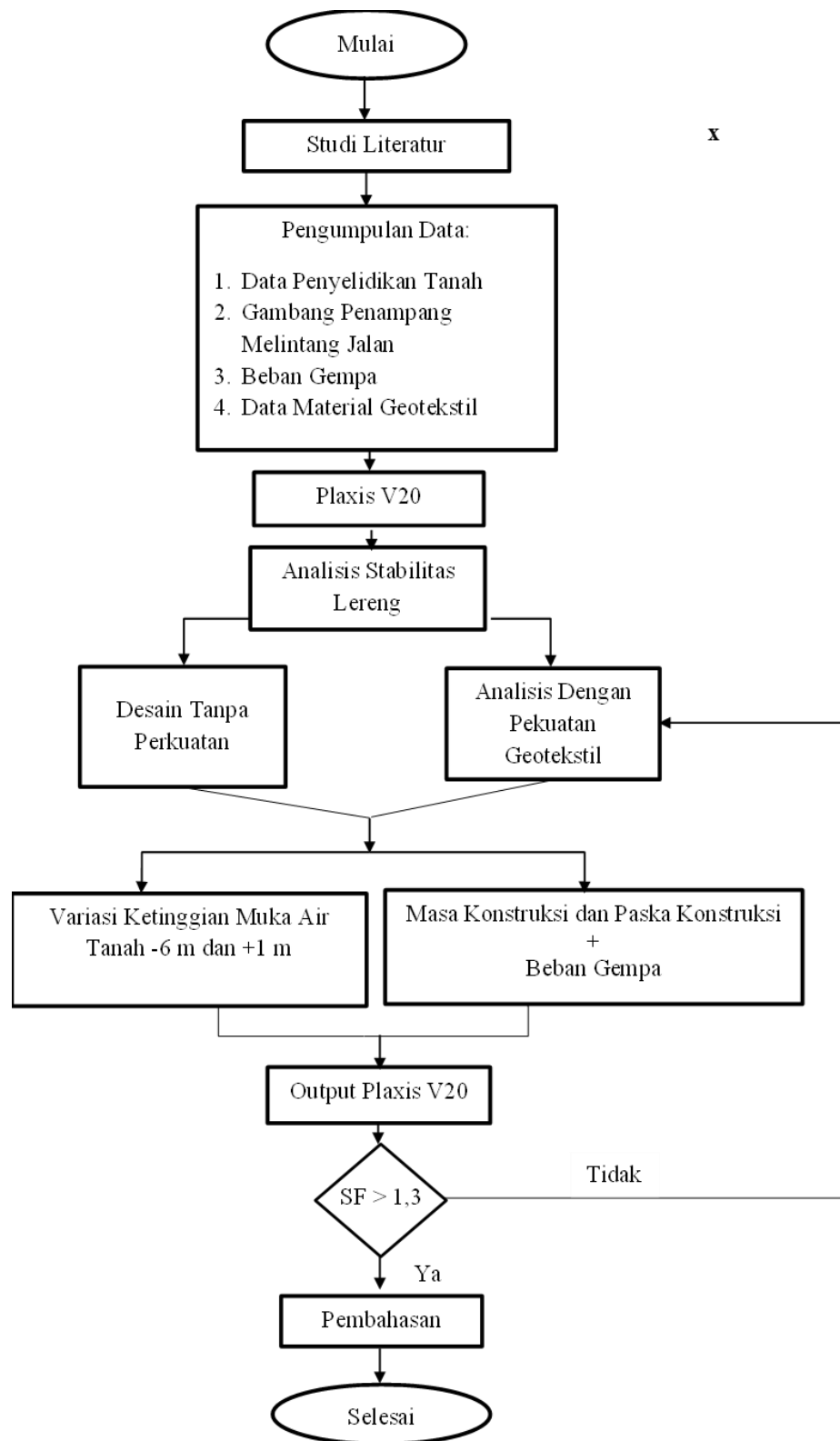
Permodelan lereng dilakukan secara 2D *plane strain* menggunakan program Plaxis V20. Beban yang digunakan pada masa operasional adalah beban kendaraan sebesar 25 kN/m. Pada beban gempa, menggunakan beban gempa sesuai lokasi yaitu daerah Prabumulih-Muara Enim.

4.5 Langkah penelitian

Adapun untuk Langkah-langkah dalam penelitian sebagai berikut.

1. Mencari dan mempelajari literatur yang berhubungan dengan topik penelitian.
2. Mengumpulkan data dan referensi yang diperlukan untuk mendukung penelitian.
3. Merumuskan permasalahan yang ada untuk stabilitas lereng.
4. Menentukan parameter yang berpengaruh dan diinputkan pada analisis stabilitas lereng.
5. Menentukan parameter yang akan digunakan untuk menghitung stabilitas lereng asli dengan program Plaxis V20
6. Memodelkan lereng dengan program Plaxis V20 pada kondisi lereng eksisting
7. Merencanakan dan menghitung stabilitas lereng yang diperkuat Geotekstil pada Plaxis V20.
8. Menganalisis pada dua kondisi muka air tanah tersebut dimodelkan lagi dengan menginput beban kendaraan dan beban gempa
9. Pembahasan pada analisis stabilitas lereng
10. Kesimpulan dan saran.

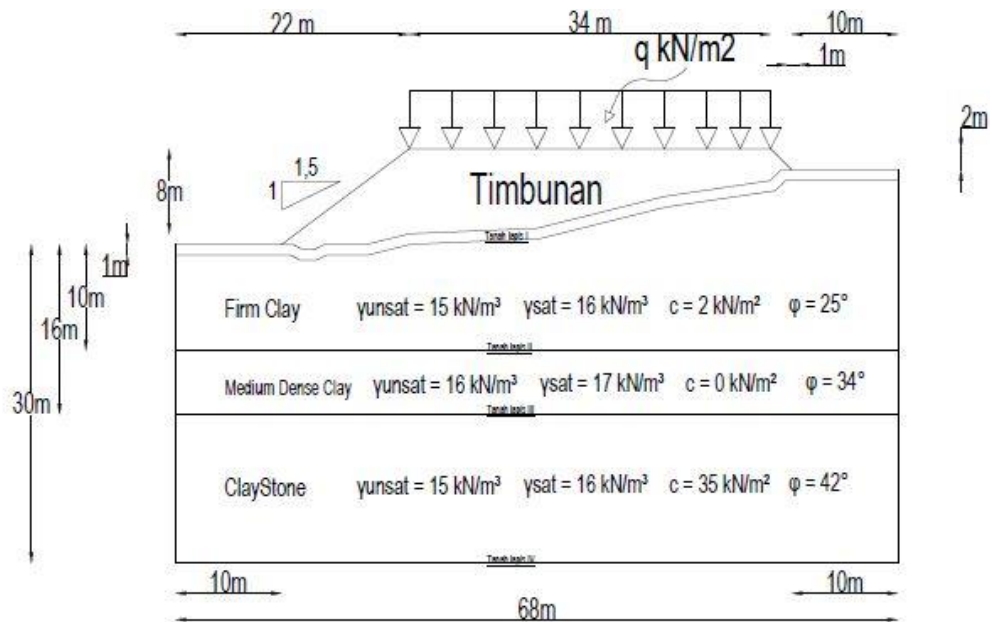
Dari uraian diatas dapat pada pengerjaannya dapat dibuat bagan alir (*flowchart*). Adapun gambar *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

4.6 Data Profil Lereng

Berikut ini adalah data profil lereng jalan Tol Prabumulih-Muara Enim Sta. 104+850.



Gambar 4.3 Tampang Melintang Lereng Sta 104+850

4.7 Parameter Penelitaan

4.7.1 Parameter Tanah

Dalam analisis stabilitas lereng, parameter tanah merupakan input yang sangat penting, parameter tanah didapatkan berdasarkan data sekunder dari Data Penyelidikan Tanah PT. Waskita Karya Adapun input parameter tanah Sta 104+850 dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Data Parameter Tanah

Jenis Tanah	Kedalaman (m)	N-SPT	γ_{unsat} (kN/m³)	γ_{sat} (kN/m³)	E (kN/m²)	v	Kohesi (c) (kN/m²)	Sudut Gesek (Φ) (°)	K_x	K_y
Timbunan	0 s/d +8		15	16	15000	0,33	15	24	0,0001	0,0001
Top Soil	0 s/d -1	4	15	16	3000	0,33	2	22	0,0004	0,0004
Firm Clay	-1 s/d -10	8	15	16	6000	0,33	2	25	0,00007	0,00007
Medium Dense Sand	-10 s/d -16	30	16	17	22800	0,33	0	34	0,000044	0,000044
Claystone	-16 s/d -30	60	15	16	45000	0,33	35	42	0,00005	0,00005

(Sumber: Laporan Analisa Geoteknik Pelaksanaan Pembangunan Jalan Tol Ruas Indralaya-Muara Enim Seksi Prabumulih-Muara Enim Sta. 94+743 – Sta 121+443, 2021)

4.7.2 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas pada jalan tol Prabumulih-Muara Enim merupakan jalan nasional tipe III dengan fungsi arteri. Beban lalu lintas yang bekerja sebesar 15 KN/m². Lalu lintas harian rata-rata pada jalan ini diasumsikan dengan nilai maksimum yaitu >10.000 kendaraan. Nilai beban kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

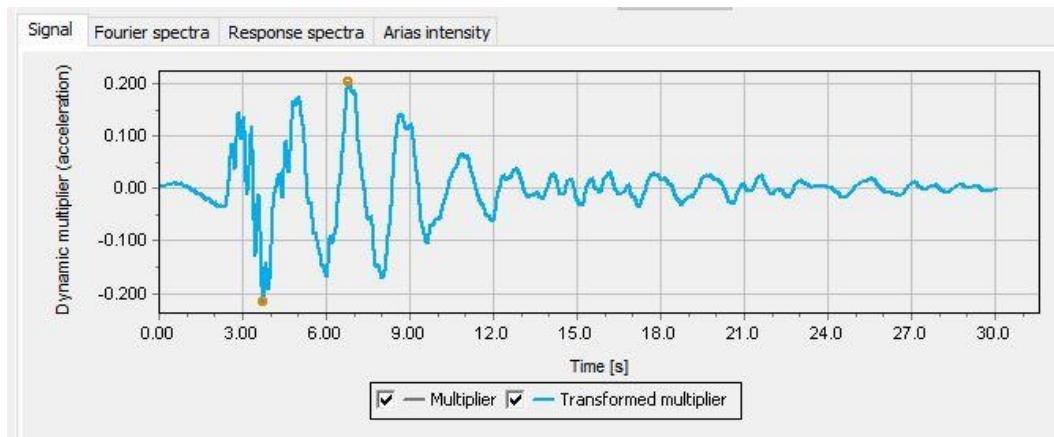
Tabel 4.2 Beban Lalu Lintas

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

Sumber: Panduan Geoteknik 4 No. Pt T-10-2002-B (2002)

4.7.3 Beban Gempa

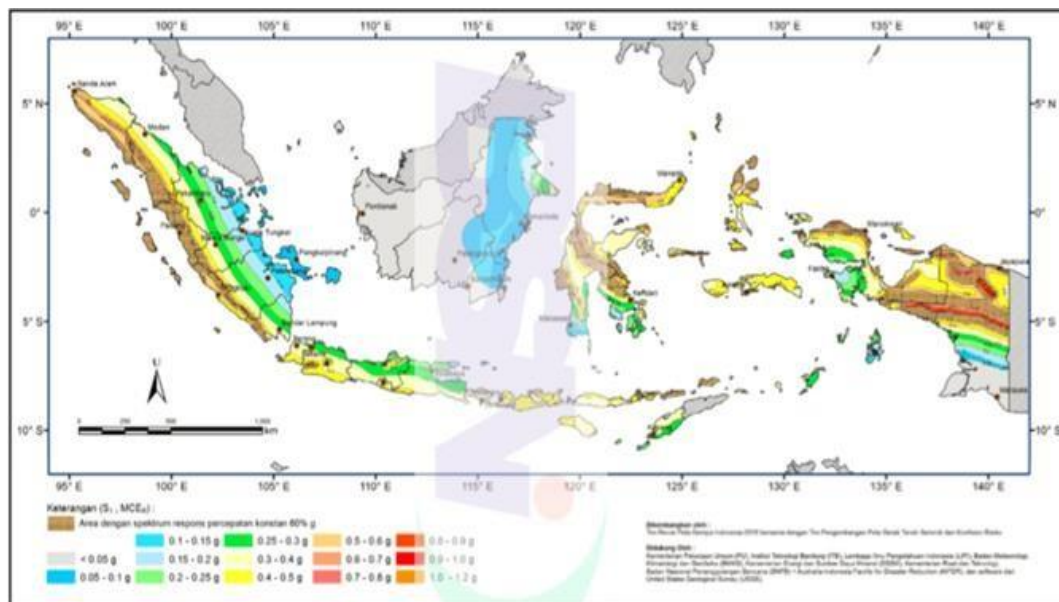
Beban gempa yang digunakan dalam Analisa stabilitas lereng ini adalah beban gempa dinamik. Pada wilayah Palembang mempunyai nilai percepatan gempa (PGA) sebesar 0,25-0,4. Data tersebut mempunyai kesamaan nilai dengan durasi gempa pada yang sesuai SMC dengan durasi gempa tersebut pada Kawasan *Gempa Whitter Narrows, California* pada tahun 1987 yang memiliki percepatan puncak gempa sebesar 0,35g. Kemudian waktu interval akbat beban gempa yang digunakan pada saat data dimasukkan ke dalam Plaxis V20 yaitu sebesar 3,8 detik dengan asumsi telah mencapai waktu puncak. Grafik respon spektrum gempa untuk wilayah Prabumulih dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Percepatan dan Waktu

(sumber: Data Gempa Whittier Narrows California, 1987)

(Sumber: www.usgs.gov, 2021)



Gambar 4.5 Peta Zonasi Gempa Indonesia

(Sumber: Tata cara perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan Gedung SNI 1726:2012)

4.7.4 Data Geotekstil

Geotekstil yang digunakan dalam analisa stabilitas lereng ini adalah jenis geotekstil woven atau geotekstil teranyam, geotekstil yang digunakan berasal dari PT. Tekindo Geosistem Unggul yang dapat dilihat pada Lampiran 3. Adapun nilai *input* parameter geotekstil dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Geotekstil Woven UW-250

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik Ultimit	Tu	52	kN/m
Kekakuan Normal	EA	260	kN/m
Kuat Tarik Ijin	Tall	26	kN/m

Sumber: PT. Tekindo Geosistem Unggul (2018)

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Gambar Umum Analisis

Pada ruas Jalan Tol Prabumulih-Muara Enim Sta 104+850 berdasarkan kontur topografi memiliki lapis tanah yang bervariasi serta perbedaan ketinggian tanah sehingga akan dilakukan pembangunan jalan dan terdapat pekerjaan timbunan tanah tempat studi kasus yang akan dilakukan pada penelitian ini. Ketinggian timbunan pada perencanaan yang akan dianalisis pada penelitian ini yaitu 8 m untuk mencapai *finish grade*. Kemudian lapisan tanah pada lereng berdasarkan “Laporan Analisa Geoteknik” dari PT Hutama Karya 2021 pada proyek Jalan Tol Prabumulih-Muara Enim yang akan dijadikan penelitian ditemukan bahwa lapisannya pada kedalaman -1 m adalah lapisan tanah *top soil*, pada lapisan -10 m adalah lapisan tanah *firm clay*, untuk kedalaman -16 m lapisan tanahnya adalah *medium dense sand*. Dan pada lapisan paling dasar untuk kedalaman -30 m adalah *claystone*.

Dalam penelitian ini akan dilakukan variasi ketinggian muka air tanah -6 m dari permukaan tanah pada kondisi normal dan untuk variasi kedua yaitu pada saat kondisi muka air tanah menyentuh timbunan yaitu +1 m diatas permukaan tanah pada kondisi ekstrim yang dianggap hujan terjadi cukup sering dan lebat dan anggapan bahwa kurang baiknya dalam pekerjaan drainase pada perencanaan. Parameter tanah terdapat 2 jenis kondisi yaitu pada saat masa konstruksi dan paska konstruksi dengan masing masing perbedaan berat pada kendaraan yaitu 10 kN/m² pada masa konstruksi dan 25 kN/m² pada paska konstruksi.

Jika angka aman (SF) lereng pada belum memenuhi syarat yang direncanakan maka akan dilakukan perkuatan lereng dengan menggunakan geotekstil. Sehingga jika lereng diberi perkuatan maka nilai aman (SF) akan naik dan dapat menahan keruntuhan (kelongsoran) dari timbunan lereng yang direncanakan.

5.2 Data Analisis

5.2.1 Data Parameter Lapis tanah

Parameter tanah pada analisis penelitian ini terdiri dari 5 lapisan yaitu *top soil*, *firm clay*, *medium dense clay* dan *claystone*, serta tanah timbunan. Material tanah dimodelkan menggunakan permodelan *Mohr-Coloumb*. Untuk parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 4.1.

5.2.2 Data Beban Lalu Lintas

Beban perkerasan pada analisis ini sebesar 10 kN/m^2 dari data sekunder, sedangkan beban lalu lintas yang bekerja sebesar 15 kN/m^2 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

5.2.3 Data Beban Gempa

Pada daerah Prabumulih-Muara Enim mempunyai nilai percepatan gempa (PGA) sebesar 0,2-0,4g. data tersebut mempunyai kesamaan nilai percepatan gempa yang berada di Kawasan *Gempa Whitter Narrows, California* pada tahun 1987 dengan nilai sebesar 0,35g. waktu interval yang dimasukkan dalam plaxis diambil sebesar 3,8 detik dengan asumsi telah melewati percepatan puncak. Grafik respon spektrum dan gambar peta zonasi gempa dapat diliha pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5

5.2.4 Data Geotekstil

Pada penelitian ini menggunakan geotekstil jenis woven atau teranyam. Untuk data parameter geotekstil diambil dari PT. Tekindo Geosistem Unggul. Untuk spesifikadi dari geotekstil PT. Tekindo Geosistem Unggul dapat dilihat pada lampiran 3. Adapun data geotekstil dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

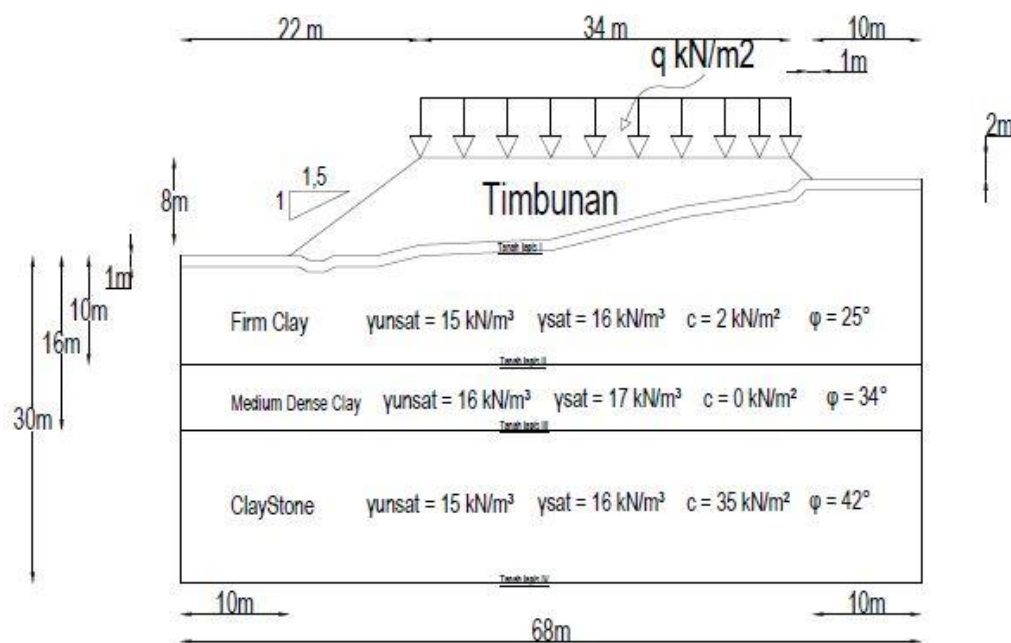
Tabel 5.1 Data Geotekstil Woven UW-250

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik Ultimit	Tu	52	kN/m
Kekakuan Normal	EA	260	kN/m
Kuat Tarik Ijin	Tall	26	kN/m

(Sumber: PT. Tekindo Geosistem Unggul, 2018)

5.2.5 Kondisi Desain Pada Lereng Timbunan

Kondisi eksisting lereng timbunan dengan kemiringan 1:1,5 dan parameter tanah yang akan dilakukan analisis dapat dilihat pada Gambar 5.1. Pada lereng timbunan dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada gambar 5.2. Permodelan untuk kondisi lereng dengan variasi muka air tanah -6 m dapat dilihat pada Gambar 5.3. Pada kondisi lereng dengan variasi muka air tanah +1 m dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.

**Gambar 5.1 Geometri Kondisi Desain Timbunan Tanah Asli**

Keterangan:

1. Tanah timbunan: Claysand (+8 m)

$$\gamma_{unsat} = 15 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$\theta = 24^\circ$$

2. Top Soil (-1 m)

$$\gamma_{unsat} = 15 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 16 \text{ kN/m}^3$$

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

$$\theta = 22^\circ$$

3. Firm Clay (-10 m)

$$\gamma_{unsat} = 15 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 16 \text{ kN/m}^3$$

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

$$\theta = 25^\circ$$

4. Medium Dense Sand (-16 m)

$$\gamma_{unsat} = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\theta = 34^\circ$$

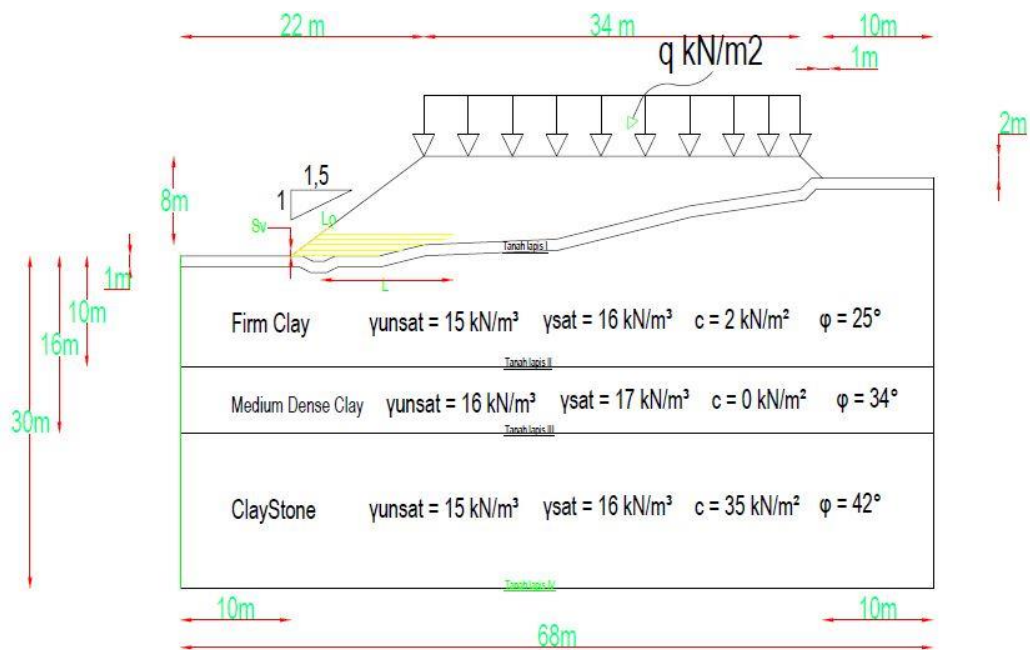
5. ClayStone (-30 m)

$$\gamma_{unsat} = 15 \text{ kN/m}^3$$

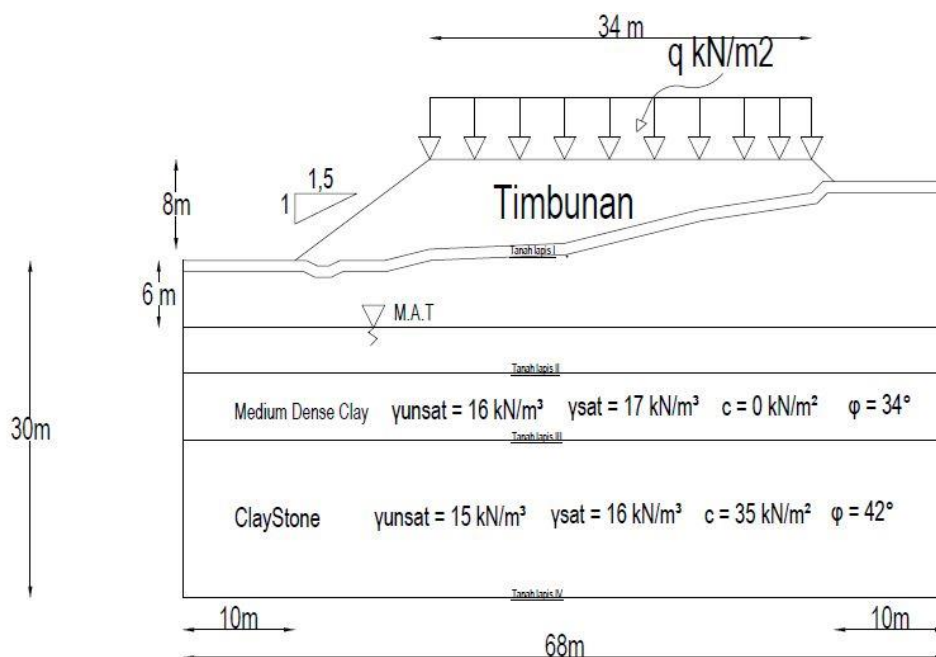
$$\gamma_{sat} = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 35 \text{ kN/m}^2$$

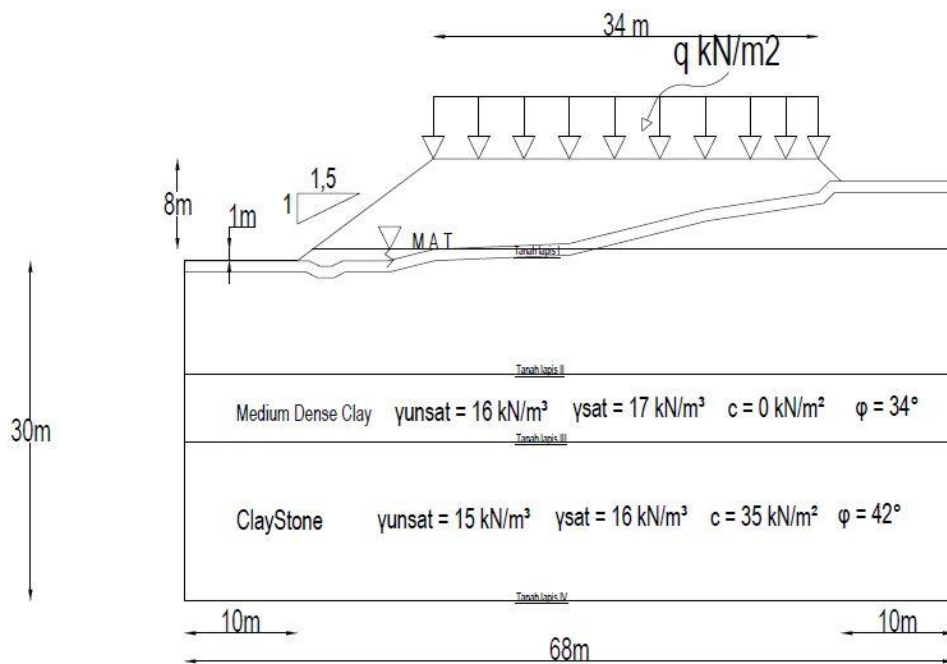
$$\theta = 42^\circ$$



Gambar 5.2 Geometri Kondisi Desain Timbunan Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil



Gambar 5.3 Geometri Kondisi Desain Timbunan Lereng Dengan Ketinggian Muka Air Tanah -6 m



Gambar 5.4 Geometri Kondisi Desain Timbunan Lereng Dengan Ketinggian Muka Air Tanah +1 m

5.3 Lereng Timbunan Tanah Tahap Masa Konstruksi

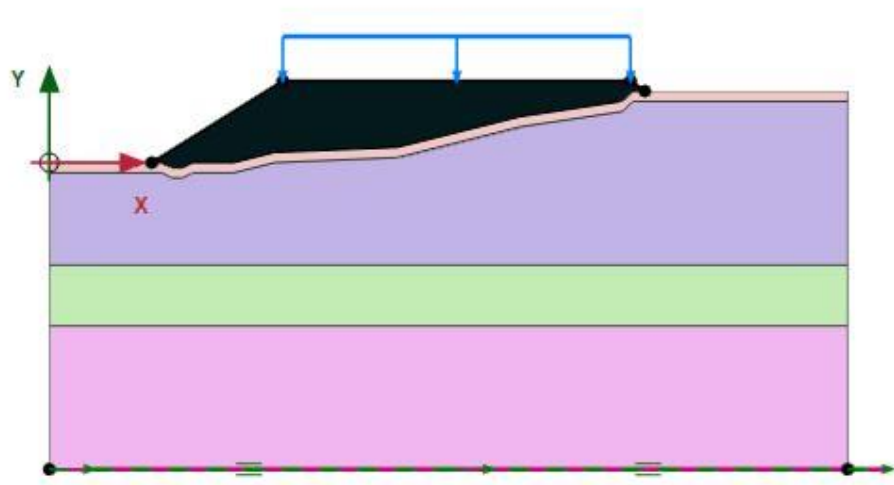
5.3.1 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah -6 m Pada

Program *Plaxis V20*

Pada analisis menggunakan program *Plaxis V20* dengan timbunan 8 m yang akan ditampilkan dibawah ini merupakan hasil yang meliputi pemodelan awal pada lereng.

1. Pemodelan awal

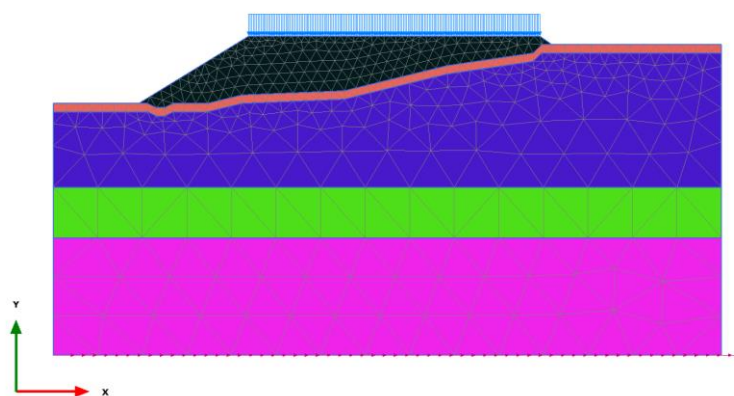
Pada pemodelan lereng tanah asli dengan timbunan 8 m, dan lebar badan jalan 34 m yang akan digunakan sebagai jalan tol, menggunakan beban merata dan beban gempa dinamik. Pada pemodelan lereng tanah asli dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Pemodelan Lereng Tanah Timbunan 8 m

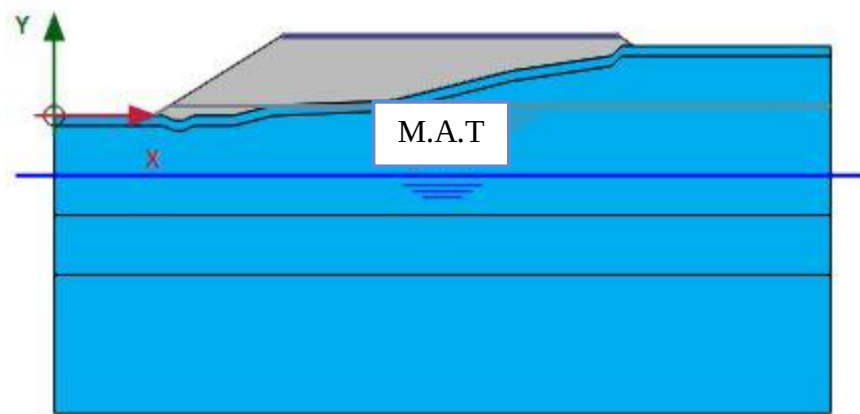
2. Kondisi Masa Konstruksi dan Muka Air Tanah -6 m

Pada masa konstruksi dianggap timbunan dianggap pada kondisi yang bersifat *undrained* karena belum dapat terdrainase dengan baik. Input beban yang bekerja pada masa konstruksi yaitu beban struktur perkerasan jalan sebesar 10 kN/m^2 . Pada tahapan konstruksi dilakukan *input* parameter tanah untuk tahapan setelahnya dilakukan penyusunan jaringan elemen (*meshing*) dapat dilihat pada Gambar 5.6.



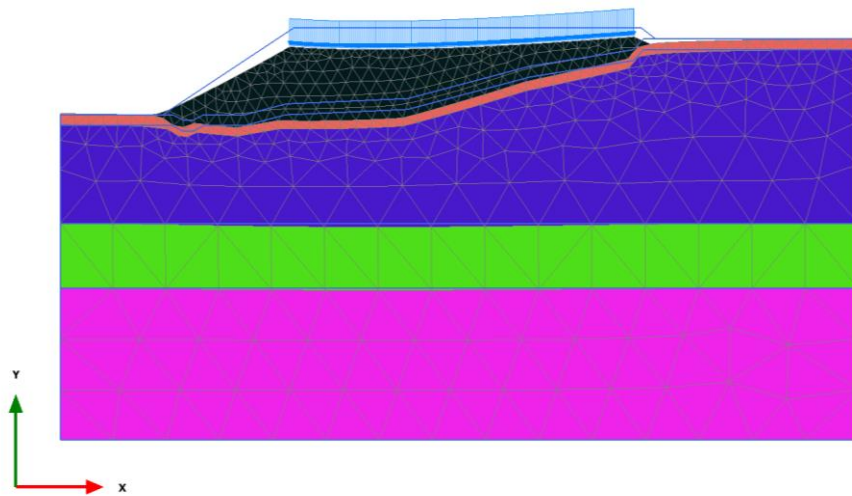
**Gambar 5.6 Jaringan Elemen (*Meshing*) Timbunan Lereng Tanah 8 m
Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur**

Dilakukan *meshing* kemudian yaitu *input Flow Condition* untuk muka air tanah -6 m. Hasil *input* muka air tanah lereng timbunan tanah asli setinggi 8 m dapat dilihat pada Gambar 5.7.

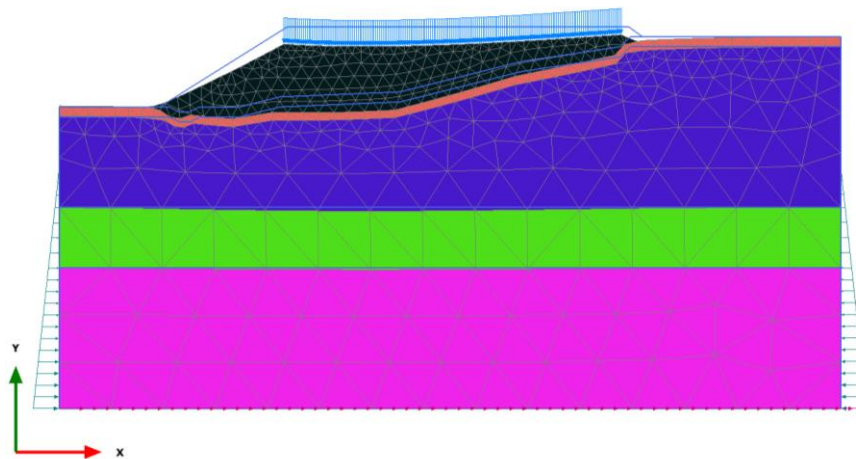


**Gambar 5.7 Flow Condition -6 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa
Konstruksi**

Dilakukan *Meshing* dan *Flow Condition* kemudian dilakukan tahanan analisis (*Calculation*) pada *Stage Construction* untuk lereng timbunan tanah setinggi 8 m memiliki beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu analisis perhitungan akibat beban struktur perkerasan jalan sebesar 10 kN/m^2 . Tahap kedua yaitu analisis perhitungan angka aman (SF) pada lereng. Tahap ketiga yaitu analisis perhitungan akibat beban gempa. Hasil *deformed mesh* dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan 5.9.

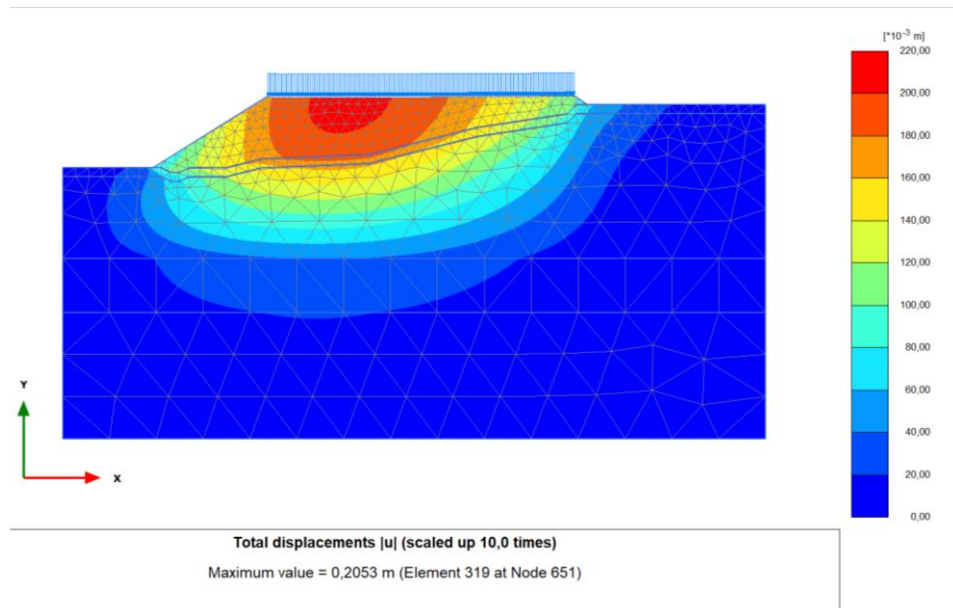


**Gambar 5.8 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m
Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur**

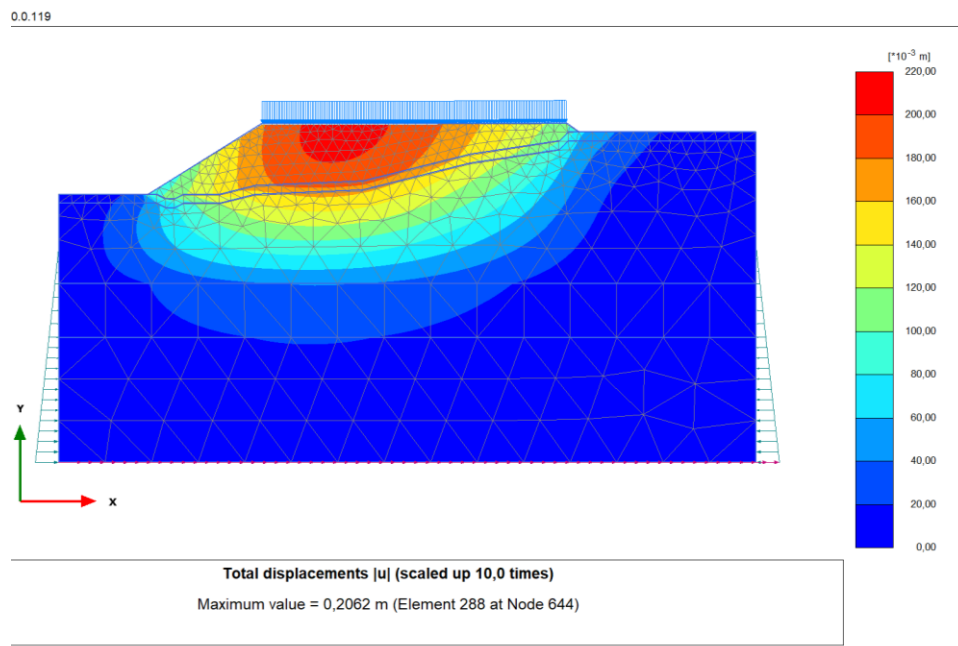


**Gambar 5.9 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m
Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa**

Hasil analisis untuk nilai *Total Displacement* pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur masa konstruksi sebesar 0,2053 m dan akibat beban gempa sebesar 0,2062 m. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan 5.11.

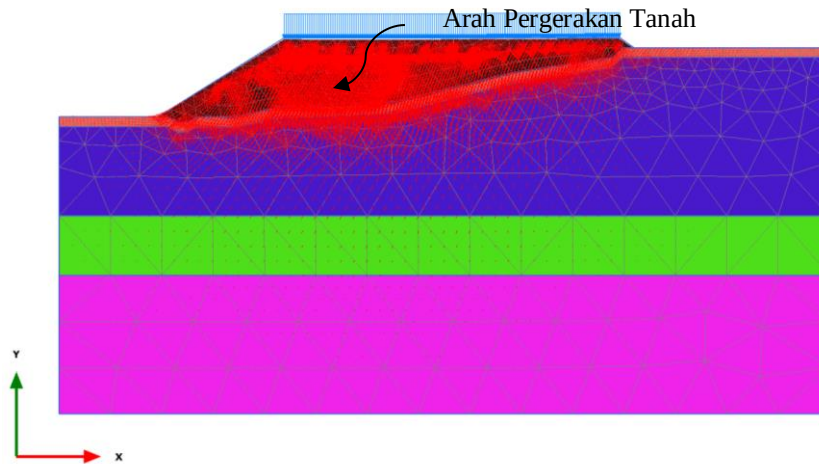


**Gambar 5.10 Total Displacement Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian
M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur**

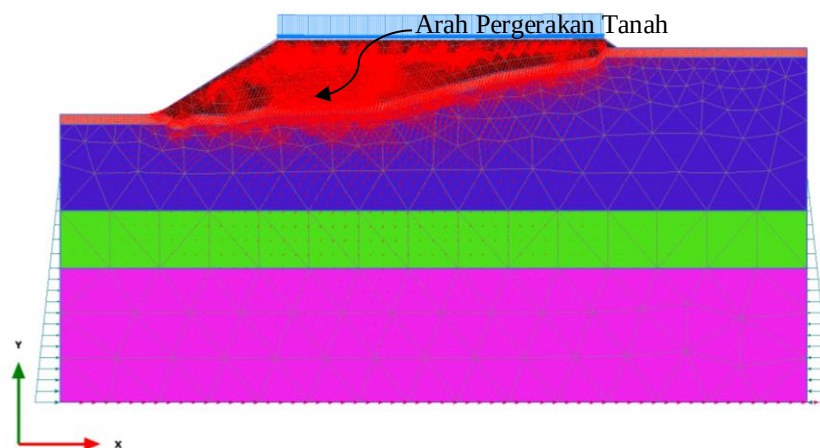


**Gambar 5.11 Total Displacement Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian
M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa**

Tahapan untuk arah pergerakan tanah pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur masa konstruksi dan arah pergerakan tanah akibat beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan 5.13.

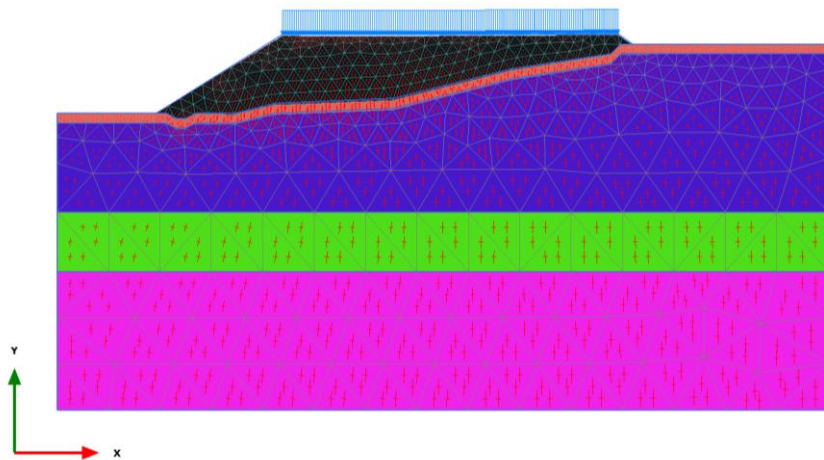


Gambar 5.12 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur

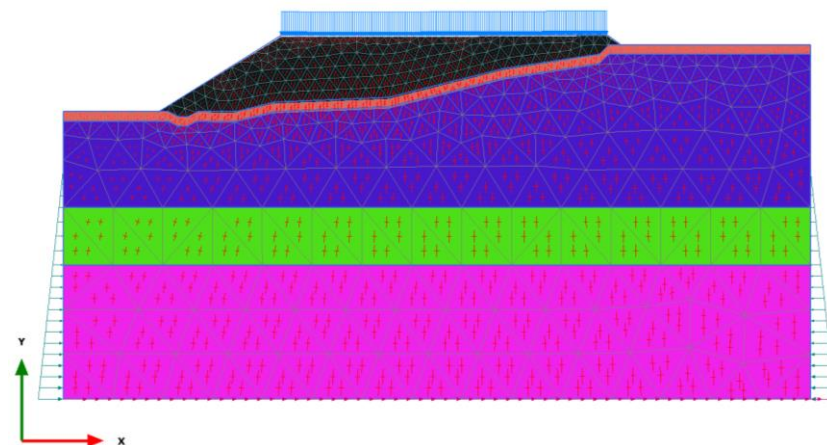


Gambar 5.13 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa

Hasil untuk nilai *effective stresses* pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur sebesar $0,02309 \times 10^{-12} \text{ kN/m}^2$ dan untuk beban gempa sebesar $3,553 \times 10^{-15} \text{ kN/m}^2$. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan 5.15 berikut ini.

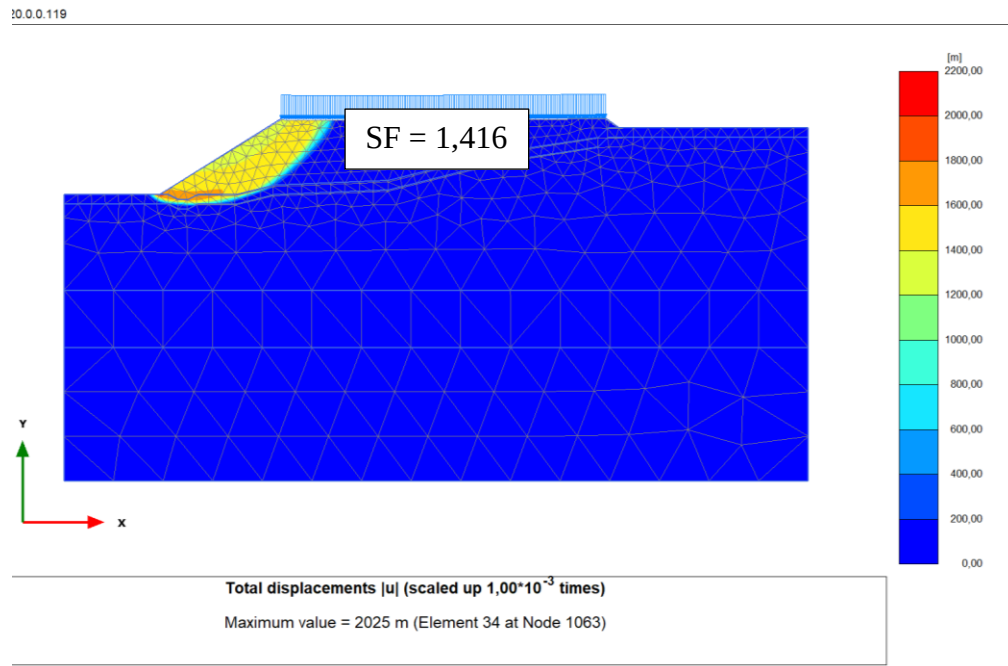


Gambar 5.14 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur



Gambar 5.15 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa

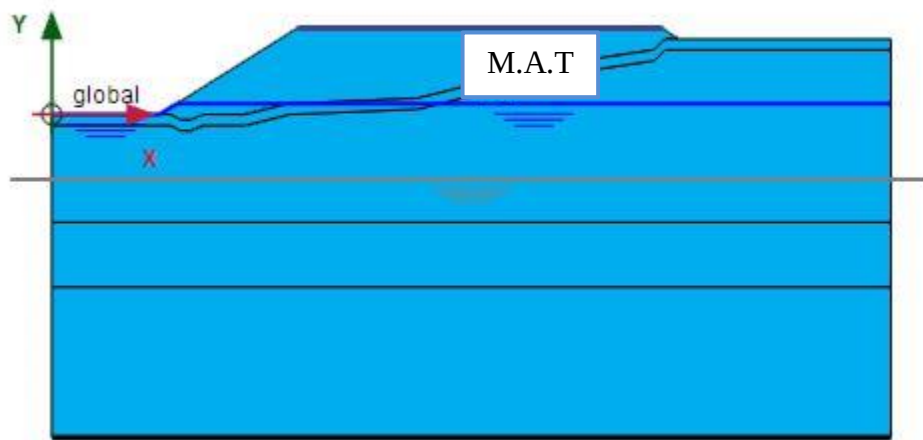
Potensi kelongsoran pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur pada masa konstruksi *Total displacement* didapatkan nilai SF sebesar 1,416 dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Potensi Kelongsoran *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Gempa

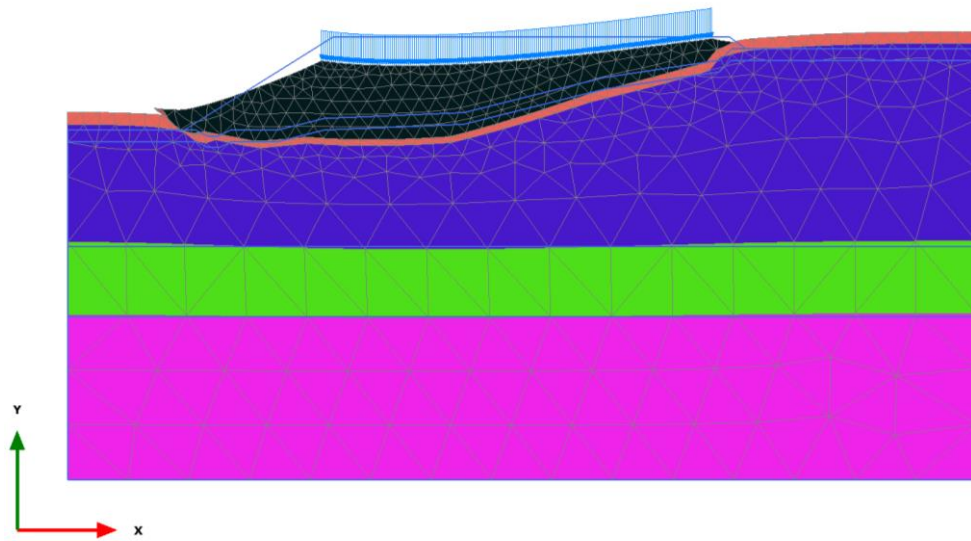
5.3.2 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah +1 m Program Plaxis V20

Pada kondisi lereng timbunan tanah 8 m dengan masa konstruksi, variasi kedua dalam analisis adalah perbedaan ketinggian muka air tanah yaitu +1 m. Pada beban struktur perkerasan jalan yaitu 10 kN/m^2 . Selanjutnya *input* ketinggian Muka Air Tanah pada *Flow Condition* dengan mengganti kondisi *Behaviour* menjadi *Closed* yang dapat dilihat pada Gambar 5.17.

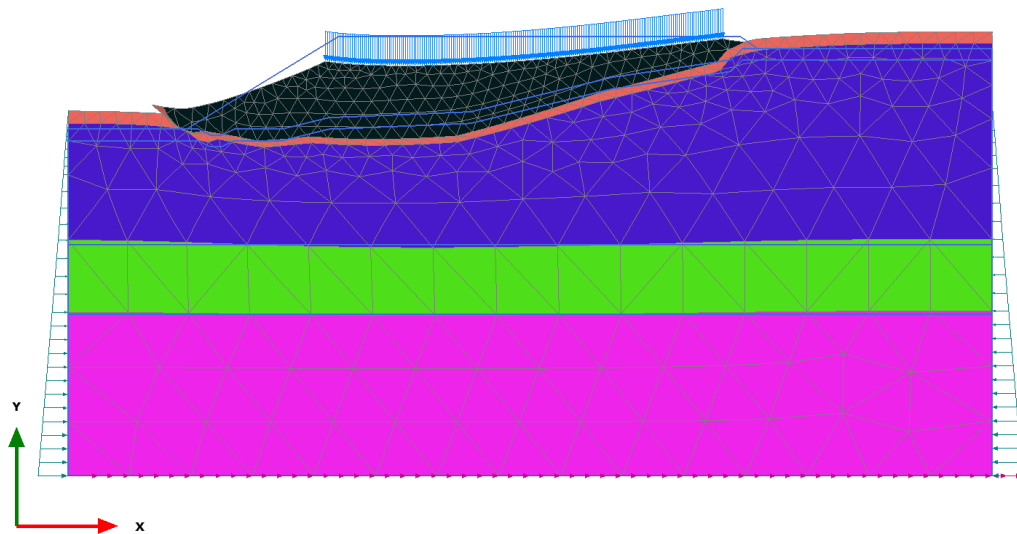


Gambar 5.17 *Flow Condition* +1 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa Konstruksi

Dilakukan *setting Flow Condition* kemudian dilakukan tahan analisis (*Calculation*) pada *Stage Construction* untuk lereng timbunan tanah setinggi 8 m memiliki beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu analisis perhitungan akibat beban struktur perkerasan jalan sebesar 10 kN/m^2 . Tahap kedua yaitu analisis perhitungan angka aman (SF) pada lereng. Tahap ketiga yaitu analisis perhitungan akibat beban gempa. Untuk melihat hasil *deformed mesh* akibat beban struktur dan beban gempa pada muka air tanah +1 m dari timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan Gambar 5.19 berikut ini.

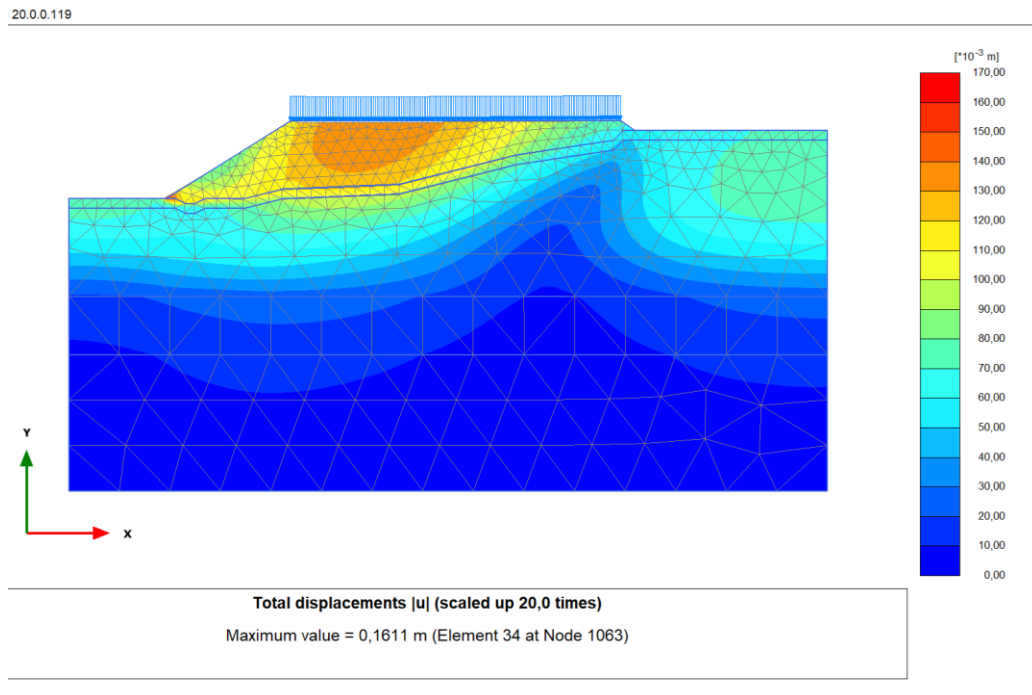


Gambar 5.18 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m Masa Konstruksi

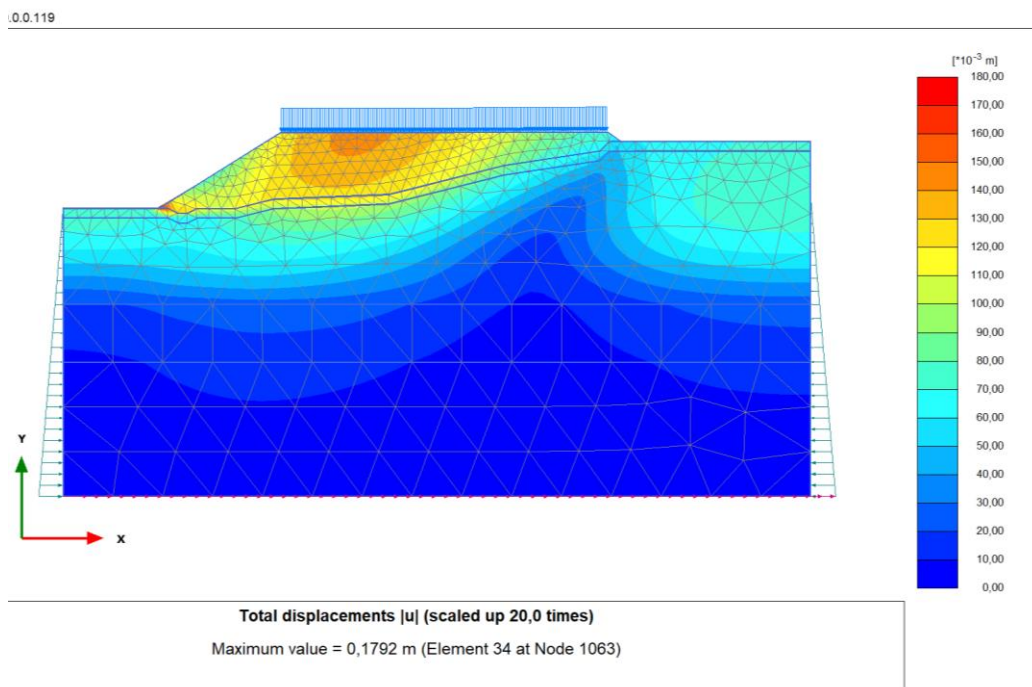


Gambar 5.19 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan Akibat Beban Gempa dan Muka Air Tanah +1 m Masa Konstruksi

Selanjutnya untuk nilai *Total Displacement* pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur masa konstruksi sebesar 0,1611 m dan 0,1792 m. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.20 dan 5.21 berikut ini.

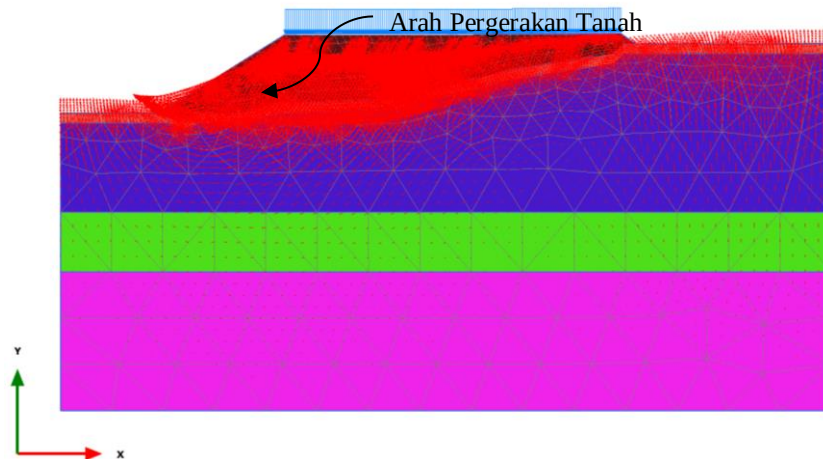


Gambar 5.20 Total Displacement Lereng Timbunan Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m

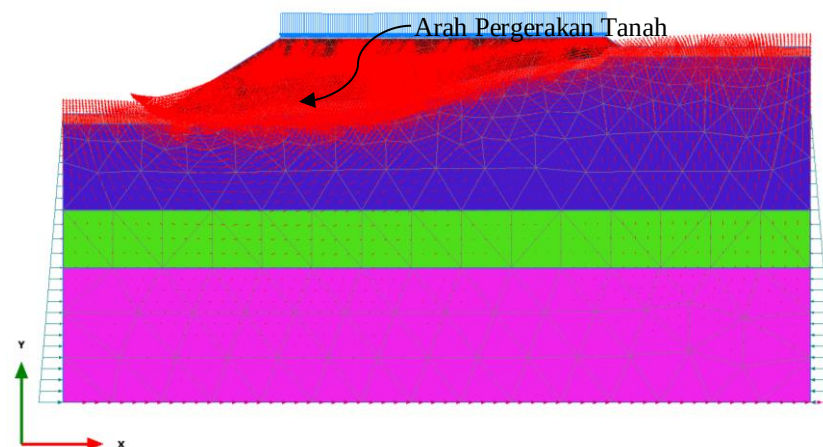


Gambar 5.21 Total Displacement Lereng Timbunan Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa Muka Air Tanah +1 m

Hasil untuk arah pergerakan tanah pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur masa konstruksi dan arah pergerakan tanah akibat beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.22 dan 5.23.

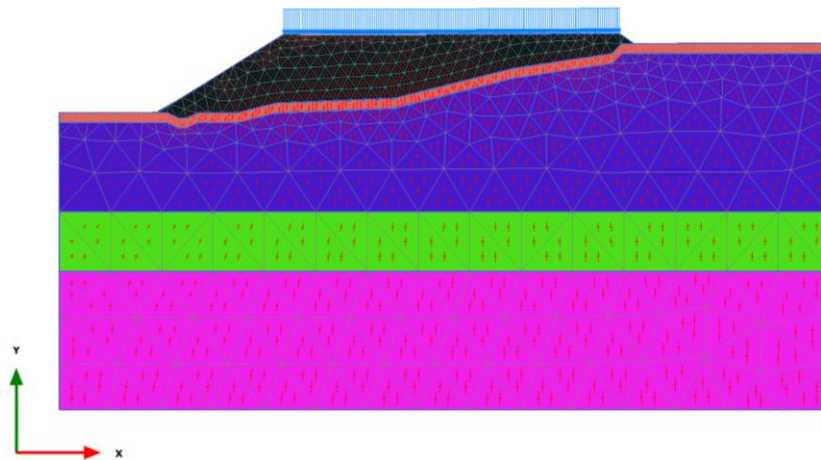


**Gambar 5.22 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Masa Konstruksi
Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m**

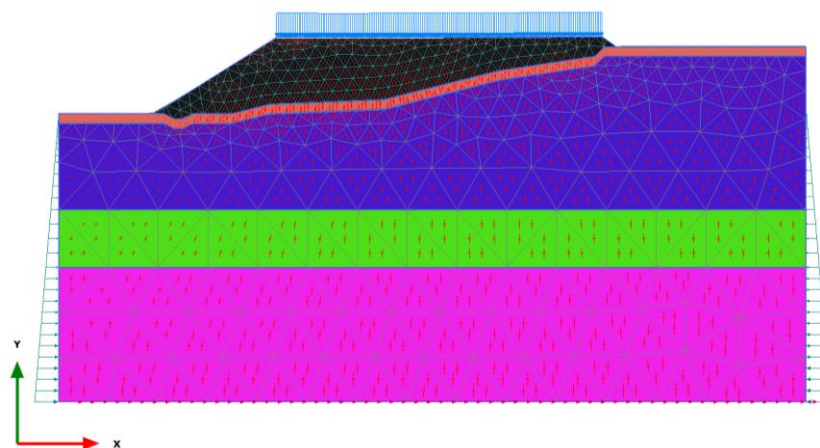


**Gambar 5.23 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Masa Konstruksi
Akibat Beban Gempa Muka Air Tanah +1 m**

Hasil untuk nilai *effective stresses* pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur sebesar $0,01066 \times 10^{-12} \text{ kN/m}^2$ dan $-0,1328 \times 10^{-3} \text{ kN/m}^2$. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.24 dan 5.25 berikut ini.

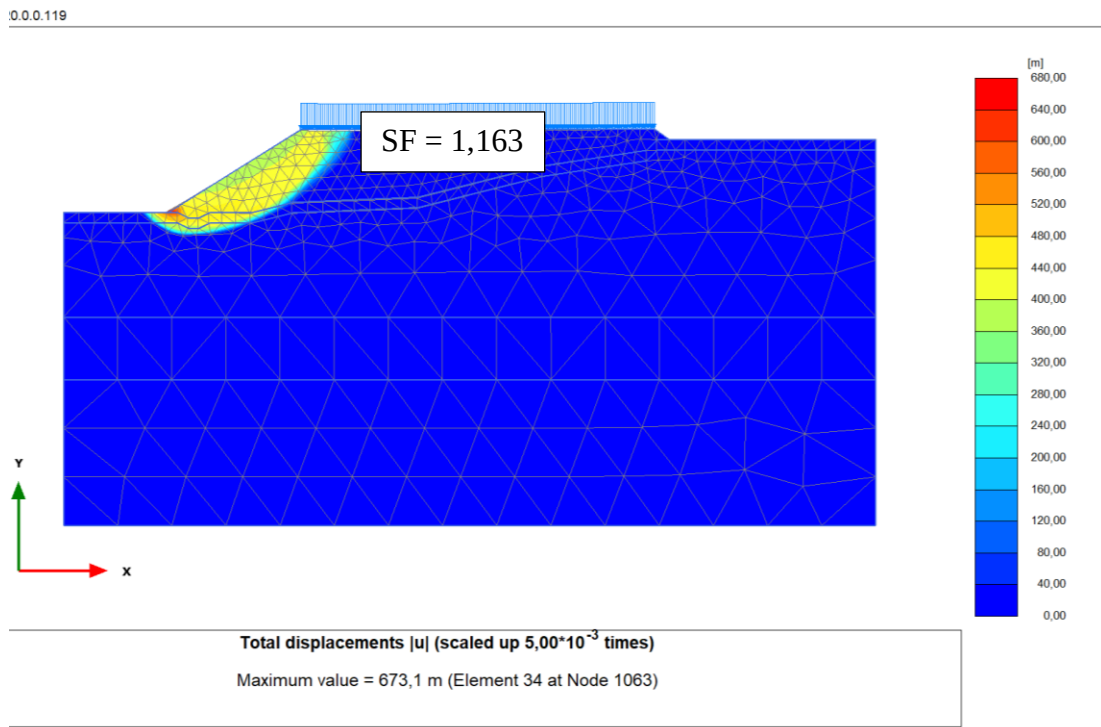


**Gambar 5.24 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa
Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m**



**Gambar 5.25 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Masa
Konstruksi Akibat Beban Gempa dan Muka Air Tanah +1 m**

Potensi kelongsoran pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur pada masa konstruksi dan muka air tanah +1 m *Total displacement* didapatkan nilai SF sebesar 1,163 dapat dilihat pada Gambar 5.26 berikut ini.



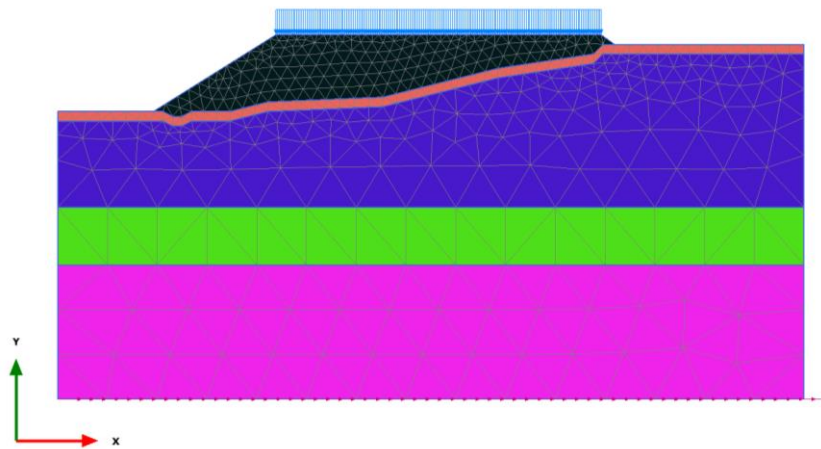
Gambar 5.26 Potensi Kelongsoran *Total Displacement* Lereng Timbunan Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Gempa pada Muka Air Tanah +1 m

5.4 Lereng Timbunan Tanah Tahap Paska Konstruksi

5.4.1 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah -6 m Program

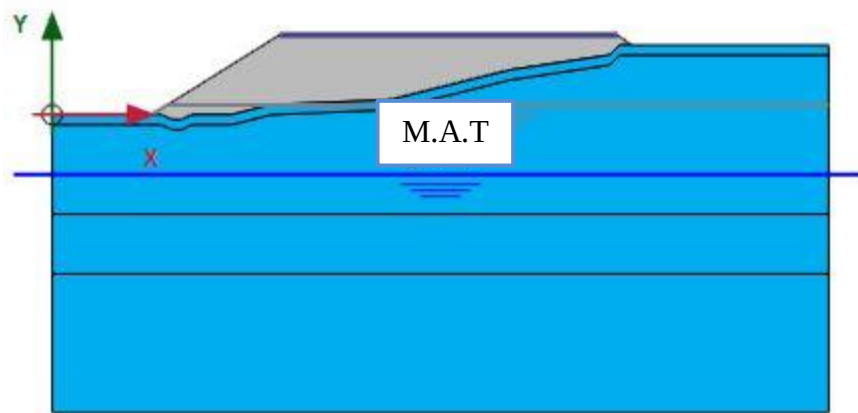
Plaxis V20

Tahapan paska konstruksi pada pembuatan timbunan lereng, pada tahapan ini timbunan dianggap bersifat *drained* karena tanah sudah tidak terdrainase karena struktur jalan. Pada analisis untuk beban yang bekerja pada tahapan paska konstruksi adalah beban struktur perkerasan jalan sebesar 10 kN/m^2 dengan menambahkan beban lalu lintas sebesar 15 kN/m^2 , jadi beban yang bekerja pada tahan masa paska konstruksi sebesar 25 kN/m^2 . Hasil jaringan elemen (*meshing*) dapat dilihat pada Gambar 5.27 berikut ini.



Gambar 5.27 Jaringan Elemen (Meshing) Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi akibat Beban Lalu Lintas

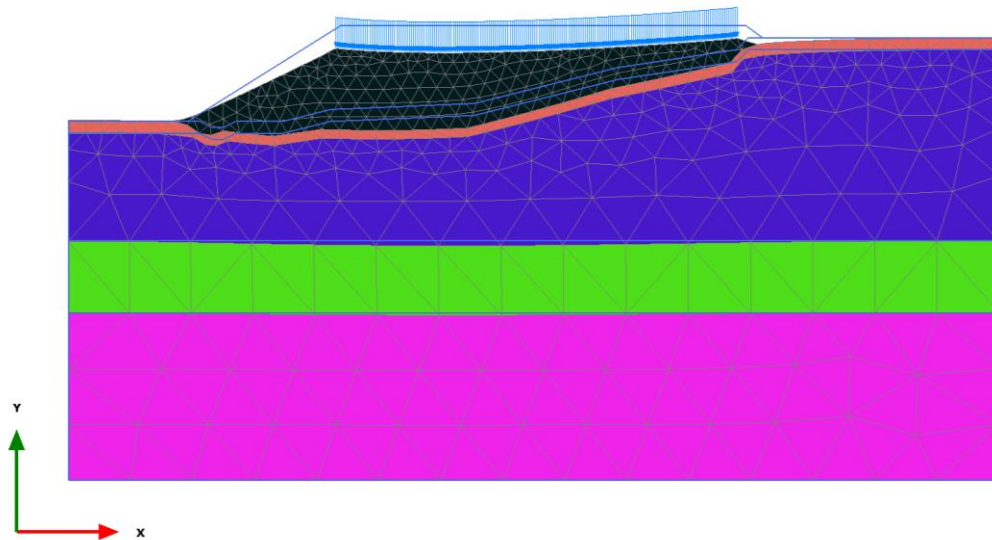
Dilakukan *meshing* kemudian yaitu *input Flow Condition* untuk muka air tanah -6 m. Hasil melihat hasil *input* muka air tanah lereng timbunan tanah asli setinggi 8 m dapat dilihat pada Gambar 5.28.



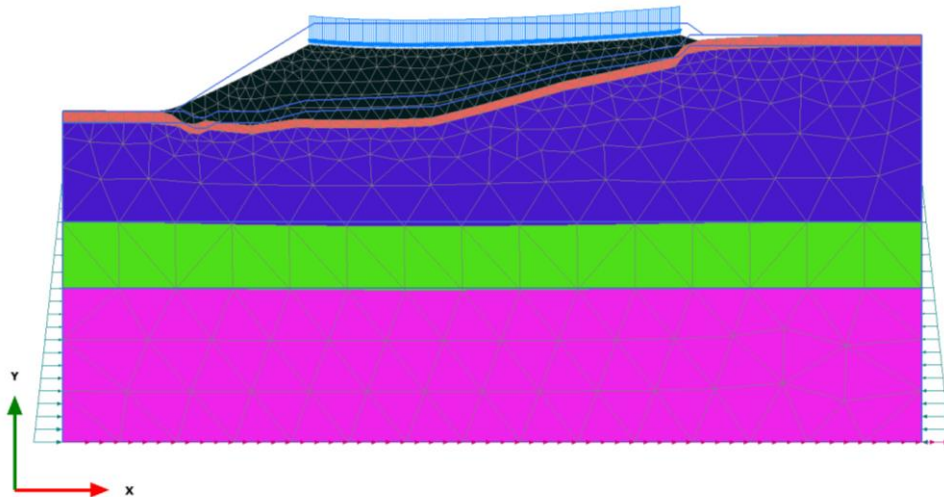
Gambar 5.28 Flow Condition -6 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska Konstruksi

Setelah dilakukan *Meshing* dan *Flow Condition* kemudian dilakukan tahan analisis (*Calculation*) pada *Stage Construction* untuk lereng timbunan tanah setinggi 8 m memiliki beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu analisis perhitungan akibat beban struktur perkerasn jalan sebesar 25 kN/m^2 . Tahap kedua yaitu analisis perhitungan angka aman (SF) pada lereng. Tahap ketiga yaitu analisis perhitungan

akibat beban gempa. Hasil analisis *deformed mesh* dapat dilihat pada Gambar 5.29 dan 5.30.

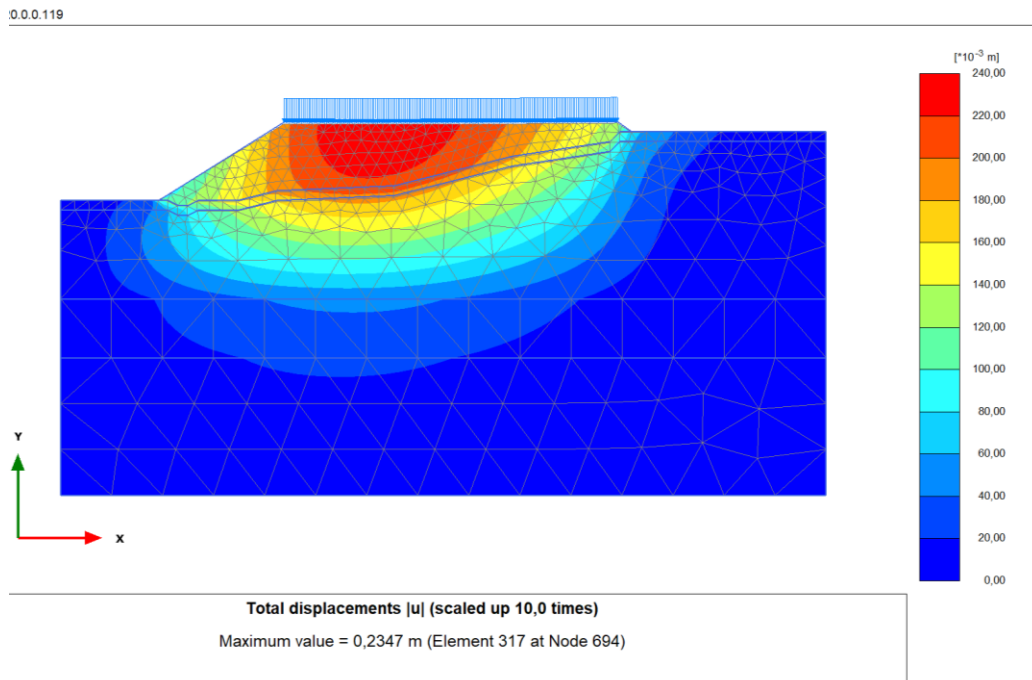


Gambar 5.29 *Deform mesh* Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T - 6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas

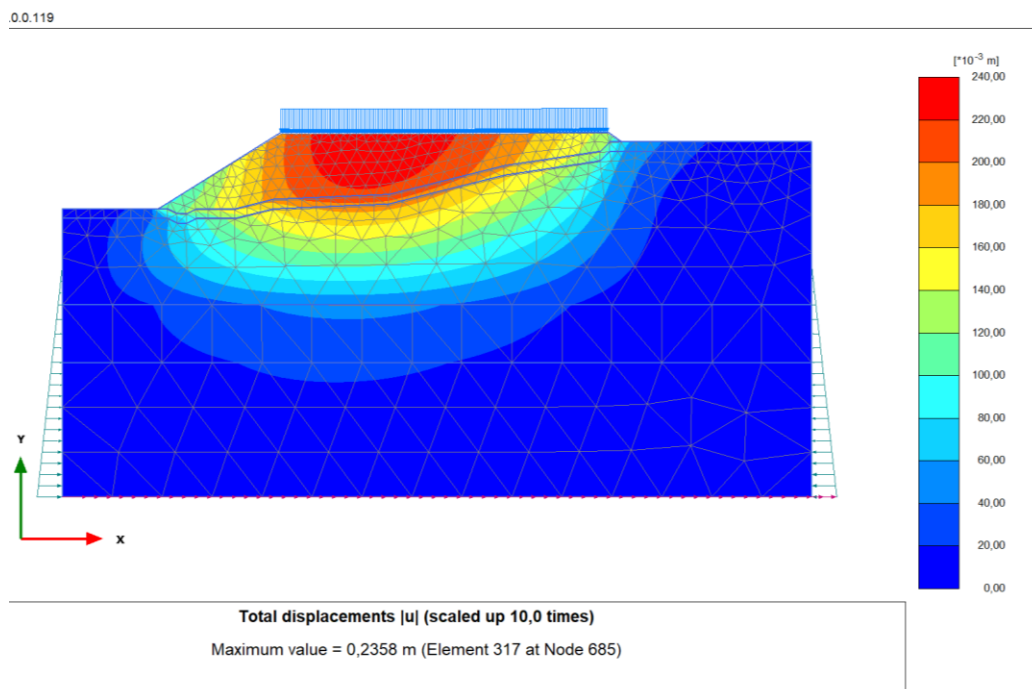


Gambar 5.30 *Deform mesh* Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T - 6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa

Hasil untuk nilai *Total Displacement* pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas paska konstruksi sebesar 0,2437 m dan gempa sebesar 0,2358 m. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 5.31 dan 5.32.

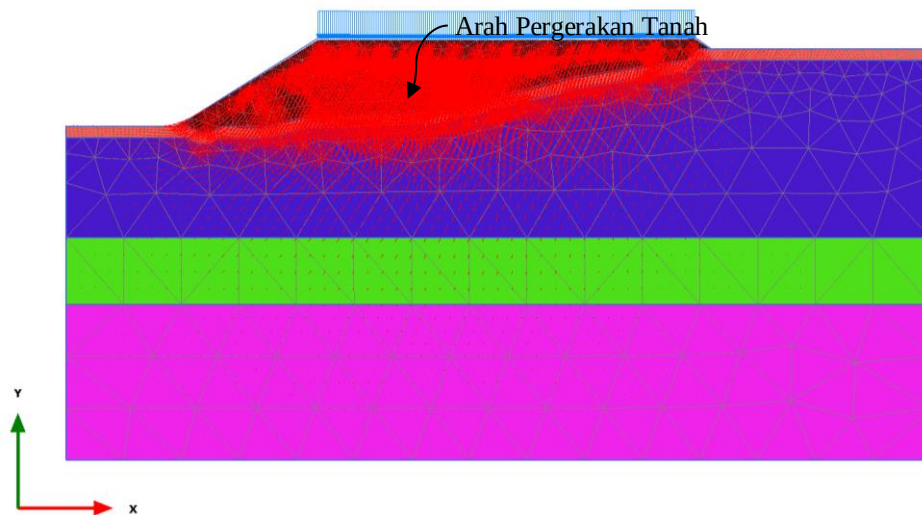


**Gambar 5.31 *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian
M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas**

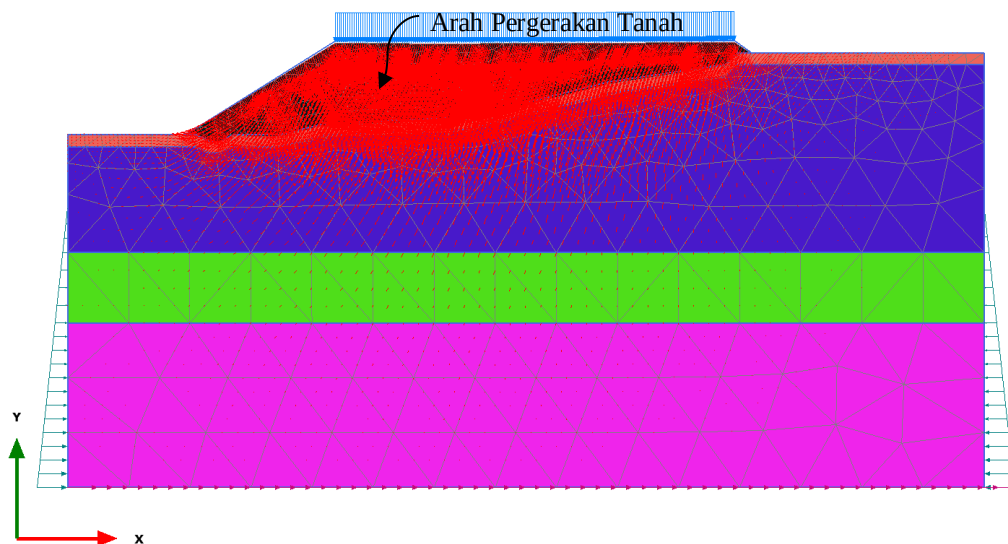


**Gambar 5.32 *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian
M.A.T -6 m Masa Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa**

Hasil untuk arah pergerakan tanah pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas paska konstruksi dan arah pergerakan tanah akibat beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan 5.34.

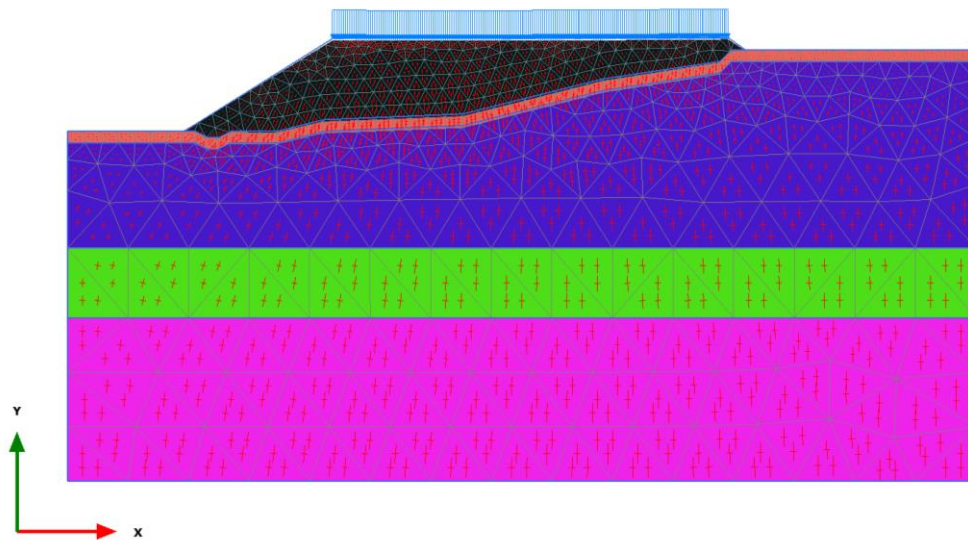


Gambar 5.33 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas

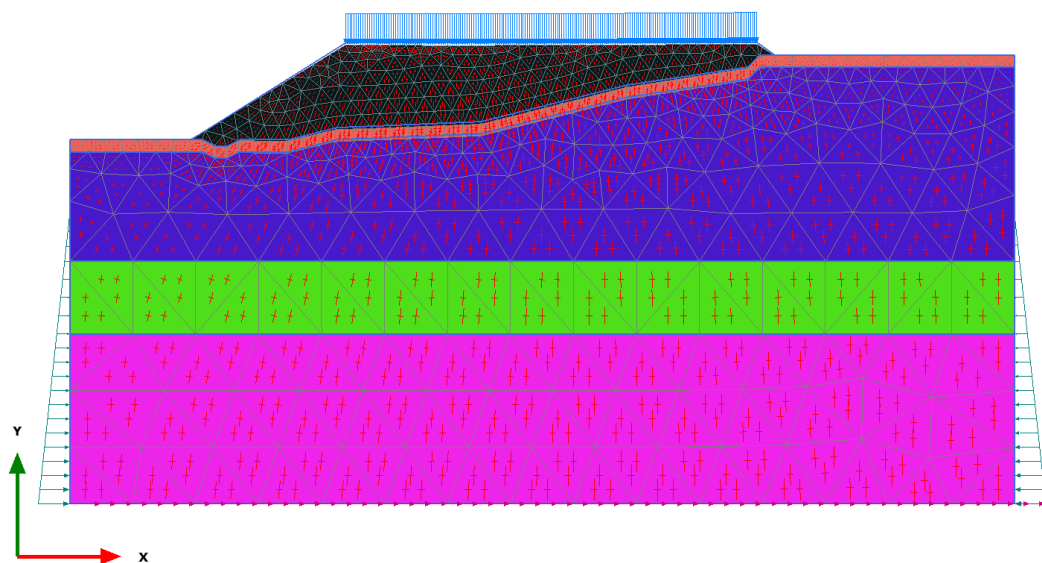


Gambar 5.34 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa

Hasil untuk nilai *effective stresses* pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban lalu lintas sebesar $0,04174 \times 10^{-12} \text{ kN/m}^2$ dan beban gempa -9.209×10^{-3} . Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 5.35 dan 5.36 berikut ini.

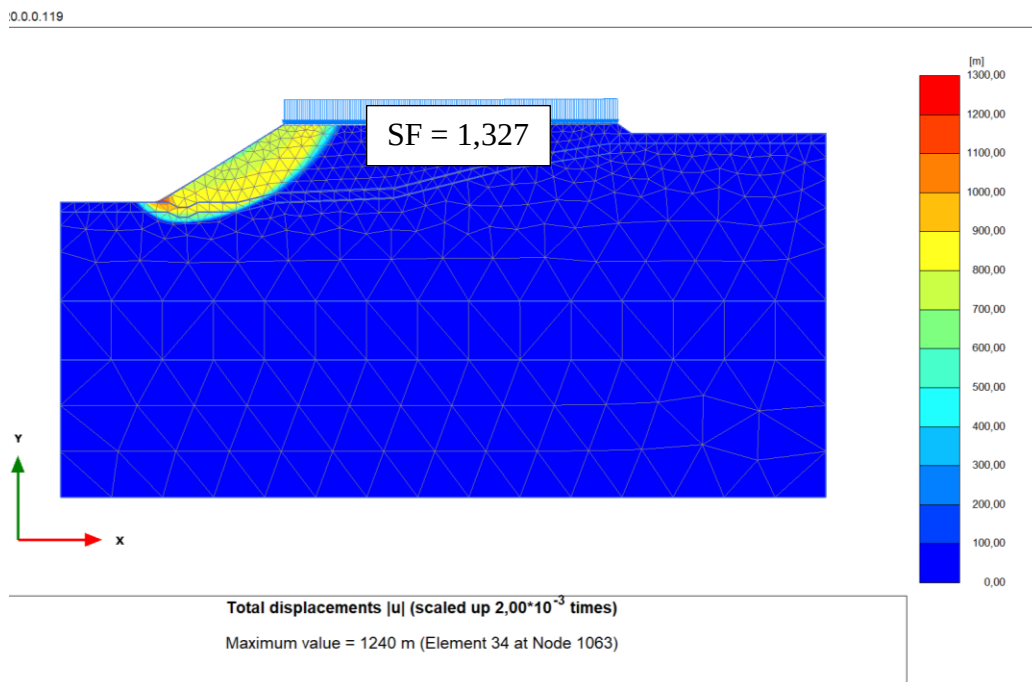


Gambar 5.35 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas



Gambar 5.36 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa

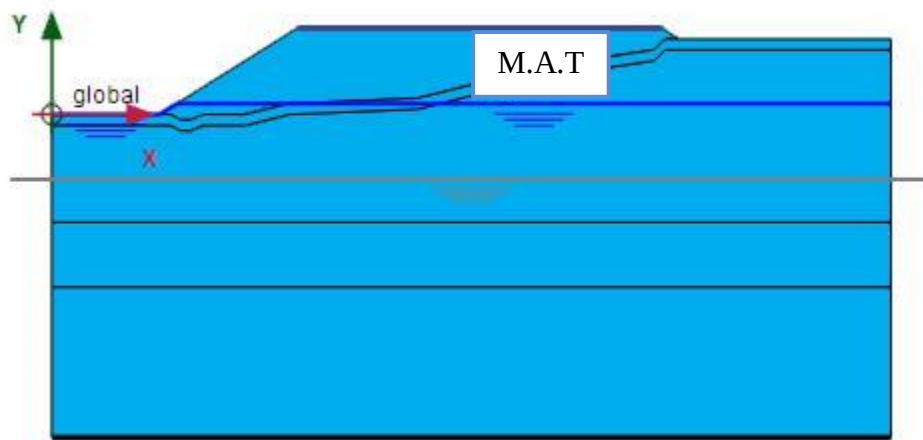
Hasil potensi kelongsoran pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas pada paska konstruksi *Total displacement* didapatkan nilai SF sebesar 1,327 dapat dilihat pada Gambar 5.37.



Gambar 5.37 Potensi Kelongsoran *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa

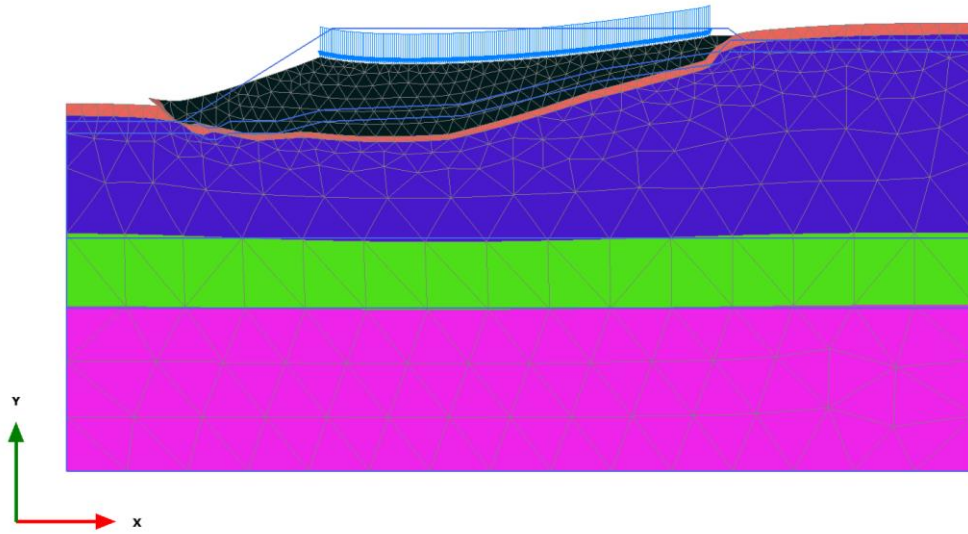
5.4.2 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah +1 m Program Plaxis V20

Pada kondisi lereng timbunan tanah 8 m dengan paska konstruksi, variasi kedua dalam analisis adalah perbedaan ketinggian muka air tanah yaitu +1 m. Pada beban struktur perkerasan jalan yaitu 25 kN/m^2 . Selanjutnya *input* ketinggian Muka Air Tanah pada *Flow Condition* dengan mengganti kondisi *Behaviour* menjadi *Closed* yang dapat dilihat pada Gambar 5.38.

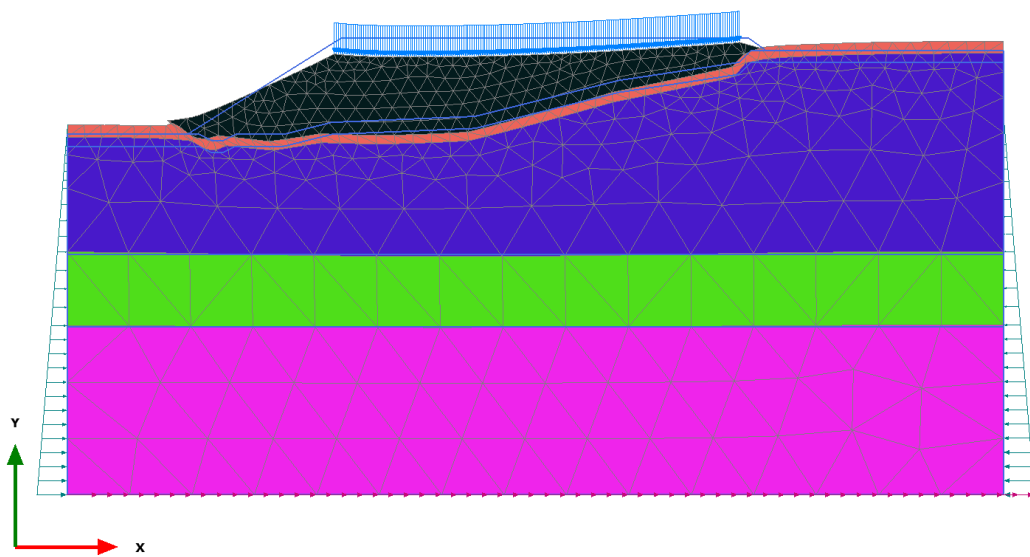


**Gambar 5.38 Flow Condition +1 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska
Konstruksi**

Setelah dilakukan *setting Flow Condition* kemudian dilakukan tahanan analisis (*Calculation*) pada *Stage Construction* untuk lereng timbunan tanah setinggi 8 m memiliki beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu analisis perhitungan akibat beban struktur perkerasan jalan sebesar 25 kN/m^2 . Tahap kedua yaitu analisis perhitungan angka aman (SF) pada lereng. Tahap ketiga yaitu analisis perhitungan akibat beban gempa. Hasil *deformed mesh* akibat beban lalu lintas dan beban gempa pada muka air tanah +1 m dari timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.39 dan 5.40 berikut ini.

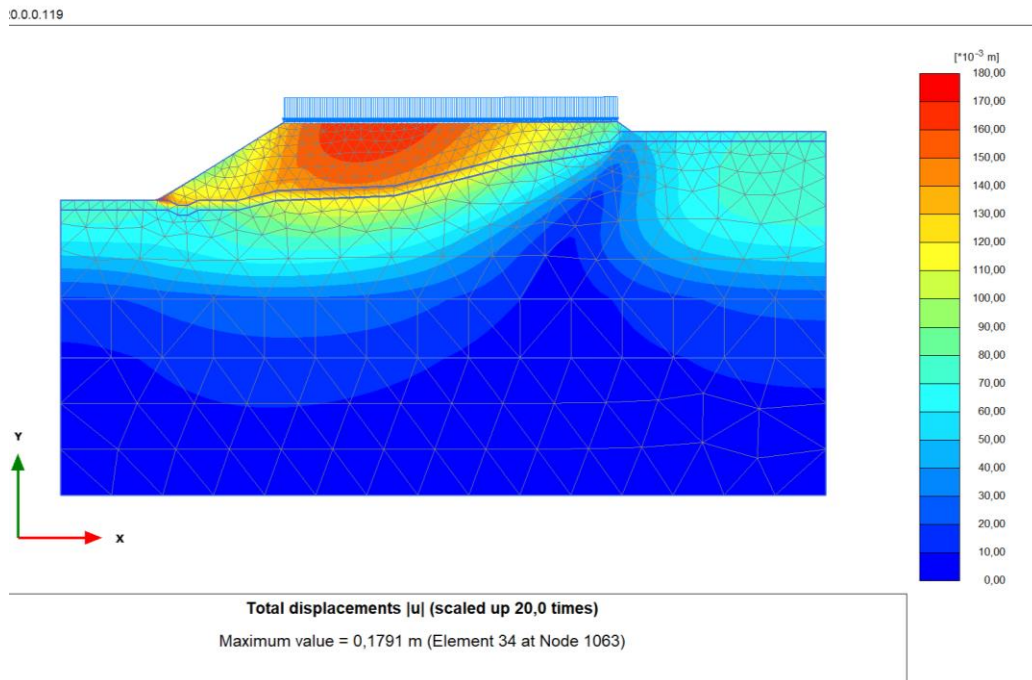


Gambar 5.39 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m Paska Konstruksi

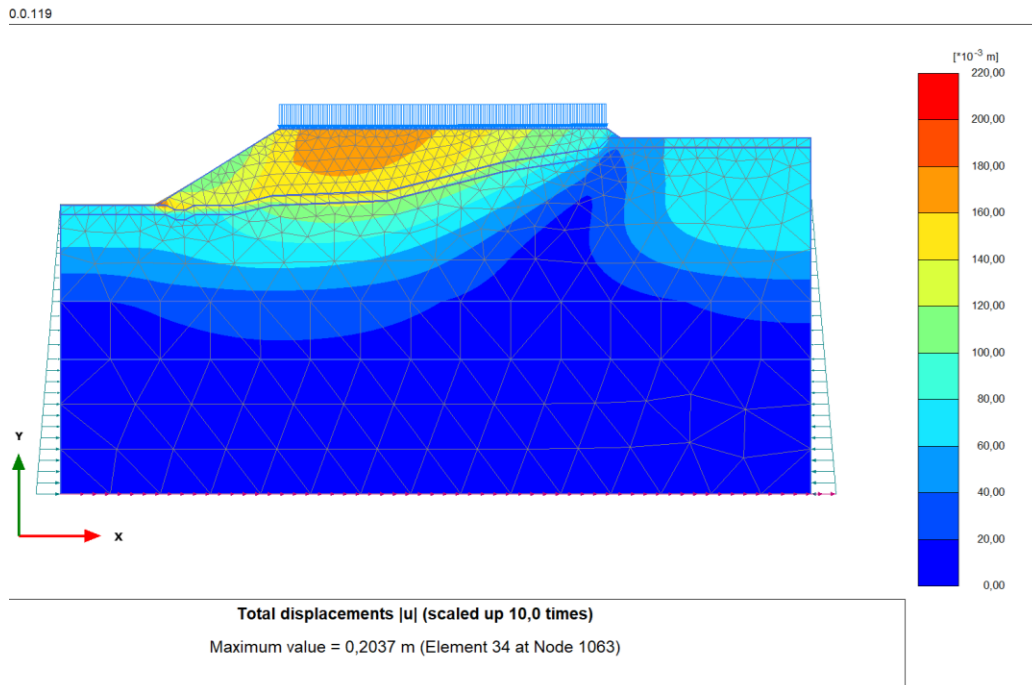


Gambar 5.40 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan Akibat Beban Gempa pada Muka Air Tanah +1 m Paska Konstruksi

Hasil untuk nilai *Total Displacement* pada lereng timbunan 8 m akibat beban lalu lintas paska konstruksi sebesar 0,1791 m dan beban gempa 0,2037 m. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 5.41 dan 5.42 berikut ini.

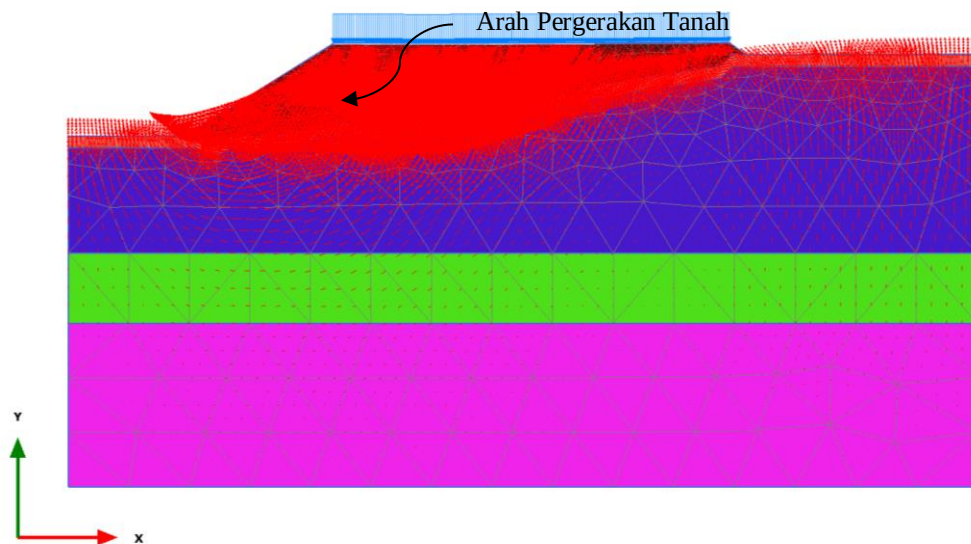


Gambar 5.41 *Total Displacement* Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m

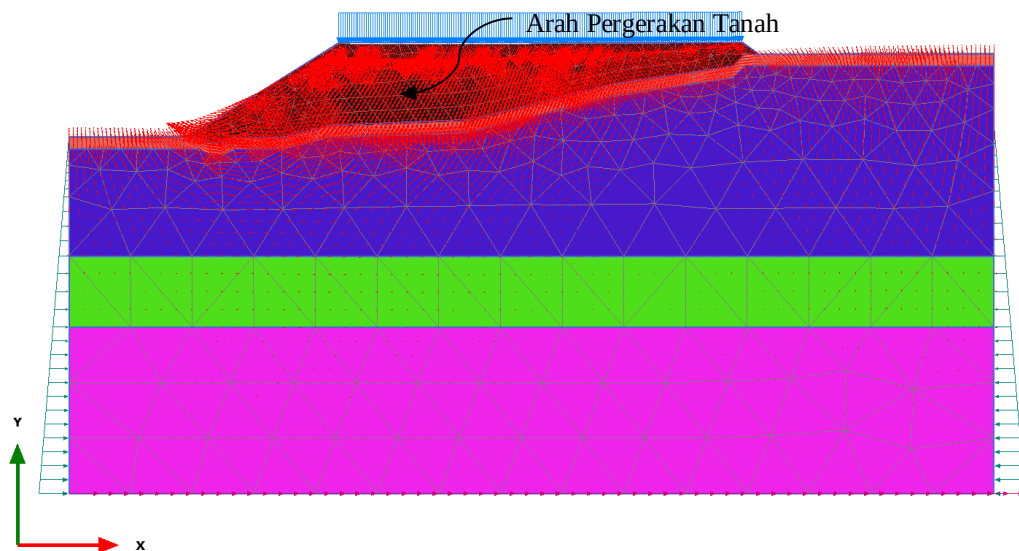


Gambar 5.42 *Total Displacement* Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa pada Muka Air Tanah +1 m

Hasil untuk arah pergerakan tanah pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas paska konstruksi dan arah pergerakan tanah akibat beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.43. dan 5.44

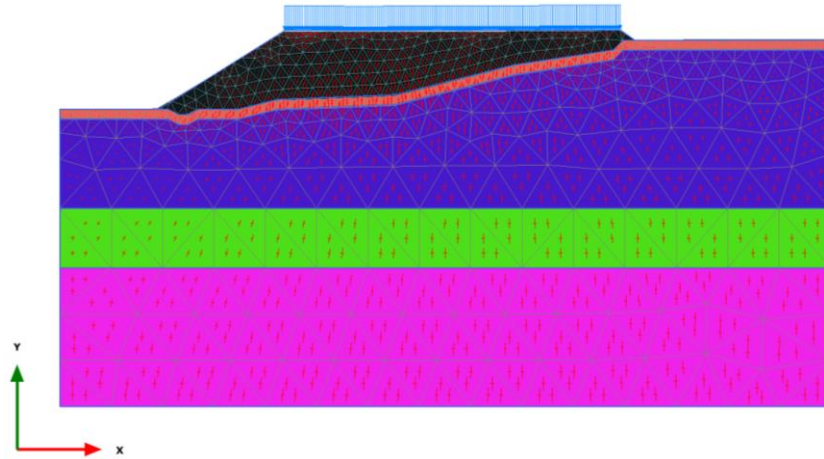


**Gambar 5.43 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Paska Konstruksi
Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m**

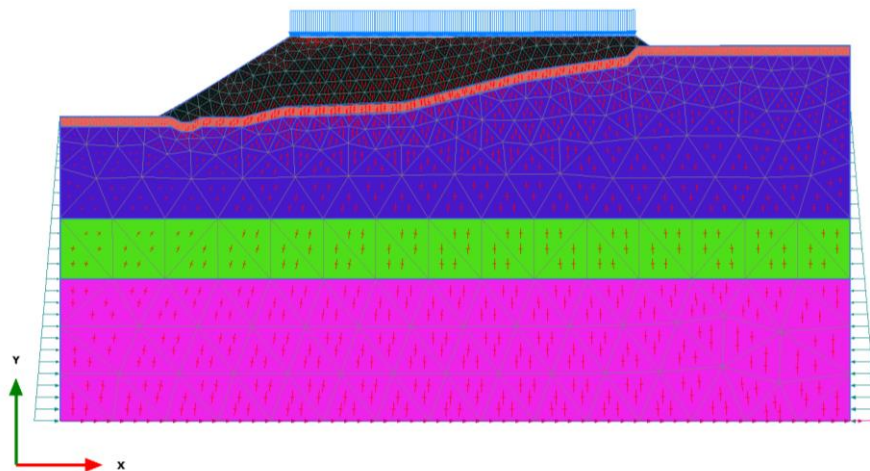


**Gambar 5.44 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Paska Konstruksi
Akibat Gempa pada Muka Air Tanah +1 m**

Hasil untuk nilai *effective stresses* pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban lalu lintas sebesar $0,01066 \times 10^{-12} \text{ kN/m}^2$ dan beban gempa sebesar $-2,386 \times 10^{-3}$. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 5.45 dan 5.46 berikut ini.

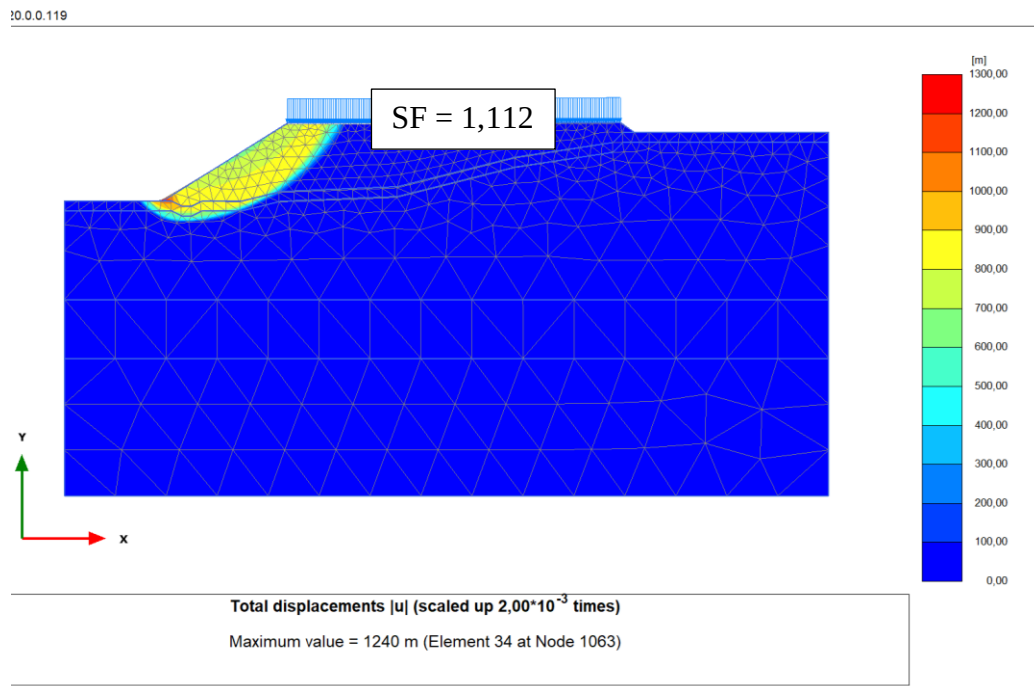


Gambar 5.45 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas Pada Muka Air Tanah +1 m



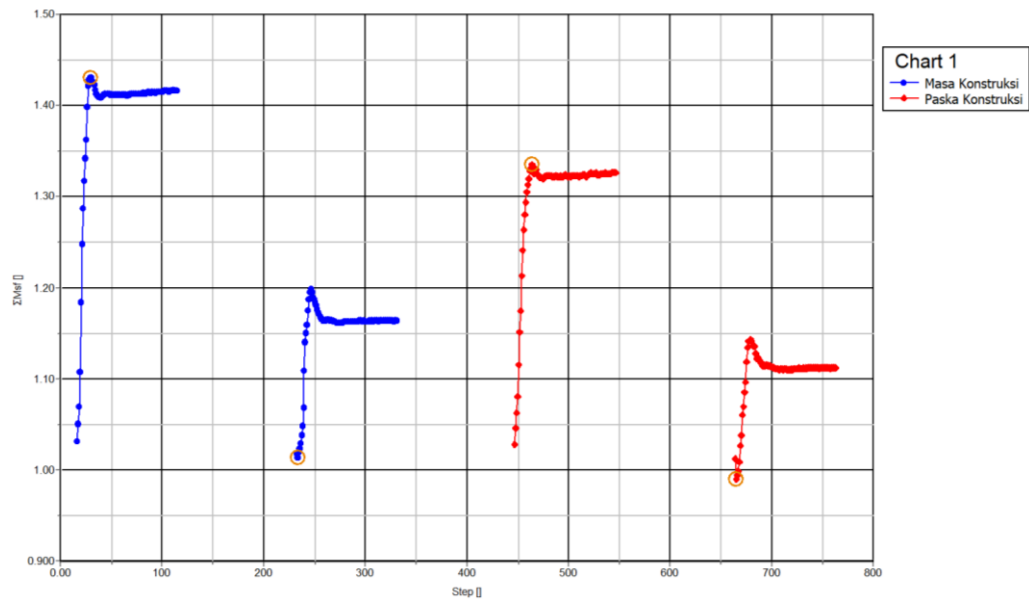
Gambar 5.46 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa Pada Muka Air Tanah +1 m

Potensi kelongsoran pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas pada paska konstruksi dan muka air tanah +1 m *Total displacement* didapatkan nilai SF sebesar 1,112 dapat dilihat pada Gambar 5.47 berikut ini.



Gambar 5.47 Potensi Kelongsoran *Total Displacement* Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempga pada M.A.T +1 m

Hasil analisis lereng tanah timbunan 8 m tanpa perkuatan dengan variasi muka air tanah -6 m dan +1 m didapatkan angka aman (SF) untuk masa konstruksi sebesar 1,416 untuk kedalaman muka air tanah -6 m, nilai tersebut memenuhi syarat $SF > 1,3$ berarti lereng aman dan 1,163 untuk muka air tanah +1, nilai $SF < 1,3$ maka lereng dianggap tidak aman. Pada analisis untuk kondisi pada paska konstruksi untuk kedalaman muka air tanah -6 m didapatkan nilai angka aman sebesar 1,327, nilai tersebut memenuhi syarat $SF > 1,3$, sedangkan dan 1,112 untuk kedalaman muka air tanah +1 m, karena nilai $SF < 1,3$, maka lereng dianggap tidak aman. Karena nilai SF paska konstruksi pada kedalaman +1 m, $SF < 1,25$, maka lereng dianggap labil atau rawan longsor. Tahapan selanjutnya akan dianalisis dengan perkuatan geotekstil untuk mencapai nilai angka aman lereng yang stabil. Berikut ini adalah Gambar 5.48 kurva perbandingan nilai SF tanpa perkuatan pada masa konstruksi dan paska konstruksi serta Ketinggian M.A.T -6 m dan M.A.T +1 m.



Gambar 5.48 Kurva Angka Amam (SF) pada Lereng Timbunan Tanah +8 m Tanpa Perkuatan

5.4.3 Analisis Timbunan Dengan Metode Fellinius

Pada hasil analisis yang telah dilakukan sebagai pembandingan dalam hasil analisis Program Plaxis V20 untuk parameter yang diinputkan dan hasil nilai yang didapatkan, analisis stabilitas lereng timbunan -8 m tanpa perkuatan pada tahap paska konstruksi dengan ketinggian muka air tanah +1 m akan dilakukan analisis dengan metode Fellinius. Potensi kelongsoran pada lereng akan ditentukan gaya-gaya yang bekerja pada irisan lereng dapat dilihat pada Gambar 5.49 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Tabel Perhitungan Gaya Berat Metode Irisan

Irisan No.	b (m)	hi (m)	Θ	Berat Jenis Tanah	$\cos\Theta_i$	$\sin\Theta_i$	Phi	Tan Phi	Berat Wi (Kn)	$W_i \cos\Theta_i \tan\Phi_i$ (kN)	$W_i \sin\Theta_i$
1	1,03	1,686	69	15	0,35836795	0,93358	24	0,445228685	26,0487	4,156218329	34,61855646
2	1,5	4,161	57	15	0,544639035	0,838671	24	0,445228685	93,6225	22,70241906	93,51843525
3	1,5	6,04	46	15	0,69465837	0,71934	24	0,445228685	135,9	42,03140111	112,7582789
4	1,5	7,011	37	15	0,79863551	0,601815	24	0,445228685	157,7475	56,09113643	109,9348154
5	1,5	6,866	29	15	0,874619707	0,48481	24	0,445228685	154,485	60,15735229	89,89581418
6a	1,5	6,26	22	15	0,927183855	0,374607	24	0,445228685	140,85	58,14412633	67,76333868
6b	1,5	0,196	22	15	0,927183855	0,374607	22	0,404026226	4,41	1,652015077	16,65201508
7a	1,5	5,264	15	15	0,965925826	0,258819	24	0,445228685	118,44	50,93605599	45,6545277
7b	1,5	0,562	15	15	0,965925826	0,258819	22	0,404026226	12,645	4,934829683	18,27276683
8a	1,5	4,139	8	15	0,990268069	0,139173	24	0,445228685	93,1275	41,05951899	27,96084296
8b	1,5	0,864	8	15	0,990268069	0,139173	22	0,404026226	19,44	7,777832616	17,70552508
9a	1,5	3,014	1	15	0,999847695	0,017452	24	0,445228685	67,815	30,18858473	16,18353494
9b	1,5	0,986	1	15	0,999847695	0,017452	22	0,404026226	22,185	8,961956663	15,38718164
10a	1,5	2,389	-5	15	0,996194698	-0,087156	24	0,445228685	53,7525	23,84108583	10,31516094
10b	1,5	0,433	-5	15	0,996194698	-0,087156	22	0,404026226	9,7425	3,921246979	14,15088518
11a	1,5	0,774	-12	15	0,978147601	-0,207912	24	0,445228685	17,415	7,584221534	11,3792179
11b	1,5	0,693	-12	15	0,978147601	-0,207912	22	0,404026226	15,5925	6,162113642	11,75813696
12	1,5	0,285	-19	15	0,945518576	-0,325568	22	0,404026226	6,4125	2,449666709	12,91229421
									JUMLAH	432,751782	726,8213282

Hasil dari pengukuran panjang jari-jari dan sudut yang diapit, panjang garis AB = 11,341 m, dan BC = 11,077 m. Pada tahanan longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi dapat dihitung sebesar:

$$\Sigma C_{iai} = (11,341 \times 15) + (11,077 \times 19) = 380,578 \text{ Kn}$$

Dengan menggunakan metode irisan dapat dicari nilai angka aman (*SF*) menggunakan perbandingan gaya yang menahan dibagi dengan gaya yang mendorong. Nilai angka aman yang dihasilkan pada lereng timbunan 8 meter sebagai berikut.

$$\text{Angka aman (SF)} = \frac{380,578 + 432,75178}{762,82133} = 1,1190$$

Nilai angka aman yang dihasilkan dari menggunakan metode irisan pada lereng timbunan 8 meter pasca konstruksi dengan tinggi muka air tanah +1 m didapatkan nilai sebesar 1,1190, nilai tersebut setara dengan perhitungan dengan menggunakan program Plaxis V20 sehingga anggapan bahwa analisis dengan Plaxis V20 nilai tersebut benar.

5.5 Perhitungan Kebutuhan Geotekstil

5.5.1 Data Pehitungan Geotekstil

1. Parameter Tanah Timbunan

Tanah yang akan diperkuatan geotekstil adalah pada bagian tanah timbunan yang rawan bidang longsor paling besar terdapat pada bagian tanah timbunan. Parameter tanah dalam perhitungan kebutuhan geotekstil adalah sebagai berikut.

- a. Berat volume tanah (γ_b) = 15 kN/m³
- b. Kohesi (c) = 15 kN/m²
- c. Sudut gesek dalam (ϕ) = 24°

2. Data Geotekstil

Geotekstil yang digunakan sebagai perkuatan pada analisis ini adalah jenis geotekstil *woven*. Data geotekstil diperoleh dari produksi PT. Tekindo Geosistem Unggul dengan jenis geotekstil *woven* UW-250 yang mempunyai nilai kuat tarik geotekstil dan regangannya yang digunakan adalah sebesar 52 kN/m dan 20 %. Data yang akan diinput kedalam plaxis adalah berupa nilai *normal stiffness* (EA) yang dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} EA &= \frac{F_g}{\Delta l/l} \\ &= \frac{52}{20/100} \\ &= 260 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Koefisien Daya Dukung Tanah

Pada perhitungan kebutuhan geotekstil dibutuhkan data koefisien daya dukung tanah. Pada penelitian ini menggunakan data koefisien daya dukung tanah yang didapatkan dari Departemen Pekerjaan Umum (2009). Untuk nilai koefisien daya dukung tanah dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Koefisien Daya Dukung Tanah

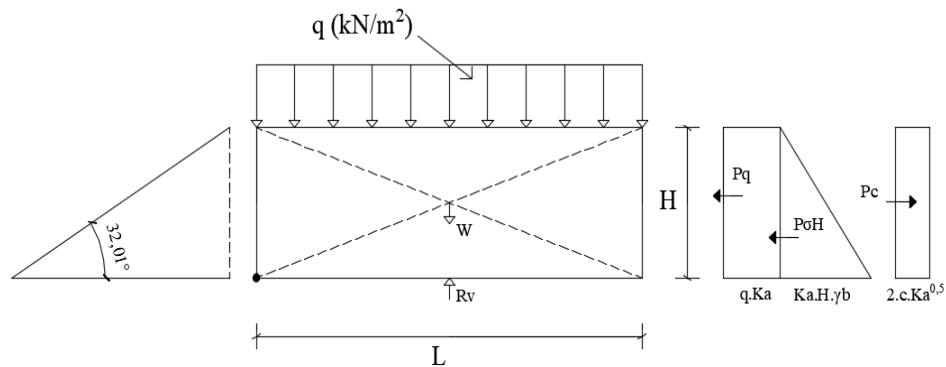
ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
7	7,16	1,88	0,71	26	22,25	11,85	12,54
8	7,53	2,06	0,86	27	23,94	13,20	14,47
9	7,92	2,23	1,03	28	25,80	14,72	16,72
10	8,85	2,47	1,22	29	27,86	16,44	19,34
11	8,80	2,71	1,44	30	30,14	18,40	22,40
12	9,28	2,97	1,69	31	32,67	20,63	25,90
13	9,81	3,26	1,97	32	35,49	23,18	30,22
14	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	37,87	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	10,80	44	118,37	115,31	224,64

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

5.5.2 Stabilitas Eksternal

Dalam perencanaan lereng dengan perkuatan geotekstil, lereng harus stabil terhadap pengaruh gaya dalam dan gaya luar. Stabilitas yang akan ditinjau adalah stabilitas eksternal dan stabilitas internal. Pada perhitungan stabilitas eksternal akan digunakan untuk menentukan jarak arah vertikal minimal lapisan geotekstil (S_v) dan panjang total minimum geotekstil (L).

Beban merata yang digunakan adalah beban maksiml pada kondisi paska konstruksi sebesar 25 kN/m^2 . Nilai *Safety Factor* sebagai acuan dalam perhitungan kebutuhan geotekstil digunakan 1,5. Gaya-gaya yang akan bekerja pada tanah timbunan lereng dapat dilihat pada Gambar 5.50 berikut ini.



Gambar 5.50 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Timbunan Lereng

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

Perhitungan koefisien aktif tanah sebagai berikut.

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

$$Ka = \tan^2 \left(45 - \frac{24}{2} \right)$$

$$= 0,422$$

- a. Jarak arah vertikal minimum lapis geotekstil (SV) timbunan 8 m

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

$$= (25 \times 0,422) + (0,422 \times 8 \times 15) - (2 \times 15 \times \sqrt{0,422})$$

$$= 41,702 \text{ kN/m}^2$$

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

$$= \frac{26}{41,702 \times 1,5}$$

$$= 0,417 \text{ m}$$

Dilapangan dipasang SV = 0,5 m (minimal)

Banyak lapis geotekstil teoritis = 8m / 0,5 m = 16 lapis

Pada penelitian untuk timbunan lereng 8 m akan digunakan geotekstil sebanyak 1 lapis.

2. Menentukan panjang geotekstil

a. Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\sum MR}{\sum MD} = \frac{\text{Moemen Menahan}}{\text{Momen Menggulingkan}} \geq 1,5$$

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

$$\sum MR = \left(\frac{1}{2} \times q \times L^2 \right) + \left(\frac{1}{2} \times \gamma b \times H \times L^2 \right)$$

$$SF = \frac{\left(\frac{1}{2} \times 25 \times L^2 \right) + \left(\frac{1}{2} \times 15 \times L^2 \right)}{\left(25 \times 0,422 \times \frac{1}{2} \times 8^2 \right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,422 \times 15 \times 8^2 \times \frac{1}{3} \times 8 \right) - \left(2 \times 15 \times \sqrt{0,422} \times \frac{1}{2} \times 8^2 \right)}$$

$$SF = \frac{72,5 \times L^2}{254,129}$$

$$L^2 = \frac{254,129 \times 1,5}{72,5}$$

$$L = 2,29 \text{ m}$$

Panjang geotekstil untuk menahan guling diambil sepanjang 3 m

b. Stabilitas terhadap geser

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

Tahan geser pada dasar perkuatan $\left(\delta = \frac{2}{3} \times 24^\circ = 16 \right)$

$$SF = \frac{(25 \times \tan 16 \times L) + (8 \times 15 \times \tan 16 \times L)}{(25 \times 0,422 \times 8) + (0,5 \times 0,422 \times 15 \times 8^2) - \left(2 \times 15 \times \sqrt{0,422} \times \frac{1}{2} \times 8^2 \right)}$$

$$SF = \frac{41,58 \times L}{131,052}$$

$$L = \frac{131,052 \times 1,5}{41,58} = 4,727 \text{ m}$$

Panjang geotekstil untuk menahan geser diambil sepanjang 5 m

c. Stabilitas terhadap eksentrisitas

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

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

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

$$\frac{L}{6} \geq \frac{254,129}{145 \times L}$$

$$145 \times L^2 = 1524,774$$

$$L^2 = 10,516$$

$$L = 3,243 \text{ m}$$

Panjang geotekstil untuk menahan eksentrisitas yang diambil sepanjang 4 meter.

d. Stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah

$$N_c = 19,32$$

$$N_\gamma = 9,44$$

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

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

$$\sigma_{ult} = [(15 \times 19,32) + (0,5 \times L \times 15 \times 9,44)] \times 1,5$$

$$\sigma_{ult} = 289,8 + (106,2 \times L)$$

$$L \leq \frac{289,8 + (106,2 \times L)}{(8 \times 15) + 25}$$

$$145L \leq 289,8 + (106,2L)$$

$$L = \frac{289,8}{145 - 106,2} = 7,469 \text{ m}$$

Panjang geotekstil untuk menahan daya dukung tanah diambil sepanjang 8 m.

Dari keempat jenis parameter stabilitas lereng diatas, digunakan panjang geotekstil yang maksimum yaitu 8 m. Untuk panjang kebutuhan geotekstil lereng dengan tinggi timbunan yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Kebutuhan Panjang Geotekstil

Tinggi Timbunan (H)	Stabilitas Guling	Stabilitas Geser	Stabilitas Eksentrisitas	Stabilitas Daya Dukung	Panjang Minimum (L)
8 m	2,29 m	4,727 m	3,243 m	7,469 m	8 m

5.5.3 Stabilitas Internal1. Panjang *overlapping* geotekstil

a. Timbunan 8 meter

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

$$Lo = \frac{41,702 \times 0,5 \times 1,5}{2 \times 15 \times 8 \times \tan 24^\circ}$$

$$Lo = 0,293 \text{ m}$$

Karena panjang *overlapping* minimum 1 meter, maka akan diambil panjang 1 meter.

2. Panjang efektif geotekstil

a. Timbunan 8 meter

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

$$Le = \frac{1,5 \times 0,5 \times 0,422 \times 15 \times 8}{2 \times 15 \times 8 \times \tan 24^\circ}$$

$$Le = 0,355 \text{ m}$$

Panjang efektif yang akan digunakan adalah 0,5 m.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Stabilitas Internal

Timbunan (m)	Svi (m)	Svi Pakai (m)	Lo (m)	Lo pakai (m)
8	0,417	0,5	0,355	0,5

5.5.4 Cek Gaya Tarik Geotekstil

Untuk pengecekan geotekstil apakah dapat menahan gaya tarik yang terjadi dengan nilai S_v sebesar 0,5 m, maka akan dilakukan perhitungan kuat geser yang bekerja. Ketika geotekstil menerima beban dari atas (tanah) maka geotekstil akan menegang dan mentransfer tegangan tersebut pada zona pasif, sehingga geotekstil harus mampu menahan gaya tarik yang bekerja padanya. Untuk itu diperlukan pada perencanaan/pemilihan jenis geotekstil yang mampu menahan gaya tarik tersebut perlu untuk dilakukan pengecekan terhadap gaya tarik. Gaya tarik yang bekerja pada geotekstil dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

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

$$T = \tan 24^\circ \times 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,5 \times 15 \right) \times 1 \times 8$$

$$T = 26,714 \text{ kN}$$

Dari hasil perhitungan diatas gaya tarik yang bekerja pada geotekstil 26,714 kN, sedangkan untuk jenis geotekstil yang digunakan memiliki kuat tarik 52 kN/m. Maka kekuatan geotekstil kuat menahan gaya tarik yang bekerja.

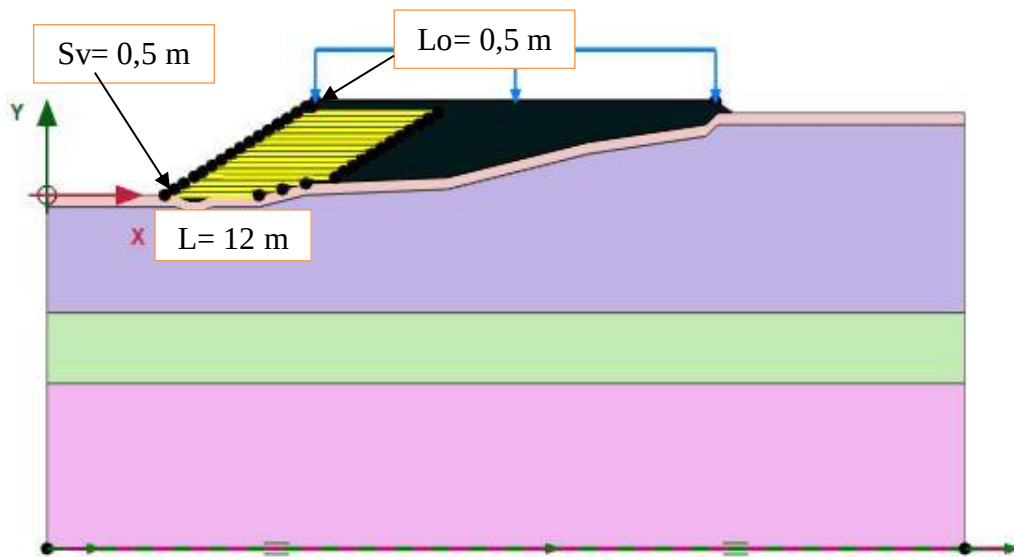
5.6 Lereng Timbunan Tanah dengan Perkuatan Geotekstil Tahap Masa Konstruksi

5.6.1 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah -6 m Program *Plaxis V20*

Pada analisis menggunakan program *Plaxis V20* dengan timbunan 8 m yang akan ditampilkan dibawah ini merupakan hasil yang meliputi pemodelan awal pada lereng.

3. Pemodelan awal

Pada pemodelan lereng tanah asli dengan timbunan 8 m, dan lebar badan jalan 34 m yang akan digunakan sebagai jalan tol, menggunakan beban merata dan beban gempa dinamik. Pada pemodelan lereng timbunan dengan perkuatan geotekstil digunakan $L = 12 \text{ m}$, $L_o = 0,5 \text{ m}$ dan $S_v = 0,5 \text{ m}$ dapat dilihat pada Gambar 5.51 berikut ini.

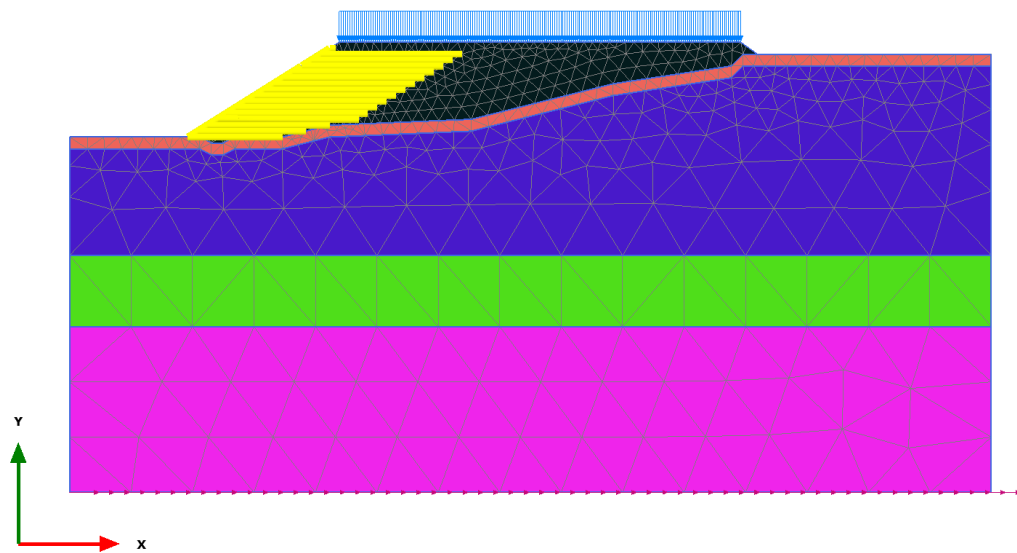


Gambar 5.51 Pemodelan Lereng Tanah Timbunan 8 m dengan Penguatan Geotekstil

4. Kondisi Masa Konstruksi dan Muka Air Tanah -6 m

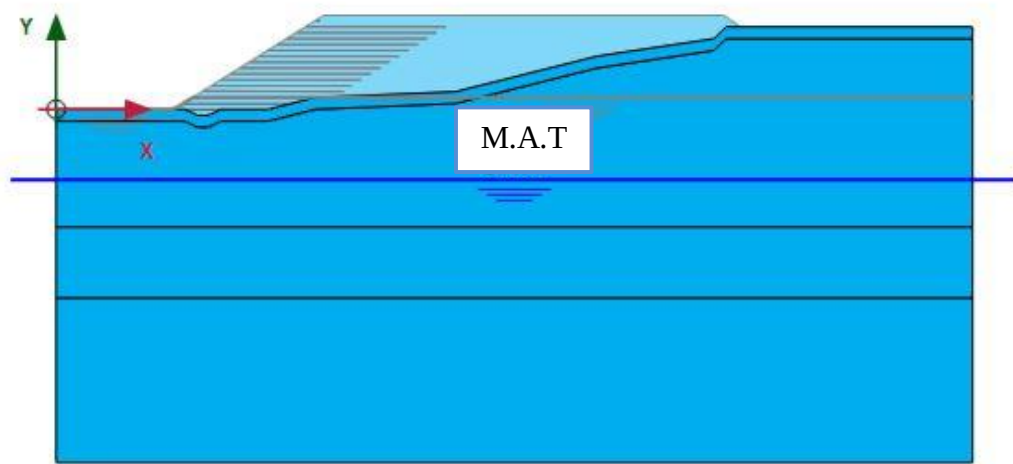
Pada masa konstruksi dianggap timbunan dianggap pada kondisi yang bersifat *undrained* karena belum dapat terdrainase dengan baik. Untuk beban yang bekerja pada masa konstruksi yaitu beban struktur perkerasan jalan sebesar 10

kN/m². Selanjutnya pada tahapan konstruksi dilakukan *input* parameter tanah untuk tahapan setelahnya dilakukan penyusunan jaringan elemen (*meshing*) dapat dilihat pada Gambar 5.52.



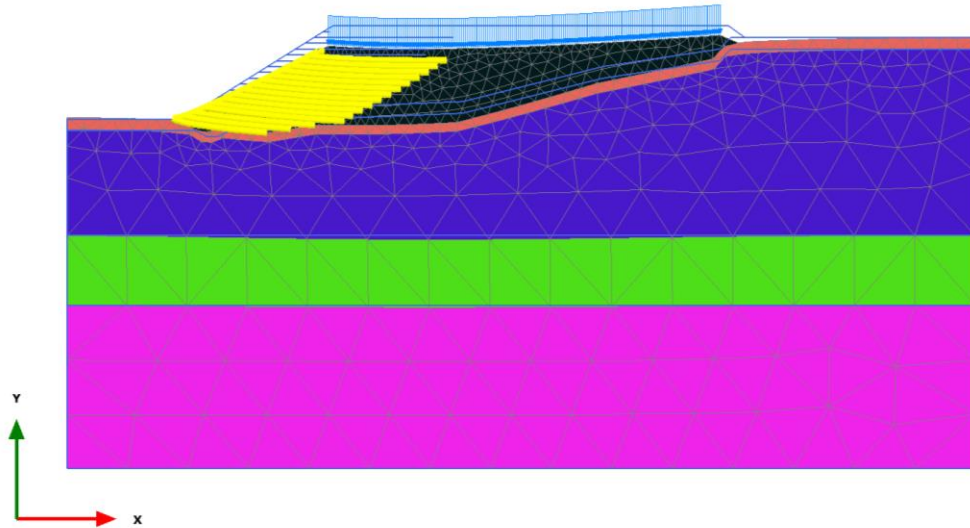
Gambar 5.52 Jaringan Elemen (*Meshing*) Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi akibat Beban Struktur

Setelah dilakukan *meshing* kemudian yaitu *input Flow Condition* untuk muka air tanah -6 m. Untuk melihat hasil *input* muka air tanah lereng timbunan tanah asli setinggi 8 m dapat dilihat pada Gambar 5.53.

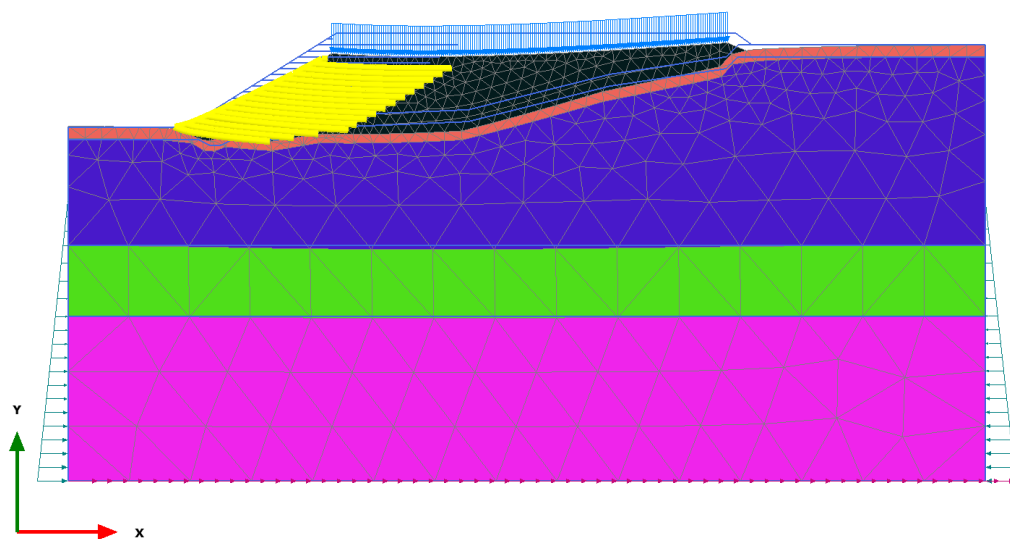


Gambar 5.53 Flow Condition -6 m Lereng Timbunan Tanah 8 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi

Setelah dilakukan *Meshing* dan *Flow Condition* kemudian dilakukan tahanan analisis (*Calculation*) pada *Stage Construction* untuk lereng timbunan tanah setinggi 8 m memiliki beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu analisis perhitungan akibat beban struktur perkerasan jalan sebesar 10 kN/m^2 . Tahap kedua yaitu analisis perhitungan angka aman (SF) pada lereng. Tahap ketiga yaitu analisis perhitungan akibat beban gempa. Untuk melihat hasil *deformed mesh* dapat dilihat pada Gambar 5.54 dan 5.55.

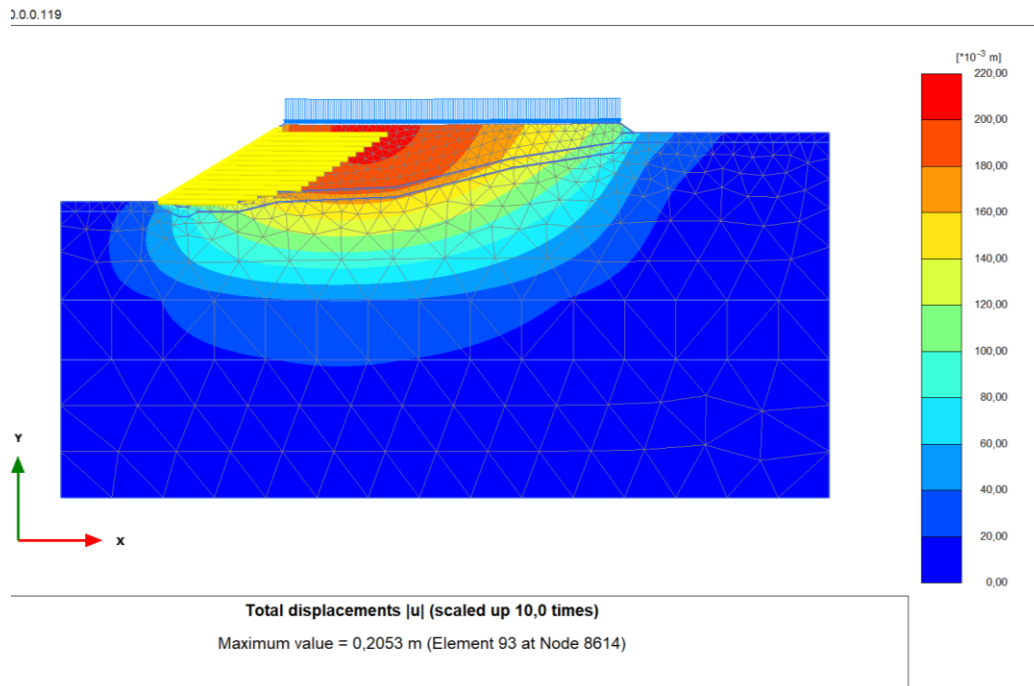


Gambar 5.54 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur

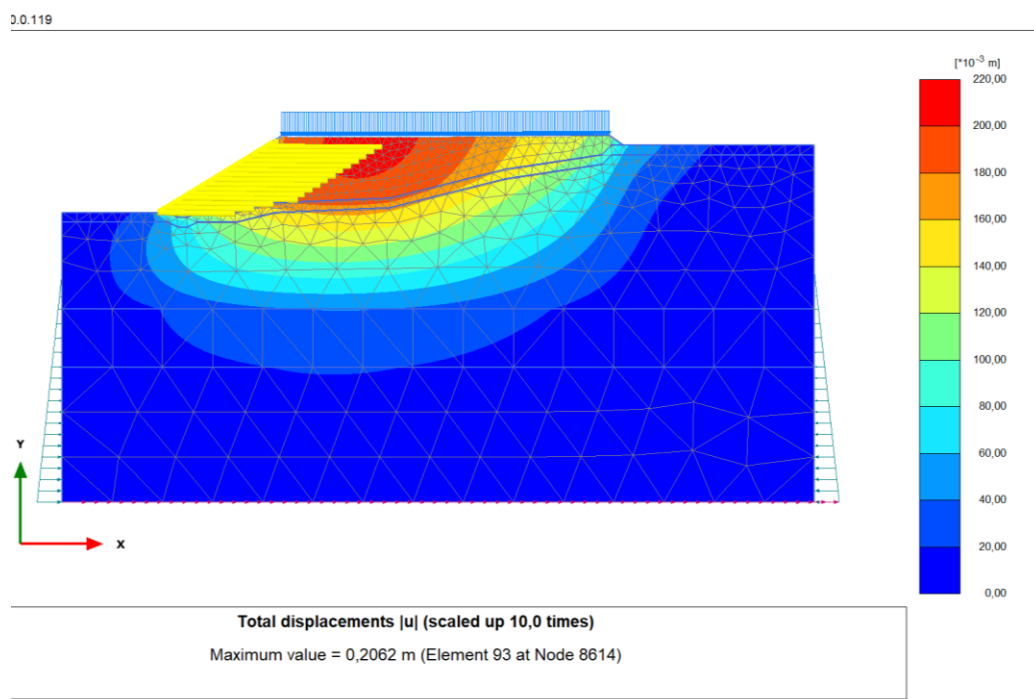


Gambar 5.55 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa

Selanjutnya untuk nilai *Total Displacement* pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur masa konstruksi sebesar 0,2053 m dan akibat beban gempa sebesar 0,2062 m. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.56 dan 5.57.

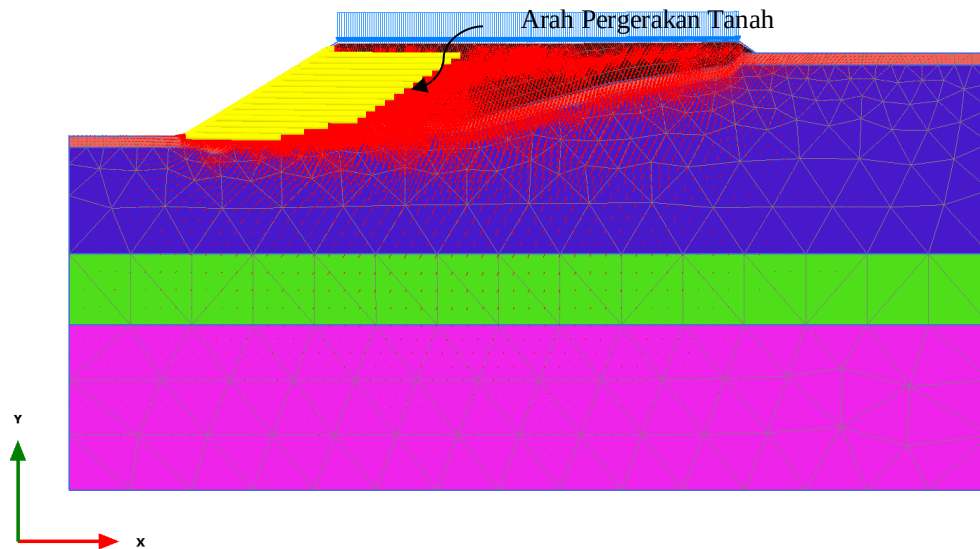


Gambar 5.56 *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur

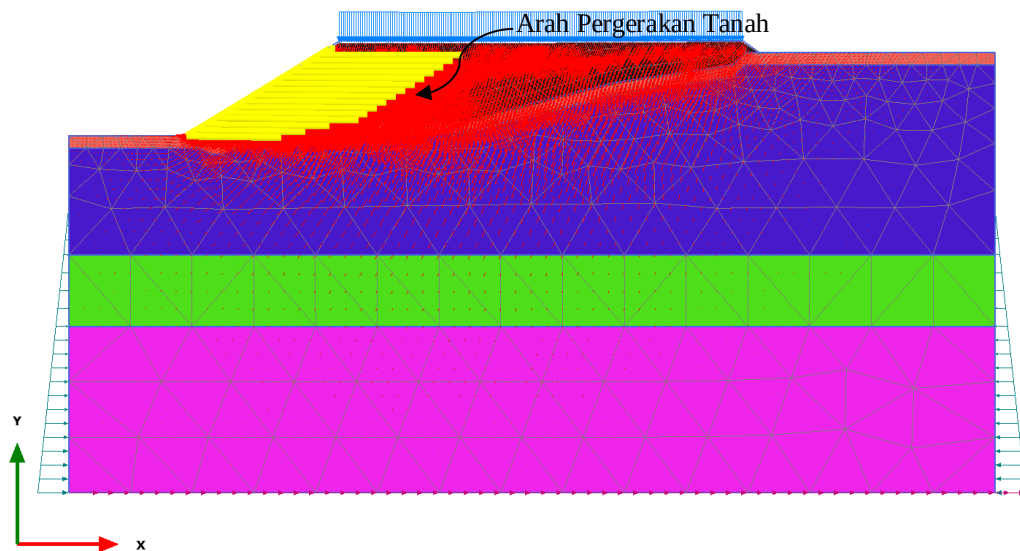


Gambar 5.57 *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa

Hasil untuk arah pergerakan tanah pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur masa konstruksi dan arah pergerakan tanah akibat beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.58 dan 5.59.

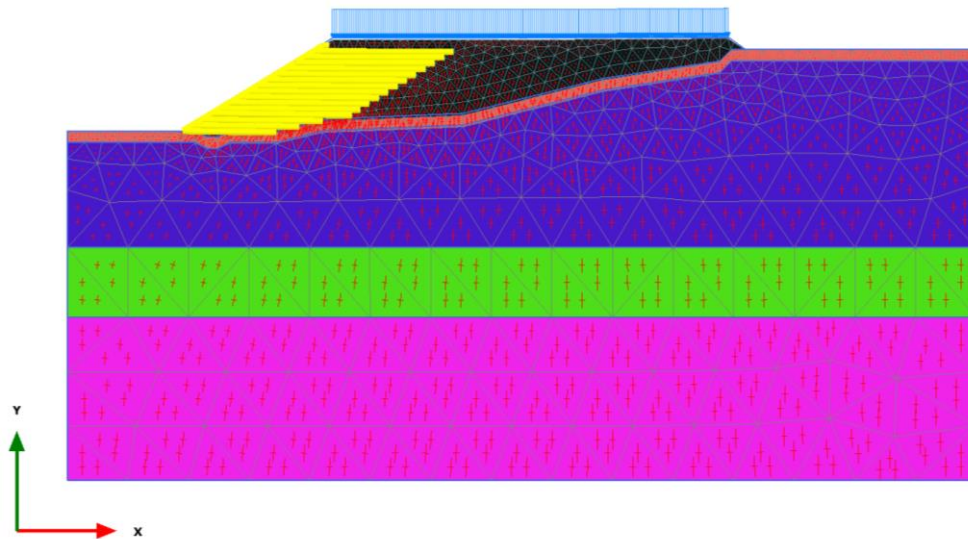


Gambar 5.58 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m engan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur

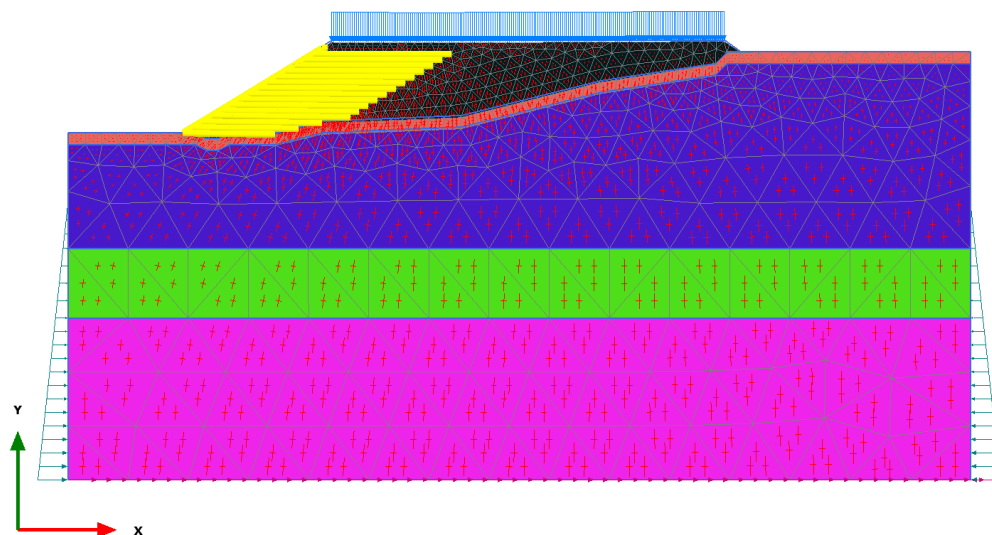


Gambar 5.59 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa

Kemudian untuk nilai *effective stresses* pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur sebesar $0,01421 \times 10^{-12} \text{ kN/m}^2$ dan $-358,6 \text{ kN/m}^2$ dan untuk beban gempa sebesar $-0,2354 \text{ kN/m}^2$ dan $-358,8 \text{ kN/m}^2$. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.60 dan 5.61 berikut ini.

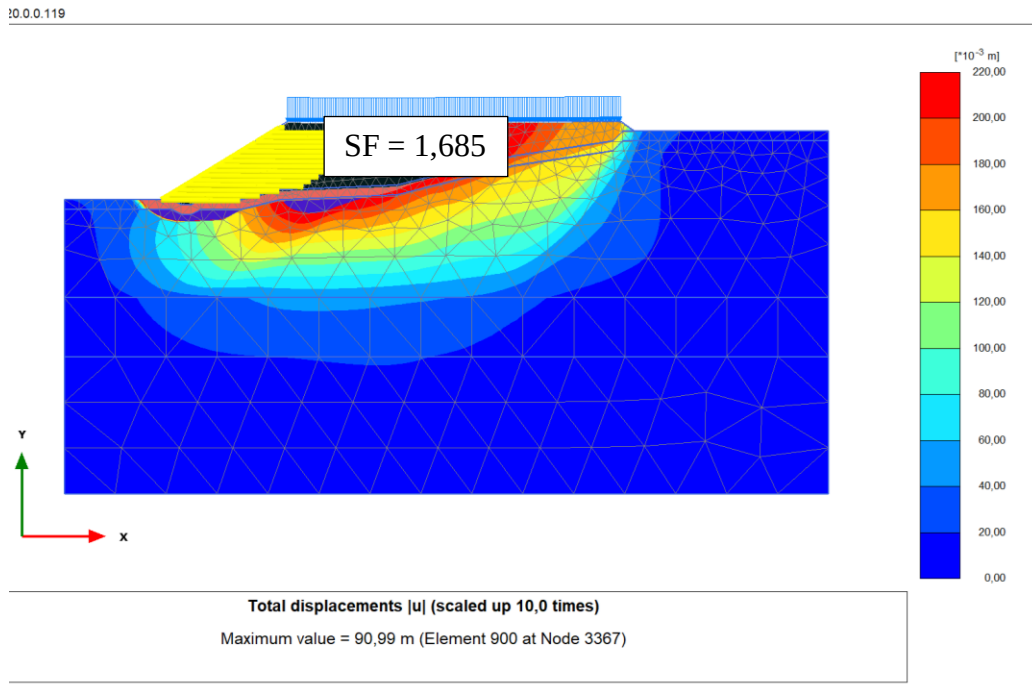


Gambar 5.60 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur



Gambar 5.61 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa

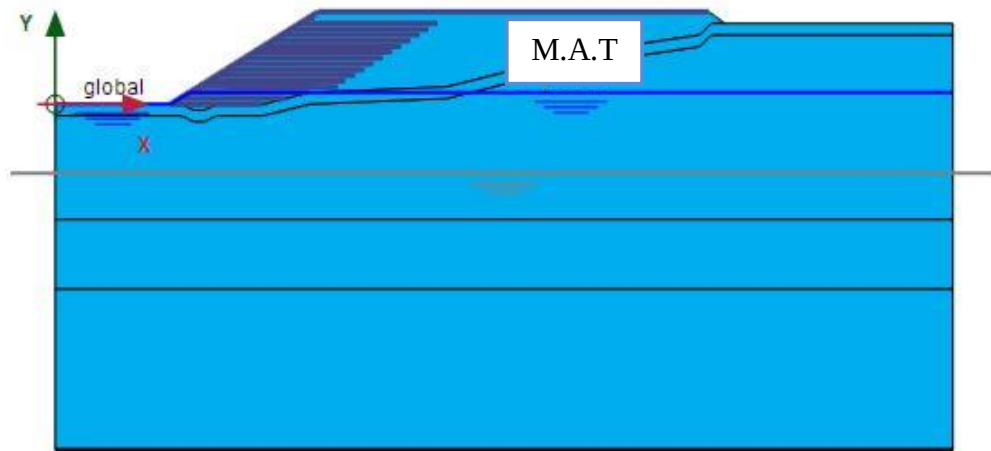
Untuk potensi kelongsoran pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur pada masa konstruksi *Total displacement* didapatkan nilai SF sebesar 1,685 dapat dilihat pada Gambar 5.62.



Gambar 5.62 Potensi Kelongsoran *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Gempa

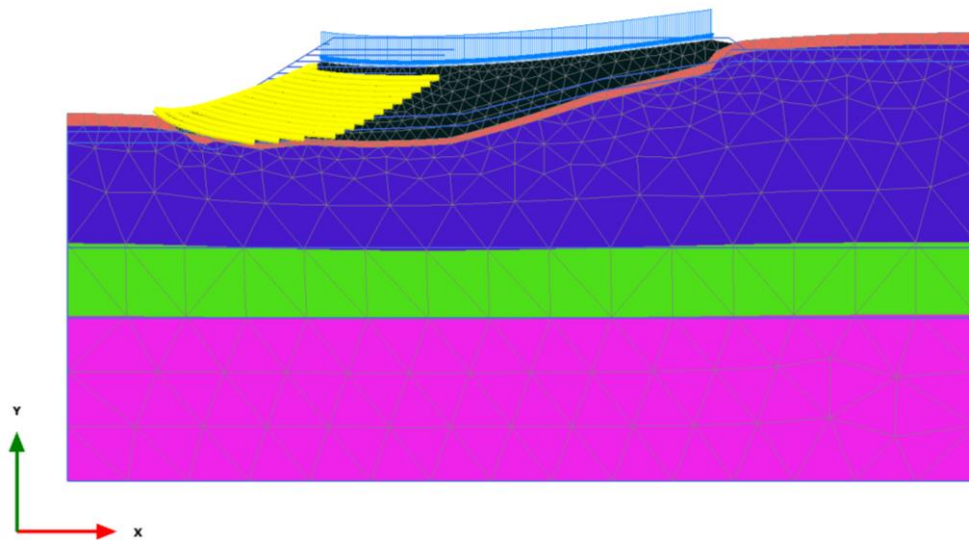
5.6.2 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah +1 m Program Plaxis V20

Pada kondisi lereng timbunan tanah 8 m dengan masa konstruksi, variasi kedua dalam analisis adalah perbedaan ketinggian muka air tanah yaitu +1 m. Pada beban struktur yaitu 10 kN/m². Selanjutnya *input* ketinggian Muka Air Tanah pada *Flow Condition* dengan mengganti kondisi *Behaviour* menjadi *Closed* yang dapat dilihat pada Gambar 5.63.

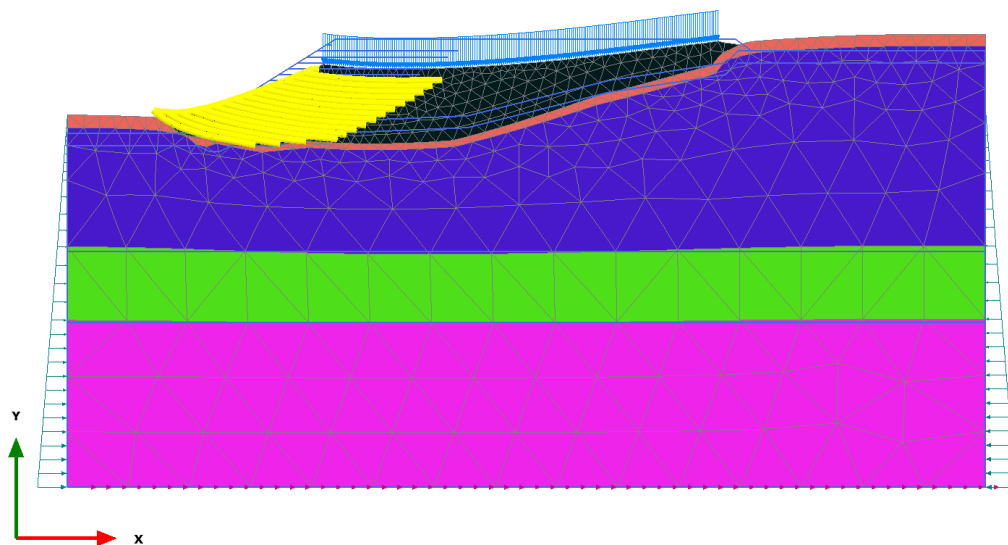


Gambar 5.63 *Flow Condition* +1 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi

Setelah dilakukan *setting Flow Condition* kemudian dilakukan tahanan analisis (*Calculation*) pada *Stage Construction* untuk lereng timbunan tanah setinggi 8 m memiliki beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu analisis perhitungan akibat beban struktur perkerasan jalan sebesar 10 kN/m^2 . Tahap kedua yaitu analisis perhitungan angka aman (SF) pada lereng. Tahap ketiga yaitu analisis perhitungan akibat beban gempa. Untuk melihat hasil *deformed mesh* akibat beban struktur dan beban gempa pada muka air tanah +1 m dari timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.64 dan 5.65 berikut ini.

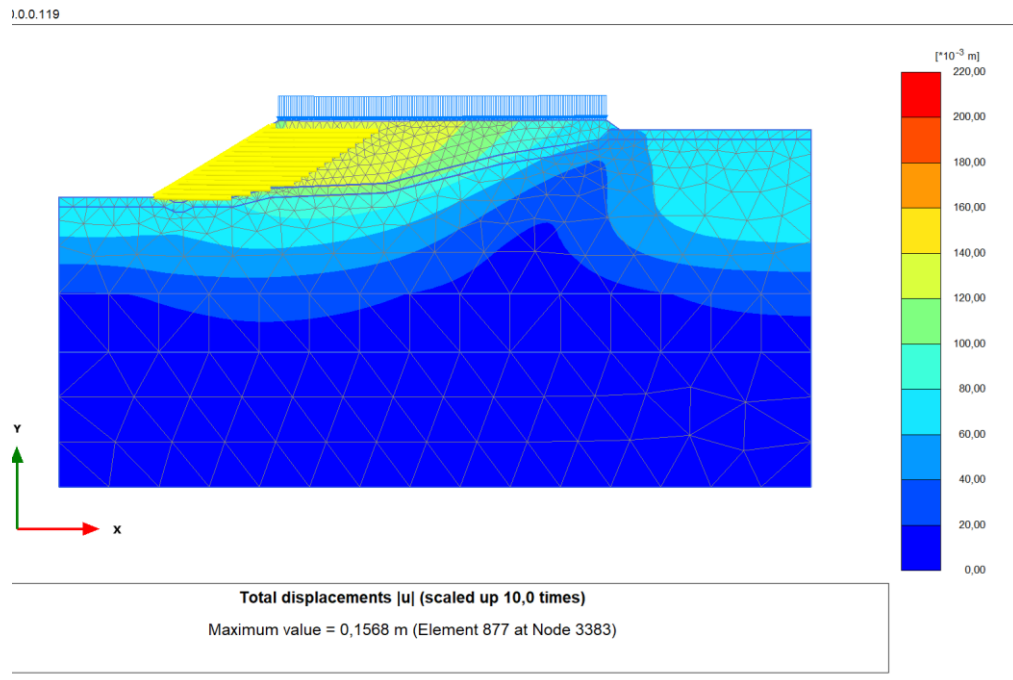


Gambar 5.64 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m Masa Konstruksi

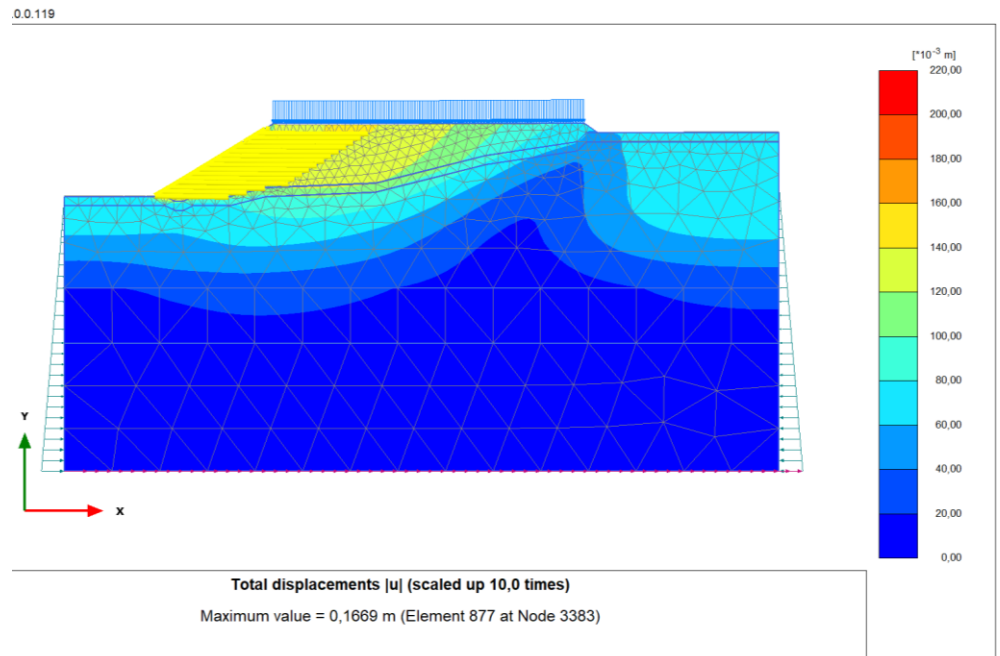


Gambar 5.65 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Akibat Beban Gempa dan Muka Air Tanah +1 m Masa Konstruksi

Selanjutnya untuk nilai *Total Displacement* pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur masa konstruksi sebesar 0,1568 m dan 0,1669 m. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.66 dan 5.67 berikut ini.

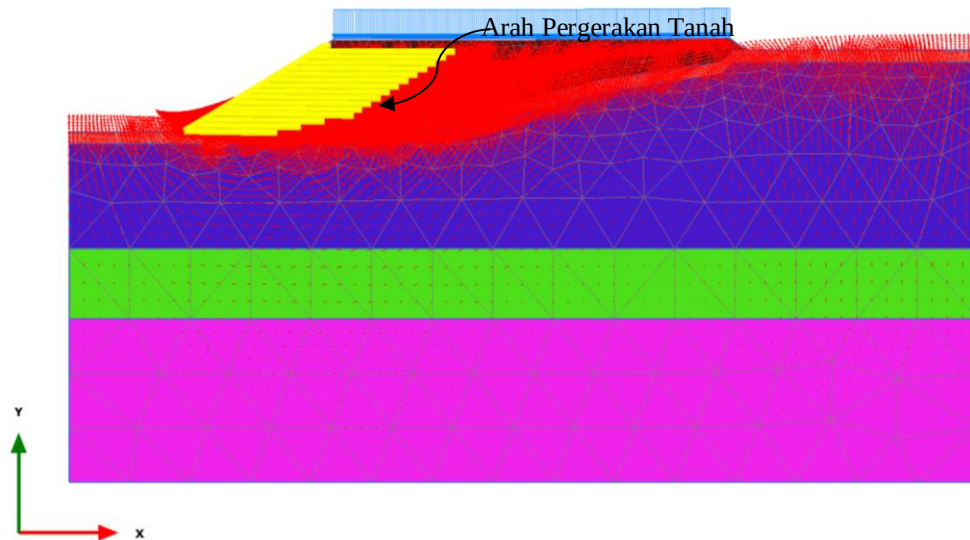


Gambar 5.66 Total Displacement Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m

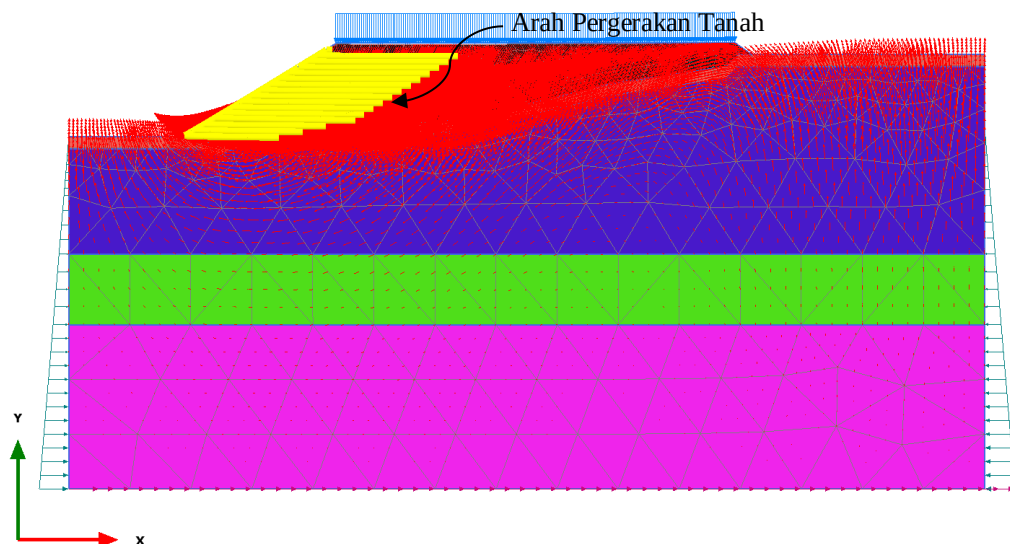


Gambar 5.67 Total Displacement Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa Muka Air Tanah +1 m

Selanjutnya untuk arah pergerakan tanah pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur masa konstruksi dan arah pergerakan tanah akibat beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.68 dan 5.69.



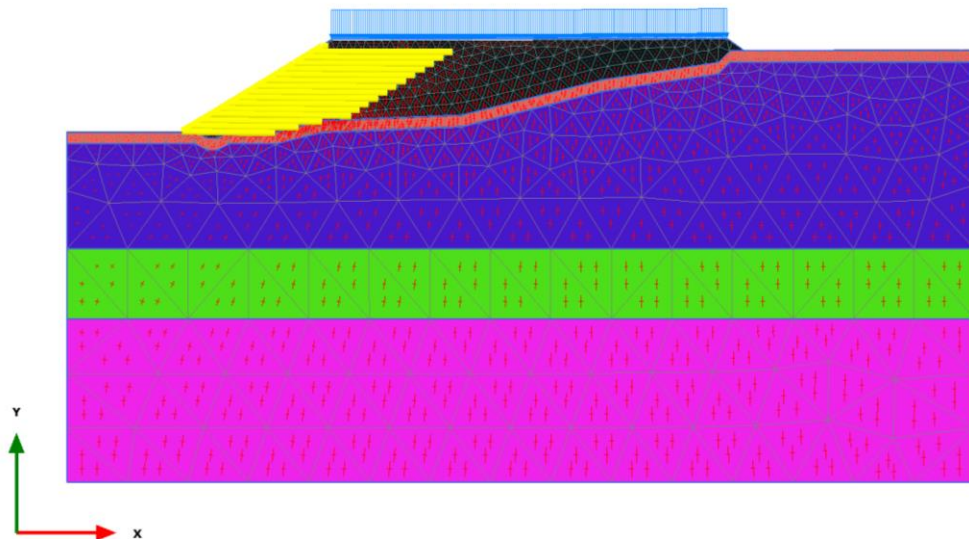
Gambar 5.68 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m



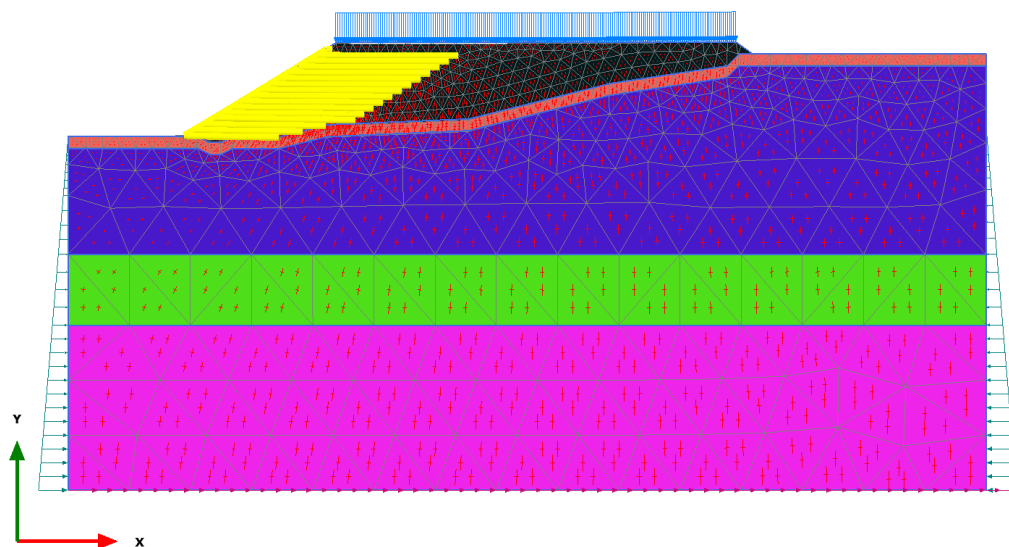
Gambar 5.69 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa Muka Air Tanah +1 m

Kemudian untuk nilai *effective stresses* pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur sebesar $0,01421 \times 10^{-12} \text{ kN/m}^2$ dan -294 kN/m^2 dan $-0,01805$

$\times 10^{-3} \text{ kN/m}^2$ dan $-294,9 \text{ kN/m}^2$. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.70 dan 5.71 berikut ini.

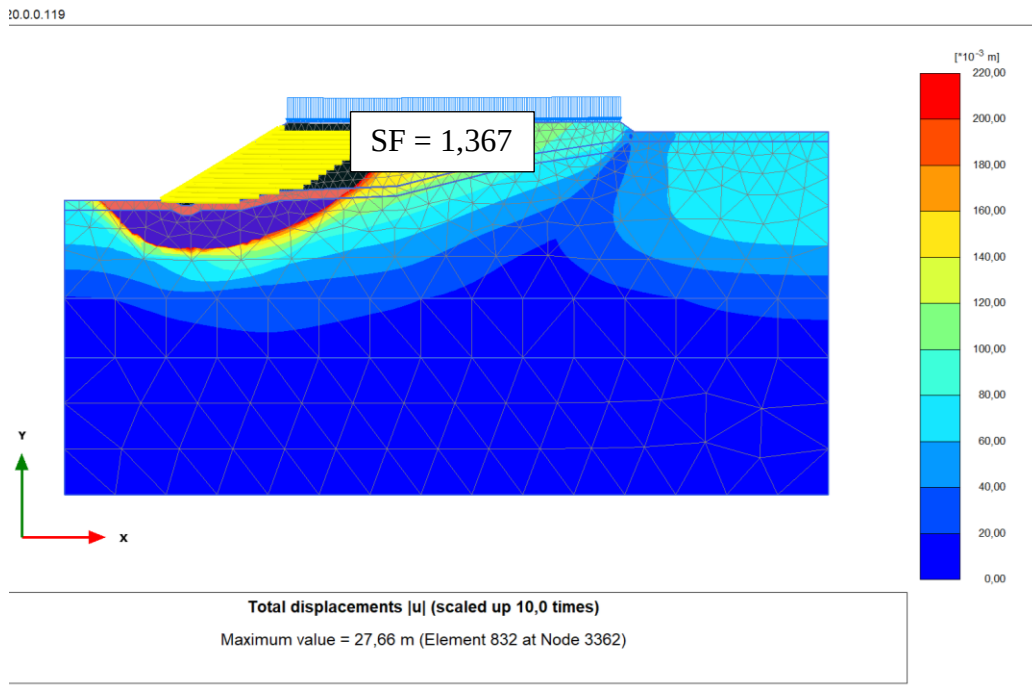


Gambar 5.70 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Muka Air Tanah +1 m



Gambar 5.71 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Gempa dan Muka Air Tanah +1 m

Untuk potensi kelongsoran pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur pada masa konstruksi dan muka air tanah +1 m *Total displacement* didapatkan nilai SF sebesar 1,367 dapat dilihat pada Gambar 5.72 berikut ini.



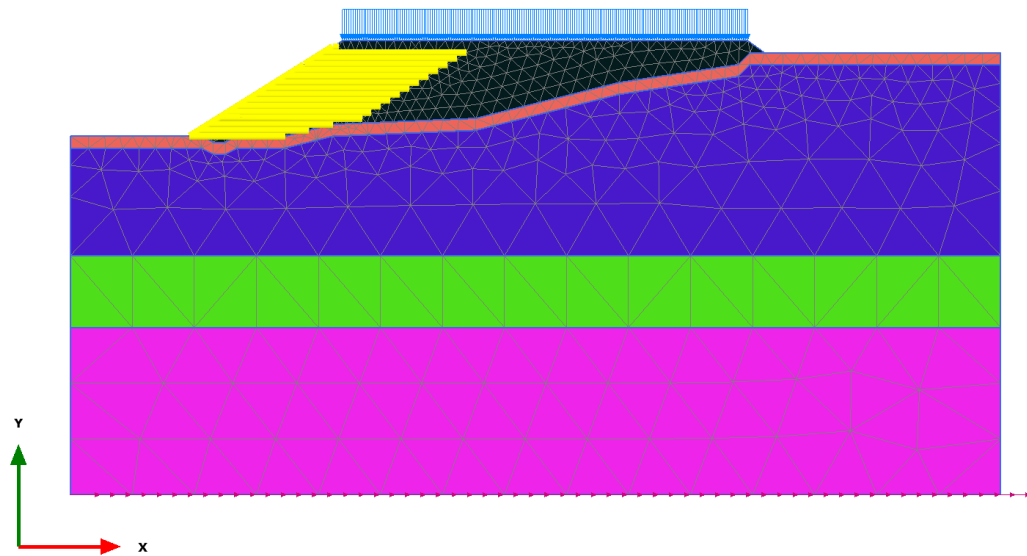
Gambar 5.72 Potensi Kelongsoran *Total Displacement* Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Struktur dan Gempa pada Muka Air Tanah +1 m

5.7 Lereng Timbunan Tanah Tahap Paska Konstruksi

5.7.1 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah -6 m Program

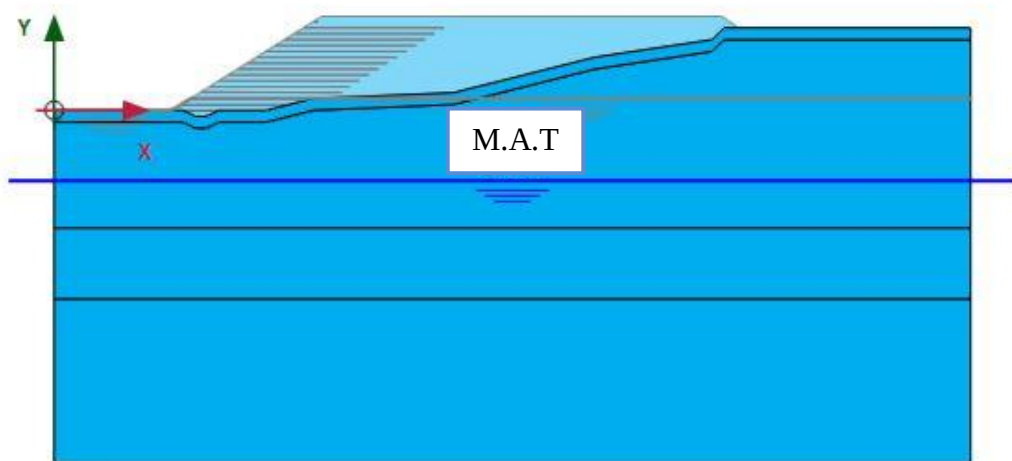
Plaxis V20

Untuk tahapan paska konstruksi pada pembuatan timbunan lereng, pada tahapan ini timbunan dianggap bersifat *drained* karena tanah sudah tidak terdrainase karena struktur jalan. Sedangkan untuk beban yang bekerja pada tahapan paska konstruksi adalah beban struktur perkerasan jalan sebesar 10 kN/m² dengan menambahkan beban lalu lintas sebesar 15 kN/m², jadi beban yang bekerja pada tahanan masa paska konstruksi sebesar 25 kN/m². Adapun hasil jaringan elemen (*meshing*) dapat dilihat pada Gambar 5.73 berikut ini.



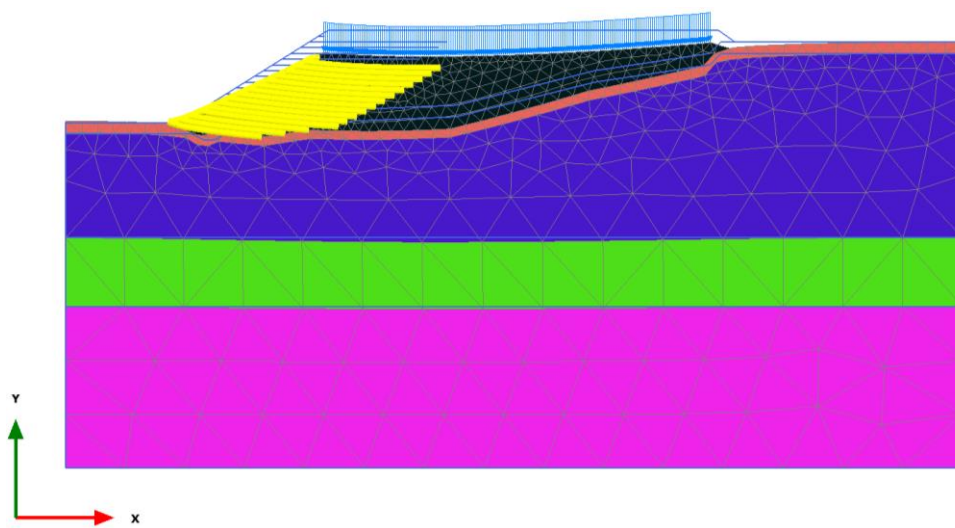
Gambar 5.73 Jaringan Elemen (Meshing) Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi akibat Beban Lalu Lintas

Setelah dilakukan *meshing* kemudian yaitu *input Flow Condition* untuk muka air tanah -6 m. Untuk melihat hasil *input* muka air tanah lereng timbunan tanah asli setinggi 8 m dapat dilihat pada Gambar 5.74.

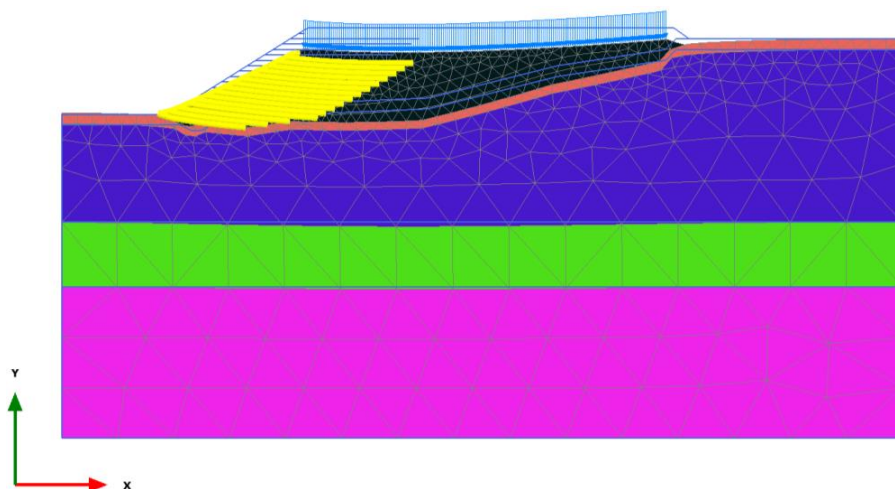


Gambar 5.74 Flow Condition -6 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi

Setelah dilakukan *Meshing* dan *Flow Condition* kemudian dilakukan tahanan analisis (*Calculation*) pada *Stage Construction* untuk lereng timbunan tanah setinggi 8 m memiliki beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu analisis perhitungan akibat beban struktur perkerasan jalan sebesar 25 kN/m^2 . Tahap kedua yaitu analisis perhitungan angka aman (SF) pada lereng. Tahap ketiga yaitu analisis perhitungan akibat beban gempa. Untuk melihat hasil *deformed mesh* dapat dilihat pada Gambar 5.75 dan 5.76.

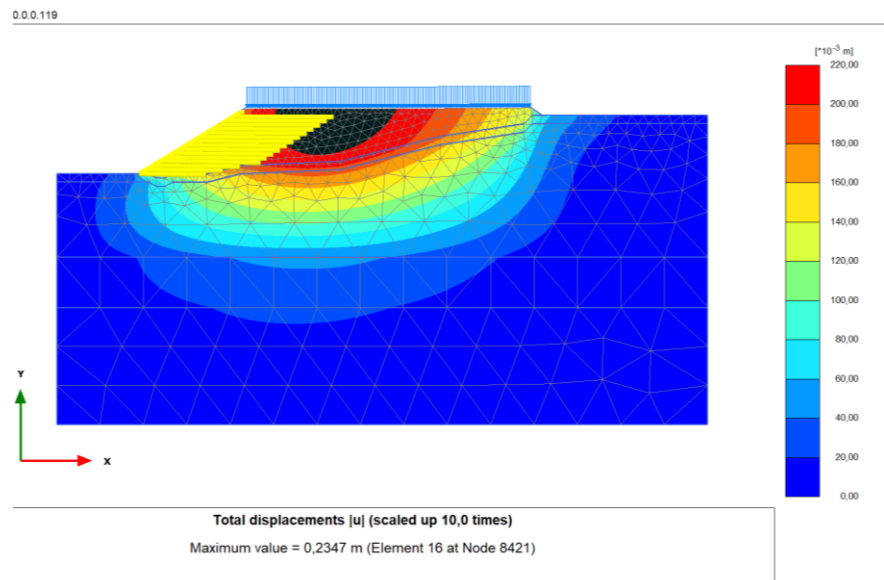


Gambar 5.75 Deform mesh Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T - 6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas

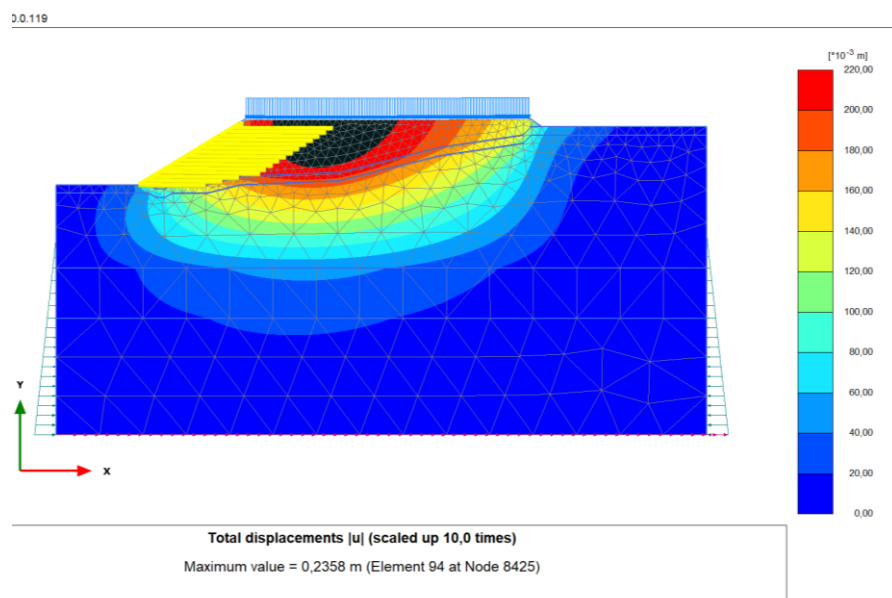


Gambar 5.76 Deform mesh Timbunan Lereng Tanah 8 m Ketinggian M.A.T - 6 m dengan Perkauatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa

Selanjutnya untuk nilai *Total Displacement* pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas pasca konstruksi sebesar 0,2347 m dan gempa sebesar 0,2358 m. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.77 dan 5.78.

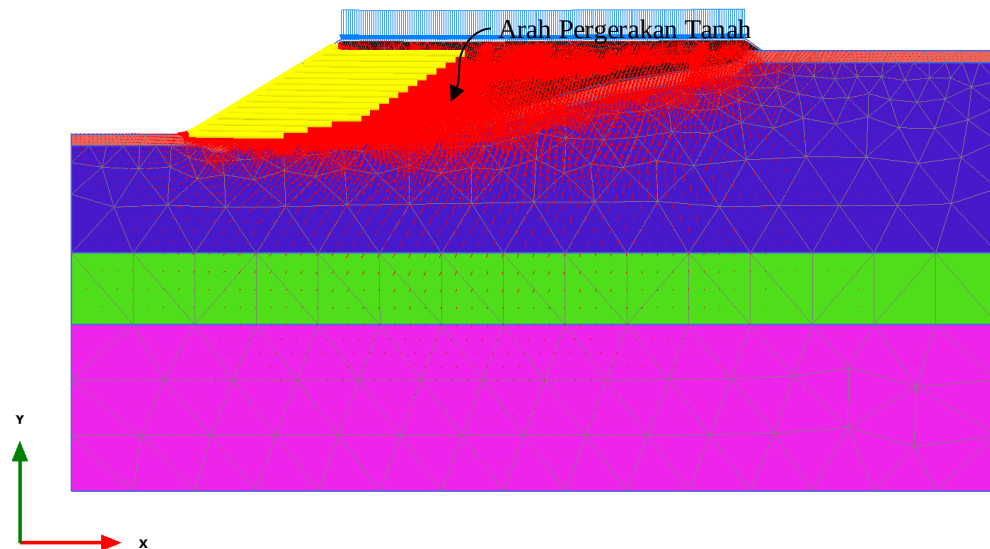


Gambar 5.77 *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m engan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas

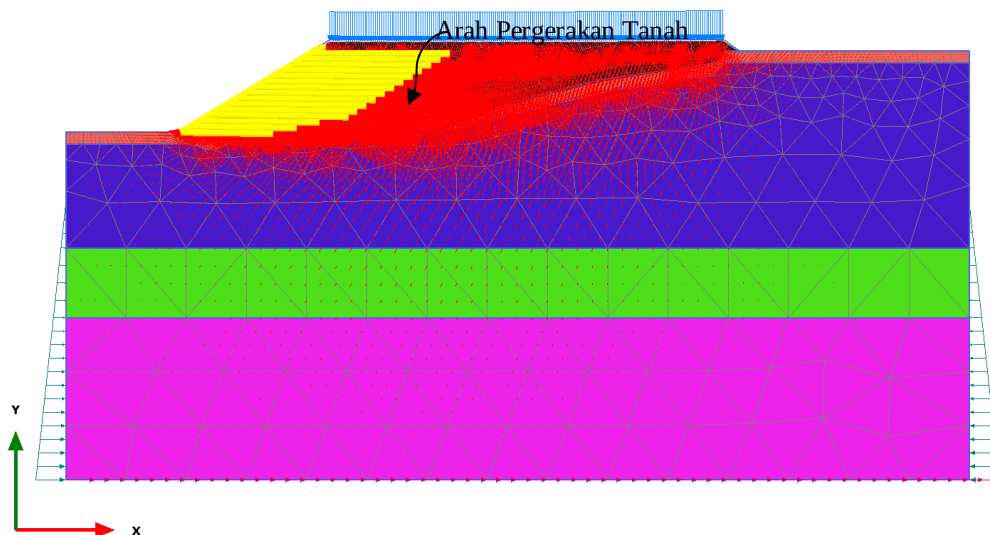


Gambar 5.78 *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m engan Perkuatan Pada Masa Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa

Selanjutnya untuk arah pergerakan tanah pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas paska konstruksi dan arah pergerakan tanah akibat beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.79 dan 5.80.

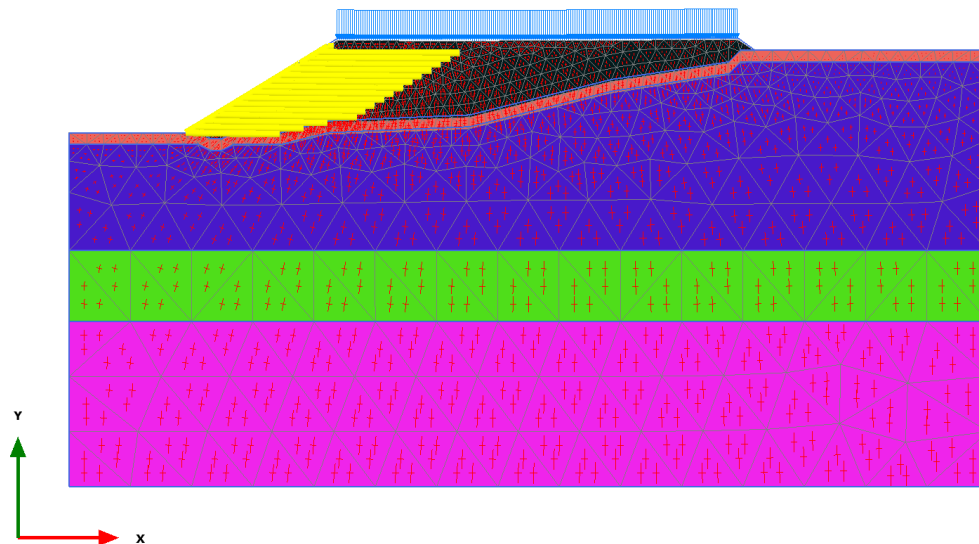


Gambar 5.79 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas

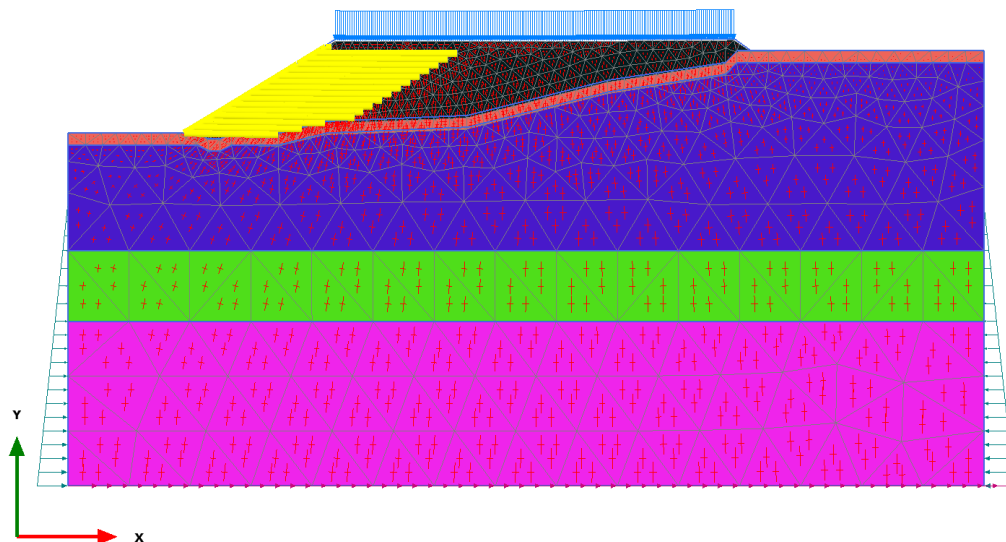


Gambar 5.80 Arah Pergerakan Tanah Tanah Lereng Timbunan 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa

Kemudian untuk nilai *effective stresses* pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban lalu lintas sebesar $0,01776 \times 10^{-12} \text{ kN/m}^2$ dan -365 kN/m^2 dan beban gempa $-0,01356 \text{ kN/m}^2$ dan $-365,3 \text{ kN/m}^2$. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.81 dan 5.82 berikut ini.

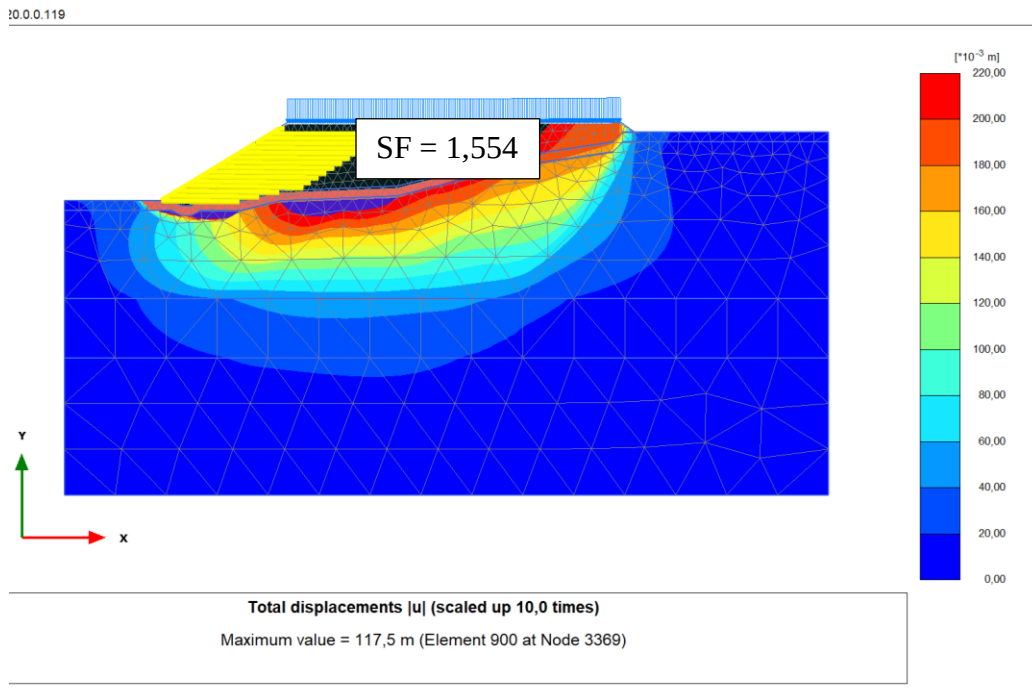


Gambar 5.81 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas



Gambar 5.82 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa

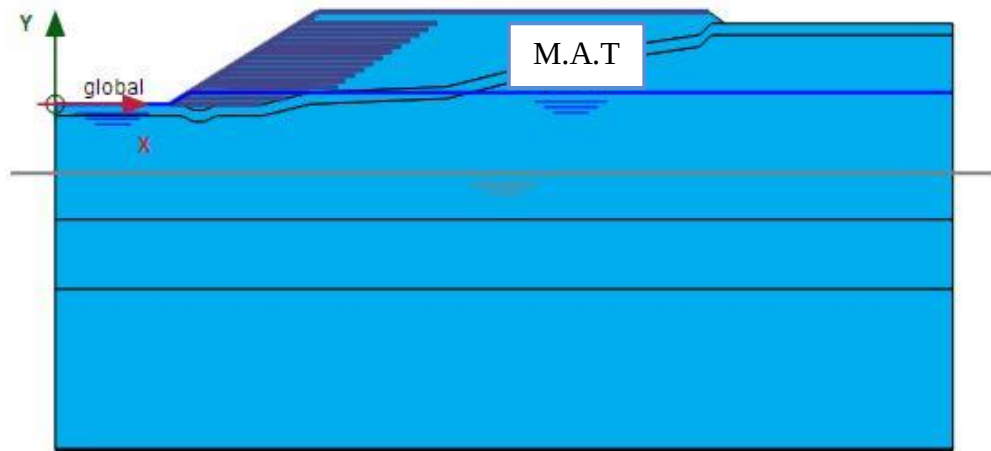
Untuk potensi kelongsoran pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas pada paska konstruksi *Total displacement* didapatkan nilai SF sebesar 1,554 dapat dilihat pada Gambar 5.83.



Gambar 5.83 Potensi Kelongsoran *Total Displacement* Lereng Timbunan Tanah 8 m Ketinggian M.A.T -6 m dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa

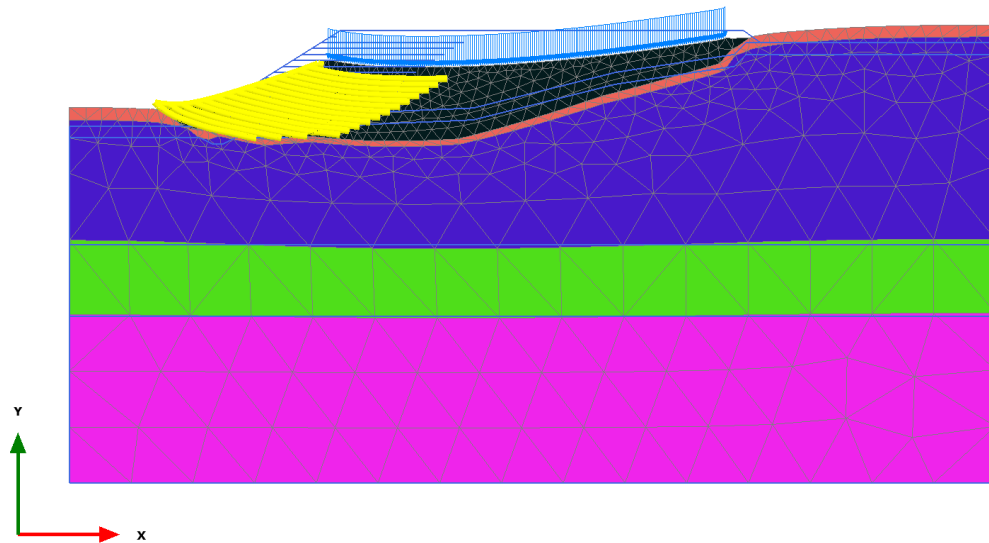
5.7.2 Analisis Timbunan Dengan Tinggi Muka Air Tanah +1 m Program Plaxis V20

Pada kondisi lereng timbunan tanah 8 m dengan paska konstruksi, variasi kedua dalam analisis adalah perbedaan ketinggian muka air tanah yaitu +1 m. Pada beban struktur perkerasan jalan yaitu 25 kN/m². Selanjutnya *input* ketinggian Muka Air Tanah pada *Flow Condition* dengan mengganti kondisi *Behaviour* menjadi *Closed* yang dapat dilihat pada Gambar 5.84.

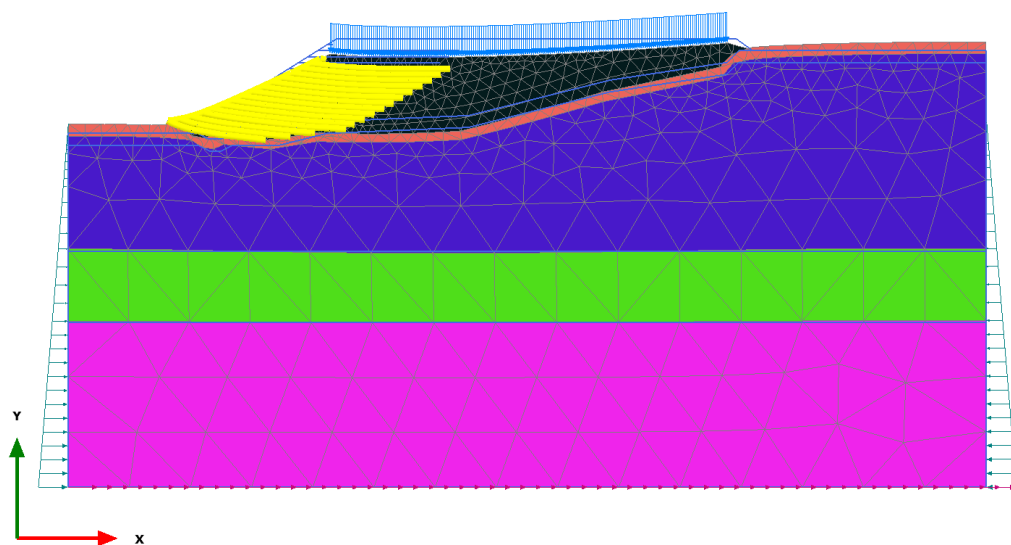


Gambar 5.84 *Flow Condition* +1 m Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi

Setelah dilakukan *setting Flow Condition* kemudian dilakukan tahanan analisis (*Calculation*) pada *Stage Construction* untuk lereng timbunan tanah setinggi 8 m memiliki beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu analisis perhitungan akibat beban struktur perkerasan jalan sebesar 25 kN/m^2 . Tahap kedua yaitu analisis perhitungan angka aman (SF) pada lereng. Tahap ketiga yaitu analisis perhitungan akibat beban gempa. Untuk melihat hasil *deformed mesh* akibat beban lalu lintas dan beban gempa pada muka air tanah +1 m dari timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.85 dan 5.86 berikut ini.

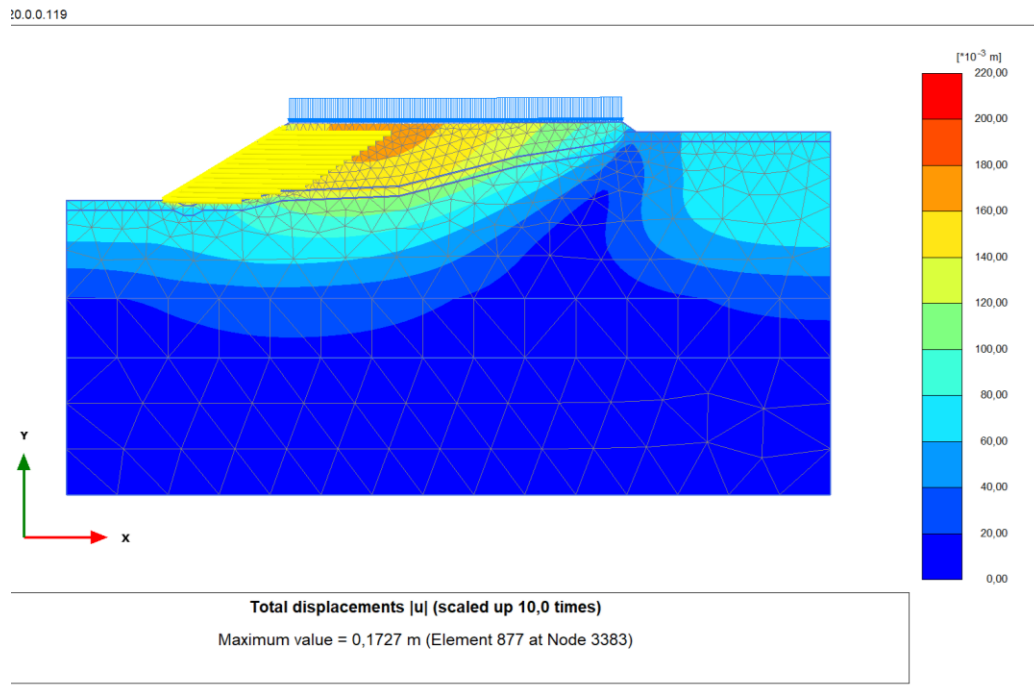


Gambar 5.85 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m

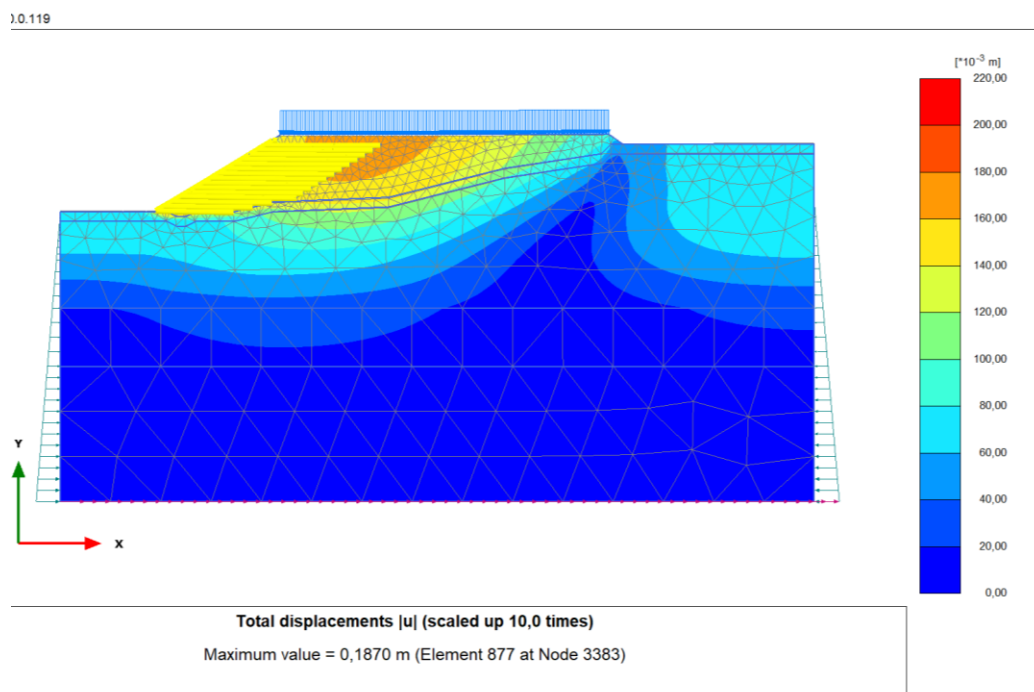


Gambar 5.86 *Deformed Mesh* Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Akibat Beban Gempa pada Muka Air Tanah +1 m

Selanjutnya untuk nilai *Total Displacement* pada lereng timbunan 8 m akibat beban lalu lintas paska konstruksi sebesar 0,1727 m dan beban gempa 0,187 m. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.87 dan 5.88 berikut ini.

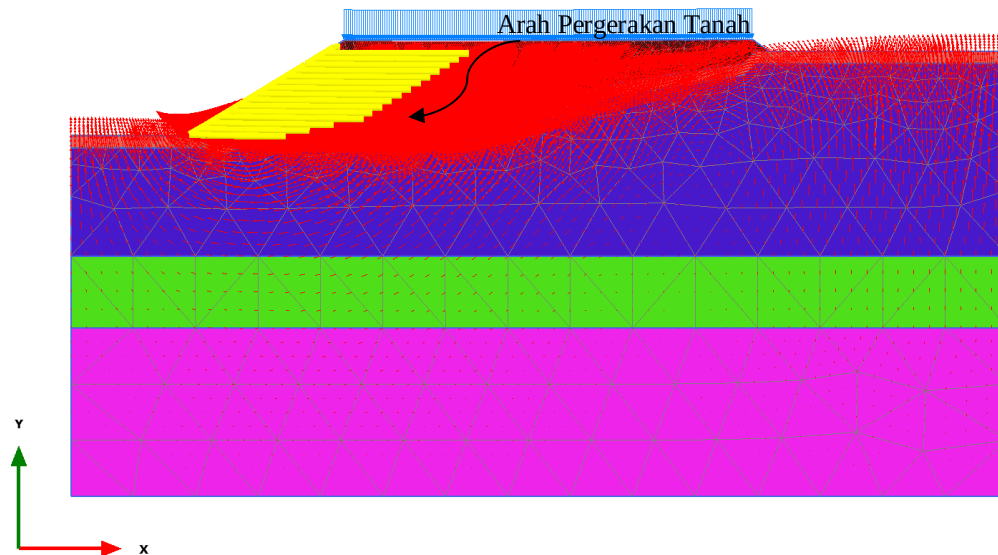


Gambar 5.87 Total Displacement Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m

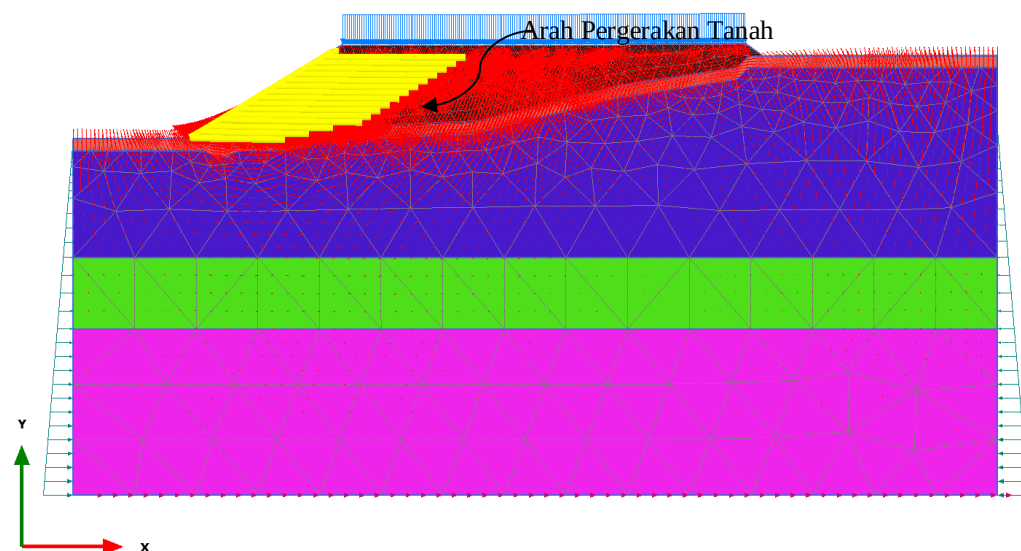


Gambar 5.88 Total Displacement Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa pada Muka Air Tanah +1 m

Selanjutnya untuk arah pergerakan tanah pada lereng timbunan 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas paska konstruksi dan arah pergerakan tanah akibat beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.89. dan 5.90.



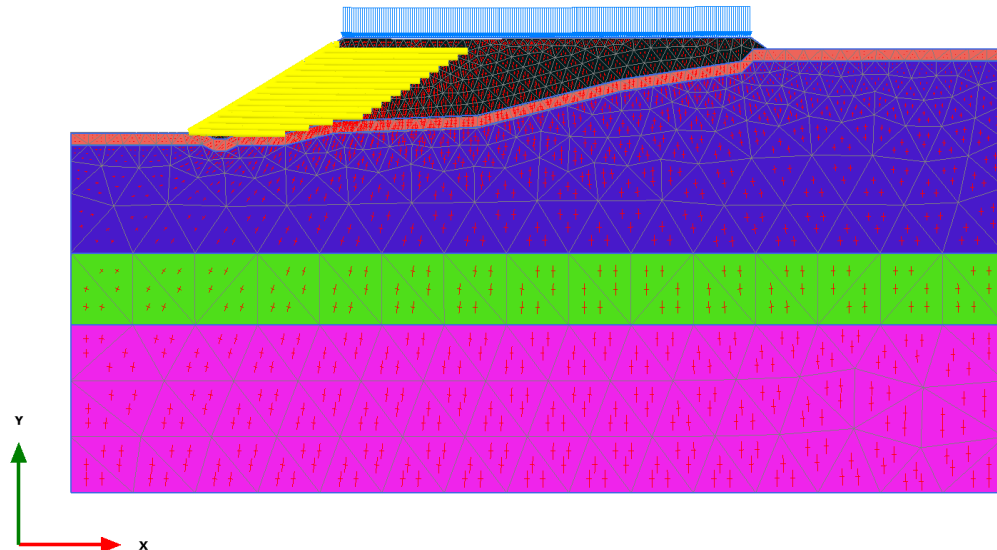
Gambar 5.89 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Lalu Lintas pada Muka Air Tanah +1 m



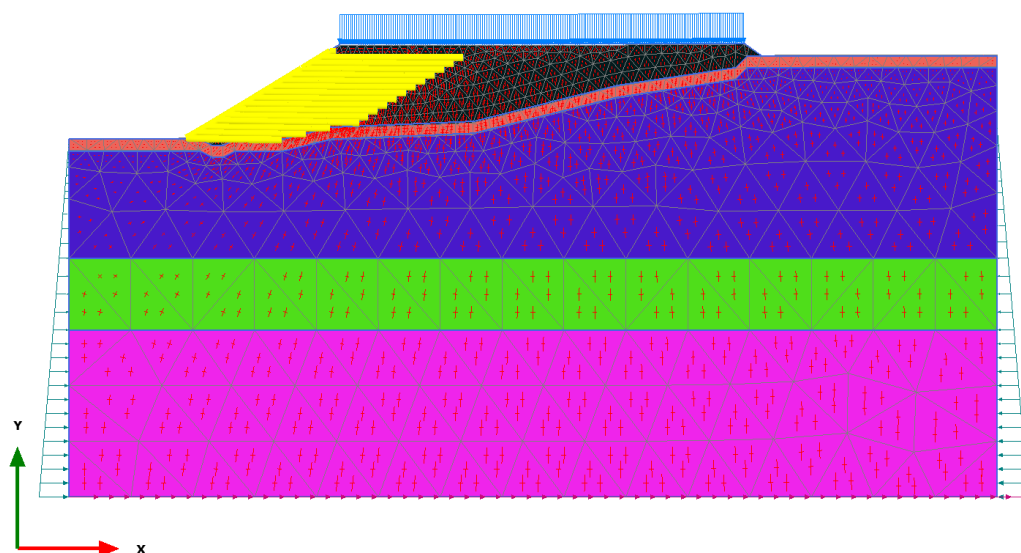
Gambar 5.90 Arah Pergerakan Tanah Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Gempa pada Muka Air Tanah +1 m

Kemudian untuk nilai *effective stresses* pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban lalu lintas sebesar $0,01954 \times 10^{-12} \text{ kN/m}^2$ dan $-301,7 \text{ kN/m}^2$ dan beban

gempa sebesar $-9,863 \times 10^{-3}$ dan $-301,4 \text{ kN/m}^2$. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.91 dan 5.92 berikut ini.

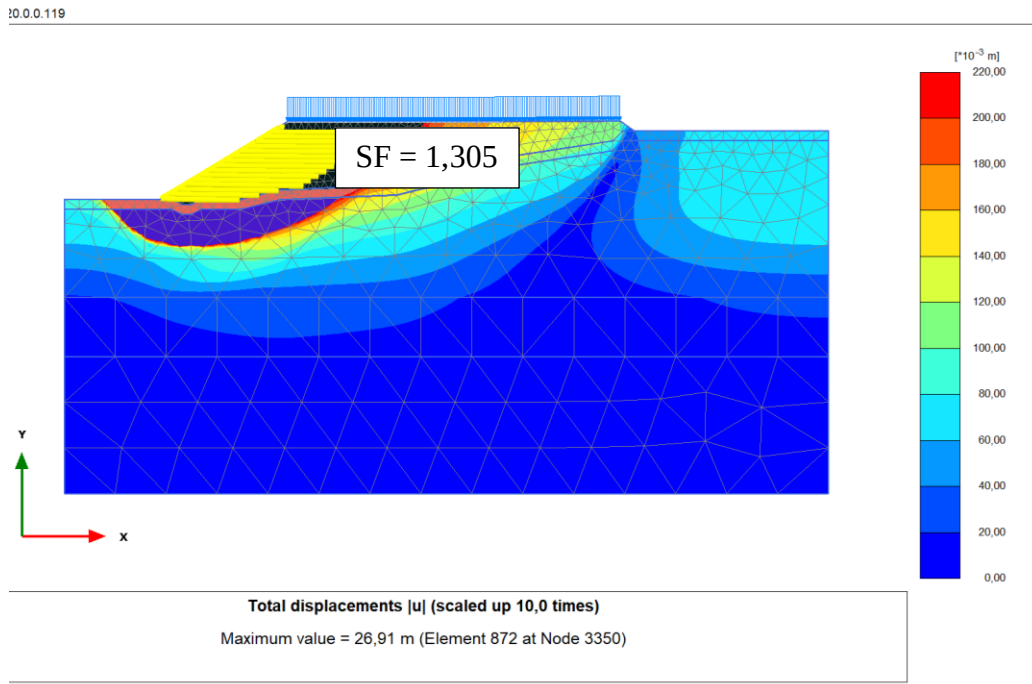


Gambar 5.91 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas Pada Muka Air Tanah +1 m



Gambar 5.92 Nilai *Effective Stresses* Lereng Timbunan Tanah 8 m Dengan Perkuatan Pada Paska Konstruksi Akibat Beban Gempa Pada Muka Air Tanah +1 m

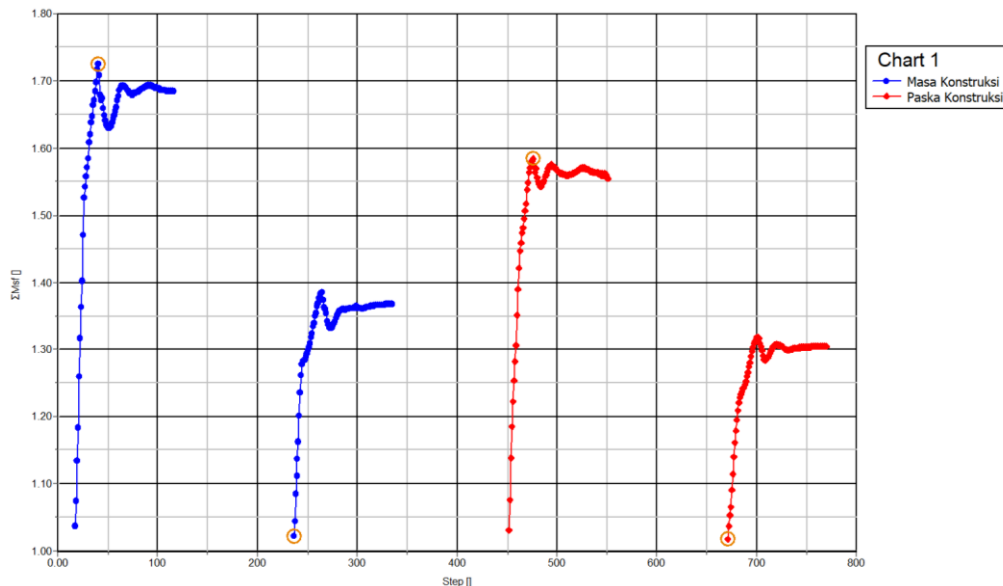
Untuk potensi kelongsoran pada lereng timbunan tanah 8 m akibat beban struktur dan lalu lintas pada paska konstruksi dan muka air tanah +1 m *Total displacement* didapatkan nilai SF sebesar 1,305 dapat dilihat pada Gambar 5.91 berikut ini.



Gambar 5.93 Potensi Kelongsoran *Total Displacement* Lereng Timbunan Paska Konstruksi Akibat Beban Lalu Lintas dan Gempa pada M.A.T +1 m

Hasil analisis lereng tanah timbunan 8 m dengan perkuatan geotekstil pada variasi muka air tanah -6 m dan +1 m didapatkan angka aman (SF) untuk masa konstruksi sebesar 1,685 untuk kedalaman muka air tanah -6 m dan 1,367 untuk muka air tanah +1. Kedua nilai 1,685 dan 1,367 menandakan bahwa $SF > 1,3$ maka lereng dianggap aman. Sedangkan untuk kondisi pada paska konstruksi didapatkan nilai angka aman sebesar 1,554 untuk kedalaman muka air tanah -6 m dan 1,305 untuk kedalaman muka air tanah +1 m. Kedua nilai $SF > 1,3$ maka lereng dianggap aman. Pada nilai SF paska konstruksi pada kedalaman +1 m, $SF > 1,25$, sebelumnya untuk nilai tanpa perkuatan tidak aman dan setelah diberi perkuatan maka lereng dianggap aman karena nilai SF lebih besar dari kriteria lereng kritis maka lereng lebih stabil.

Hasil nilai angka aman (SF) pada analisis lereng tanah timbunan dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 5.94 berikut ini.



Gambar 5.94 Kurva Angka Aman (SF) pada Lereng Timbunan Tanah +8 m Dengan Perkuatan Geotekstil

5.8 Pembahasan

Berdasarkan hasil keseluruhan analisis stabilitas lereng timbunan dengan program *Plaxis V20* dan pembahasan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, maka pembahasan pada penelitian ini menitikberatkan pada perbandingan antara faktor keamanan (SF) pada lereng timbunan ketika pada pekerjaan masa konstruksi yang dimana terdapat dua variasi ketinggian muka air tanah yang dimodelkan. Variasi pertama pada ketinggian muka air tanah -6 meter dan yang kedua pada ketinggian muka air tanah $+1$ meter. Analisis selanjutnya pada pekerjaan paska konstruksi dengan metode variasi yang sama yaitu ketinggian muka air tanah -6 meter dan ketinggian muka air tanah $+1$ meter. Dari kedua tahapan pekerjaan konstruksi tersebut jika nilai faktor keaman (SF) tidak memenuhi nilai $SF > 1,3$ maka tahap analisis selanjutnya adalah dengan diberi perkuatan geotekstil untuk tiap masing- masing variasi dan tahap konstruksinya.

5.8.1 Hasil Analisis Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan

Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Prabumulih-Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan di Stasiun 104+850 ini dilakukan analisis stabilitas lereng timbunan setinggi 8 meter untuk mencapai *finish grade* pada perencanaan badan jalan. Analisis stabilitas lereng ini dilakukan berguna untuk mengetahui nilai angka keamanan (SF) pada lereng timbunan. Penelitian ini dilakukan dengan memperhitungkan dua tahapan konstruksi yaitu kondisi saat dilakukan tahap masa konstruksi dengan beban merata akibat beban struktur perkerasan jalan sebesar 10 kN/m² dengan variasi ketinggian muka air tanah -6 meter dan +1 meter. Pada tahap paska konstruksi dengan beban lalu lintas kendaraan sebesar 25 kN/m² dan ketinggian muka air tanah -6 meter dan +1 meter, serta memperhitungan beban gempa sesuai zona daerah Provinsi Sumatera Selatan.

Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai angka aman pada tahap pekerjaan masa konstruksi untuk variasi tinggi muka air tanah -6 m didapatkan nilai angka aman sebesar 1,416 sedangkan untuk tinggi muka air tanah +1 m, nilai $SF > 1,3$ maka aman dan didapatkan nilai angka aman sebesar 1,163, nilai tersebut tidak memenuhi kriteria $SF > 1,3$ maka lereng tidak aman. Karena nilai angka aman pada tinggi muka air tanah +1, $SF < 1,3$ maka dapat disimpulkan bahwa lereng berpotensi terjadi kelongsoran. Sedangkan hasil analisis untuk tahap pekerjaan paska konstruksi dengan variasi tinggi muka air tanah -6 m didapatkan nilai angka aman sebesar 1,327, nilai $SF > 1,3$ maka lereng dianggap aman dan untuk tinggi muka air tanah +1 m didapatkan nilai angka aman sebesar 1,112, nilai tersebut tidak memenuhi kriteria $SF > 1,3$, maka lereng dianggap tidak aman. Karena nilai angka aman pada tinggi muka air tanah +1 m, $SF < 1,3$ maka dapat disimpulkan bahwa lereng berpotensi akan terjadi longsor.

Hasil keseluruhan analisis perhitungan stabilitas lereng yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa lereng pada keempat kondisi tersebut tidak ada yang terjadi *collapse* atau longsor, oleh sebab itu peneliti tidak melakukan perhitungan manual dengan metode *fellinius*. Untuk beberapa kondisi pada ketinggian muka air tanah +1 m pada keempat analisis lereng tersebut perlu adanya lereng timbunan yang perlu diberi perkuatan geotekstil untuk meningkatkan nilai angka aman agar jalan

Tol Prabumulih-Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dapat difungsikan dengan baik.

5.8.2 Hasil Analisis Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil

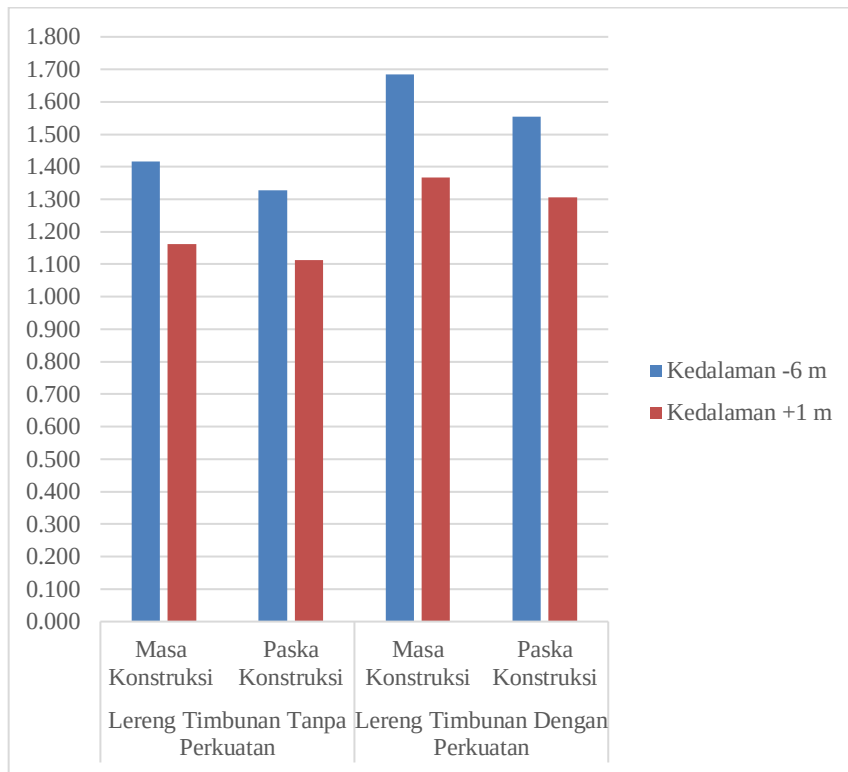
Pada hasil analisis lereng timbunan sebelumnya tanpa perkuatan geotekstil menghasilkan beberapa timbunan yang harus diberi perkuatan geotekstil karena nilai angka aman yang dibawah $SF < 1,3$. Pada penelitian ini untuk meningkatkan nilai angka aman lereng digunakan perkuatan geotekstil jenis *woven* UW-250 yang diproduksi oleh PT. Tekindo Geosistem Unggul yang memiliki nilai kuat tarik ultimit sebesar 52 kN/m^2 dengan nilai regangan 20%. Pada penelitian ini jumlah geotekstil yang digunakan harus dihitung dahulu sebelum dilakukan analisis lereng timbunan dengan program *Plaxis* V20, selanjutnya pemasangan geotekstil dipasang secara mendatar dibawah sepanjang dasar timbunan, lalu ditutup tanah timbunan yang akan dipadatkan kemudian bagian luar geotekstil ditekuk kedalam (*overlapping*) yang berfungsi sebagai permukaan dinding penahan. Pada lereng timbunan ini dilakukan pemasangan geotekstil sebanyak 16 lapis dengan panjang $L = 12 \text{ m}$ dengan jarak interval tinggi geotekstil S_v sebesar 0,5 meter per lapisan. Panjang *overlapping* sebesar 0,5 meter per lapisan geotekstil.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada lereng timbunan tanah dengan perkuatan geotekstil pada tahap pekerjaan masa konstruksi untuk variasi tinggi muka air tanah -6 m didapatkan nilai angka aman sebesar 1,685, nilai $SF > 1,3$, maka lereng dianggap aman sedangkan untuk tinggi muka air tanah +1 m didapatkan nilai angka aman sebesar 1,367, Nilai $SF > 1,3$ maka lereng dianggap aman. Karena nilai $SF > 1,3$, maka lereng memenuhi kriteria aman untuk stabilitas lereng. Sedangkan hasil analisis untuk tanap pekerjaan paska konstruksi dengan variasi tinggi muka air tanah -6 m didapatkan nilai angka aman sebesar 1,554, nilai $SF > 1,3$ maka lereng dianggap aman dan untuk tinggi muka air tanah +1 m didapatkan nilai angka aman sebesar 1,305, nilai $SF > 1,3$ maka lereng dianggap aman. Karena nilai $SF > 1,3$, maka lereng memenuhi kriteria aman untuk stabilitas lereng. Dari hasil analisis keempat kondisi diatas dapat disimpulkan bahwa nilai

stabilitas lereng pada angka keamanannya setelah diberi perkuatan geotekstil maka dapat meningkatkan nilai angka aman $SF > 1,3$ sehingga lereng dianggap stabil.

5.8.3 Perbandingan Nilai Angka Aman Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan Dengan Lereng Timbunan Diberi Geotekstil

Dari hasil analisis menggunakan program *Plaxis V20* menunjukkan bahwa perbandingan antara stabilitas lereng timbunan tanpa perkuatan pada tahap pekerjaan pada masa konstruksi dan paska konstruksi dengan masing-masing variasi ketinggian muka air tanah -6 m dan +1 m didapatkan hasil $SF < 1,3$ untuk beberapa kondisi sedangkan dengan analisis stabilitas lereng timbunan dengan perkuatan geotekstil didapatkan nilai *safety factor* yang lebih besar pada semua variasi kondisi tersebut yaitu $SF > 1,3$. Dengan adanya perkuatan geotekstil dapat menambah nilai angka aman pada lereng timbunan sehingga dapat mencapai nilai faktor aman (SF) yang telah direncanakan. Perbandingan nilai angka aman lereng timbunan tanpa perkuatan dengan lereng timbunan dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 5.95 dan Hasil rekapitulasi nilai SF pada seluruh analisis kedua tahap konstruksi dan variasi muka air tanah dapat dilihat pada Gambar 5.95 berikut ini.



Gambar 5.95 Grafik Perbandingan Nilai Angka Aman Lereng

Tabel 5.6 Tabel Rekapitulasi Nilai SF

M.A.T	Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan		Lereng Timbunan Dengan Perkuatan	
	Masa Konstruksi	Paska Konstruksi	Masa Konstruksi	Paska Konstruksi
Kedalaman -6 m	1,416	1,327	1,685	1,554
Kedalaman +1 m	1,163	1,112	1,367	1,305

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Untuk hasil analisis angka aman lereng timbunan 8 m tanpa perkuatan dengan program *Plaxis* V20 dengan ketinggian muka air tanah -6 meter pada tahap pekerjaan masa konstruksi dengan beban gempa didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,416, sedangkan untuk tahap pekerjaan paska konstruksi dengan beban gempa didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,327, nilai analisis tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan beban pada perbedaan tahapan konstruksi maka dapat menurunkan nilai angka aman lereng. Nilai angka aman (SF) tersebut masih memenuhi kriteria $SF > 1,3$ maka lereng dianggap aman.
2. Untuk hasil analisis angka aman lereng timbunan 8 m tanpa perkuatan dengan ketinggian muka air tanah +1 meter pada tahap pekerjaan masa konstruksi dengan beban gempa didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,163, sedangkan untuk tahap pekerjaan paska konstruksi dengan beban gempa didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,112, nilai tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan beban pada perbedaan tahapan konstruksi dan perubahan variasi ketinggian muka air tanah menjadi -1 m dapat menurunkan nilai angka aman lereng. Nilai angka aman (SF) tersebut tidak memenuhi kriteria angka aman pada lereng yaitu $SF > 1,3$, maka dapat disimpulkan bahwa lereng dapat mengalami longsor. Maka perlu adanya perkuatan dengan geotestil
3. Untuk hasil angka aman pada lereng timbunan 8 m dengan perkuatan geotekstil pada ketinggian muka air tanah -6 meter untuk tahap pekerjaan masa konstruksi didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,685, sedangkan

untuk tahap pekerjaan paska konstruksi didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,554, nilai tersebut menunjukkan bahwa terbukti dengan adanya perkuatan geotekstil dapat meningkatkan nilai angka aman pada lereng. Nilai angka aman (SF) tersebut memenuhi kriteria $SF > 1,3$, maka lereng dianggap aman.

4. Untuk hasil angka aman pada lereng timbunan 8 dengan perkuatan geotekstil pada ketinggian muka air tanah +1 meter untuk tahap pekerjaan masa konstruksi didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,367 sedangkan untuk tahap paska konstruksi didapatkan nilai angka aman (SF) sebesar 1,305, nilai tersebut menunjukkan bahwa terbukti dengan adanya perkuatan geotekstil dapat meningkatkan nilai angka aman pada lereng dan. Nilai angka aman (SF) tersebut memenuhi syarat keamanan lereng yaitu $SF > 1,3$, maka lereng dianggap aman.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil yang didapatkan dalam penelitian ini dapat disimpulkan beberapa saran sebagai berikut ini.

1. Pada penelitian ini hanya menggunakan satu parameter jenis tanah timbunan, untuk penelitian selanjutnya lebih dipertimbangkan untuk menambah jenis tanah timbunan berbeda dan kondisi kemiringan pada lereng yang berbeda.
2. Pada penelitian ini hanya menggunakan perkuatan geotekstil, diharapkan untuk penelitian selanjutnya lebih dipertimbangkan untuk menambah jenis perkuatan yang lain seperti *sheetpile*, maupun *counterweight* karena hasil tersebut dapat dibandingkan dengan penelitian ini.
3. Untuk penelitian selanjutnya lebih dipertimbangkan untuk menambah variasi pada ketinggian muka air tanah pada kondisi yang sangat ekstrim atau geometri lereng timbunan yang tergenang oleh air.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, I. (2017). *Pengaruh Kondisi Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng Jalan Dengan Dinding Penahan Tanah*. Yogyakarta: DSpaceuii.
- Ardyana, L. (2019). *Analisis Stabilitas Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope*. Yogyakarta: DSpaceuii.
- Bowles, J.E., 1977. *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill, New York
- Bowles, J. E. 1984. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Bowles, J. E. (1993). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- BSN. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Craig, R. F. (1997). *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis): Jilid 1*. Surabaya: Erlangga.
- Frans, S. J, Nurfalaq, H. M, 2019. *Studi Geoteknik Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Tambang Batubara*.
(<https://jurnal.perhapi.or.id/index.php/impj/article/download/7/9>) Diakses Pada 8 November 2021
- Handayani, T, Wulandari, S, Wulan, A. 2014. *Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Menggunakan Geoslope*.
(<https://ejournal.gunadarma.ac.id/index.php/kommit/article/view/1058>) Diakses pada 8 November 2021
- Hardiyatmo, H. C. (2009). *MEKANIKA TANAH 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *MEKANIKA TANAH 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- M, A. Suryadinullah. (2018). *Analisis Stabilitas Timbunan Lereng Pada Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis Pada Jalan Tol Terbanggi Besar- Pemantang Sta 3+650, Lampung*. Yogyakarta: DSpaceuii.
- Mitchell, J.K. et al. 1987. *Reinforcement Of Earth Slopes And Embankments*. National Corporation Highway Research Program. Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Pradhana, R. (2017). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus : Bantaran Sungai Code, Kecamatan Jetis . Yogyakarta: DSpaceuii*.
- PT. Utama Karya (2021). *Laporan Analisa Geoteknik Pelaksanaan Pembangunan Jalan Tol Ruas Indralaya-Muara Enim Seksi Prabumulih-Muara Enim Sta. 94+743 – Sta 121+443*.
- Purwanto, E. 2016. *Hand Out Mata Kuliah Perkuatan Tanah*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Taufik, I. (2017). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Dan Variasi Ketinggian Muka Air Tanah*. Yogyakarta: DSpaceuii.
- Umum, D. P. (2009). *Modul Pelatihan Geosintetik Volume 3: Perencanaan Geosintetik Untuk Perkuatan Lereng*. Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum.
- Unggul, P. T. (2015). *Technical Spesification Geotextile*. Surabaya.
- Vernes, D.J, 1978. *Slope Movements Type and Processes*. Woshington D.C: National Academy of Sciences.
- Wardana, I. G. N, (2011). *Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah Dan Terasering Terhadap Perubahan Kestabilian Lereng*.
(<https://scholar.google.co.id/citations?user=fKqiSN8AAAAJ&hl=id>)
Diakses Pada 8 November 2021
- Whittaker, B. N., & Reddish, D. J. (1989). *Subsidence Occurance, Prediction and Control*. New York : Elsevier Science Publishing Company Inc.
- Wulandari, S. P, Tjandra, D. (2018). *Analisis Pengaruh Fluktuasi Muka Air Waduk Terhadap Stabilitas Lereng Waduk Dengan Menggunakan Program Plaxis 2D*.
(<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/17780/14708>)
Diakses Pada 8 November 2021

LAMPIRAN

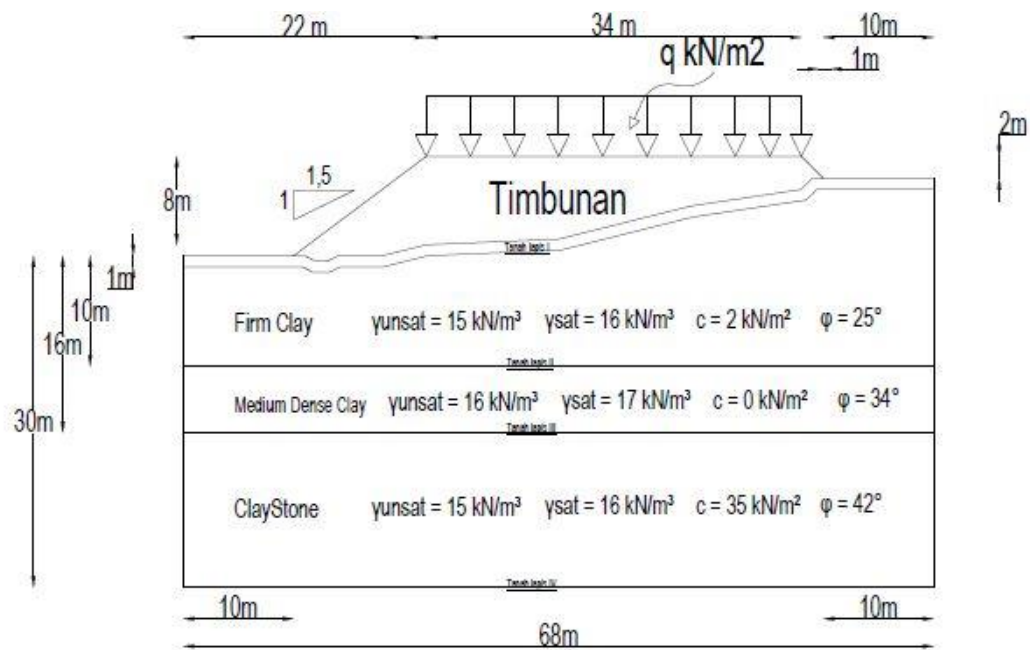
Lampiran 1.Data Parameter Tanah

ZONASI PELAPISAN TANAH (ANALISIS TIMBUNAN)



Zona	STA			Kedalaman			Jenis Tanah	NSPT Rata Rata	Material Model	Jangka Pendek							
										γ _{unsat}	γ _{sat}	E'	μ	C	φ	C'	φ
										(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ²)		(kN/m ²)	(°)	(kN/m ²)	(°)
8	104+750	-	107+400				TIMBUNAN		Mohr - Coulomb	15	16	15000	0.33	50	0	15	24
				0	-	1	TOP SOIL	4	Mohr - Coulomb	15	16	3000	0.33	20	0	2	22
				1	-	10	FIRM CLAY	8	Mohr - Coulomb	15	16	6000	0.33	40	0	2	25
				10	-	16	MEDIUM DENSE SAND	30	Mohr - Coulomb	16	17	22800	0.33	0	34	0	34
				16	-	30	CLAYSTONE	60	Mohr - Coulomb	15	16	45000	0.33	300	0	35	42

Lampiran 2. Potongan Melintang Proyek



Lampiran 3. Potongan Memanjang Proyek

