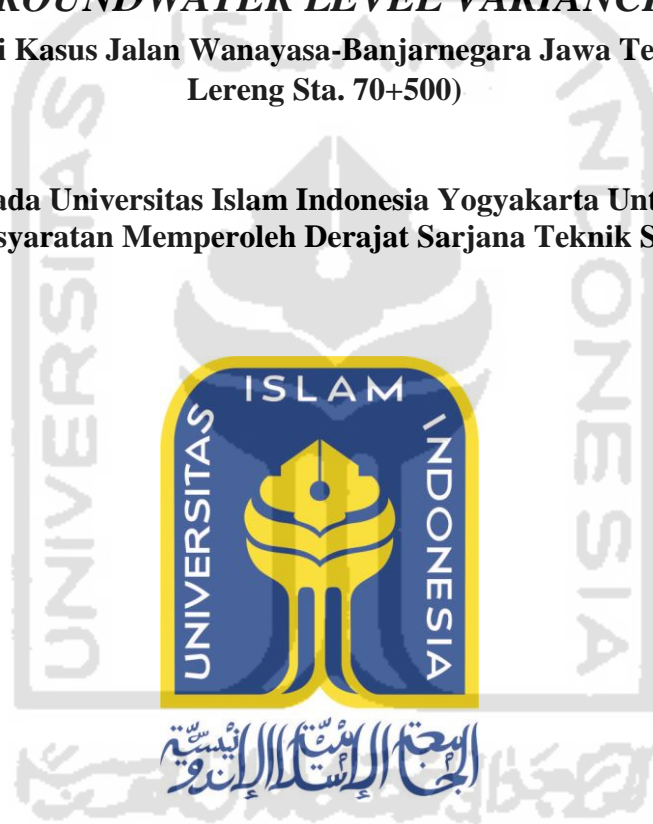


TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN
PERKUATAN GEOTEKSTIL DAN VARIASI
KETINGGIAN MUKA AIR TANAH
(*SLOPE STABILITY ANALYSIS BY USING
GEOTEXTILE REINFORCEMENT AND
GROUNDWATER LEVEL VARIANCE*)**

**(Studi Kasus Jalan Wanayasa-Banjarnegara Jawa Tengah,
Lereng Sta. 70+500)**

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



**Iqbal Imam Taufik
12 511 082**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2017**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN
PERKUATAN GEOTEKSTIL DAN VARIASI
KETINGGIAN MUKA AIR TANAH
(SLOPE STABILITY ANALYSIS BY USING
GEOTEXTILE REINFORCEMENT AND
GROUNDWATER LEVEL VARIANCE)**

(Studi Kasus Jalan Wanayasa-Banjarnegara, Jawa Tengah,
Lereng Sta. 70+500)

disusun oleh

Iqbal Imam Taufik
12511082

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

diuji pada tanggal _____

oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji I

Penguji II

M. Rifal Abdurrozaq, M.Eng. Hanindra K. Artati, M.T. Dr.Ir. Edy Purwanto, CES., DEA.

Mengesahkan:

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, Juni 2017

Yang membuat pernyataan,



Iqbal Iman Taufik

12511082

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Kinerja Campuran Stone Matrix Asphalt Dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Starbit E-55 Akibat Lama Rendaman Air Laut.

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

1. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, M.Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir,
2. Ibu Hanindya Kusuma Artati, M.T. dan Bapak Dr.Ir. Edy Purwanto, CES., DEA., selaku dosen penguji Tugas Akhir,
3. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. Ibu Hanifah dan Bapak Ciptono, yang selalu memberikan do'a dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan
5. teman-teman angkatan 2012 yang banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Juni 2017

Penulis,

Iqbal Imam Taufik
12511082

DAFTAR ISI

Halaman Judul	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
Halaman Pengesahan	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
HALAMAN PERNYATAAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
HALAMAN DEDIKASI	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
KATA PENGANTAR	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
DAFTAR ISI	1
DAFTAR TABEL	4
DAFTAR GAMBAR	5
DAFTAR LAMPIRAN	9
ABSTRAK	5VIII
ABSTRACT	5IX
BAB I PENDAHULUAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Batasan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.1 Tinjauan Umum	Error! Bookmark not defined.
2.2 Stabilitas Lereng	Error! Bookmark not defined.
2.3 Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan	Error! Bookmark not defined.
2.4 Pengaruh Gempa Terhadap Stabilitas Lereng	Error! Bookmark not defined.
2.5 Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng	Error!
	Bookmark not defined.
2.6 Perkuatan Lereng Dengan Geosintetik	Error! Bookmark not defined.

2.7	Perbandingan Penelitian Sekarang Dengan Terdahulu	Error!
	Bookmark not defined.	

BAB III LANDASAN TEORI **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

3.1	Tanah	Error! Bookmark not defined.
3.1.1	Klasifikasi Tanah	Error! Bookmark not defined.
3.1.2	Parameter dan Kuat Geser Tanah	Error! Bookmark not defined.
3.1.3	Tekanan Tanah Lateral	Error! Bookmark not defined. vi
3.1.4	Pemadatan Tanah	Error! Bookmark not defined.
3.1.5	Modulus Elastisitas dan Angka <i>Poisson</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2	Lereng	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	Penyebab Longsoran	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	Analisis Stabilitas Lereng	Error! Bookmark not defined.
3.2.3	Teori Analisa Stabilitas Lereng	Error! Bookmark not defined.
3.2.4	Bidang Longsor Lingkarang	Error! Bookmark not defined.
3.2.5	Metode Irisan	Error! Bookmark not defined.
3.3	Geotekstil	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	Sifat-Sifat Fisik Geotekstil	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Sifat-Sifat Mekanik Geotekstil	Error! Bookmark not defined.
3.3.3	Fungsi Geotekstil	Error! Bookmark not defined.
3.3.4	Interaksi Tanah-Geotekstil	Error! Bookmark not defined.
3.4	Plaxis	Error! Bookmark not defined.

BAB IV METODE PENELITIAN **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

4.1	Tinjauan Umum	Error! Bookmark not defined.
4.2	Objek Dan Subyek Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.3	Data Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.4	Lokasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.5	Metode Analisis Data	Error! Bookmark not defined.

4.6	Langkah-Langkah Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.7	Pembebanan	Error! Bookmark not defined.
4.7.1	Beban Kendaraan	Error! Bookmark not defined.
4.7.2	Beban Gempa	Error! Bookmark not defined.
4.8	Pemodelan	Error! Bookmark not defined.
4.9	Pemodelan Plaxis	Error! Bookmark not defined.
4.9.1	Parameter Tanah	Error! Bookmark not defined.
4.9.2	Geotekstil	Error! Bookmark not defined.
4.9.3	Data Profil Lereng	Error! Bookmark not defined.
4.10	Pengoperasian Plaxis	Error! Bookmark not defined.
4.10.1	Plaxis <i>Input</i>	Error! Bookmark not defined.
4.10.2	Plaxis Calculations	Error! Bookmark not defined.
4.11	Bagan Alir	Error! Bookmark not defined.
<u>BAB V</u> ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
5.1	Lereng Asli	Error! Bookmark not defined.
5.1.1	Data Parameter Tanah dan Beban	Error! Bookmark not defined.
5.2	Analisis Lereng Tanah Asli	Error! Bookmark not defined.
5.3	Metode Irisan (<i>Fellini</i>)	Error! Bookmark not defined.
5.4	Perkuatan Lereng Dengan Geotekstil	Error! Bookmark not defined.
5.4.1	Lereng dengan Perkuatan Geotekstil	Error! Bookmark not defined.
5.4.2	Hasil Pemodelan Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dalam Variasi Muka Air Tanah	Error! Bookmark not defined.
5.5	Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
<u>BAB VI</u> SIMPULAN DAN SARAN		ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
6.1	Simpulan	Error! Bookmark not defined.
6.2	Saran	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi Tanah USCS	19
Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO	20
Tabel 3.3 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah	25
Tabel 3.4 Nilai Perkiraan Angka Poisson Tanah	26
Tabel 4.1 Data Beban Lalu Lintas untuk Stabilitas	45
Tabel 4.2 Data Parameter Tanah	47
Tabel 4.3 Data Geotekstil Woven	48
Tabel 5.1 Panjang Bidang Longsor per Pias	66
Tabel 5.2 Hitungan Metode Irisan Lereng Eksisting dengan Beban Sendiri	67
Tabel 5.3 Hitungan Metode Irisan Lereng Eksisting dengan beban Kendaraan	76
Tabel 5.4 Koefisien Daya Dukung Tanah	81
Tabel 5.5 Hitungan Metode Irisan Lereng Eksisting dengan Beban Kendaraan	76
Tabel 5.6 Panjang <i>Efektif</i> Geotekstil Untuk Permukaan Tanah Timbunan Miring	76
Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Analisis Plaxis 8.2 Dengan Variasi Muka Air Tanah	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Longsor, Jalan Banjarnegara-Wanayasa Kilometer 70,5	2
Gambar 3.1 Kriteria kegagalan Mohr dan Couloumb	21
Gambar 3.2 Lingkaran Mohr	22
Gambar 3.3 Dasar Sungai Bertambah Dalam Akibat Digali atau Erosi	28
Gambar 3.4 Gaya yang Bekerja pada Irisan	34
Gambar 3.5 Perbedaan Mekanisme Gerakan Butiran Akibat Penggunaan Geotekstil Pada Tanah Dasar-Lunak Yang Berfungsi Sebagai Pemisah	38
Gambar 3.6 Posisi Titik Nodal dan Titik Tegangan pada Elemen Tanah	40
Gambar 3.7 Posisi Titik Nodal dan Titik Tegangan pada Elemen Geotekstil dengan 3 dan 5 Titik Nodal	41
Gambar 3.8 Distribusi Titik Nodal dan Titik Tegangan dalam Elemen Antarmuka dan Hubungannya dengan Elemen Tanah	41
Gambar 4.1 Peta Zonasi Gempa Indonesia Tahun 2012	46
Gambar 4.2 Tampang Melintang Lereng untuk Sta 70+500 Jalan Banjarnegara-Wanayasa	48
Gambar 4.3 Kotak dialog <i>Create/open project</i>	49
Gambar 4.4 Lembar-tab <i>Project</i> dari Jendela <i>General Setting</i>	50
Gambar 4.5 Lembar-tab <i>Dimensions</i> dalam jendela <i>General Setting</i>	51
Gambar 4.6 Lembar <i>Tab General</i> dari Jendela <i>Meterial Set</i>	53
Gambar 4.7 Lembar <i>Tab Parameters</i> dari Jendela <i>Meterial Set</i>	53
Gambar 4.8 Jaringan Elemen Hingga	54
Gambar 4.9 Tegangan Awal Pada Geometri	55
Gambar 4.10 Jendela <i>Calculations</i> dengan Lembar Tab <i>Genaral</i>	56
Gambar 4.11 Pemilihan Titik Kurva yang Ditinjau	56
Gambar 5.1 Kondisi Lereng saat Longsor	59
Gambar 5.2 Kondisi Lereng saat Longsor	59

Gambar 5.3 Tampang Melintang Lereng Sta. 70+500 Jalan Banjarnegara-Wanayasa	60
Gambar 5.4 Pemodelan Lereng Tanah Asli Sta. 70+500 dengan Beban Kendaraan	61
Gambar 5.5 <i>Meshing</i> Lereng Asli Sta. 70+500 Jalan Banjarnegara-Wanayasa pada Kondisi <i>Drained</i>	61
Gambar 5.6 Jendela <i>Calculations</i> dengan Lembar <i>Tab General</i> pada Kondisi <i>Drained</i>	62
Gambar 5.7 <i>Total Displacement</i> dengan Beban Sendiri	63
Gambar 5.8 <i>Total Displacement</i> dengan Beban Kendaraan	63
Gambar 5.9 <i>Total Increment</i> dengan Beban Sendiri	64
Gambar 5.10 <i>Total Increment</i> dengan Beban Kendaraan	64
Gambar 5.11 Kondisi Lereng Saat Terjadi Longsor	65
Gambar 5.12 Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan	66
Gambar 5.13 Pembagian <i>Zone</i> pada Lereng Geometri dengan Perkuatan Geotekstil	70
Gambar 5.14 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Tanah Miring	73
Gambar 5.15 Transfer Gesekan Tanah-Tulangan	77
Gambar 5.16 Desain Lereng dengan Perkuatan Geotekstil	78
Gambar 5.17 Pemodelan Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa	79
Gambar 5.18 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah Eksisting 4,3 Meter	80
Gambar 5.19 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah Eksisting 4,3 Meter	80
Gambar 5.20 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah Eksisting 4,3 Meter	81

Gambar 5.21 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 4,3 Meter	82
Gambar 5.22 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah 4,3 Meter	82
Gambar 5.23 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 4,3 Meter	83
Gambar 5.24 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 5,3 Meter	83
Gambar 5.25 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air 5,3 Meter	84
Gambar 5.26 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 5,3 Meter	84
Gambar 5.27 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 5,3 Meter	85
Gambar 5.28 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah 5,3 Meter	85
Gambar 5.29 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 5,3 Meter	86
Gambar 5.30 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 3,3 Meter	86
Gambar 5.31 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air 3,3 Meter	87
Gambar 5.32 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 3,3 Meter	87
Gambar 5.33 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 3,3 Meter	88

Gambar 5.34 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah 3,3 Meter	88
Gambar 5.35 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 3,3 Meter	89
Gambar 5.36 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 2,3 Meter	89
Gambar 5.37 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air 2,3 Meter	90
Gambar 5.38 <i>Deformed Mesh</i> pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 2,3 Meter	90
Gambar 5.39 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 2,3 Meter	91
Gambar 5.40 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah 2,3 Meter	91
Gambar 5.41 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 2,3 Meter	92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Sondir Manual	101
Lampiran 2 <i>Bore Log</i>	102
Lampiran 3 <i>Soil Test</i>	103
Lampiran 4 <i>Direct Shear Test</i>	104
Lampiran 5 Data <i>Technical Spesifications Geotekstil Woven</i>	105



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

c	: Kohesi tanah (kN/m^2)
c'	: Kohesi tanah efektif (kN/m^2)
C_d	: Kohesi yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN/m^2)
E	: Modulus Young (kN/m^2)
e	: Angka pori
E_s	: Modulus Elastisitas (MPa)
F	: Faktor aman
H	: Tinggi dinding penahan tanah (m)
K_a	: Koefisien tanah aktif
L	: Lebar dasar dinding atau panjang tulangan (m)
L_e	: Panjang efektif (m)
L_o	: Panjang overlap (m)
m	: Massa persatuan luas
n	: Porositas (%)
o	: Kerapatan geotekstil secara keseluruhan
P_a	: Tekanan tanah aktif
q	: Beban terbagi rata (kN/m^2)
q_c	: Tahanan konus (kg/cm^2)
R_v	: beban <i>vertical</i> total termasuk beban terbagi rata (kN/m)
SF	: Faktor aman
S_v	: jarak tulangan arah vertical (m)
t	: Tebal geotekstil (m)
T_a	: kuat tarik geotekstil (kN.m)
$T_{(Seam)}$: kuat pelipit/jahitan (seam strength).
u	: Tekanan air pori (kN/m^2)
V_s	: Volume butiran padat (m^3)
V_w	: Volume air (m^3)
V_a	: Volume udara (m^3)

V_v	: Volume rongga (m^3)
V_s	: Angka poisson tanah
W	: Berat struktur (kN/m)
W_s	: Berat butiran padat (kN/m^3)
W_w	: Berat air (kN/m^3)
z	: kedalaman tulangan yang ditekuk masuk ketanah (m)
τ	: Kuat geser tanah (kN/m^2)
ϕ	: Sudut gesek dalam tanah ($^\circ$)
ϕ'	: sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)
σ	: Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)
σ'	: Tegangan normal efektif (kN/m^2)
γ	: Berat volume tanah (kN/m^3)
γ_b	: Berat volume tanah basah (kN/m^3)
γ_{sat}	: Berat volume tanah jenuh (kN/m^3)
δb	: sudut gesek antara tanah pondasi dan dasar struktur ($^\circ$)
ΣM_R	: jumlah momen lawan ($kN.m$)
ΣM_D	: jumlah momen penggulingan ($kN.m$)
σ_{hc}	: tekanan horizontal rata-rata pada lipatan



ABSTRAK

Jalan Raya Banjarnegara-Wanayasa merupakan jalan utama jalur pariwisata dan ekonomi di kawasan Dieng, Kabupaten Banjarnegara, dari arah barat. Kawasan tersebut merupakan perbukitan yang memiliki kontur tanah ekstrim. Karena terdapat banyak tebing yang curam, curah hujan yang tinggi dan beban lalu lintas, menyebabkan banyak ditemukan sejumlah titik longsor. Salah satu titik longsor adalah pada Sta. 70+500, yang terdapat lereng curam dengan kemiringan 73° , dengan profil tanah didominasi oleh tanah lanau kepasiran. Maka dari itu, perlu dilakukan pencarian alternatif desain perkuatan lereng pada lokasi longsor tersebut. Tujuan analisis pada Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui nilai angka keamanan lereng sebelum dan sesudah diperkuat dengan geotekstil.

Metode yang digunakan pada lereng eksisting yaitu dengan menggunakan program plaxis 8.2 dan untuk mencari nilai keamanan lereng dengan Metode Irisan (*Fellenius*). Pada lereng yang di perkuat dengan geotekstil, analisis dilakukan dengan program plaxis 8.2 dan variasi muka air tanah juga diperhitungkan dalam desain. Data profil tanah yang digunakan dalam desain diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro.

Hasil analisis dengan program Plaxis 8.2 pada lereng eksisting terjadi kelongsoran. Penyebab terjadinya longsor karena lereng yang terlalu tegak dan perkuatan lereng yang kurang kuat. Hasil analisis dengan metode irisan di dapatkan nilai keamanan lereng 0,995. Pada lereng dengan perkuatan geotekstil dengan muka air eksisting (4,3 meter) dengan beban sendiri, didapatkan angka keamanan sebesar 1,809, dengan beban kendaraan sebesar 1,592 dan dengan beban kendaraan dan gempa sebesar 1,568. Untuk ketinggian muka air tanah 5,3 meter didapatkan angka keamanan lereng dengan beban sendiri sebesar 1,809, dengan beban kendaraan sebesar 1,592 dan dengan beban kendaraan dan gempa sebesar 1,575. Untuk ketinggian muka air tanah 3,4 meter didapatkan angka keamanan lereng dengan beban sendiri sebesar 1,725, dengan beban kendaraan sebesar 1,579 dan dengan beban kendaraan dan gempa sebesar 1,569. Pada ketinggian muka air tanah 2,3 meter didapatkan angka keamanan lereng dengan beban sendiri sebesar 1,645, beban kendaraan sebesar 1,576 dan dengan beban kendaraan dan beban gempa sebesar 1,565. Dengan demikian, semua nilai keamanan lereng tersebut memenuhi syarat $>1,5$. Berdasarkan analisis diatas, lereng dengan perkuatan geotekstil mampu menahan longsor hingga tinggi muka air tanah setinggi 2,3 meter dari permukaan lereng.

Kata Kunci : Stabilitas lereng, geotekstil, Plaxis.

ABSTRACT

Banjarnegara-Wanayasa Highway is the main road of tourism and economic path in Dieng, Banjarnegara, from the west. The area is hilly with extreme contours. A lot of steep edge, high rainfall and traffic load, caused a number of landslide points. One of the landslide points is at Sta. 70 + 500, which has a 73 ° steep slope contains silty clay soil. Therefore, it is necessary to find an alternative design of slope reinforcement in this landslide location. The purpose of this Final Project is to know the value of slope safety numbers before and after reinforced with geotextile.

The method used on the existing slope analysis is plaxis 8.2 and to find the slope safety value by using slice method (fellenius). On slops reinforced with geotextiles, the analysis is carried out plaxis 8.2 and groundwater variation is alsotake into account in design. The soil profile data which used in the design was obtained from Soil Mechanics Laboratory, Civil Engineering Department, Diponegoro University (2015).

The results of the analysis with Plaxis 8.2 program on the existing slope of landslide occurred. The cause of the landslide due to the overly erect slope and the less strong reinforcement of the slope. The result of the analysis with the slice method in obtaining the value of the slope of 0.995. On an existing slope with geotextile reinforcement (4,3 meters of groundwater level) with its own load, a safety factor is 1,809 , with traffic load is 1,592 and with traffic load and an earthquake load is 1,568. For 5,3 meters of groundwater level, the slope safety factor is 1,809, with vehicle load of 1,592 and with vehicle load and earthquake of 1,575. For 3,3 meters of ground water level, the slope safety factor with its own load is 1,725, with traffic load is 1,579 and with traffic load and earthquake load is 1,569. At 2,3 meters of groundwater level, the slope safety factor is 1,645, with the traffic load is 1,576 and with the traffic load and the earthquake load is 1,565. Thus all the slope safety values are > 1,5. Based on the analysis above, the slope with geotextile reinforcement can be use to withstand landslides up to 2,3 meters groundwater level from the slope surface.

Keywords: *Slope Stability, Geotextile, Plaxis.*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah memiliki karakteristik yang berbeda-beda, untuk itu diperlukan *treatment* atau perlakuan yang berbeda juga. Belum tentu tanah yang memiliki jenis yang sama pada suatu daerah dapat diperlakukan dengan cara yang sama pada daerah yang lainnya. Maka dari itu, perhitungan dan perencanaan yang cermat perlu dilakukan agar tanah tersebut dapat mendukung beban yang akan bekerja di atasnya. Menurut Hardiyatmo (1994), pada permukaan tanah yang tidak horisontal, komponen gravitasi cenderung menggerakkan tanah kebawah. Jika komponen gravitasi cukup besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi longsor. Dengan kata lain, gaya dorong (*driving force*) melampaui gaya yang berlawanan dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor.

Longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama di daerah perbukitan. Curah hujan yang tinggi dan kenaikan muka air tanah bisa mempengaruhi terjadinya longsor. Di Pulau Jawa terdapat 49 titik yang rawan longsor (Karnawati dalam Gusti, 2008). Menurut Kepala Pelaksana Harian BPBD Banjarnegara, Catur Subandrio, pada Selasa (13/10/2015), yang diberitakan dalam news.okezone.com, di Kabupaten Banjarnegara, dari 20 kecamatan, terdapat 13 kecamatan yang merupakan daerah rawan longsor dan termasuk dalam zona merah. Dari 13 kecamatan tersebut, kecamatan yang paling rawan longsor adalah Banjarnegara, Karangrejo, Pandanarum, Pagentan, Madukara, Wanayasa, Kalibening, Pejawaran, dan Batur. Daerah-daerah tersebut sebagian besar berada di wilayah pegunungan utara Banjarnegara.

Sepanjang jalan Banjarnegara-Wanayasa memiliki kontur yang berkelok-kelok dan didominasi tebing yang cukup curam. Pada jalan Banjarnegara-Wanayasa Sta. 70+500 terjadi kelongsoran pada badan lereng yang di atasnya

merupakan jalan tersebut. Kelongsoran lereng tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Lokasi Longsor, Jalan Banjarnegara-Wanayasa Kilometer 70,5

Salah satu upaya perkuatan dalam meminimalisir terjadinya longsoran tanah dapat dilakukan dengan pemasangan geotekstil. Geotekstil merupakan struktur yang fleksibel, tidak memiliki risiko besar apabila terjadi deformasi, dan mudah dalam pelaksanaan pekerjaannya. Sehingga pada Tugas Akhir ini, penulis mencoba menggunakan geotekstil sebagai alternatif perkuatan lereng pada Jalan Raya Banjarnegara-Wanayasa Sta. 70+500.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut diatas, dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas. Adapun rumusan masalahnya adalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana faktor aman lereng eksisting?
2. Bagaimana faktor aman lereng dengan perkuatan alternatif geotekstil?
3. Bagaimana pengaruh variasi muka air tanah terhadap faktor aman lereng yang sudah diperkuat dengan geotekstil ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. mengetahui nilai faktor keamanan lereng asli,
2. mengetahui nilai faktor keamanan lereng dengan perkuatan geotekstil, dan
3. mengetahui pengaruh variasi muka air tanah terhadap faktor aman lereng yang diperkuat dengan geotekstil, variasi yang digunakan yaitu 5,3 meter, 4,3 meter (eksisting), 3,3 meter, dan 2,3 meter di bawah permukaan tanah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Memperluas ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang geoteknik dan pengembangan teknologi geotekstil.
2. Menambah pengetahuan mengenai stabilitas lereng menggunakan program Plaxis Versi 8.2.
3. Sebagai acuan untuk mahasiswa atau peneliti lain untuk melakukan penelitian sejenis.
4. Sebagai acuan dalam perencanaan lapangan yang sama dengan longsor yang terjadi di jalan Banjarnegara-Wanayasa sta 70+500 Jawa Tengah.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Lokasi studi kasus pada jalan raya Banjarnegara-Wanayasa pada lereng Sta.70+500.
2. Bahan yang digunakan untuk perkuatan lereng adalah geotekstil *woven* tipe UW-250 yang di produksi oleh PT. Teknindo Geosistem Unggul.
3. Data tanah yang digunakan dari laporan hasil penyelidikan tanah pada penanganan longsor di ruas jalan Banjarnegara-Wanayasa Jawa Tengah, Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro.
4. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan program Plaxis Versi 8.2.
5. Analisis lereng eksisting menggunakan Plaxis Versi 8.2 dan metode irisan/fellinius.
6. Beban diatas lereng adalah beban kendaraan maksimal di jalan provinsi.
7. Pemodelan menggunakan beban gempa dan beban kendaraan.
8. Muka air tanah asli 4,3 meter dari permukaan tanah variasi yang dilakukan yaitu pada muka air tanah 5,3 meter, 3,3meter, dan 2,3 meter di bawah permukaan tanah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Longsoran merupakan gerakan massa tanah pembentuk lereng. Penyebab dan sifat dari longsoran umumnya tidak bisa terlihat, karena penyebabnya tertutup oleh berbagai endapan geologi dan sistem air tanah. Untuk memprediksi sifat, bentuk, dan penyebab longsoran, bukan suatu hal yang mudah. Longsoran dapat diidentifikasi dengan cara menginterpretasikan foto udara, system penginderaan jauh (*remote sensing*) seperti alat-alat bantu infra merah, satelit dan lain-lain, serta dengan penyelidikan lokasi.

Untuk identifikasi longsoran, penting untuk menentukan tipe dan penyebabnya, sehingga tindakan perbaikan atau pencegahan dapat dilakukan. Seringkali, tanda-tanda awal dari gerakan tanah yang berdekatan dengan jalan raya dapat dilihat dari adanya penurunan jalan, menggembungnya perkerasan jalan dan terjadinya retakan. Kenampakan ini diikuti dengan adanya kerutan tanah dan adanya permukaan *scrap* (kadang-kadang tidak jelas, karena tertutup tumbuh-tumbuhan).

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis ini stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan-perancangan bangunan seperti: jalan kereta api, jalan raya, bandara, bendungan urugan tanah, saluran, dan lain-lainnya. Pada umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian dan lereng urugan tanah.

Analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut, misalnya: kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air

dalam tanah, dan lain-lainnya. Dalam analisis stabilitas lereng, bila geometri lereng dan kondisi tanah sudah diketahui, maka analisis stabilitas lereng dapat dilakukan baik dengan menggunakan diagram-diagram atau penyelesaian dengan program-program computer. Kebanyakan program-program komputer yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng, menggunakan pendekatan keseimbangan batas pada model dua dimensi, walaupun ada juga yang didasarkan pada analisis tiga dimensi (Hardiyatmo 2006).

2.2 Stabilitas Lereng

Wibowo dalam penelitiannya tentang pengaruh kondisi ekstrim stabilitas internal dan eksternal dinding penahan tanah ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas internal dan eksternal dinding penahan tanah akibat beban-beban ekstrim menggunakan Plaxis 8.2, dengan memodelkan lereng dengan beban-beban ekstrim. Hal ini untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada dinding penahan tanah ketika menerima beban dan dalam kondisi ekstrim lereng, sehingga mendapatkan gambaran kondisi stabilitas internal dan eksternal dinding penahan tanah pada kondisi tersebut. .

Berdasarkan dari analisis stabilitas internal dinding penahan tanah dan dilihat dari tegangan-tegangan yang terjadi, dinding masih bisa menahan tegangan tersebut hingga pada kondisi ekstrim tetapi untuk stabilitas eksternal dinding penahan tanah tidak mampu untuk menahan gaya geser, gaya guling dan stabilitas keruntuhan kapasitas dukung tanah.

Wardana (2011) melakukan penelitian dengan membuat simulasi lereng dengan menggunakan program Stable 2004 dengan melakukan analisis terhadap variasi geometri lereng serta terasering dan properties tanah yang berbeda. Untuk analisis, terasering dibagi menjadi 4 bagian kelompok yaitu T1, T2, T3 dan T4 yang mempunyai 1 sampai 4 teras. Lereng tanpa terasering disebut T0, kemiringan lereng bergerak dari 1:1, 1:2 dan 1:3 dengan jenis tanah yang berbeda (lempung, pasir dan variasi lempung-pasir). Hasil analisis kenaikan muka air tanah menyebabkan berkurangnya stabilitas lereng, untuk lereng dengan kemiringan 1:1, 1:2 dan 1:3 angka keamanannya bertambah besar dengan

bertambahnya teras dari T1-T4, angka keamanan terbesar di dapat dari T4. Lereng pasir dengan kemiringan 1:1 kenaikan angka keamanan dengan terasering T1 sangat kelihatan, sedang untuk tipe T2,T3 dan T4 tidak jauh berbeda. Lereng pasir dengan kemiringan 1:2 dan 1:3 terasering T1-T4 rata-rata memberikan kenaikan angka keamanan sangat kecil. Lereng tanah lempung untuk gempa 0,25 g rata-rata memberikan pengurangan angka keamanan 43%, untuk gempa 0,45 g memberikan pengurangan 55%. Gempa 0,25 g pada tanah pasir memberikan pengurangan angka aman 50%, dan gempa 0,45 g sebesar 70%.

Dalam penelitian Fadly (2010) tentang indentifikasi longsor di Botu, Gorontalo, penyebab terjadinya longsor pada lereng secara mekanik dapat dipahami dengan pendekatan prinsip kestabilan lereng. Dengan prinsip ini akan diketahui gaya-gaya apa saja yang mengontrol kestabilan suatu lereng. Kestabilan pada lereng ditentukan oleh gaya-gaya yang berusaha melongsorkan (*driving forces*) tanah atau batuan dan gaya-gaya yang berusaha mempertahankan (*resisting forces*) tanah atau batuan itu tetap pada posisinya. Struktur tanah lereng Botu adalah tanah residual, hasil korosi batu dan deposisi colluvial. Itu rentan terhadap longsor. Itu juga terlepas dan mampu menjaga air. Oleh karena itu, kekuatan geser lemah, terutama jika air jenuh. Pada kasus Botu slide, slide selalu terjadi di hujan. Secara umum, hal ini disebabkan curah hujan yang tinggi dengan durasi tertentu, sehingga menyebabkan stabilitas lereng terganggu. Penyebab lainnya adalah sistem drainase yang tidak berfungsi karena itu tertutup oleh beberapa materi dari lereng yang disampaikan oleh air.

2.3 Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan

Penelitian yang dilakukan oleh Alfanto (2013) yaitu melakukan evaluasi kelongsoran ruas jalan Weleri-Sukorejo Km.55 Kab.Kendal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya longsor dan mencari solusi untuk perkuatan lereng tersebut. Penyebab kelongsoran adalah kurang kuatnya lapisan tanah pada badan jalan dengan beban lalu lintas yang ada dan tidak kuatnya perkuatan pada lereng jalan dan drainase untuk air hujan yang menjenuhkan permukaan lereng.

Hasil analisa manual didapatkan nilai keamanan (FK) longsor lereng sebesar 0,982 untuk metode *Fellini* dan 0,971 untuk metode *Bishop* yang menunjukkan nilai keamanan dibawah 1 adalah kriteria lereng tidak aman. Hasil analisa dengan program computer (Plaxis Versi 8.2) didapatkan nilai keamanan sebesar 1,049 yang mana masih dibawah nilai keamanan yang di syaratkan dalam program computer (FK>1,5).

Kesimpulannya setelah dilakukan analisa geoteknik menggunakan *software finite element* Plaxis. Model elastis plastis dan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb dipilih sebagai model tanah. Didapatkan penanggulangan optimum kelongsoran adalah memasang dinding penahan tanah dikombinasikan dengan perkuatan group bored pile dengan diameter 1 meter dengan itu Faktor Keamanan lereng minimum meningkat mencapai 1,562.

Suyadi (2015) melakukan penelitian stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan perangkat lunak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab longsor lereng sebelum perkuatan dan kerusakan penahan tanah eksisting. Menentukan stabilitas lereng dan merencanakan perkuatan tanah dengan geotekstil. Dari data yang diketahui, lereng memiliki ketinggian antara 8-8,5 meter dengan panjang dinding penahan 375 meter dan mengalami kelongsoran pada bagian struktur sepanjang 90meter. Dari analisa dengan perangkat lunak Slope/w pada lereng didapatkan angka keamanan hanya 0,660 sehingga terjadi longsor. Kemudian dilakukan desain ulang dengan menggunakan perkuatan Geotekstil berjumlah 5 lapis, kapasitas tarik 400 kN/m, kohesi 0 kN/m dan sudut geser terhadap tanah 38°, jarak vertical 1 meter. Dengan analisa Spope/w didapat anilai kermanan baru yaitu 1,893.

2.4 Pengaruh Gempa Terhadap Stabilitas Lereng

Dalam penelitiannya tentang analisa pengaruh gempa terhadap konstruksi lereng dengan perkuatan geotekstil woven yang dilakukan oleh Khastalisti (2007) penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan lereng terhadap gempa. Kondisi lereng yang di analisa adalah lereng dengan ketinggian 5, 8 dan 10 m dengan sudut kemiringan 60°, 75°, dan 90° dari fariasi nilai kohesi berkisar

antara 5-20 kN/m². Pengaruh gempa dianalisa terhadap rancangan geotekstil woven sebagai perkuatan lereng dengan beban statistik, menggunakan alat bantu program Slope/w berdasarkan metode keseimbangan batas. Proses perencanaan material perkuatan geotekstil woven menggunakan metode Jewell.

Kesimpulannya bahwa faktor keamanan menurun seiring dengan penambahan beban gempa. Dengan menggunakan perkuatan geotekstil woven, faktor keamanan lereng dapat ditingkatkan sampai dengan batas faktor keamanan minimum. Namun pada beberapa kasus untuk mencapai faktor keamanan minimum kuat tarik dan panjang penjangkaran geotekstil woven harus dikalikan dengan faktor keamanan pengali yaitu sebesar 1,3.

Rekzyanti (2016) dalam penelitiannya kestabilan lereng akibat gempa yang berlokasi di IAIN Manado menggunakan program plaxis v8.2, menghitung faktor keamanan dengan menggunakan metode finite element atau metode elemen hingga. Pada perhitungan ini parameter data yang diperlukan antara lain : Young Modulus(E), *Poisson's Ratio*(ν), Sudut Geser(ϕ), Kohesi(c), γ_{sat} , γ_{unsat} , k_x, y . Dari hasil penelitian perhitungan menggunakan plaxis dilakukan dengan cara memvariasikan nilai frekuensi, sedangkan perhitungan secara manual (Excel) menggunakan variasi nilai dari koefisien gempa (kh). Dari hasil kedua perhitungan didapat nilai faktor keamanan yang sama, yaitu 1.003, dengan hasil faktor keamanan sebesar 1.003 lereng dikatakan kritis ada kemungkinan pernah terjadi longsor.

2.5 Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng

Hariyadi (2016) dalam penelitiannya mengenai stabilitas lereng tanah timbunan, parameter yang di gunakan adalah sudut geser dalam unit weight, Kohesi dan berat jenis tanah . Berdasarkan hasil analisis dengan metode Fellenius tersebut diperoleh nilai faktor keamanan yang termasuk kedalam lereng stabil.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kesetabilan lereng timbunan terhadap kestabilan lereng, sehingga dapat mengetahui stabil atau tidaknya suatu lereng yang ditampilkan dalam bentuk nilai faktor keamanan.

Tahapan dari proses analisis kestabilan lereng ini dilakukan dengan menggunakan metode Fellenius, yang dalam proses analisisnya menggunakan software Slide dan Phase2.

Dari data yang di peroleh dari setiap lereng maka untuk nilai dari kesetabilan lereng dengan nilai FK rata-rata di atas dari 1,4 maka dapat di simpulkan bahwa nilai FK dari nilai kesetabilan lereng di katakan dalam kondisi aman atau stabil. Jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran dapat mempengaruhi kestabilan suatu lereng, semakin jauh jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran dan semakin dekat jarak muka air tanah terhadap tanah permukaan lereng, maka semakin kecil nilai faktor keamanannya. Begitu pula sebaliknya semakin dekat jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran dan semakin jauh jarak dari permukaan lereng, maka semakin besar nilai faktor keamanannya.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Handayani (2014) yang membahas tentang pengaruh muka air tanah terhadap stabilitas lereng ada beberapa faktor yang menyebabkan lereng tidak stabil, yaitu jarak muka air tanah, sudut kemiringan lereng, nilai kuat geser tanah dan jenis tanah lapisan penyusunnya yang memiliki nilai kohesi dan sudut geser dalam yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh muka air tanah terhadap kestabilan lereng, sehingga dapat mengetahui stabil atau tidaknya suatu lereng yang ditampilkan dalam bentuk nilai faktor keamanan.

Tahapan dari proses analisis kestabilan lereng ini dilakukan dengan menggunakan metode Fellenius, Bishop dan Janbu yang dalam process analisisnya menggunakan software *geoslope/w*. Parameter yang di gunakan yaitu sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), dan berat jenis tanah (γ). Berdasarkan hasil analisis dengan ketiga metode tersebut diperoleh nilai faktor keamanan yang termasuk kedalam lereng stabil yaitu lereng 1 dan lereng 4 dengan $FK = 2,523 - 3,705$. Lereng 2 tergolong lereng kritis dengan $FK 0,065 - 1,203$ dan lereng 3 tergolong labil $0,625 - 0,710$.

Jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran dapat mempengaruhi kestabilan lereng, semakin jauh jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran dan semakin dekat jarak muka air tanah terhadap tanah permukaan lereng, maka semakin kecil nilai faktor keamanannya. Begitu pula sebaliknya semakin dekat jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran dan semakin jauh jarak dari permukaan lereng, maka semakin besar nilai faktor keamanannya.

2.6 Perkuatan Lereng Dengan Geosintetik

Ismanti (2012) melakukan penelitian mengenai perkuatan geosintetik pada tanah timbunan. Kestabilan struktur tanah timbunan yang diperkuat dipengaruhi oleh pembuatan desain berdasarkan analisis keruntuhan, pemilihan perkuatan yang sesuai, kontrol di lapangan selama pemasangan, pelaksanaan penimbunan dan perawatan.

Tanah dan geosintetik merupakan material non linear elastoplastis, dimodelkan 2D plane strain dengan model Mohr Coulomb. Struktur tanah dibagi menjadi elemen-elemen segitiga, dan elemen garis untuk geosintetik. Data validasi menggunakan durasi konsolidasi. Perbandingan dilakukan antara timbunan tanpa dan dengan perkuatan. Analisis dilakukan dengan variasi kekuatan dan nilai interface berdasarkan jenis bahan perkuatan. Beban lalu lintas dan gempa disimulasikan untuk mengetahui kestabilan timbunan pada kondisi operasional. Kapasitas dukung tanah dasar pada struktur tanah timbunan ini sebesar 1035,52 kN/m², dibandingkan dengan dengan beban, tanah dasar mampu menerima beban timbunan setinggi 4 meter, namun penimbunan dilakukan bertahap untuk kemudahan pelaksanaan. Data validasi menggunakan hasil hitungan durasi konsolidasi yaitu selama 164,76.

Geosintetik mampu menggantikan kekuatan tanah yang lemah selama konsolidasi berlangsung atau ketika tegangan air pori yang meningkat ketika penimbunan dilakukan, namun tidak mereduksi penurunan total akibat beban timbunan. Variasi normal stiffness dan interface berdasarkan jenis bahan dan manufacturing process sangat mempengaruhi hasil analisis. Dalam penelitian ini,

perkuatan jenis geotekstil woven mampu mengandalkan kemampuan tarik dan regangan bahannya serta meningkatkan angka aman yang signifikan yaitu dari 1,27 untuk timbunan tanpa perkuatan menjadi 1,35.

Dalam penelitian Nindyatika (2012) mengenai perkuatan geosintetik dalam hubungannya dengan stabilitas lereng, mengungkapkan bahwa geotekstil menambah stabilitas lereng dan memiliki fungsi sebagai pengganti dinding penahan tanah. Geotekstil anyam dipilih karena mengurangi efek tekanan di satu titik tertentu terutama di bagian tanah yang tidak stabil. Tanah hanya mempunyai kekuatan untuk menahan tekan, tetapi tidak dapat menahan tarik. Kelemahan terhadap tarik ini dipenuhi oleh geotekstil.

Tujuan penelitian ini menghitung nilai faktor aman (SF) pada lereng sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil dengan beberapa variasi, menggunakan program komputer dan perhitungan manual. Pemodelan lereng yaitu dua variasi kemiringan lereng (1:2 dan 1:3), dua variasi kuat tarik geotekstil (54 kN/m dan 64 kN/m), dan dua variasi panjang geotekstil (3h dan 4h). Seluruh variasi dibebani oleh dua beban titik seberat 10 ton.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa analisis stabilitas lereng menggunakan program komputer menghasilkan nilai faktor aman (SF) lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan manual. Perhitungan manual model lereng dengan perkuatan menghasilkan nilai SF internal (cabut tulangan, patah tulangan, dan panjang overlap) dan SF eksternal (geser, guling, dan keruntuhan pondasi), sedangkan analisis dengan program komputer menghasilkan nilai SF total lereng. Semakin curam lereng memberikan nilai faktor aman yang semakin kecil. Kuat tarik dan panjang geotekstil semakin besar, maka semakin besar pula nilai faktor aman lereng

2.7 Perbandingan Penelitian Sekarang Dengan Terdahulu

Perbedaan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Topik	Masalah	Tujuan	Metode	Hasil
Wibowo (2016)	Pengaruh kondisi ekstrim terhadap stabilitas internal dan eksternal dinding penahan tanah	Jenis tanah lanau kemasukan air, tanah menjadi labil dan terjadi perlemahan, sehingga dengan adanya beban dinamis diatas lapisan tersebut akan mengakibatkan terjadi konsolidasi yang mengakibatkan terjadinya penurunan muka jalan.	Untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada dinding penahan tanah ketika menerima beban dan dalam kondisi ekstrim.	Menggunakan aplikasi program Plaxis versi 8.2 analisis pada lereng dimodelkan pada dua kondisi muka air.	Dinding masih bisa menahan tegangan hingga pada kondisi ekstrim tetapi untuk stabilitas eksternal dinding penahan tanah tidak mampu untuk menahan gaya geser, gaya guling dan stabilitas keruntuhan kapasitas dukung tanah.
Wardana (2011)	Simulasi lereng dengan menggunakan program Stable 2004 dengan melakukan analisis terhadap variasi geometri lereng serta terasering dan propertis tanah yang berbeda.	Pembasahan tanah akibat air hujan menyebabkan pengurangan kekuatan tanah sejalan dengan bertambahnya kejenuhan tanah. Pengurangan kekuatan mengurangi stabilitas lereng yang dapat menyebabkan kelongsoran pada musim hujan.	Untuk mengetahui angka keamanan terhadap beban gempa.	Analisis menggunakan program Stable 2004	Lereng tanah lempung gempa 0,25 g angka keamanannya 43%, gempa 0,45 g sebesar 55%. Gempa 0,25 g pada tanah pasir angka amannya 50%, dan gempa 0,45 g sebesar 70%.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Topik	Masalah	Tujuan	Metode	Hasil
Fadly (2010)	Studi identifikasi longsor di botu	Struktur tanah lereng Botu residual, hasil korosi batu dan deposisi colluvial rentan terhadap longsor dan curah hujan yang tinggi mengganggu lereng.	Untuk mengetahui penyebab longsor di Botu, Gorontalo	Metode yang digunakan adalah peninjauan dilapangan	Penyebab utama longsor adalah air hujan yang berinfiltrasi ke pori-pori tanah yang melunakkan tanah sehingga tanah kehilangan kapasitas dukung.
Alfanto (2013)	Evaluasi kelongsoran ruas jalan dengan perkuatan	Lemahnya lapisan tanah badan jalan dengan beban lalu lintas yang ada dan lemahnya perkuatan lereng jalan dan drainase untuk air hujan yang menjenuhkan permukaan lereng.	Untuk mengetahui penyebab terjadinya longsor dan mencari solusi untuk perkuatan lereng tersebut.	Analisa geoteknik menggunakan <i>software finite element</i> Plaxis. Model elastis plastis dan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb.	Penggunaan dinding penahan tanah yang dikombinasikan dengan perkuatan grup <i>bored pile</i> , Faktor Keamanan lereng minimum menjadi meningkat dan mencapai 1,562.
Suyadi (2015)	Stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstile menggunakan perangkat lunak	Dinding penahan tanah pada lereng tersebut masih belum cukup untuk menahan kelongsoran tanah pada lokasi.	Untuk mengetahui penyebab longsor lereng sebelum perkuatan dan kerusakan penahan tanah.	Program slope/w dan dengan perkuatan geotekstile.	Menggunakan perkuatan geotekstile dari angka keamanan 0,66 menjadi 1,893.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Topik	Masalah	Tujuan	Metode	Hasil
Khastalisti (2007)	Analisa pengaruh gempa terhadap konstruksi lereng dengan perkuatan geotekstil woven.	Pengaruh gempa terhadap lereng dengan ketinggian yang bervariasi.	Untuk mengetahui faktor keamanan lereng terhadap gempa.	Program Slope/w berdasarkan metode keseimbangan batas.	Menggunakan perkuatan geotekstil <i>woven</i> , faktor kamanan lereng meningkat sampai batas faktor keamanan minimum.
Rekzyanti (2016)	Kestabilan lereng akibat gempa.	Pengaruh gempa terhadap angka keamanan lereng.	Mengetahui angka aman stabilitas lereng terhadap gempa.	Metode finite element atau metode elemen hingga	Perhitungan menggunakan plaxis da perhitungan secara manual (Excel) didapat nilai faktor keamanan yang sama, yaitu 1,003.
Hariyadi (2016)	Stabilitas lereng tanah timbunan	Tidak stabilnya lereng pada tanah timbunan	Untuk mengetahui nilai kesetabilan lereng timbunan terhadap kestabilan lereng	Metode <i>Fellenius</i>	Nilai kesetabilan lereng rata-rata di atas 1,4 maka dinyatakan dalam kondisi aman atau stabil
Handayani (2014)	Pengaruh muka air tanah terhadap stabilitas lereng	Jarak muka air tanah, sudut kemiringan lereng, nilai kuat geser tanah dan jenis tanah lapisan penyusunnya yang nilai kohesi dan sudut geser dalamnya berbeda	Untuk mengetahui pengaruh muka air tanah terhadap kestabilan lereng	Metode <i>Fellenius</i> , Bishop dan Janbu	Nilai faktor keamanan lereng stabil yaitu lereng 1 dan lereng 4 dengan $FK = 2,523 - 3,705$. Lereng 2 kritis dengan $FK = 0,065 - 1,203$ dan lereng 3 labil $0,625 - 0,710$.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Topik	Masalah	Tujuan	Metode	Hasil
Ismanti (2012)	Perkuatan geosintetik pada tanah timbunan	Kapasitas dukung tanah dasar pada struktur tanah timbunan tidak stabil	Untuk memperkuat lereng dengan geotekstil	Metode mohr coulomb dimodelkan 2D <i>plane strain</i>	Meningkatkan angka aman yang signifikan yaitu dari 1,27 untuk timbunan tanpa perkuatan menjadi 1,35.
Nindyatika (2012)	Perkuatan geosintetik dalam hubungannya dengan stabilitas lereng	Kecenderungan pergerakan tanah yang mengakibatkan longsor	Menghitung nilai <i>SF</i> pada lereng sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil	Metode fellinius dan pemodelan komputer	Analisis stabilitas lereng menggunakan program komputer menghasilkan nilai faktor aman (<i>sf</i>) lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan manual
Taufik (2017)	Perkuatan lereng dengan geotekstil dengan variasi muka air tanah	Beban kendaraan yang tinggi dan lereng terlalu tegak	Mengetahui nilai <i>SF</i> lereng yang diperkuat geotekstil dengan variasi muka air tanah	Metode <i>Fellini</i> dan pemrograman komputer	Angka aman lereng meningkat setelah diperkuat dengan geotekstil, dari beberapa variasi muka air tanah angka aman lereng tidak terlalu berpengaruh



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah merupakan mineral, 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 ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat misalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut (*transported soil*) (Hardiyatmo, 2006).

3.1.1 Klasifikasi Tanah

Sistem Klasifikasi Tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah bertujuan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam

kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya.

Sistem klasifikasi yang sering digunakan adalah *Unified Soil Classification System* dan *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Official)*. Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir, batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi tanah dari Sistem *Unified* pertama kali di usulkan oleh Casagrande (1942), kemudian direvisi oleh kelompok teknisi *USBR (United State Bureau of Reclamation)*. Kemudian pada saat ini, system ini banyak digunakan oleh berbagai organisasi konsultan geoteknik.

1. Sistem *USCS (Unified Soil Classification System)*

Dalam sistem *USCS* (Tabel 3.1), tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomer 200 dan sebagai tanah berbutir halus (lanau atau lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomer 200.

2. Sistem *AASHTO (American Association Of State Highway and Transporting Official)*

Sistem klasifikasi tanah *AASHTO* pertama kali diperkenalkan oleh Hoentogler dan Terzaghi, yang akhirnya diambil oleh *Bureau Of Public Roads*. Pengklasifikasian sistem ini berdasarkan kriteria ukuran butir dan plastisitas. Maka dalam mengklasifikasikan tanah membutuhkan pengujian analisis saringan dan batas-batas atterberg. Sistem ini (Tabel 3.2) membagi tanah ke dalam 8 kelompok yang diberi nama dari A-1 sampai A-8. A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka pada revisi terakhir oleh *AASHTO* diabaikan.

Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Divisi utama		Simbol kelompok	Nama jenis
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GP Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			GM Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SP Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			SM Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
			SC Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau	
		OL Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH Lanau tak organik atau pasir halus, lanau elastis	
		CH Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi	
		OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi		P _t Gambut dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Sumber: Hardiyatmo (2010)

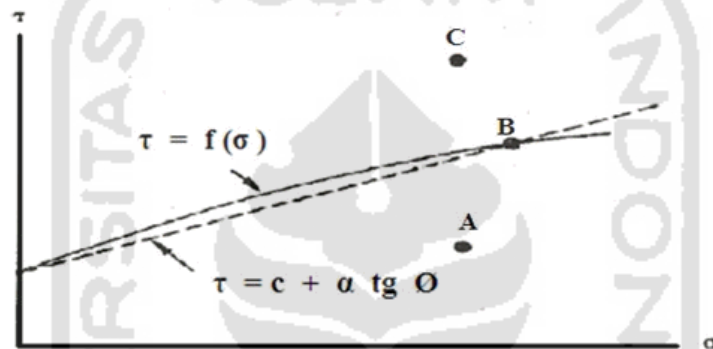
Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler (< 35% lolos saringan no.200)						Tanah-tanah lanau-lempung (< 35% lolos saringan no.200)				
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7	A-7-5/ A-7-6
Analisis saringan (% lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	
0,075 mm (no.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	
Sifat fraksi lolos saringan no.4	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Batas cair (LL)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	2- maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir			Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir		Tanah berlempung dan pasir		
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Sedang sampai buruk				
Catatan: Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL) Untuk PL > 30, klasifikasinya A-7-5 Untuk PL < 30, klasifikasinya A-7-6 Np = nonplastis											

Sumber: Hardiyatmo (2010)

3.1.2 Parameter dan Kuat Geser Tanah

Segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah yang kering, maka tanah hanya terdiri dari dua bagian, yaitu butiran-buturan tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat (butiran), pori-pori udara, dan air pori. (Hardiyatmo,2010). Kriteria kegagalan Mohr dan Couloumb dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kriteria kegagalan Mohr dan Couloumb.

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Kriteria keruntuhan / kegagalan Mohr-Coulomb digambarkan dalam bentuk garis lurus. Jika kedudukan tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tidak akan terjadi. Pada titik Q terjadi keruntuhan karena titik tersebut terletak tepat pada garis kegagalan. Titik R tidak akan pernah dicapai, karena sebelum mencapai titik R sudah terjadi keruntuhan.

Dengan,

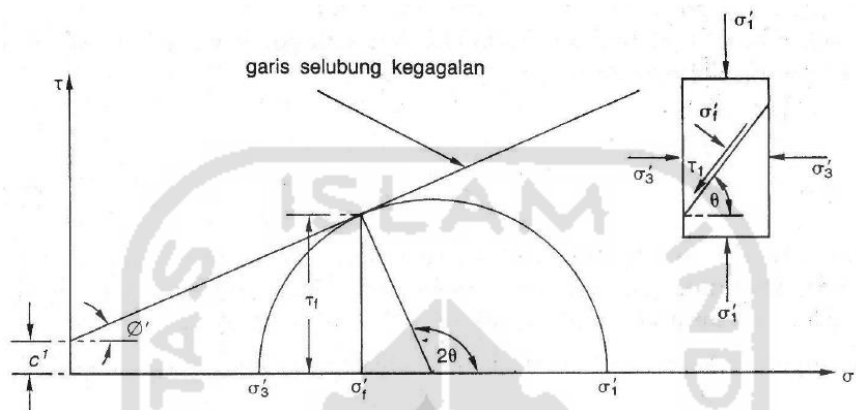
c' = Kohesi tanah efektif (kN/m^2)

σ' = Tegangan normal efektif (kN/m^2)

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

ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)

Kuat geser tanah bisa dinyatakan dalam bentuk tegangan efektif σ'_1 dan σ'_3 pada saat keruntuhan terjadi . Lingkaran Mohr berbentuk setengah lingkaran dengan koordinat (τ) dan (σ') dilibatkan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Lingkaran Mohr
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Dari lingkaran Mohr dapat dilihat :

- σ'_1 = Tegangan utama mayor efektif (kN/m^2)
- σ'_3 = Tegangan utama minor efektif (kN/m^2)
- θ = Sudut keruntuhan (derajat)
- C' = Kohesi (kN/m^2)
- ϕ = Sudut gesek dalam efektif

Tegangan geser (τ'_f) = tegangan geser efektif pada saat terjadi keruntuhan

Tegangan normal (σ'_i) = tegangan normal efektif pada saat terjadi keruntuhan.

Dari lingkaran Mohr hubungan parameter-parameter tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\tau_f' = \frac{1}{2} (\sigma_1' - \sigma_3') \sin 2 \theta \quad (3.1)$$

$$\sigma_f' = \frac{1}{2} (\sigma_1' + \sigma_3') + \frac{1}{2} (\sigma_1' - \sigma_3') \cos 2 \theta \quad (3.2)$$

$$\sin \varphi = \frac{\frac{1}{2} (\sigma_1' - \sigma_3')}{c \operatorname{tg} \varphi' + \frac{1}{2} (\sigma_1' - \sigma_3')} \quad (3.3)$$

3.1.3 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Besarnya tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanahnya. Menurut (Rankine, 1857) analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu saat massa tanah pada kondisi tepat akan runtuh. Kondisi keseimbangan plastis ini hanya dapat dicapai bila terjadi deformasi yang cukup pada massa tanahnya. Besar dan distribusi tekanan tanah adalah fungsi dari perubahan letak (*displacement*) dan regangan (*strain*).

Menurut Terzaghi (1923) dalam Hardiyatmo (1992), memberikan prinsip tegangan efektif yang bekerja pada segumpal tanah. Prinsip tegangan efektif hanya berlaku pada tanah yang jenuh sempurna yaitu:

1. tegangan normal total (σ) pada suatu bidang di dalam massa tanah, yaitu tegangan akibat berat tanah total termasuk air dalam ruang pori, per satuan luas yang arahnya tegak lurus,
2. tegangan air pori (u) yang disebut juga dengan tekanan netral atau tekanan air pori yang bekerja ke segala arah sama besar, yaitu tekanan air yang mengisi rongga di antara butiran padat, dan
3. tegangan normal efektif (σ') pada suatu bidang di dalam massa tanah, yaitu tegangan yang dihasilkan dari beban berat butiran tanah per satuan luas bidangnya.

3.1.4 Pemadatan Tanah

Berdasarkan Hardiyatmo (2010) tanah kecuali berfungsi sebagai pendukung fondasi bangunan juga digunakan sebagai bahan timbunan seperti: tanggul, bendungan, dan jalan. Jika tanah di lapangan membutuhkan perbaikan guna mendukung bangunan di atasnya, atau tanah akan digunakan sebagai bahan timbunan, maka pemadatan sering dilakukan. Maksud pemadatan tanah antara lain sebagai berikut:

1. mempertinggi kuat geser tanah,
2. mengurangi sifat mudah mampat,
3. mengurangi permeabilitas, dan
4. mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lain-lain.

Maksud tersebut dapat tercapai dengan pemilihan tanah bahan timbunan, cara pemadatan, pemilihan mesin pemadat, dan jumlah lintasan yang sesuai. Tingkat kepadatan tanah diukur dari nilai berat volume kering (γ_d). Berat volume kering tidak berubah oleh adanya kenaikan kadar air. Dengan demikian, tanah yang telah selesai dipadatkan di lapangan, dan kemudian berubah kadar airnya (misalnya oleh hujan), maka berat volume kering tetap tidak berubah, sepanjang volume total tanah tetap. Hal ini, karena kepadatan atau berat volume kering dinyatakan oleh $\gamma_d = W_s/V$, bila berat butiran (W_s) dan volume total (V) tetap, maka juga γ_d tetap.

Tanah granuler dipandang paling mudah penanganannya untuk pekerjaan lapangan. Material ini dapat memberikan kuat geser yang tinggi dengan sedikit perubahan volume sesudah dipadatkan. Permeabilitas tanah granuler yang tinggi dapat menguntungkan maupun merugikan.

3.1.5 Modulus Elastisitas dan Angka *Poisson*

Umumnya modulus elastisitas (E) ditentukan dari uji triaksial kondisi *undrained*, dan nilai E ditentukan dari pendekatan kemiringan kurva tegangan-regangan yang diambil pada setengah dari beban ultimit aksial. Angka *poisson* (ν) dapat dihitung dari pengukuran regangan kompresi aksial dan regangan lateral

selama uji triaksial. Nilai E_u sulit diperoleh di laboratorium, beberapa peneliti telah mengusulkan besarnya modulus elastisitas yang dikorelasikan dengan kuat geser *undrained* (s_u atau c_u) untuk memperkirakan besarnya penurunan pada tanah lempung. Masing-masing peneliti menghasilkan korelasi nilai E_u dengan s_u yang berdeda-beda. Sebagai contoh, Bjerrum (1964) dalam Hardiyatmo (1994) telah mengamati nilai E_u antara 250 sampai 500 s_u . Penelitian selanjutnya, Bjerrum (1972) dalam Hardiyatmo (1994) telah menunjukkan nilai E_u diantara 500 sampai 1500 s_u .

Untuk tanah granuler seperti pasir, modulus elastisitas dapat ditentukan dari uji triaksial. Nilai modulus elastisitas (E) telah diketahui proposional dengan $(\sigma_0)^n$, dengan σ_0 adalah tekanan keang hidrostatis dan nilai n mendekati 0,5. Nilai-nilai modulus elastisitas (E) dan angka *poisson* (ν) perkiraan untuk berbagai macam tanah menurut Bowles (1977) dalam Hardiyatmo (1994) dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

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

Sumber: Hardiyatmo (1994)

Tabel 3.4 Nilai Perkiraan Angka *Poisson* Tanah

Macam Tanah	ν
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
<i>Loess</i>	0,10 – 0,30

Sumber: Hardiyatmo (1994)

3.2 Lereng

Lereng adalah suatu kondisi permukaan tanah dimana tanah memiliki perbedaan elevasi antara satu daerah dengan daerah yang lain dan membentuk kemiringan tertentu. Berdasarkan asal pembentukannya lereng terbagi menjadi dua macam yaitu lereng yang terbentuk oleh alam dan lereng yang terbentuk akibat ulah manusia.

1. Lereng Alam

Lereng alam yang telah stabil dalam beberapa tahun mungkin tiba-tiba longsor akibat perubahan topografi, aliran air tanah, gempa, kehilangan kuat geser, perubahan tegangan dan pelapukan. Peck dalam Hardiyatmo (2012) menyatakan bahwa prediksi stabilitas lereng alam mungkin dapat dilakukan dengan baik, hanya jika area yang diteliti adalah zona longsor lama yang telah dipelajari sebelumnya, yang mungkin telah berubah kondisinya oleh kegiatan manusia, seperti penggalian di kaki lereng. Dengan mengetahui keberadaan bidang longsor lama pada lereng alam, maka lereng akan lebih mudah dipahami dan diprediksi kelakuannya.

2. Lereng Buatan

Lereng buatan manusia umumnya terdiri dari struktur timbunan atau urugan dan galian, yang banyak digunakan dalam bangunan-bangunan gedung, jalan raya, tanggul sungai, lereng bendungan dan lain-lainnya (Hardiyatmo, 2006).

a. Galian

Maksud dari perancangan lereng galian adalah untuk menentukan tinggi dan kemiringan lereng yang ekonomis dan stabil. Perancangan kedalaman dan kemiringan lereng galian akan dipengaruhi oleh kondisi geologi, sifat-sifat material di tempat, kedudukan air tanah, tekanan rembesan dan lain-lain (Hardiyatmo, 2012).

b. Timbunan

Timbunan umumnya dibangun dengan menggunakan tanah-tanah yang dipadatkan. Timbunan tersebut misalnya timbunan badan jalan raya, timbunan jalan rel, tanah urug, bendungan urugan dan tanggul. Sifat-sifat teknis material yang digunakan dalam timbunan sangat bergantung pada sifat-sifat material dari lokasi bahan pengambilan (misalnya: distribusi butiran, kepadatan, kuat geser dan sebagainya). Analisis stabilitas timbunan umumnya lebih mudah dibandingkan dengan analisis stabilitas lereng alam dan galian. Hal ini, karena material timbunan berupa tanah yang relatif homogen dengan sifat-sifat mekanis yang sudah diketahui dari uji laboratorium (Hardiyatmo, 2012).

3.2.1 Penyebab Longsor

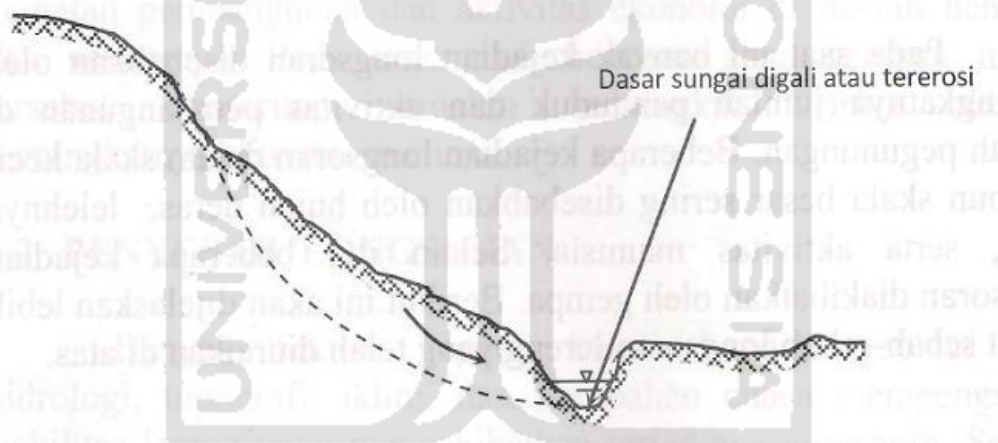
Banyak faktor semacam kondisi-kondisi geologi dan hidrologi, topografi, iklim dan perubahan cuaca dapat mempengaruhi stabilitas lereng yang mengakibatkan terjadinya longsor. Sebab-sebab alami terjadinya longsor, contohnya pelapukan, hujan lebat atau hujan tidak begitu lebat namun berkepanjangan, adanya lapisan lunak dan lain-lain. Sebab-sebab lain yang berkaitan dengan aktifitas manusia, contohnya penggalian di kaki lereng, pembangunan di permukaan lereng dan lain-lain (Hardiyatmo, 2012). Berikut ini akan dijelaskan lebih lanjut sebab-sebab longsor lereng yang telah disebutkan di atas.

1. Penambahan beban, penggalian dan erosi kaki lereng

Banyak kejadian longsor disebabkan oleh penggalian lereng untuk pembangunan jalan raya, jalan rel, perumahan, penggalian dasar sungai

(diambil pasir atau batunya) dan longsoran juga sering terjadi pada galian tempat pengambilan tanah. Bangunan berat yang didirikan di puncak lereng juga dapat menyebabkan longsoran.

Longsoran pada lereng tanah berlempung sering disebabkan erosi atau penggalian tanah di bagian kaki lereng oleh akibat aliran air sungai (Gambar 3.3). Erosi dasar sungai di kaki lereng menyebabkan kemiringan lereng menjadi lebih besar dan tinggi lereng menjadi bertambah, akibatnya lereng menjadi tidak stabil. Pada kondisi tertentu, penggalian tanah juga dapat mengakibatkan longsornya lereng galian. Penggalian tanah mengurangi tekanan *overburden*, sehingga tanah atau batuan mengembang dan kuat gesernya turun.



Gambar 3.3 Dasar Sungai Bertambah Dalam Akibat Digali atau Erosi
(Sumber: Hardiyatmo, 2012)

2. Hujan dan kenaikan tekanan air pori

Kuat geser tanah di lapangan bergantung pada kadar airnya, yaitu jika kadar air (tekanan air pori) bertambah maka kuat geser menurun. Kebanyakan longsoran lereng terjadi sesudah atau selama hujan lebat atau hujan yang berkepanjangan. Air yang berinfiltrasi ke dalam tanah, selain mengurangi kuat geser tanah juga menambah berat sendiri tanah pembentuk lereng. Kombinasi keduanya sering menjadi sebab terjadinya longsoran lereng.

Perilaku hujan tahunan berpengaruh pada frekuensi terjadinya longsoran. Pelunakan material pembentuk lereng akibat naiknya kadar air tanah akibat hujan, serta kenaikan muka air tanah pada musim hujan juga berpengaruh pada kecepatan gerakan massa tanah. Naiknya muka air tanah menyebabkan pengurangan kuat geser tanah. Kenaikan tekanan air pori di sekitar bidang longsor potensial, mereduksi tegangan efektif sehingga mengurangi kuat gesernya.

3. Penurunan muka air cepat (*rapid drawdown*)

Keruntuhan lereng juga sering terjadi ketika muka air kolam, sungai atau waduk turun secara tiba-tiba atau dalam jangka waktu pendek, terutama untuk tanah-tanah berlanau atau berlempung. Hilangnya tekanan air pada lereng yang semula terendam air menjadi tidak terendam, menyebabkan berat tanah yang berada di atas bidang longsor potensial menjadi lebih berat, sehingga tanah cenderung bergerak atau melorot ke bawah. Selain itu, ketika berat sendiri lereng bertambah akibat turunnya muka air, tekanan air pori yang lebih tinggi berkembang pada tanah di sepanjang permukaan bidang longsor potensial. Hal ini mengurangi tahanan geser tanah di sepanjang bidang longsor potensial.

4. Getaran atau gempa bumi

Longsoran dapat diakibatkan oleh gempa bumi, atau getaran yang ditimbulkan oleh akibat pemancangan tiang atau peledakan batuan. Getaran akibat gempa dapat mengakibatkan likuifaksi pasir halus tidak padat atau lanau yang terendam air tanah. Selain itu, getaran juga dapat menyebabkan berkurangnya kuat geser pada beberapa lempung sensitif.

Dalam tanah-tanah pasir halus tidak padat atau lanau yang berada di bawah muka air tanah, ketika terjadi gempa, di dalam rongga pori tanah tersebut akan berkembang menjadi tekanan air pori yang tinggi. Hal ini akan mengurangi tegangan efektif dan kuat geser tanah tersebut secara drastis. Bila tekanan air pori dalam rongga pori tanah sama atau lebih besar dari tekanan *overburden*, maka sifat material tersebut menjadi seperti zat cair. Pada kondisi demikian, tanah disebut mengalami likuifaksi. Ketika terjadi gempa dan tanah

mengalami likuifaksi, tanah menjadi seperti cairan kental yang terdiri dari campuran partikel lanau dan udara, dan cairan kental ini dapat mengalir dengan kecepatan tinggi.

3.2.2 Analisa Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, permukaan tanah yang miring ini disebut analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng banyak sekali faktor yang mempengaruhinya, misalnya, kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lainnya.

3.2.3 Teori Analisa Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (limit plastic equilibrium). Tujuan dari analisis stabilitas tanah adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial (Hardiyatmo, 2002). Dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat, yaitu:

1. kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi,
2. massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda massif,
3. tanah geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis, dan
4. faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil hitungan sebesar 1.

Menurut Hardiyatmo (1994) faktor amanan didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, yang dapat dilihat dalam Persamaan 3.1.

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (3.1)$$

keterangan:

τ = tahanan geser yang dapat dikerahkan tanah (kN/m^2),

τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN/m^2), dan

F = faktor amanan

Menurut teori Mohr-Coulomb dalam Hardiyatmo (1994), tahanan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidang longsornya, dapat dinyatakan pada Persamaan 3.2.

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \emptyset \quad (3.2)$$

keterangan:

τ = tegangan geser (kN/m^2),

c = kohesi (kN/m^2),

\emptyset = sudut gesek dalam tanah (derajat), dan

σ = tegangan normal (kN/m^2)

Dengan cara yang sama, dapat dituliskan persamaan tegangan geser yang terjadi (τ_d) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsornya seperti pada Persamaan 3.3.

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \emptyset_d \quad (3.3)$$

keterangan:

τ_d = tegangan geser (kN/m^2),

c_d = kohesi (kN/m^2),

ϕ_d = sudut gesek dalam yang terjadi (derajat), dan

σ = tegangan normal (kN/m^2)

Substitusi dari Persamaan 3.18 dan Persamaan 3.19 ke Persamaan 3.4 diperoleh Persamaan 3.20.

$$F = \frac{c + \sigma \operatorname{tg} \phi}{c_d + \sigma \operatorname{tg} \phi_d}$$

$$c_d + \sigma \operatorname{tg} \phi_d = \frac{c}{F} + \sigma \frac{\operatorname{tg} \phi}{F} \quad (3.4)$$

Untuk maksud memberikan faktor aman terhadap masing-masing komponen kuat geser, faktor aman dapat dinyatakan pada Persamaan 3.5 dan 3.6.

$$F_c = \frac{c}{c_d} \quad (3.5)$$

$$F_\phi = \frac{\operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} \phi_d} \quad (3.6)$$

keterangan:

F_c = faktor aman pada komponen kohesi, dan

F_ϕ = faktor aman pada komponen gesekan

3.2.4 Bidang Longsor Lingkaran

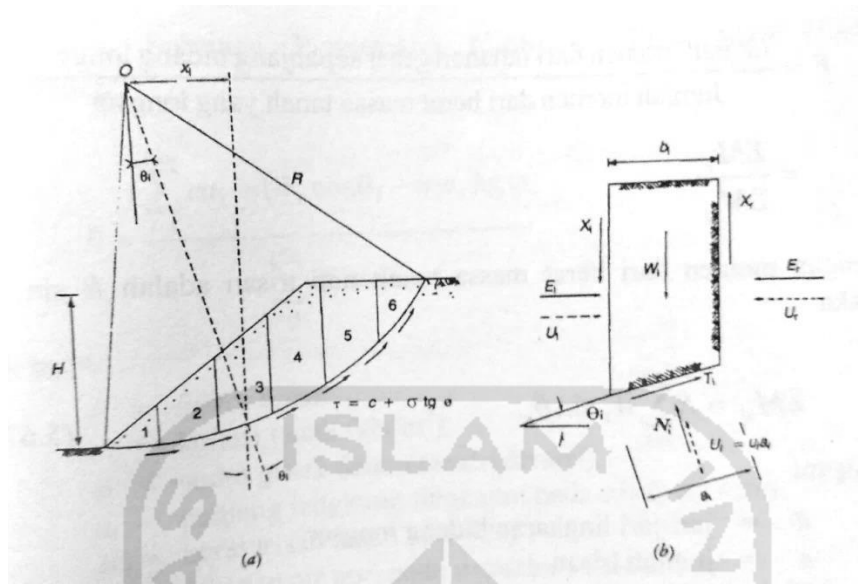
Bidang longsor lengkung atau lingkaran banyak terjadi pada longsor lereng dari tanah-tanah kohesif homogeny. Keruntuhan lereng dari jenis tanah kohesif terjadi karena bertambahnya kadar air tanah. sebab terjadinya lonngsoran adalah karena tidak tersedianya kuat tanah yang cukup untuk menahan gerakan tanah longsor ke bawah, pada bidang longsohnya.

Lengkungan bidang longsor dapat berbentuk bidang lingkaran (silinder), spiral logaritmis ataupun kombinasi dari keduanya. Dalam praktek, sering

dijumpai suatu kelongsoran dengan bidang longsor yang tidak berupa kurva menerus, akibat perpotongan dari bidang longsor tersebut dengan lapisan tanah keras atau lapisan yang sangat lunak. Bentuk anggapan bidang longsor berupa lingkaran dimaksudkan untuk mempermudah hitungan analisis stabilitasnya dari bidang longsor yang sering terjadi di alam. Kesalahan analisis stabilitas lereng tidak banyak disebabkan oleh bentuk anggapan bidang longsor, akan tetapi oleh kesalahan dalam penentuan sifat-sifat tanah dan penentuan lokasi bidang longsor kritisnya (Bowles, 1984 dalam Hardiyatmo, 2006).

3.2.5 Metode Irisan

Metode irisan digunakan pada tanah yang tidak homogen dan aliran rembesan terjadi di dalam tanah tidak menentu. Gaya normal yang bekerja pada suatu titik dilingkarkan bidang longsor dipengaruhi oleh berat tanah di atas titik tersebut. Dalam metode irisan, massa tanah yang longsor dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Pada Gambar 3.4 memperlihatkan gaya-gaya yang bekerja pada irisan. Gaya-gaya tersebut terdiri dari gaya geser (X_r dan X_1) dan gaya normal efektif (E_r dan E_1) di sepanjang sisi irisannya, dan juga resultan gaya geser efektif (T_i) dan resultan gaya normal efektif (N_i) yang bekerja di sepanjang dasar irisannya. Pada irisannya, tekanan air pori U_1 dan U_r bekerja di kedua sisinya, dan tekanan air pori U_i bekerja pada dasarnya.



Gambar 3.4 Gaya yang Bekerja pada Irisan

(Sumber: Hardiatmo 2006)

3.3 Geotekstil

Keruntuhan atau kelongsoran yang terjadi bukan karena tarikan atau tekanan antar butiran-butiran tanah, namun 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.

Dalam tugas akhir ini menggunakan perkuatan dengan geotekstil, dimana geotekstil merupakan material lolos air atau material tekstil buatan pabrik yang dibuat dari bahan-bahan sintetis, seperti: *polypropylene*, *polyester*, *polyethylene*, *nylon*, *polyvinyl chloride* dan campuran dari bahan-bahan tersebut. Seluruh material ini adalah *thermoplastic*. (Hardiyatmo 2008). Berdasarkan cara pembuatannya, geotekstil dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. Geotekstil anyam (*woven*)

Geotekstil anyam (*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 *woven* berfungsi sebagai

tulangan pada tanah. Sedangkan sebagai pemisah, geotekstil *woven* berfungsi memisahkan antara tanah lunak dengan tanah keras.

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

3.3.1 Sifat-Sifat Fisik Geotekstil

Sifat-sifat fisik dari geotekstil terdiri dari massa per satuan luas (berat), berat jenis, kekakuan dan tebalnya (Hardiyatmo, 2008).

1. Massa per satuan luas

Massa per satuan luas (berat) dari geotekstil dinyatakan dalam satuan gram per meter persegi (g/m^2). Geotekstil yang massa per satuan luasnya ringan digunakan sebagai pemisah, sedangkan yang lebih berat, biasanya tipe anyam digunakan sebagai perkuatan atau tulangan. Nilai-nilai tipikal dari berat geotextile adalah antara 150 sampai 750 g/m^2 .

2. Berat jenis (*specific gravity*)

Berat jenis didefinisikan sebagai rasio berat volume bahan tanpa rongga terhadap berat volume air pada suhu 4°C . Berat jenis fiber-fiber bahan geotekstil adalah berat jenis dari *polymer* pengisinya. Beberapa nilai tipikal berat jenis bahan *polymer* yang dipakai untuk geotekstil dan bahan lain sebagai pembanding, yaitu (Koerner, 2005 dalam Hardiyatmo, 2008):

- a. *Polyester* = 1,22 sampai 1,38
- b. *Polyethylene* = 0,96 sampai 0,90
- c. *Polypropylene* = 0,91
- d. *Polyvinyl chloride* = 1,69
- e. *Nylon* = 1,14 sampai 1,05
- f. Kapas (*cotton*) = 1,55
- g. Baja = 7,87
- h. Tanah/batuan = 2,9 sampai 2,4
- i. Kaca = 1,55

3. Kekakuan (*stiffness*)

Dalam geotekstil, terdapat istilah kekakuan atau kelenturan yang dibedakan dengan istilah modulus. Modulus adalah kemiringan bagian awal dari kurva tegangan-regangan, sedang kekakuan geotekstil menyatakan ukuran interaksi antara berat geotekstil dan kekakuannya, yaitu ketika geotekstil melengkung oleh akibat beratnya sendiri. Sifat kekakuannya ini penting, karena menunjukkan kemampuannya dalam menyesuaikan diri dengan permukaan tanah saat digelar. Jika geotekstil diletakkan pada tanah lunak, maka geotekstil dengan kekakuan yang tinggi lebih dikehendaki.

4. Tebal

Tebal geotekstil adalah jarak antara bagian atas dan bagian bawah geotekstil, dan diukur di bawah tekanan tertentu. Dalam praktek pengujian untuk pengukuran tebal geotekstil, kisaran tebal geotekstil secara tipikal adalah antara 0,25 mm sampai 3,50 mm (Koerner, 2005 dalam Hardiyatmo, 2008).

3.3.2 Sifat-Sifat Mekanik Geotekstil

Sifat mekanik geotekstil diantaranya adalah berikut ini.

1. Kuat Tarik

Bergantung pada penggunaannya, geotekstil harus mampu mendukung beban dan mengalami deformasi. Beban akan menyebabkan deformasi dan deformasi ini akan memobilisasi kuat tarik geotekstil. Kuat tarik geotekstil merupakan sifat penting yang diperlukan. Berbagai macam kuat tarik geotekstil yang digunakan bergantung pada fungsi utama yang ditinjau, yaitu untuk perkuatan, pemisah, drainase atau filtrasi. Nilai kuat tarik dapat diperoleh dari uji tarik yang dilakukan sampai geotekstil mengalami kegagalan.

2. Kuat Tarik Serobot

Geotekstil umumnya mempunyai kompresibilitas rendah, terutama untuk geotekstil nir-anyam. Semakin tinggi tegangan normal yang bekerja pada permukaan geotekstil, maka tebalnya semakin berkurang. Kemudahmampatan atau kompresibilitas geotekstil menyatakan perubahan

tebalnya yang diakibatkan oleh tegangan normal yang bekerja pada bidang permukaan geotekstil.

3. Kuat lelah (*fatigue strength*)

Kuat lelah didefinisikan sebagai kemampuan geotekstil untuk menahan beban berulang (siklik) sebelum mengalami kegagalan. Di laboratorium, uji beban siklik ini dilakukan sampai beban uji mengalami kegagalan. Benda uji ditarik dan ditegangkan memanjang dengan kecepatan konstan pada panjang yang telah ditentukan.

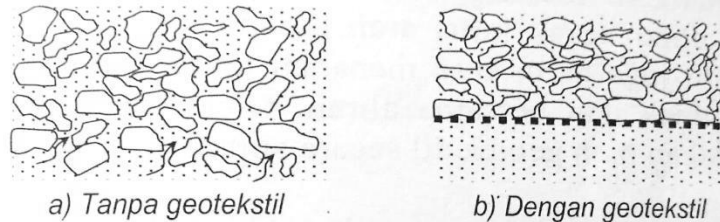
3.3.3 Fungsi Geotekstil

Ketika ingin melakukan perancangan dengan menggunakan geosintetik, maka fungsi geosintetik yang nantinya akan diaplikasikan harus ditetapkan terlebih dahulu, kemudian dipilih tipe material yang cocok. Fungsi-fungsi geotekstil meliputi:

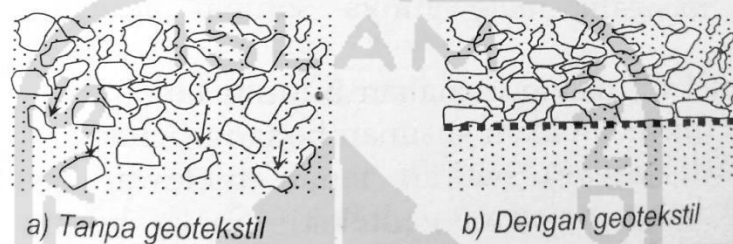
1. Fungsi Pemisah

Pemasangan geotekstil yang merupakan bahan sintetis yang fleksibel sebagai pemisah di antara dua material yang berbeda akan menjaga integritas keduanya, sehingga ke dua material tetap merupakan bahan yang tetap utuh, dan hasilnya, system yang disisipi geosintetik tersebut menjadi lebih kuat. Koerner (2005) dalam Hardianto (2008) membuat ilustrasi perbedaan mekanisme gerakan butiran akibat penggunaan geotekstil pada tanah dasar lunak yang berfungsi sebagai pemisah, seperti dalam Gambar 3.5.

A. Mekanisme butiran halus tanah-dasar terpompa ke dalam rongga batuan



B. Mekanisme batuan melesak ke dalam tanah-dasar



Gambar 3.5 Perbedaan mekanisme gerakan butiran akibat penggunaan geotekstil pada tanah dasar-lunak yang berfungsi sebagai pemisah.

(Sumber Koerner, 2005 dalam Hardiyatmo, 2008)

2. Fungsi Filtrasi

Geotekstil dalam fungsinya sebagai filter harus memberikan kemungkinan adanya gerakan cairan yang melewatinya, yaitu aliran tegak lurus arah bidang lembarannya. Pada saat yang sama, geotekstil juga harus bisa menahan tanah pada bagian hulunya agar butiran tanah tidak ikut bersama aliran. Faktor yang harus diberikan secara simultan adalah permeabilitas yang cukup besar (membutuhkan ukuran lubang bukaan pori-pori geotekstil). Kemudian kemampuan geotekstil dalam menahan butiran tanah agar tanah tidak ikut dalam aliran (membutuhkan susunan benang-benang yang rapat) dan mencegah perpindahan butiran tanah melewati geotekstil.

3. Fungsi Tulangan

Lapisan perkuatan (*reinforcement*), pada umumnya tanah tidak mampu menahan tegangan tarik. Jika dijumpai kondisi tersebut maka akan dibuat suatu konstruksi geoteknik yang biasanya cukup mahal. Sebagai contoh pada

lereng yang curam, jika lereng tersebut terbuat alami dengan nilai kohesi yang tinggi mungkin masih aman, namun jika dibuat dari tanah urugan biasanya diperkuat dengan tembok penahan tanah (*retaining wall*). Tembok penahan tanah dari pasangan batu akan membutuhkan dimensi yang relatif besar sehingga membutuhkan areal yang cukup luas, jika dibuat dari beton bertulang membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang mahal. Dengan kemampuan geotekstil yang mampu menahan tarikan dan mampu menahan geser (karena gesekan tanah), maka geotekstil dapat digunakan sebagai perkuatan pada tanah.

3.3.4 Interaksi Tanah-Geotekstil

Prinsip tanah bertulang adalah sifat-sifat mekanik tanah yang diperbaiki oleh tulangan yang ditempatkan paralel terhadap arah regangan utama guna mengkompensasikan lemahnya tanah dalam menahan gaya tarik. Sifat-sifat tanah menjadi kuat menahan tarik ini hasil dari interaksi antara tanah dan tulangan. Kerjasama antara tanah dan tulangan dalam mendukung beban akan terjadi bila terdapat gesekan antara keduanya. Dengan gesekan ini, tanah mentransfer gaya-gaya yang bekerja padanya ke tulangan-tulangan.

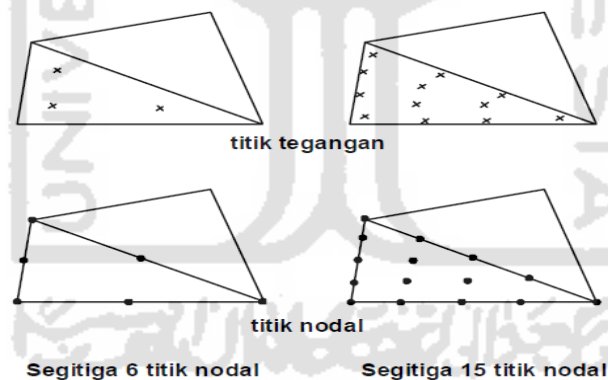
Geotekstil menahan tegangan tarik yang diteruskan ke tanah oleh gesekan antara geotekstil dan tanah. Respon tegangan-regangan antara geotekstil dan tanah biasanya berbeda, dan bergantung pada tingkat tegangan yang bekerja. (Hardiyatmo, 2008)

3.4 Plaxis

Perkembangan teknologi memunculkan berbagai struktur yang rumit sehingga pada analisa yang sedemikian kompleks, metode eksak akan sulit digunakan. Sebagai solusi yang lebih baik, maka dikembangkan berbagai metode numerik yang merupakan suatu metode pendekatan terhadap solusi eksak seteliti mungkin. Metode numerik adalah suatu rekayasa matematika yang mentransformasikan ekspresimekanika kontinu (bentuk kalkulus dan persamaan

diferensial) menjadi mekanika diskrit (bentuk matrik). Salah satu metode numerik yang telah dikembangkan dalam analisa numerik adalah Metode Elemen Hingga.

Dalam tugas akhir ini, untuk analisis stabilitas lereng akan digunakan aplikasi program Plaxis versi 8.2. Plaxis merupakan salah satu program elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Di dalam program Plaxis, digunakan elemen segitiga dengan enam nodal dan elemen segitiga dengan lima belas nodal sebagai elemen hingga (Gambar 3.6). Elemen segitiga dengan lima belas nodal merupakan suatu elemen yang sangat akurat untuk menghasilkan kualitas tegangan tingkat tinggi dalam masalah-masalah yang sulit. Penggunaan elemen ini membutuhkan memori yang besar dan dalam perhitungan relatif lambat. Oleh karena itu, penggunaan elemen yang lebih sederhana dapat menjadi pilihan. Elemen segitiga dengan enam nodal merupakan suatu elemen yang cukup akurat yang memberikan hasil yang baik dalam deformasi standar (Brinkgreve, 2007).

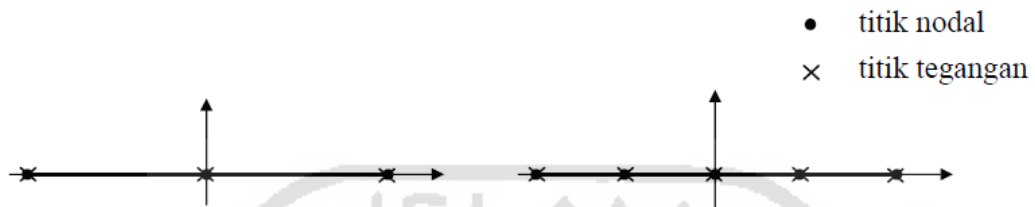


Gambar 3.6 Posisi Titik Nodal dan Titik Tegangan pada Elemen Tanah

(Sumber: Brinkgreve, 2007)

Pada elemen geotekstil yang merupakan elemen garis (*line element*) dengan dua derajat kebebasan (*two degrees of freedom*) pada tiap nodal (u_x dan u_y), jumlah titik nodal akan menyesuaikan dengan elemen segitiga yang digunakan. Penggunaan elemen segitiga dengan enam titik nodal mendefinisikan

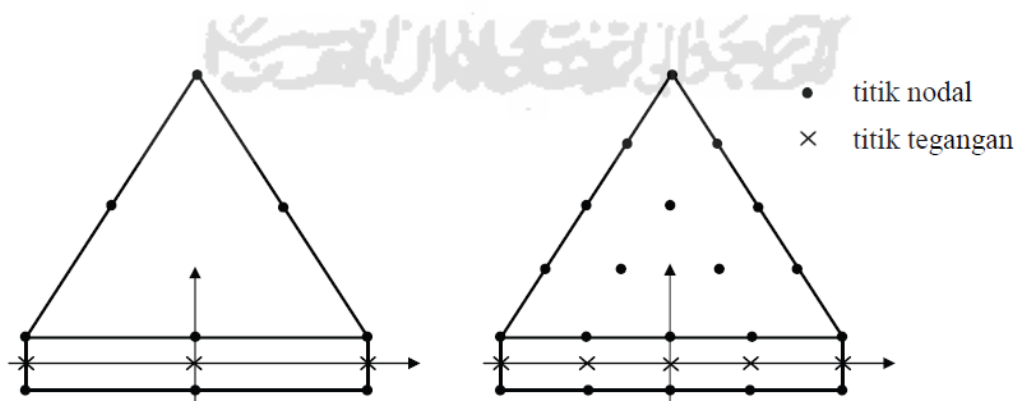
tiga titik nodal dalam elemen geotekstil dan lima titik nodal pada penggunaan elemen segitiga dengan lima belas nodal (Gambar 3.7).



Gambar 3.7 Posisi Titik Nodal dan Titik Tegangan pada Elemen Geotekstil dengan 3 dan 5 Titik Nodal

(Sumber: Brinkgreve, 2007)

Pada penambahan suatu elemen tanah, misalnya geotekstil maka elemen *interface* digunakan untuk simulasi interaksi antara tanah dengan geotekstil. Ketika digunakan elemen tanah segitiga dengan lima belas nodal, hubungan elemen *interface* dibatasi oleh lima pasang nodal. Jika digunakan elemen segitiga dengan enam nodal, maka hubungan elemen *interface* dibatasi oleh tiga pasang nodal (Gambar 3.8). Elemen *interface* merupakan suatu ketebalan yang berhingga, tetapi dalam formulasi elemen hingga, koordinat tiap pasang nodal adalah sama, dapat diartikan bahwa elemen *interface* tidak mempunyai ketebalan.



Gambar 3.8 Distribusi Titik Nodal dan Titik Tegangan dalam Elemen Antarmuka dan Hubungannya dengan Elemen Tanah

(Sumber: Brinkgreve, 2007)

Dalam program Plaxis ada lima model material, yaitu *Mohr-Coulomb model* (MC), *Jointed Rock model* (JR), *Hardening Soil model* (HS), *Soft Soil Creep model* (SSC) dan *Soft Soil model* (SS). Tugas akhir ini menggunakan asumsi model Mohr-Coulomb sebagai metode yang dapat menyelesaikan analisis awal untuk menggambarkan perilaku tanah. Model Mohr-Coulomb adalah model elastis-plastis yang terdiri dari lima buah parameter, yaitu E dan ν untuk model elastisitas tanah, ϕ dan c untuk model plastisitas tanah dan ψ sebagai sudut dilatansi. Model Mohr-Coulomb merupakan suatu pendekatan ordo pertama dari perilaku tanah atau batuan. Model ini disarankan untuk digunakan dalam analisis awal dari masalah yang dihadapi. Setiap lapisan dimodelkan dengan sebuah nilai kekakuan rata-rata yang konstan. Oleh karena sifat kekakuan yang konstan, maka perhitungan cenderung cepat dan dapat diperoleh perkiraan awal dari bentuk deformasi dari model. Selain kelima parameter dari model tersebut, kondisi tegangan awal dari tanah memegang peranan yang penting dalam hampir seluruh masalah deformasi tanah. Tegangan awal dari tanah harus ditentukan terlebih dahulu dengan menentukan prosedur K_0 yang tepat.

Plastisitas mempunyai hubungan dengan terbentuknya regangan yang tidak dapat kembali seperti semula. Untuk evaluasi apakah plastisitas telah terjadi dalam perhitungan, sebuah fungsi leleh (*yield function, f*), digunakan sebagai fungsi dari tegangan dan regangan. Sebuah fungsi leleh umumnya dapat dinyatakan sebagai suatu bidang dalam ruang tegangan utama.



BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan pada lereng Jalan Banjarnegara-Wanayasa Sta. 70+500. Penelitian ini bertujuan untuk mencari angka keamanan sebelum dan sesudah melakukan perkuatan menggunakan geosintetik dengan variasi ketinggian muka air tanah. Untuk menganalisis penelitian ini, digunakan program Plaxis 8.2. Program Plaxis merupakan salah satu program aplikasi geoteknik yang dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng. Dari hasil analisis Tugas Akhir ini, diharapkan dapat dijadikan alternatif dalam menyelesaikan permasalahan longsor yang terjadi di Jalan Banjarnegara-Wanayasa.

4.2 Objek Dan Subyek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui angka aman lereng sebelum dan setelah di perkuat dengan geotekstil. Subjek dalam penelitian ini adalah pada Jalan Banjarnegara-Wanayasa Sta. 70+500.

4.3 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam analisis Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut ini.

1. Data penyelidikan tanah, yang meliputi data sondir manual dan data boring mesin. Diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Diponegoro.
2. Kondisi lereng eksisting pada lokasi yang mengalami kelongsoran.

4.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada jalan Banjarnegara-Wanayasa Sta. 70+500.

4.5 Metode Analisis Data

Analisis perkuatan lereng dan desain lereng ini menggunakan aplikasi Plaxis 8.2. Untuk mencari angka keamanan lereng eksisting menggunakan metode irisan.

4.6 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan 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 dengan analisis stabilitas lereng,
5. menganalisis stabilitas lereng asli tanpa diperkuat dengan aplikasi Plaxis 8.2,
6. mendesain perkuatan lereng dengan geotekstil,
7. menganalisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil dan variasi muka air tanah dengan aplikasi Plaxis versi 8.2,
8. pembahasan pada analisis stabilitas lereng, dan
9. kesimpulan dan saran.

4.7 Pembebanan

4.7.1 Beban Kendaraan

Menurut Wikipedia, jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antaribukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi. Maka beban hidup diperoleh dari beban kendaraan, seperti disajikan pada Tabel 4.1 sebagai berikut ini.

Tabel 4.1 Data Beban Lalu Lintas untuk Stabilitas

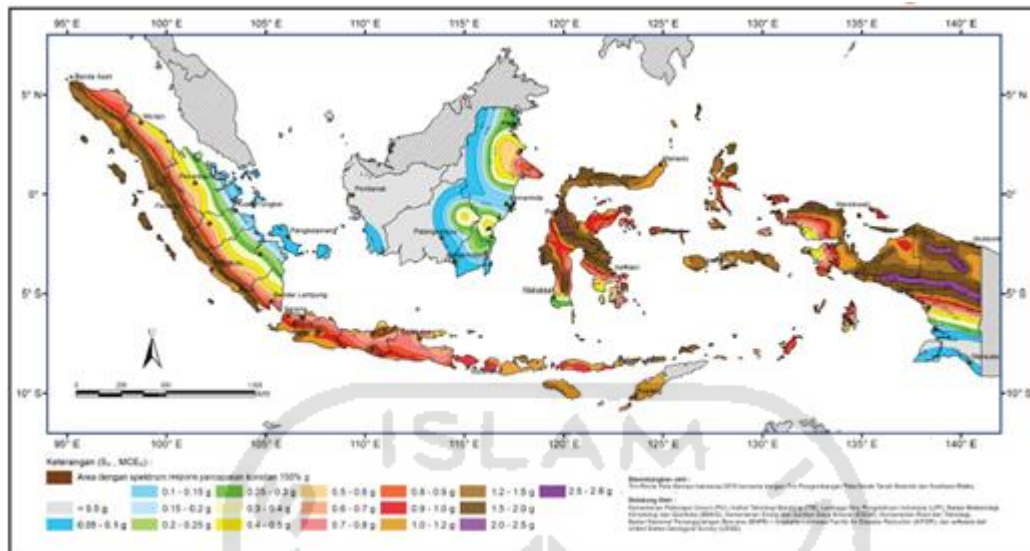
Sistem Jaringan	Fungsi Jalan	Lalu-lintas harian rata-rata (LHR)	Beban lalu lintas (kN/m ²)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	> 10.000	15
		< 10.000	12
Sekunder	Arteri	> 20.000	15
		< 20.000	12
	Kolektor	> 6.000	12
		< 6.000	10
	Lokal	> 500	10
		< 500	10

*data beban hidup yang digunakan untuk analisis perkuatan lereng pada jalan Propinsi Banjarnegara-Wanayasa sta 70+500 17 adalah sebesar 15 kN/m².

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

4.7.2 Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan mengacu pada peta zonasi gempa (SNI 1726-2012) yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Dari peta pada Gambar 5.5, wilayah Banjarnegara memasuki zona yang memiliki percepatan puncak gempa sebesar 0,5-0,6 g. Dalam analisis stabilitas lereng, digunakan metode *Pseudostatik*. Menurut Melo dan Sharma (2004), beban gempa yang didapatkan tersebut dikalikan dengan 1/2 sampai 1/3 dari PGA. Dalam pemodelan digunakan beban 1/2 dari 0,6 g yaitu sebesar 0,3 g.



Gambar 4.1 Peta Zonasi Gempa Indonesia Tahun 2012

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2012)

4.8 Pemodelan

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, nilai angka keamanan lereng didapatkan dari pemodelan menggunakan program Plaxis 8.2. Adapun pemodelannya sebagai berikut ini.

1. Pemodelan lereng asli.
2. Pemodelan lereng dengan geotekstil.
3. Pemodelan lereng dengan geotekstil, beban kendaraan, dan variasi muka air tanah.
4. Pemodelan lereng dengan geotekstil, beban kendaraan, gempa dan variasi muka air tanah.

4.9 Pemodelan Plaxis

4.9.1 Parameter Tanah

Parameter tanah sebagai masukan (*input*) pada analisis program Plaxis versi 8.2 berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Laporan Hasil Penyelidikan Tanah P2JN Provinsi Jawa Tengah (2016). Data parameter tanah yang dijadikan input ke dalam program Plaxis dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Parameter Tanah

Nama	Lanau	Pasir	Pasir	Lanau	Satuan
<i>Model</i>	MC	MC	MC	MC	-
<i>Jenis</i>	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>	-
γ_{unsat}	11,113	11,113	10,458	10,458	kN/m ³
γ_{sat}	15,762	15,762	16,918	16,918	kN/m ³
<i>Eref</i>	18050,4	37670,4	46303,2	37670,4	kN/m ²
<i>V</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	-
Kohesi	1,961	1,961	12,748	12,748	kN/m ²
Sudut gesek (ϕ)	31	31	28	28	°
Sudut dilatasi (Ψ)	0	0	0	0	°

Sumber : Laporan Hasil Penyelidikan Tanah Pada Longsoran Banjarnegara-Wanayasa, Jawa Tengah. (2015)

4.9.2 Geotekstil

Nilai *input* untuk geotekstil diperoleh dengan menggunakan persamaan yang diberikan oleh program Plaxis yaitu berupa nilai *normal stiffness* (*EA*) yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.1.

$$EA = \frac{F_g}{\Delta l/l} \quad (4.1)$$

keterangan:

F_g = kuat tarik ijin geotekstil (kN/m), dan

$\Delta l/l$ = regangan pada geotekstil

Nilai kuat tarik ijin geotekstil dan regangannya diperoleh dari brosur dari produksi PT. Teknindo Geosistem Unggul, yang masing-masing sebesar 52 kN/m dan 0,2. Data perkuatan geotekstil *woven* yang dijadikan *input* ke dalam program Plaxis versi 8.2 dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Geotekstil Woven

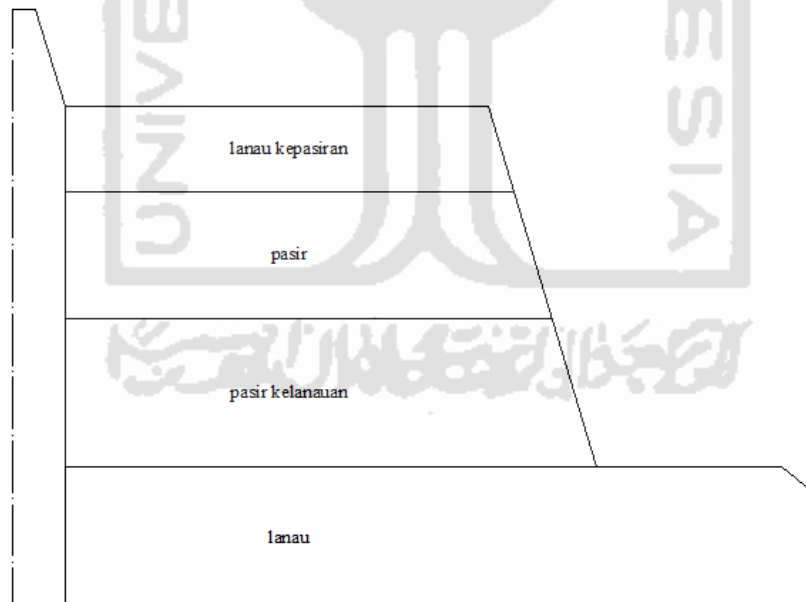
Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kekakuan normal	EA	260	kN/m

Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul (2012)

Konstruksi timbunan yang dimodelkan dalam program Plaxis ini memperhatikan parameter *interface* (R_{inter}) yaitu interaksi antara tanah dengan geotekstil. Parameter *interface* yang dimasukkan ke dalam analisis program Plaxis sebesar 0,85 untuk jenis perkuatan geotekstil *woven*.

4.9.3 Data Profil Lereng

Berikut ini adalah data profil lereng Sta. 70+500 Jalan Banjarnegara-Wanayasa.



Gambar 4.2 Tampang Melintang Lereng untuk Sta 70+500 jalan Banjarnegara-Wanayasa

4.10 Pengoperasian Plaxis

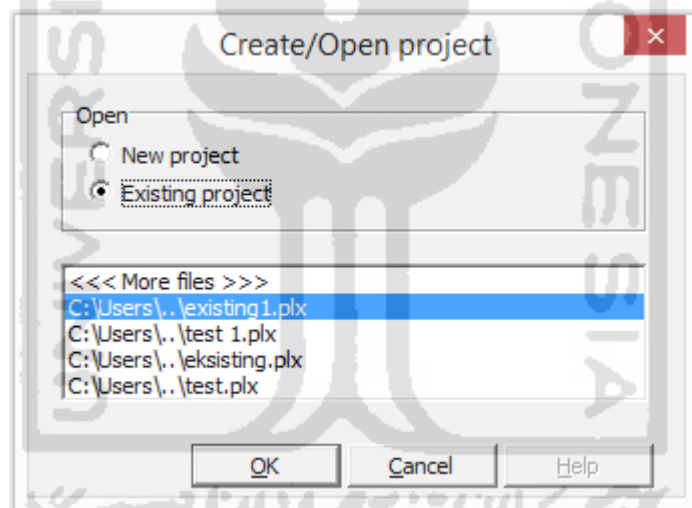
Cara pengoperasian Plaxis versi 8.2 melalui 3 tahapan, yaitu Plaxis input, Plaxis Calculation, dan Plaxis Output.

4.10.1 Plaxis *Input*

Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis menggunakan program Plaxis 8.2 adalah sebagai berikut ini.

1. Buka Program Plaxis

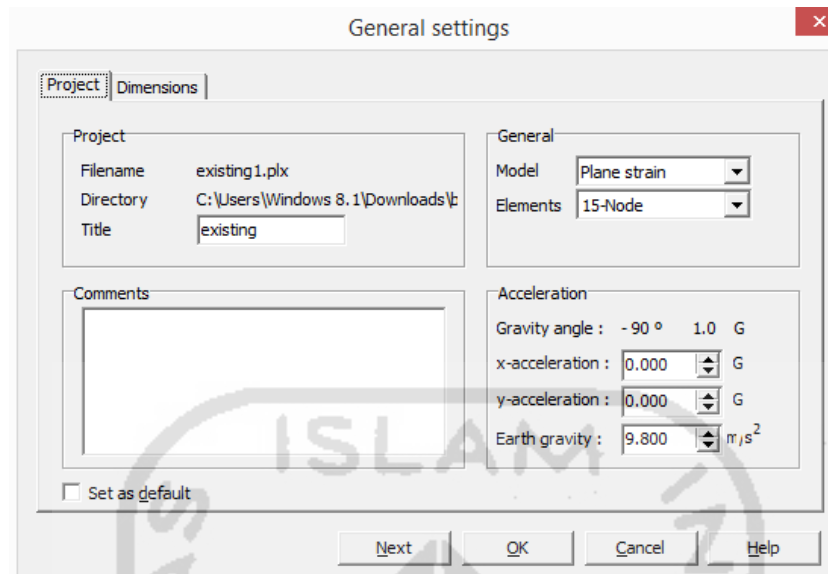
Jalankan Plaxis dengan klik-ganda pada ikon program Plaxis *Input*. Sebuah kotak dialog create/open project akan muncul, lalu pilih OK *new project* untuk membuat proyek yang baru (lihat Gambar 4.5).



Gambar 4.3 Kotak dialog *Create/open project*

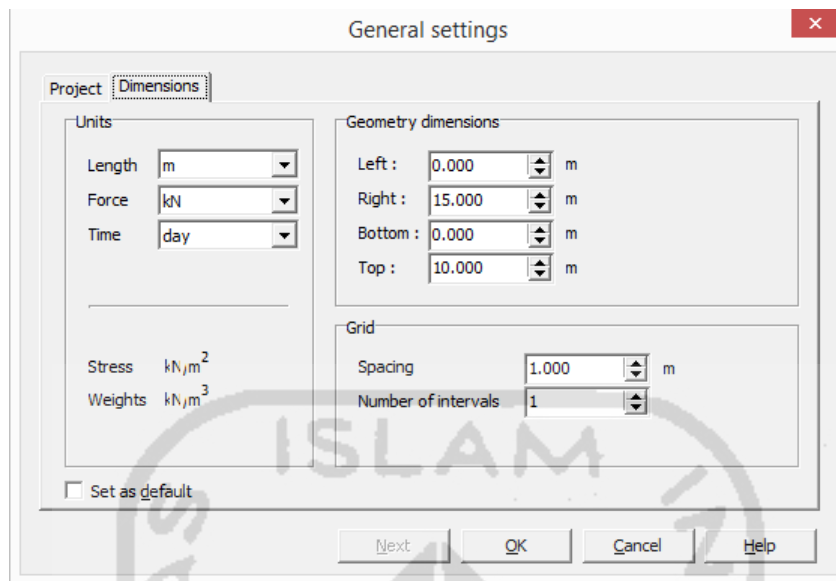
2. *General setting*

Dalam *general setting* ada dua tab dialog *project* dan *dimensions*. Dalam lembar-tab *proyek*, masukan judul yang akan kita buat dalam kotak dialog *title*, dalam kotak *general* ditentukan jenis analisis model dan jenis elemen dasar. Klik tombol <Next> dibawah lembar-tab atau klik lembar-tab *dimensions*



Gambar 4.4 Lembar-tab *Project* dari Jendela *General Setting*




Dalam lembar-tab *geometry dimensions*, gunakan satuan-satuan pra-pilih dalam kotak *unit* ($Length = m$, $Force = kN$, $Time = day$). Dalam kotak *geometry dimensions*, ukuran dari bidang gambar harus dimasukkan, saat memasukan koordinat teratas dan terbawah dari geometri yang akan dibuat. Plaxis akan menambahkan sebuah margin kecil sehingga geometri akan berada didalam bidang gambar. Masukan 0.0, 100, 0.0, 40 masing-masing pada kotak isian *left*, *right*, *bottom*, dan *top* dalam kotak dialog. Kotak *Grid* berisi nilai-nilai untuk mengatur spasi grid. Grid ini akan membentuk matriks titik-titikdigunakan untuk memasukkan penggambaran tepat pada grid yang telah ada saat pembuatan model. Jarak antar titik ditentukan oleh nilai spasi. Masukan 1.0 untuk *spacing* dan 1 untuk *number of intervals*



Gambar 4.5 Lembar-tab *Dimensions* dalam jendela *General Setting*

3. *Geometry Contour*

Untuk menggambar kontur dari model geometri , ikuti langkah-langkah berikut :

- a.  Pilih opsi *Geometry line* (telah diaktifkan)
Tempatkan kursor (sekarang berbentuk pena) pada pusat koordinat. Letakkan kursor pada koordinat 0,0, 0,0 ini sebagai titik awal dalam penggambaran *geometry* setelah itu gambar geometri sesuai koordinat yang sudah ditentukan.
- b.  Klik tombol *standard fixities* pada toolbar
- c.  Klik tombol *Distributed load-load system A* pada toolbar
Klik pada titik (3.0177; 32.8479) dan (9.0123; 33.1021), klik kanan mouse untuk mengakhiri masukan beban merata. Masukan nilai beban merata (15 kN/m²).

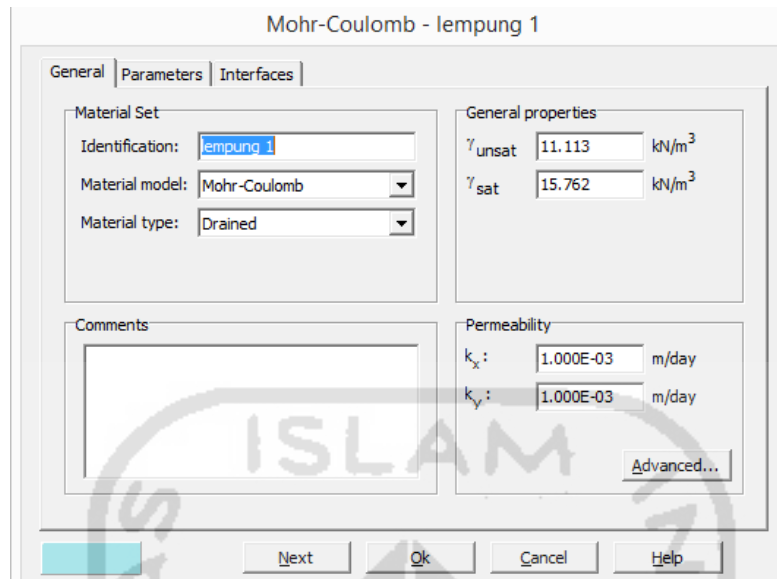
4. Kumpulan data material

Untuk memasukan data material dapat dilakukan dengan menggunakan tombol *material sets* pada *toolbar* atau dari pilihan yang tersedia dalam menu *materials*.

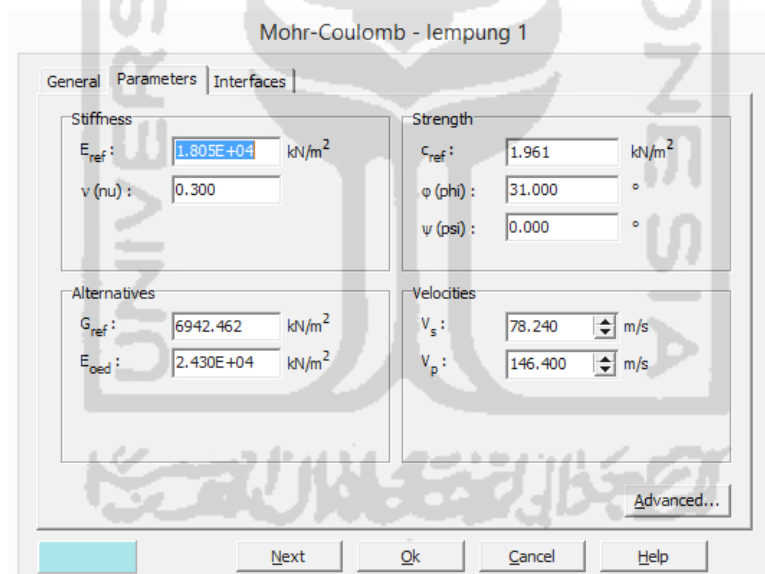


Pilih tombolan *material sets* pada *toolbar*

- a. Klik tombol <new> di sisi bawah dari jendela *material sets*. Sebuah kotak dialog akan muncul dengan tiga buah lembar-tab, yaitu *general*, *parameters*, *interface* (Lihat gambar 4.8 dan Gambar 4.9).
- b. Dalam kotak dialog *material sets* dalam lembar-tab *general*, tuliskan “lempung 1” dalam kotak *identification*.
- c. Pilih *Mohr-couloumb* pada *combo box material model* dan *undrained* pada *combo box material type*.
- d. Masukan nilai yang benar pada kotak *general properties* dan pada kotak *permeability* sesuai dengan sifat material yang digunakan.
- e. Klik pada tab menu *Parameters* ada empat lembar-tab masukan nialai sesuai sifat material yang digunakan. Karena model geometri tidak menggunakan *interface*, maka lembar-tab ketiga dapat dilewati lalu klik <Ok> untuk menyimpan material.
- f. Klik dan seret (*drag*) kumpulan data dari jendela *material sets* ke klaster tanah pada bidang gambar dan lepas di atasnya (lepaskan tombol utama mouse). Maka material sudah masuk dalam bidang gambar apa bila bidang gambar berubah warna.
- g. Klik tombol <Ok> pada jendela *material sets* untuk menutup basis data



Gambar 4.6 Lembar Tab General dari Jendela Material Set



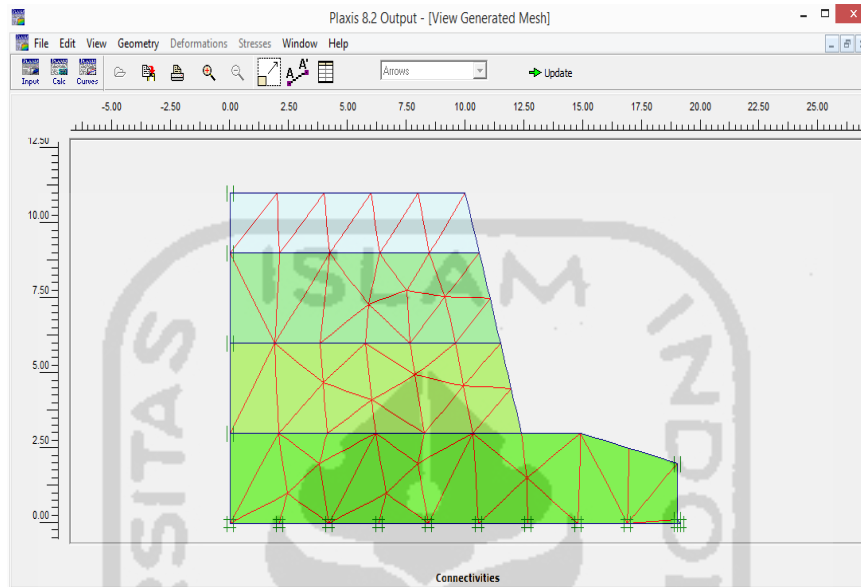
Gambar 4.7 Lembar Tab Parameters dari Jendela Material Set

5. Mesh Generation



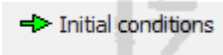


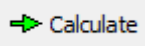
Klik tombol *Generate mesh* pada *toolbar* atau pilih susunan dari menu mesh. Setelah penyusunan jaringan elemen, maka sebuah jendela baru akan terbuka dimana ditunjukkan jaringan elemen hingga yang terbentuk (lihat

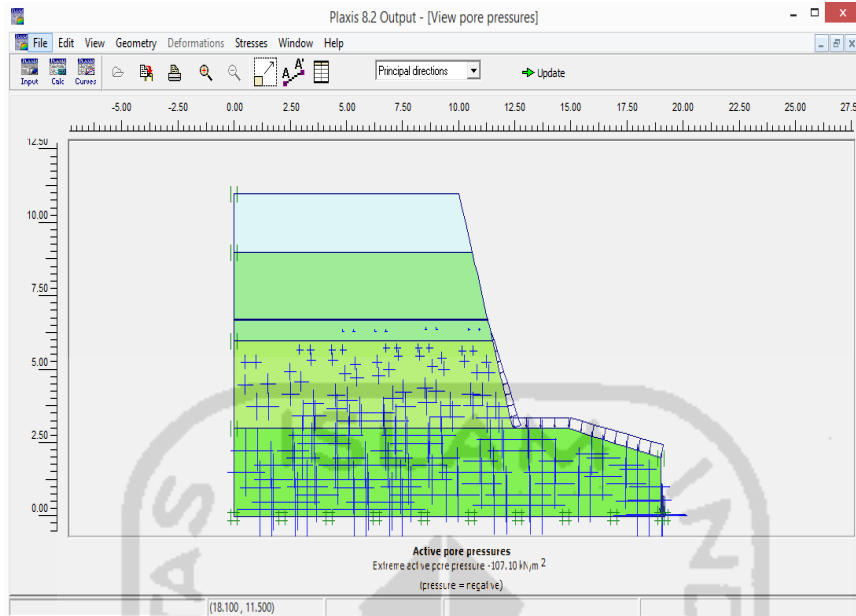
Gambar 4.10). Klik tombol *<update>* untuk kembali ke modus masukan geometri.



Gambar 4.8 Jaringan Elemen Hingga

6. *Initial Conditions*

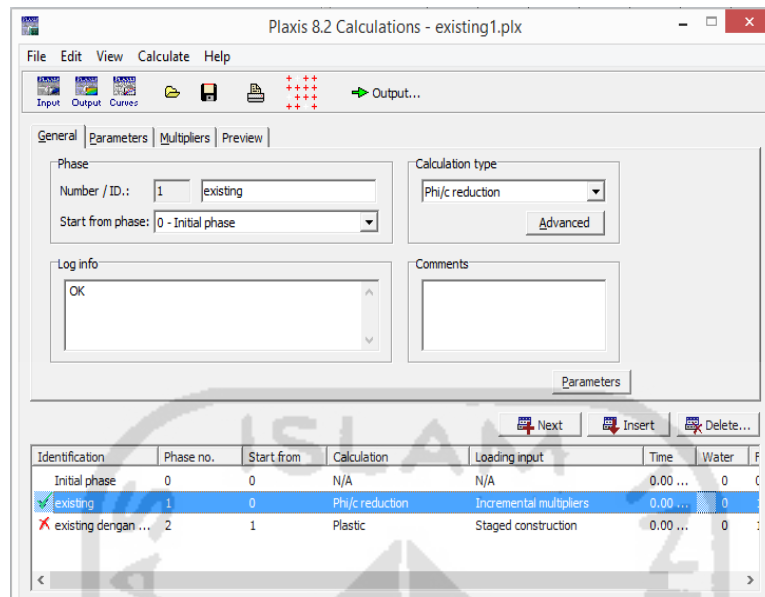
- a.  **Initial conditions** Klik tombol *initial conditions* pada toolbar
- b.  Karena proyek ini tidak mengikut sertakan tekanan air, maka lanjutkan modus konfigurasi geometri awal dengan mengklik tombol sebelah kanan dari “switch”. Garis freatik secara otomatis akan terletak pada dasar geometri.
- c.  Klik tombol *generate initial stresses* pada toolbar. Kotak dialog *Ko-procedure* akan muncul pilih *<Ok>* (Gambar 4.11).
- d.  **Calculate** Klik *Calculate*



Gambar 4.9 Tegangan Awal Pada Geometri

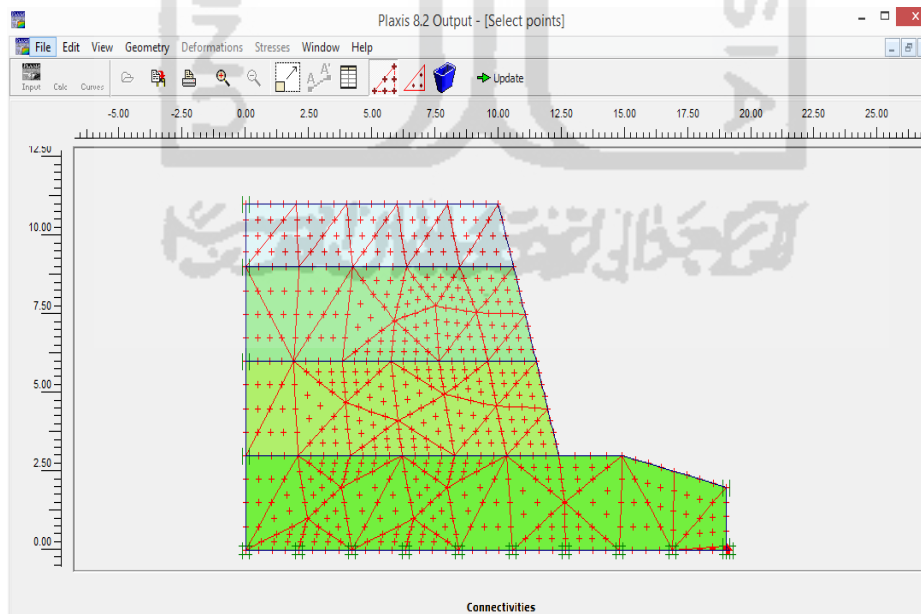
4.10.2 Plaxis Calculations

Pada jendela *calculation* (lihat Gambar 4.12) terdapat empat lembar *tab* yaitu *generate*, *parameters*, *multipliers* dan *preview*. Dalam lembar *tab general*, pada *calculation type* dipilih *plastic analysis* yang digunakan untuk mengetahui besar *displacement* dari kondisi yang ditinjau, dipilih *phi/c reduction* untuk mengetahui pengaruh dari akibat gempa sedangkan pada lembar *tab parameters* dipilih *staged construction* untuk *loading input*.

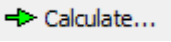
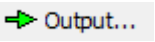


Gambar 4.10 Jendela *Calculations* dengan Lembar Tab *General*

Langkah berikutnya yaitu menentukan titik yang akan ditinjau untuk menggambarkan dalam tampilan kurva yaitu dengan mengklik tombol select point for curve (Gambar 4.13).

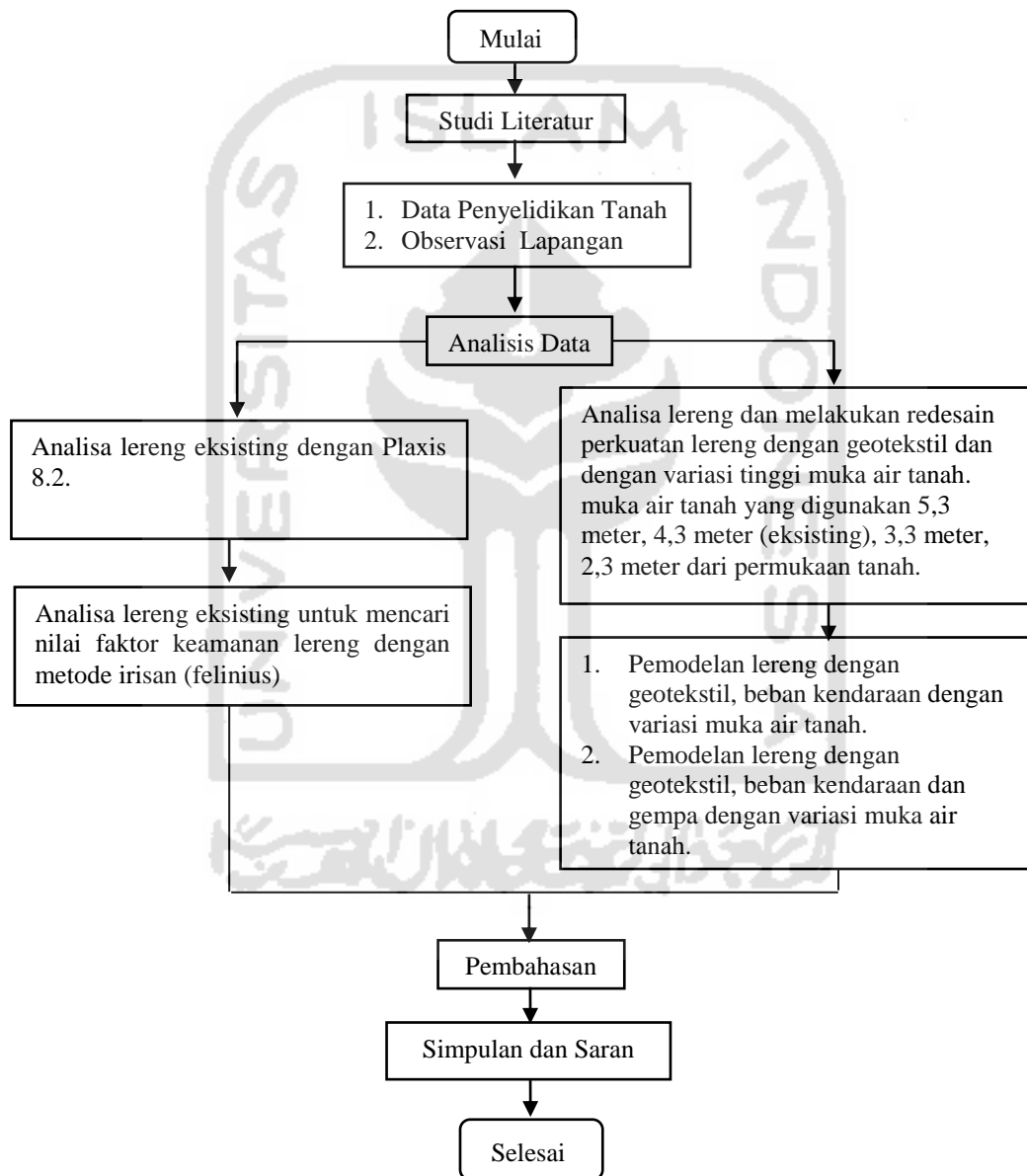


Gambar 4.11 Pemilihan Titik Kurva yang Ditinjau

Selanjutnya klik tombol calculation  dan klik tombol  untuk menampilkan hasil dari tahap perhitungan

4.11 Bagan Alir

Bagan alir tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.12 Bagan Alir Tugas Akhir



BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Lereng Asli

Jalan raya Banjarnegara-Wanayasa adalah kawasan yang banyak ditemukan titik-titik rawan longsor. Pada Tugas Akhir ini, penulis meneliti lereng longsor pada titik Sta. 70+500 yang memiliki lapisan tanah bervariasi. Lapisan tanah atas pada kedalaman sampai 2 meter adalah lapisan tanah lanau kepasiran dengan konsistensi lunak berwarna coklat abu-abu. Untuk tanah pada kedalaman 2 meter sampai 5 meter berupa pasir sedikit lanau setengah padat sampai padat berwarna abu-abu. Pada kedalaman 5 meter sampai 8 meter berupa pasir kelanauan campur batu padat dan berwarna abu-abu. Untuk kedalaman 8 meter sampai 11 meter berupa lapisan tanah lanau kelembungan tersisipi pasir kelanauan dan batu dengan konsistensi keras berwarna abu-abu. Kemiringan lereng pada lokasi adalah sebesar 73° , yang mana tidak dapat diubah karena berbatasan langsung dengan jalan dan sungai.

Air yang masuk secara berlebihan pada lapisan di Sta. 70+500 Jalan Raya Banjarnegara-Wanayasa mengakibatkan tanah menjadi labil dan cenderung mengalami perlemahan. Beban dinamis berupa beban lalu lintas, yang melewati jalan di atas lapisan tanah tersebut akan mengakibatkan terjadinya peristiwa konsolidasi, sehingga badan jalan akan menurun. Penurunan badan jalan dibuktikan dengan sering terjadinya peristiwa tanah longsor sejumlah titik di lereng tersebut. Untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan serta mencegah kelongsoran yang akan terjadi, maka desain yang dilakukan berupa mengganti tanah asli pada lereng dengan tanah yang memiliki parameter yang baik dan memperkuat lereng tersebut dengan perkuatan geotekstil. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2. Gambar melintang dapat dilihat pada Gambar 5.3.

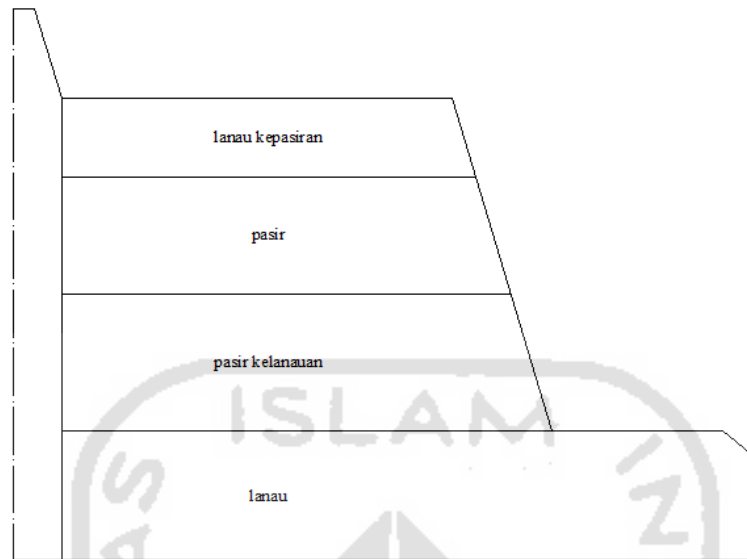


Gambar 5.1 Kondisi Lereng saat Longsor



Gambar 5.2 Kondisi Lereng saat Longsor

Program yang digunakan untuk pemodelan lereng adalah *software* Plaxis 8.2. *Output* yang didapatkan dari pemodelan tersebut adalah mengetahui seberapa besar gaya yang mungkin terjadi pada lereng, mengetahui nilai angka aman lereng dan bagaimana kemampuan lereng dalam menahan beban.



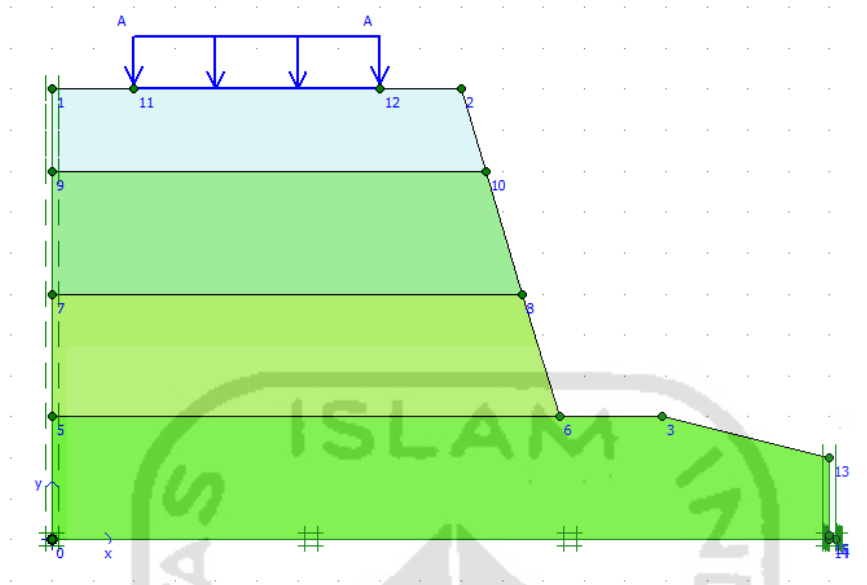
**Gambar 5.3 Tampang Melintang Lereng Sta. 70+500
Jalan Banjarnegara-Wanayasa**

5.1.1 Data Parameter Tanah dan Beban

Beban-beban yang bekerja pada lereng Sta. 70+500 Jalan Banjarnegara-Wanayasa adalah beban kendaraan dan beban gempa. Data parameter tanah, beban-beban yang bekerja dan perkutan lereng yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.2 untuk beban kendaraan dan Table 4,3 untuk data parameter tanah sedangkan untuk nilai input geotekstil terdapat pada Tabel 4,4.

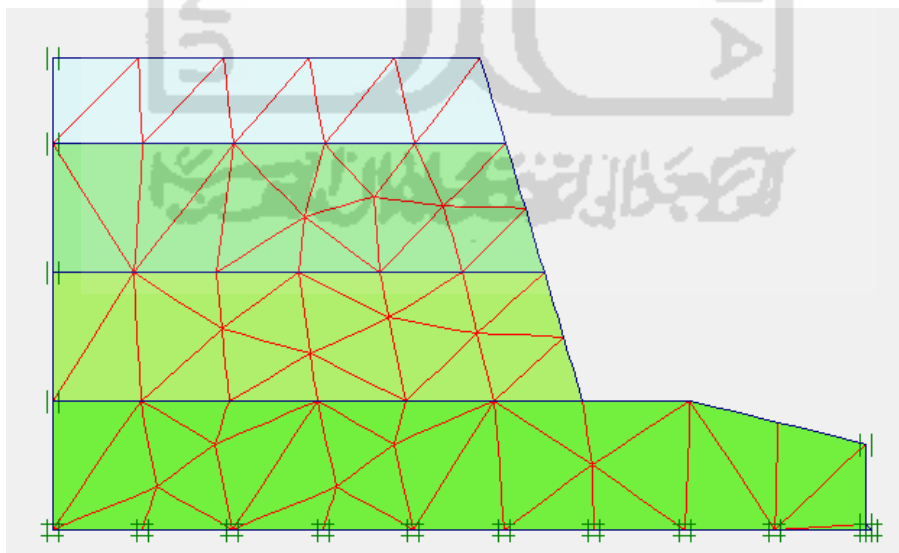
5.2 Analisis Lereng Tanah Asli

Analisis lereng tanah asli Sta. 70+500 pada Jalan Banjarnegara-Wanayasa dalam Plaxis 8.2 dilakukan secara 2 dimensi menggunakan pembebanan kendaraan yang di modelkan sebagai beban merata A, yaitu sepanjang 7 meter. Pada lereng eksisting tersebut terdapat pasangan batu kali dengan ketebalan 40 cm. Pemodelan dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.



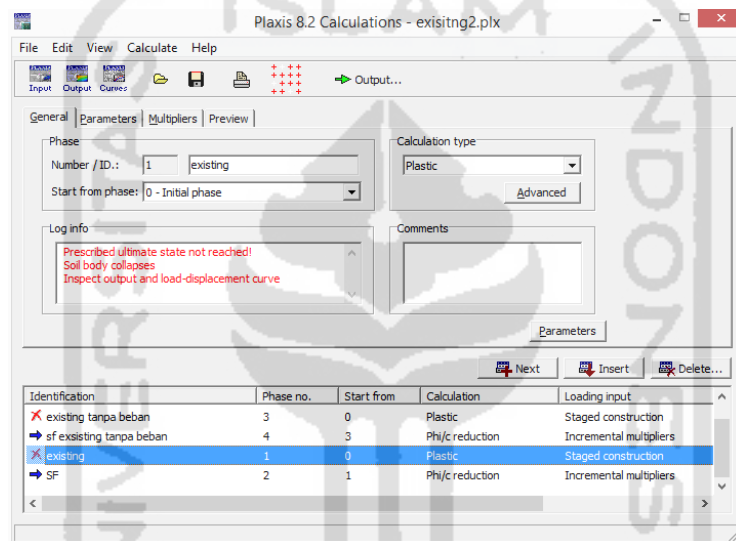
Gambar 5.4 Pemodelan Lereng Tanah Asli Sta. 70+500 dengan Beban Kendaraan

Untuk hasil jaringan elemen hingga (*meshing*) pada lereng tanah asli Sta. 70+500 Jalan Banjarnegara-Wanayasa dengan beban kendaraan dapat dilihat pada Gambar 5.5.



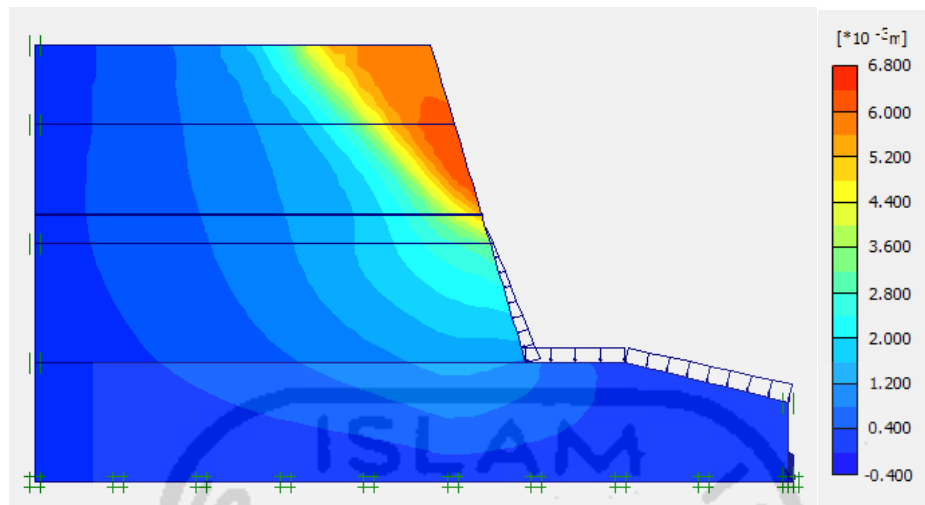
Gambar 5.5 *Meshing* Lereng Asli Sta. 70+500 Jalan Banjarnegara-Wanayasa

Pada lereng tanah asli di lokasi, lereng dengan beban sendiri mengalami *soil body collapses*. Lereng dengan beban kendaraan juga terjadi *soil body collapses*, yang dapat dilihat pada Gambar 5.6. Keruntuhan yang terjadi pada lereng ditandai dengan tulisan merah pada *log info* yang berarti lereng tidak dapat menahan beban sendiri dan beban kendaraan. Oleh karena itu, dapat dipastikan lereng tanah asli dengan beban sendiri dan dengan beban kendaraan mempunyai nilai aman (*safety factor*) yang kecil.

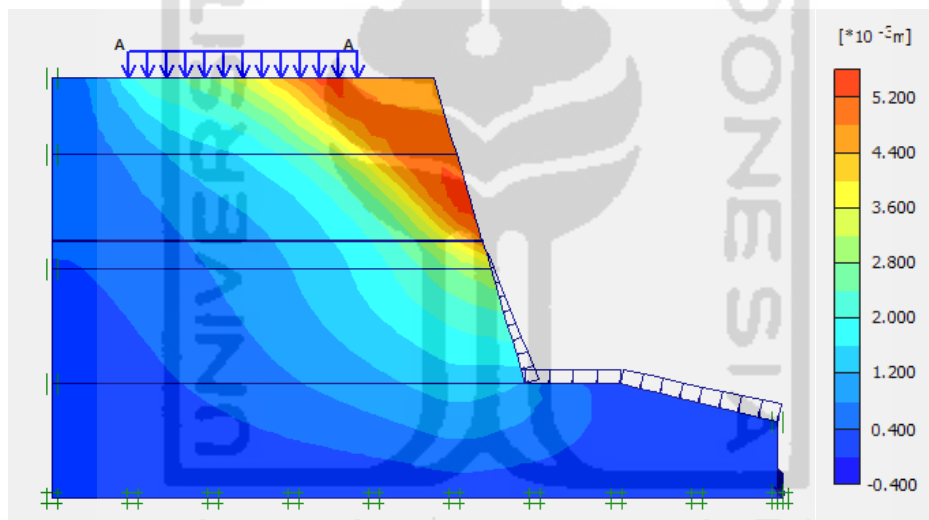


Gambar 5.6 Jendela *Calculations* dengan Lembar *Tab*

Setelah dilakukan analisis dalam Plaxis 8.2, lereng tanah asli dengan beban sendiri maupun dengan beban kendaraan mengalami keruntuhan dan mengalami *displacement* secara vertikal. *Displacement* terbesar terjadi pada lapisan paling atas yaitu lapisan lempung 1, yang di tandai dengan warna merah. Semakin ke bawah lapisan, warna merah semakin memudar hingga berubah warna menjadi biru tua. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin kebawah lapisan, maka *displacement* akan semakin kecil. Nilai *displacement* terbesar pada lereng dengan beban sendiri sebesar $6,4 \times 10^{-3}$ ditunjukkan pada Gambar 5.7 dan pada lereng dengan beban kedaraann yaitu sebesar $5,44 \times 10^{-3}$ meter yang ditunjukkan oleh Gambar 5.8.

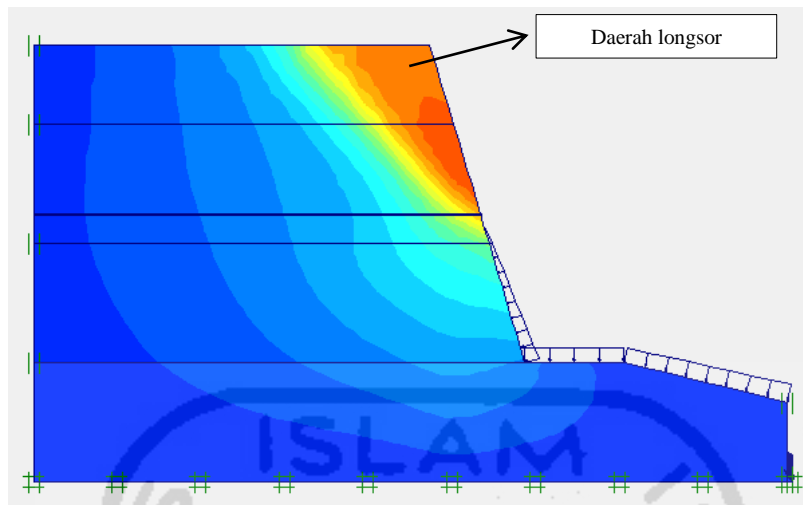


Gambar 5.7 Total Displacement dengan Beban Sendiri

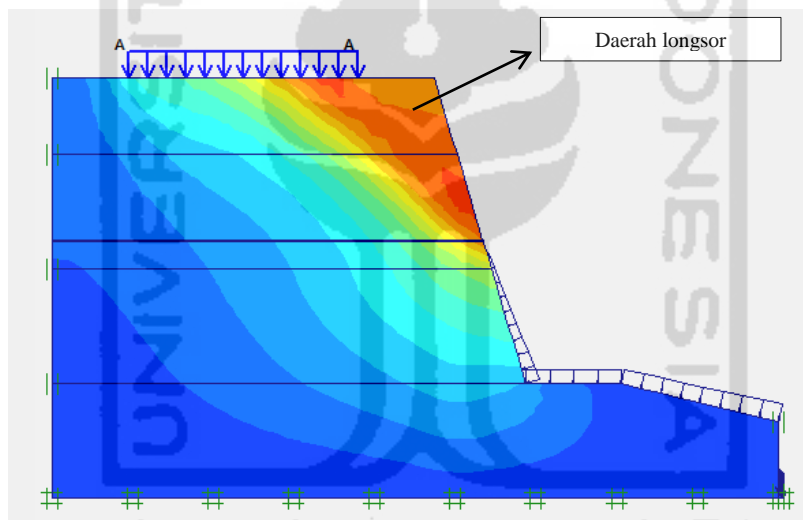


Gambar 5.8 Total Displacement dengan Beban Kendaraan

Nilai *total increment* pada lereng dengan beban kendaraan sebesar $670,02 \times 10^{-6}$ dapat dilihat pada Gambar 5.9. Nilai total increment pada lereng dengan beban kendaraan yaitu sebesar $447,13 \times 10^{-6}$ Ditunjukkan pada Gambar 5.10.



Gambar 5.9 Total Increment dengan Beban Sendiri



Gambar 5.10 Total Increment dengan Beban Kendaraan

Pergerakan tanah pada lokasi ini cenderung terjadi dibagian atas lereng, dengan profil tanah berupa lanau kapasiran dengan konsistensi lunak berwarna coklat abu-abu. Hal ini sesuai dengan yang terjadi di lapangan, ditunjukkan oleh Gambar 5.11.

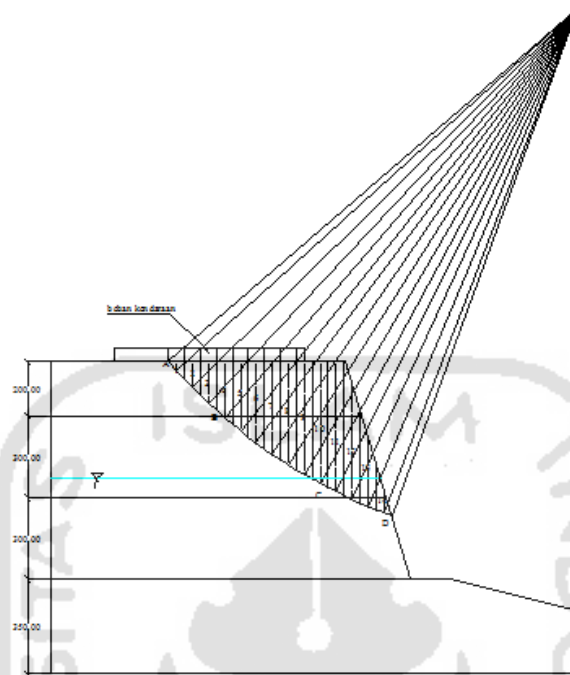


Gambar 5.11 Kondisi Lereng Saat Terjadi Longsor

Hasil analisis dengan program Plaxis 8.2 untuk lereng eksisting dengan beban kendaraan tidak dapat menampilkan nilai aman. Hal ini disebabkan karena lereng telah mengalami keruntuhan (Gambar 5.7), yang ditandai dengan tulisan merah pada *log info*, sehingga dapat dipastikan nilai aman (*safety factor*) lereng kecil yaitu < 1 .

5.3 Metode Irisan (*Fellinius*)

Karena program Plaxis 8.2 tidak dapat menunjukkan nilai angka aman pada lereng tanah asli, maka digunakan Metode Irisan. Perhitungan menggunakan Metode Irisan dilakukan pada lereng dengan beban kendaraan. Dari program Plaxis didapatkan garis potensi kelongsoran, yang ditunjukkan oleh Gambar 5.10. Dari gambar tersebut bisa dilihat bahwa garis potensi kelongsoran terbentuk di bagian badan lereng dengan R (jari-jari) = 20 m dan dibagi menjadi 14 pias. Gambar gaya-gaya yang bekerja pada lereng bisa dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan

Pada perhitungan menggunakan Metode *Fellinius*, bidang longsor dibagi menjadi 14 irisan. Panjang total dari bidang longsor (arah horizontal) = 8,2 m, maka tiap irisan akan mempunyai lebar $8,2/14 = 0,5864$ m. Panjang bidang longsor per pias dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan cara menghitung gaya berat dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.1 Panjang Bidang Longsor per Pias

Pias No.	Tinggi Lapisan Tanah (m)		
	0-2	2-5	5-8
1	0,65		
2	1,246		
3	1,796		
4	2	0,303	
5	2	0,772	
6	2	1,21	
7	2	1,609	

Lanjutan Tabel 5.1 Panjang Bidang Longsor per Pias

Pias No.	Tinggi Lapisan Tanah (m)		
	0-2	2-5	5-8
8	2	1,99	
9	2	2,326	
10	2	2,30	0,345
11	2	2,30	0,638
12	0,813	2,3	0,909
13	0	1,174	1,156
14	0	0,557	0,616

Tabel 5.2 Hitungan Metode Irisan Lereng Eksisting dengan Beban Sendiri

Irisan no	B (m)	Berat Wi (kN)	θ (°)	Wi cos θ i (kN)	Wi sin θ i (kN)
1	0,5864	6,01	48	2,137	4,46
2	0,5864	11,52	45	4,330	8,14
3	0,5864	16,60	43	6,455	11,32
4	0,5864	21,29	41	8,543	13,97
5	0,5864	26,15	39	10,805	16,46
6	0,5864	29,64	37	12,586	17,84
7	0,5864	33,36	34	14,705	18,65
8	0,5864	36,89	32	16,633	19,55
9	0,5864	39,99	30	18,414	19,99
10	0,5864	45,05	29	20,952	21,84
11	0,5864	54,90	27	26,011	24,93
12	0,5864	62,06	25	29,908	26,23
13	0,5864	48,04	23	23,513	18,77
14	0,5864	26,58	21	13,192	9,52
JUMLAH				208,18	231,68

Dengan memperhatikan jari-jari dan sudut yang diapit, panjang garis AB = 2,821 m, BC = 5,4828 m dan CD = 1,7687 m. Tahanan terhadap longsor ($\Sigma c_i a_i$) yang dikerahkan oleh komponen kohesi yaitu:

$$\Sigma c_i a_i = (1,961 \times 2,821) + (1,961 \times 5,4828) + (12,748 \times 1,7687) = 38,83 \text{ kN}$$

Perhitungan mencari faktor aman adalah sebagai berikut ini.

$$\text{Faktor aman} = \frac{208,18+38,83}{231,68} = 1,066$$

Nilai angka aman yang didapat pada analisis menggunakan metode irisan didapat nilai angka aman lereng asli sebesar $1,066 < 1,5$. Sehingga lereng tanah asli terjadi keruntuhan.

Pada perhitungan menggunakan Metode *Fellinius*, beban kendaraan diperhitungkan sebagai beban M_d dengan beban kendaraan 15 kN/m^2 dikalikan penampang yang bekerja (Hardiyatmo, 1994). Beban kendaraan berada pada pias 1-9 sudah dimasukkan pada perhitungan dalam Tabel 5.3. Pasangan batu kali berada pada pias 11-14 juga masuk pada hitungan dalam Tabel 5.3.

Contoh perhitungan untuk beban kendaraan pada pias 1 sebagai berikut ini. $Q = 15 \text{ kN/m}^2 \times 0,5864 \text{ m} = 8,8 \text{ kN/m}$ dan untuk contoh perhitungan berat pasangan batu kali pada pias 11 adalah sebagai berikut ini $W = 0,213 \text{ m}^2 \times 25 \text{ kN/m}^3 = 5,328 \text{ kN/m}$. Panjang bidang longsor per pias dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan cara menghitung gaya berat dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Hitungan Metode Irisan Lereng Eksisting dengan Beban Kendaraan

Irisan no	b (m)	Berat W_i (kN)	θ (°)	$W_i \cos\theta_i$ (kN)	$W_i \sin\theta_i$ (kN)
1	0,5864	14,80	48	5,267	11,00
2	0,5864	20,31	45	7,637	14,36
3	0,5864	25,40	43	9,876	17,32
4	0,5864	30,08	41	12,072	19,74
5	0,5864	34,94	39	14,440	21,99
6	0,5864	38,44	37	16,322	23,13
7	0,5864	42,15	34	18,582	23,57
8	0,5864	45,68	32	20,599	24,21
9	0,5864	44,39	30	20,439	22,19
10	0,5864	45,05	29	20,952	21,84
11	0,5864	54,90	27	26,011	24,93

Lanjutan Tabel 5.3 Hitungan Metode Irisan Lereng Eksisting dengan Beban Kendaraan

Irisan no	b (m)	Berat Wi (kN)	θ (°)	Wi cos θ i (kN)	Wi sin θ i (kN)
12	0,5864	62,06	25	29,908	26,23
13	0,5864	48,04	23	23,513	18,77
14	0,5864	26,58	21	13,192	9,52
JUMLAH				238,81	278,81

Dengan memperhatikan jari-jari dan sudut yang diapit, panjang garis AB = 2,821 m, BC = 5,4828 m dan CD = 1,7687 m. Tahanan terhadap longsor ($\Sigma c_i a_i$) yang dikerahkan oleh komponen kohesi yaitu:

$$\Sigma c_i a_i = (1,961 \times 2,821) + (1,961 \times 5,4828) + (12,748 \times 1,7687) = 38,83 \text{ kN}$$

Perhitungan mencari faktor aman adalah sebagai berikut:

$$\text{Faktor aman} = \frac{238,81 + 38,83}{278,81} = 0,995$$

Nilai angka aman yang didapat pada analisis menggunakan metode irisan didapat nilai angka aman lereng asli sebesar $0,995 < 1,5$. Sehingga lereng tanah asli terjadi keruntuhan.

5.4 Perkuatan Lereng Dengan Geotekstil

Menurut Hardiyatmo (2008), geotekstil adalah material lembaran yang terbuat dari bahan tekstil *polymeric* dan bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non woven*), anyam (*woven*), yang digunakan dalam kontak dengan tanah, batu atau material geoteknik lain dalam aplikasi Teknik Sipil.

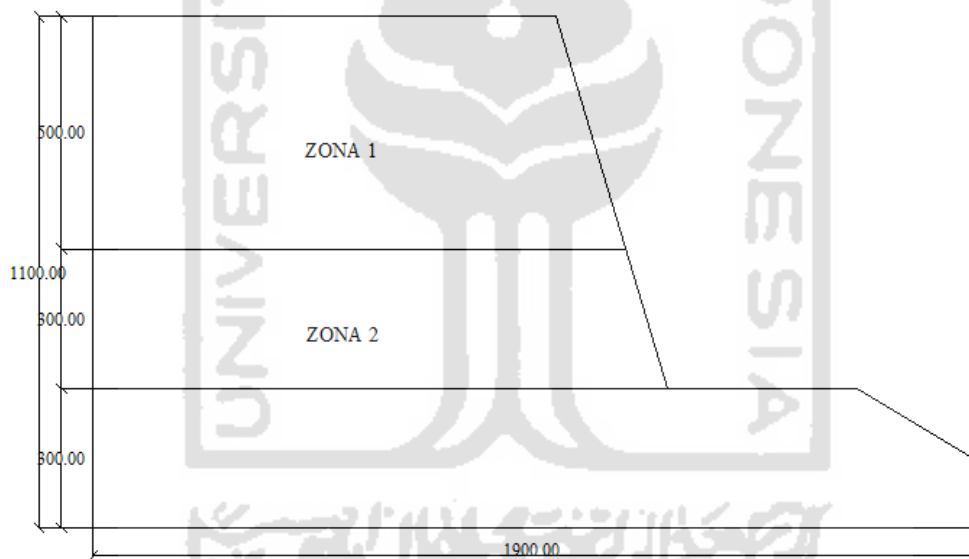
Geotekstil umumnya dibuat dari *polymer polypropylene* (beberapa dibuat dari *polyester* atau *polyethylene*), yang dibuat dalam bentuk fiber-fiber atau benang-benang, dan akhirnya dipakai untuk membuat lembaran kain anyam

(*woven*) atau nir-anyam (*non woven*). Ketika kain tekstil ini diletakkan di dalam tanah, maka disebut geotekstil.

Pada Tugas Akhir ini, jenis geotekstil yang digunakan adalah geotekstil *woven* UW-250, yang diproduksi oleh PT. Teknindo Geosistem Unggul. Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode *zone per zone*, yaitu lereng tanah timbunan dibagi menjadi dua bagian yaitu *zone 1* dan *zone 2*.

5.4.1 Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Penempatan geotekstil adalah pada tanah timbunan hingga kedalaman 8 meter. Pembagian *zone* pada lereng geometri baru dengan perkuatan geotekstil untuk permukaan tanah timbunan miring dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Pembagian *Zone* pada Lereng Geometri dengan Perkuatan Geotekstil

Dalam merencanakan perkuatan lereng dengan geotekstil agar lereng stabil terhadap gaya-gaya yang bekerja, maka perlu dilakukan analisis stabilitas eksternal dan stabilitas internal. Berikut data-data yang diperlukan untuk analisis stabilitas eksternal dan stabilitas internal:

1. Tanah Timbunan 1

- a. Berat volume tanah (γ_b) = 15,762 kN/m³
- b. Kohesi (c) = 1,961 kN/m²
- c. Sudut Gesek Dalam (ϕ) = 31°
- d. Kemiringan lereng = 73°

2. Geotekstil

- a. Jenis geotekstil = Geotekstil *woven* UW-250
- b. Kuat Tarik Ultimet (Tu) = 52 kN/m
- c. Kuat Tarik ijin (Ta) = 26 kN/m

3. Koefisien Daya Dukung Tanah

Untuk koefisien daya dukung tanah bisa dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Koefisien Daya Dukung Tanah

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

Perhitungan dilakukan menggunakan program *Microsoft Office Excel*, sehingga angka-angka yang tertulis apabila dihitung secara manual akan menghasilkan angka yang tidak 100% sama. Untuk perhitungan stabilitas eksternal dan internal adalah sebagai berikut ini.

1. Stabilitas Eksternal

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

Beban merata kendaraan = 15 kN/m² digunakan safety factor (SF) = 1,5

$$K_a = \cos \beta \left(\frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \theta}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \theta}} \right)$$

$$K_a = \cos 17 \left(\frac{\cos 17 - \sqrt{\cos^2 17 - \cos^2 31}}{\cos 17 + \sqrt{\cos^2 17 - \cos^2 31}} \right) = 0,369$$

1) Zone 1

$$\begin{aligned} \sigma_{hc1} &= (q \times k_a) + (k_a \times H_1 \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{k_a}) \\ &= (15 \times 0,369) + (0,369 \times 5 \times 15,762) - \\ &\quad (2 \times 1,961 \times \sqrt{0,369}) \\ &= 32,214 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$Sv1 = \frac{T_a}{\sigma_{hc1} \times SF} = \frac{26}{32,214 \times 1,5} = 0,538 \text{ m}$$

Dilapangan dipasang $Sv1 = 0,5 \text{ m}$

Banyaknya lapis geotekstil = $5/0,5 = 10$ lembar

Diambil = 10 lembar

2) Zone 2

$$\begin{aligned} \sigma_{hc1} &= (k_a \times H_1 \times \gamma b) + (2 \times c \times \sqrt{k_a}) \\ &= (0,369 \times 8 \times 16,918) + (2 \times 12,748 \times \sqrt{0,369}) \\ &= 34,43 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$Sv1 = \frac{T_a}{\sigma_{hc1} \times SF} = \frac{26}{34,43 \times 1,5} = 0,503 \text{ m}$$

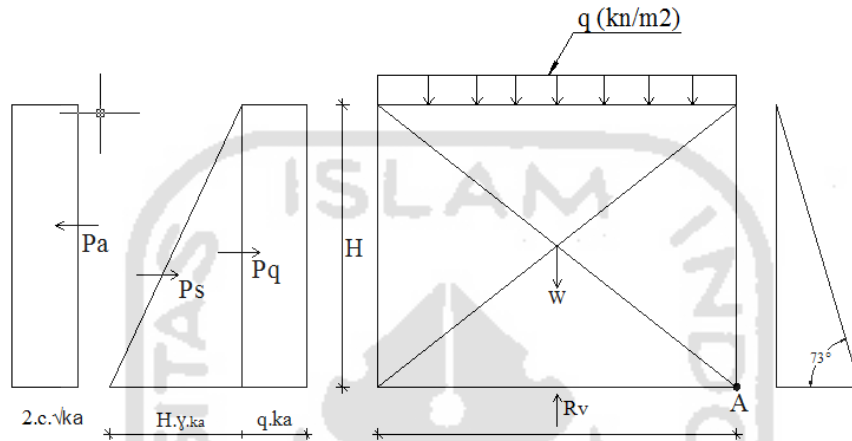
Dilapangan dipasang $Sv1 = 0,5 \text{ m}$

Banyaknya lapis geotekstil = $3/0,5 = 6$ lembar

Diambil = 6 lembar

b. Menentukan panjang geotekstil

Diagram gaya yang bekerja pada tanah dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut ini. Gaya-gaya tersebut menjadi acuan dalam menentukan panjang geotekstil.



Gambar 5.14 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Tanah Miring

Untuk menentukan panjang geotekstil yang digunakan, maka dilakukan beberapa tahap perhitungan seperti berikut ini.

1) Eksentrisitas

$$e = \frac{\Sigma MD}{Rv} = \frac{(Pq \times \frac{1}{2}H) + (Ps \times \frac{1}{3}H) - (Pk \times \frac{1}{2}H)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

Resultan gaya yang bekerja pada teras

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

$$\frac{1}{6}L \geq \frac{(15 \times 0,369 \times \frac{1}{2} \times 8^2) + (\frac{1}{2} \times 0,369 \times 15,762 \times 8^2 \times \frac{1}{3} \times 8) - (2 \times 1,961 \times \sqrt{0,369} \times \frac{1}{2} \times 8^2)}{(6 \times 18 \times L) + (15 \times L)}$$

$$\frac{1}{6}L \geq \frac{596,316}{141,096L}$$

$$141,096 L^2 \geq 3577,1784$$

$$L^2 = 25,353 \text{ m}$$

$$L = 5,035 \text{ m}$$

Diambil panjang geotekstil = 5,1 m

2) Stabilitas terhadap guling

$$SF = \frac{\Sigma MR}{\Sigma MD} = \frac{\text{Momen melawan}}{\text{Momen penggulingan}} \geq 1.5$$

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

$$\Sigma MR = 0.5 \times \gamma b \times H \times L^2$$

$$SF = \frac{\left(15 \times 0,369 \times \frac{1}{2} \times 8^2 \right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,369 \times 15 \times 8^2 \times \frac{1}{3} \times 8 \right) - \left(2 \times 1,961 \times \sqrt{0,369} \times \frac{1}{2} \times 8^2 \right)}{0,5 \times 15,762 \times 8 \times L^2}$$

$$SF = \frac{63,048 L^2}{596,316}$$

$$L^2 = \frac{(596,316 \times 1,5)}{63,048} = 14,187 \text{ m}$$

$$L = 3,767 \text{ m}$$

Diambil panjang geotekstil = 3,8 m

3) Stabilitas terhadap geser

$$SF = \frac{L \times H \times \gamma b \times \text{tg } \delta b}{(0,5 \times H^2 \times ka) + (q \times ka \times H) + (2 \times c \times \sqrt{ka} \times H)}$$

Tahanan geser pada dasar perkuatan ($\delta b = 2/3 \times 31^\circ = 20,6677^\circ$)

$$SF = \frac{L \times 8 \times 15,762 \times \text{tg } 20,6677^\circ}{(0,5 \times 8^2 \times 0,369) + (15 \times 0,369 \times 8) + (2 \times 1,961 \times \sqrt{0,441} \times 6)}$$

$$SF = \frac{47,566 L}{211,206}$$

$$L = \frac{211,206 \times 1,5}{47,566} = 6,66 \text{ m}$$

Diambil panjang geotekstil = 7 m

4) Tinjauan terhadap kapasitas dukung fondasi

Digunakan SF = 2

$$N_c = 32,69$$

$$N_\gamma = 25,9$$

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{H \times \gamma_b \text{timb.} + q}$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= c \times Nc + 0.5 \times L \times \gamma_b \times N\gamma \\ &= 1,961 \times 32,69 + 0,5 \times L \times 15,762 \times 25,9 \\ &= 64,0766 + 204,1179 L \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \sigma_{ult} &= q_{ult} \times SF \\ &= (64,0766 + 204,1179 L) \times 2 \\ &= 128,1533 + 408,2358 L \end{aligned}$$

$$L \leq \frac{128,1533 + 408,2358 L}{8 \times 15,762 + 15}$$

$$1891,44 L \leq 128,1533 + 408,2358 L$$

$$L = \frac{128,1533}{(1891,44 - 408,2358)} = 0,0864 \text{ m}$$

Dari empat jenis parameter di atas, diambil panjang geotekstil (L) yang maksimum yaitu L = 7 m.

2. Stabilitas Internal

a. Panjang geotekstil *overlapping*

$$L_o = \frac{\sigma_{hc1} \times S_{v1} \times SF}{2 \times \gamma_b \times z_1 \times \tan \phi}$$

Zone A1 pada geotekstil no. 1

$$\sigma_{hc1} = 32,214 \text{ kN/m}^2$$

$$SF = 1,5$$

$$S_{v1} = 0,5 \text{ m}$$

$$Z_1 = 5 \text{ m}$$

$$L_o = \frac{32,214 \times 0,5 \times 1,5}{2 \times 15,762 \times 5 \times \tan 31} = 0,26 \text{ m}$$

Karena panjang *overlapping* minimum 1 meter, maka panjang *overlapping* diambil 1 m. Hasil rekapitulasi perhitungan L_o dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Panjang Geotekstil *Overlapping* Untuk Permukaan Tanah Timbunan Miring

	Geotekstil	Svi (m)	Zi (m)	Lo (m)	Lo pakai
Zona 1	Geotekstil no 1	0,50	5	0,26	1
	Geotekstil no 2	0,50	5	0,26	1
	Geotekstil no 3	0,50	5	0,26	1
	Geotekstil no 4	0,50	5	0,26	1
	Geotekstil no 5	0,50	5	0,26	1
	Geotekstil no 6	0,50	5	0,26	1
	Geotekstil no 7	0,50	5	0,26	1
	Geotekstil no 8	0,50	5	0,26	1
	Geotekstil no 9	0,50	5	0,26	1
	Geotekstil no 10	0,50	5	0,26	1
Zona 2	Geotekstil no 11	0,50	8	0,17	1
	Geotekstil no 12	0,50	8	0,17	1
	Geotekstil no 13	0,50	8	0,17	1
	Geotekstil no 14	0,50	8	0,17	1
	Geotekstil no 15	0,50	8	0,17	1
	Geotekstil no 16	0,50	8	0,17	1

b. Panjang efektif geotekstil

$$Le = \frac{SF \times Svi \times ka \times \gamma b \times zi}{2 \times \gamma b \times zi \times tg \emptyset}$$

Zone 1 pada geotekstil no.1

$$Le = \frac{1,5 \times 0,5 \times 0,369 \times 15, \times 1,5}{2 \times 15,762 \times 5 \times tg 31} = 0,2 \text{ m}$$

Karena panjang *Le* minimum 1 meter, maka panjang *Le* diambil 1 m. Hasil rekapitulasi perhitungan *Le* dapat dilihat pada Tabel 5.6.

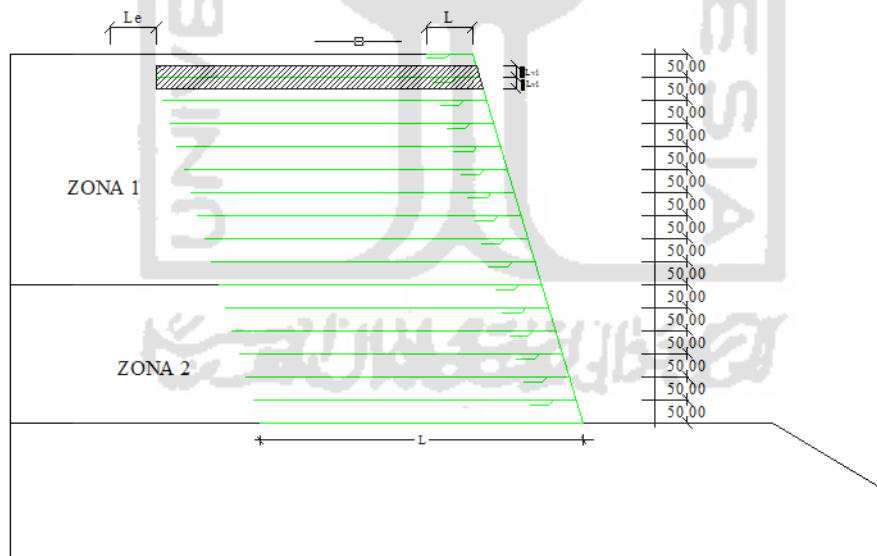
Tabel 5.6 Panjang *Efektif* Geotekstil Untuk Permukaan Tanah Timbunan Miring

Geotekstil	Le (m)	Le Pakai
Geotekstil no 1	0,2	1
Geotekstil no 2	0,2	1
Geotekstil no 3	0,2	1
Geotekstil no 4	0,2	1
Geotekstil no 5	0,2	1
Geotekstil no 6	0,2	1
Geotekstil no 7	0,2	1

**Lanjutan Tabel 5.6 Panjang Efektif Geotekstil Untuk Permukaan Tanah
Timbunan Miring**

Geotekstil	Le (m)	Le Pakai
Geotekstil no 8	0,2	1
Geotekstil no 9	0,2	1
Geotekstil no 10	0,2	1
Geotekstil no 11	0,2	1
Geotekstil no 12	0,2	1
Geotekstil no 13	0,2	1
Geotekstil no 14	0,2	1
Geotekstil no 15	0,2	1
Geotekstil no 16	0,2	1

Untuk mengecek apakah geotekstil mampu menahan gaya tarik yang terjadi maka diambil nilai S_{vi} yang paling besar maka diambil *zone 1* pada geotekstil no 1. Untuk gambar transfer gesekan tanah-tulangan bisa dilihat pada Gambar 5.16.



keterangan:

- L = panjang geotekstil (m),
- Lo = panjang geotekstil *overlapping* (m)
- Le = panjang efektif (m),
- S_{vi} = jarak antar tiap lapisan geotekstil

Gambar 5.15 Transfer Gesekan Tanah-Tulangan

Perhitungan gaya tarik yang bekerja pada geotekstil adalah seperti berikut ini.

1. Tegangan geser yang bekerja di permukaan bidang kontak.

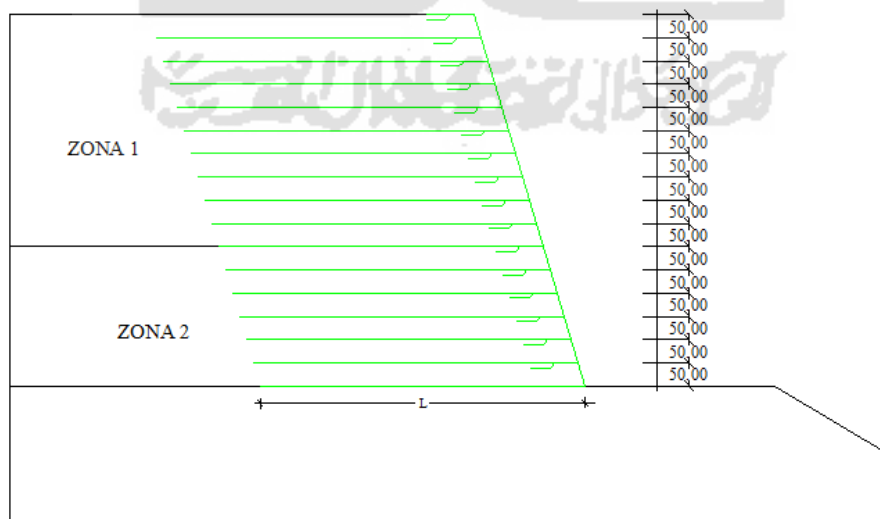
$$\begin{aligned} \text{a. } \tau_1 &= C_1 + \sigma_1 \times \text{tg } \varphi_1 \\ &= 1,961 + \frac{1}{2} \times 0,5 \times 15,762 \times \text{tg } 31 \\ &= 4,329 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \tau_2 &= C_2 + \sigma_2 \times \text{tg } \varphi_2 \\ &= 12,748 + \frac{1}{2} \times 0,5 \times 16,918 \times \text{tg } 31 \\ &= 4,503 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2. Gaya tarik yang bekerja pada geotekstil

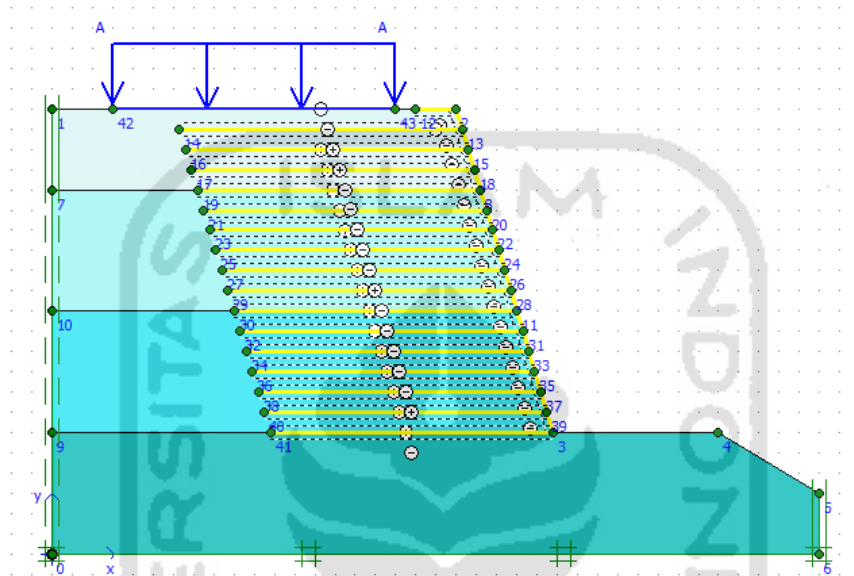
$$\begin{aligned} \text{1. } T &= (\tau_1 + \tau_2) \times 1 \times 6 \times \text{tg } \varphi \\ &= (4,329 + 4,503) \times 1 \times 7 \times \text{tg } 31 \\ &= 37,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas gaya tarik yang bekerja pada geotekstil adalah sebesar 37,15 kN, sedangkan jenis geotekstil yang digunakan memiliki kuat tarik sebesar 52 kN/m > 37,15 kN (aman). Pemodelan desain lereng dengan diperkuat geotekstil dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Desain Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Pemodelan lereng dengan perkuatan geotekstil dengan beban kendaraan dan beban gempa yang dianalisis menggunakan Plaxis 8.2 dapat dilihat pada Gambar 5.18. Garis kuning pada gambar menunjukkan perkuatan geotekstil *woven*.



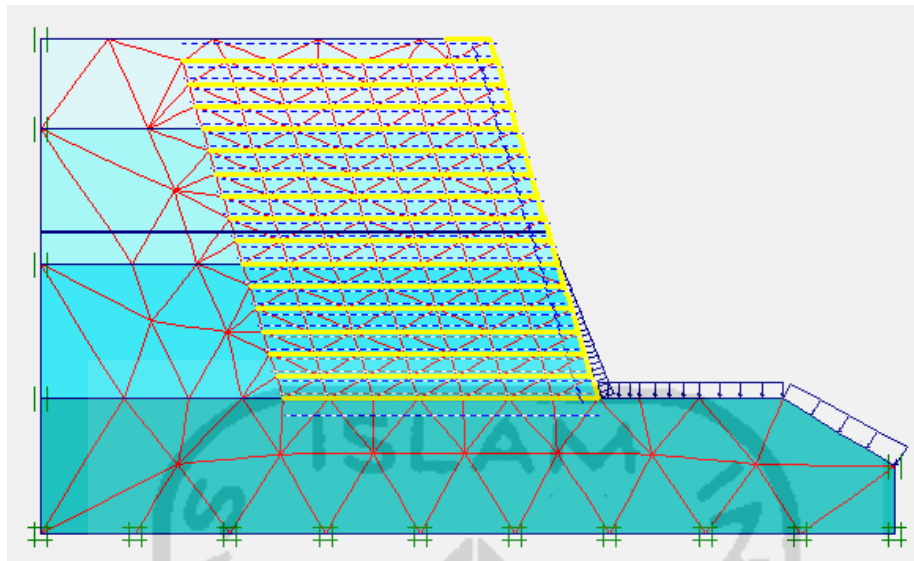
Gambar 5.17 Pemodelan Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa

5.4.2 Hasil Pemodelan Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dalam Variasi Muka Air Tanah

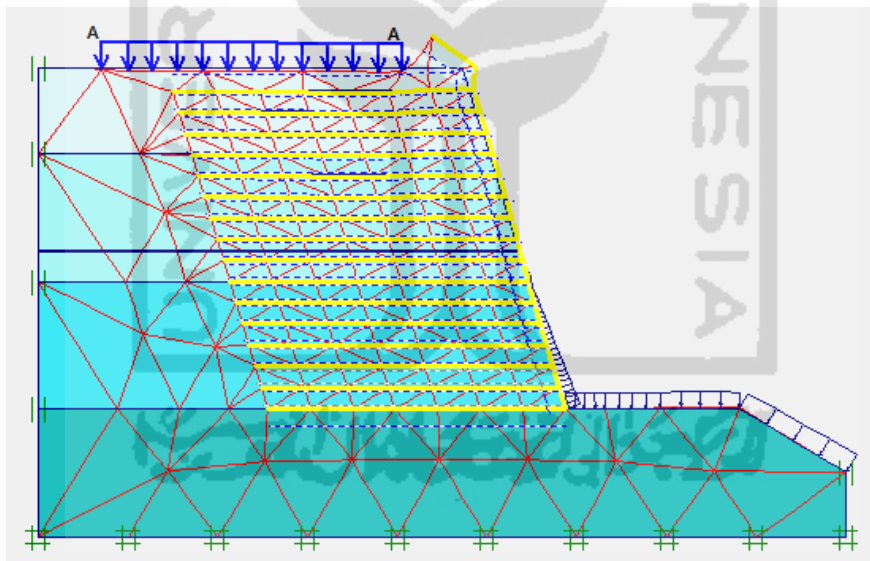
Hasil pemodelan dalam Plaxis 8.2 pada lereng dengan variasi muka air tanah sebesar 4,3 meter (eksisting), 5,3 meter, 3,3 meter, dan 2,2 meter adalah sebagai berikut ini.

1. Muka air tanah 4,3 meter (eksisting)

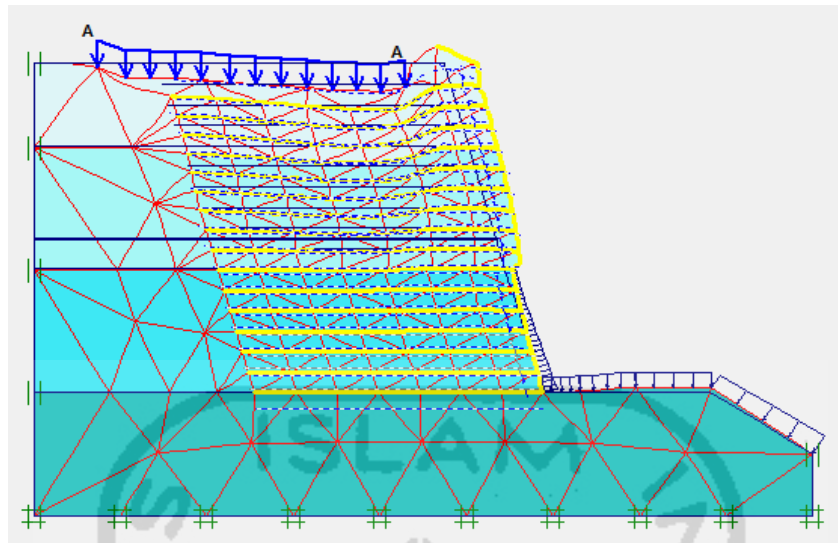
Untuk hasil *deformation mesh* tanpa beban kendaraan dan gempa dilihat pada gambar 5.18. Hasil *deformation mesh* dengan beban kendaraan dilihat pada Gambar 5.19 dan *deformation mesh* dengan beban kendaraan dan gempa pada Gambar 5.20.



Gambar 5.18 *Deformed Mesh* pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah Eksisting 4,3 Meter

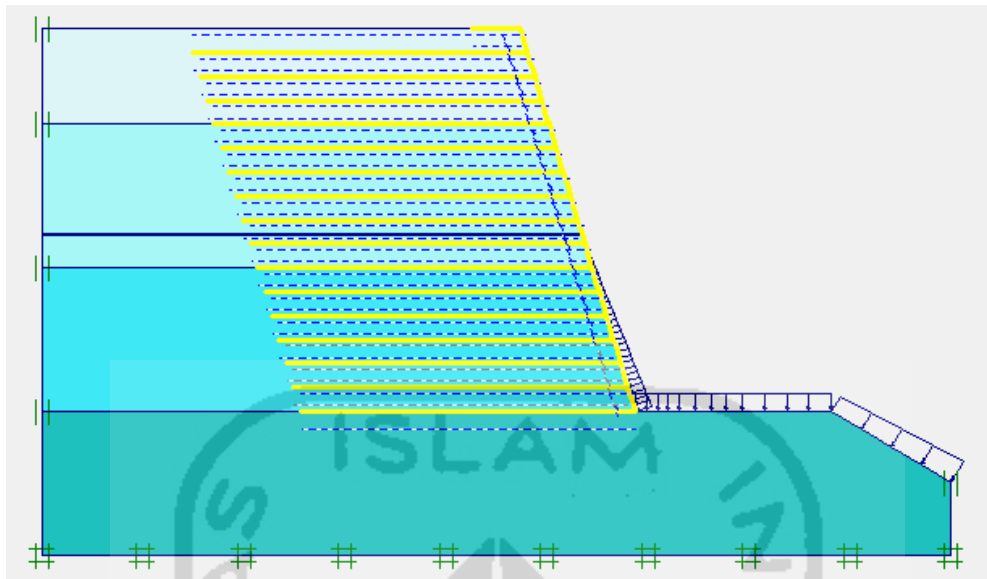


Gambar 5.19 *Deformed Mesh* pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah Eksisting 4,3 Meter

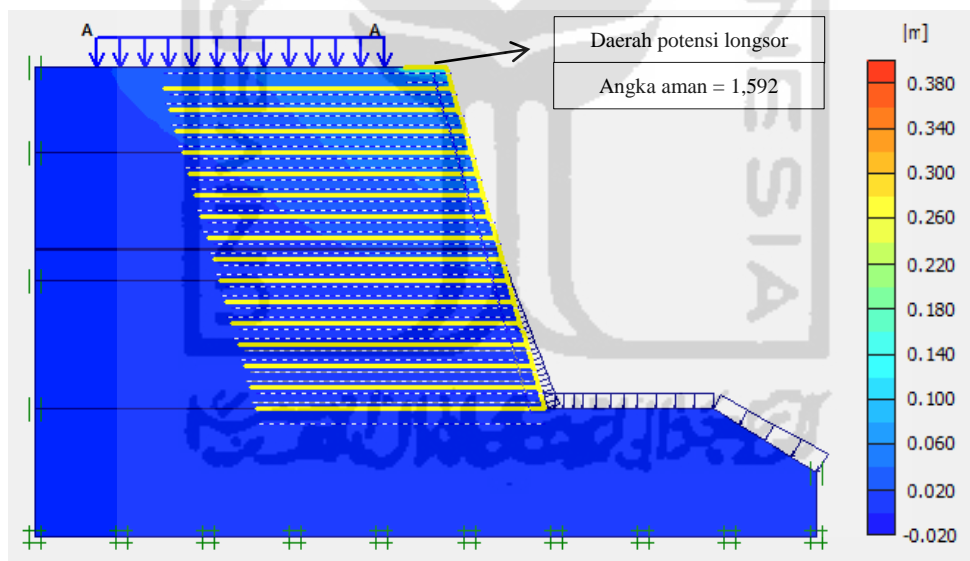


Gambar 5.20 Deformed Mesh pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah Eksisting 4,3 Meter

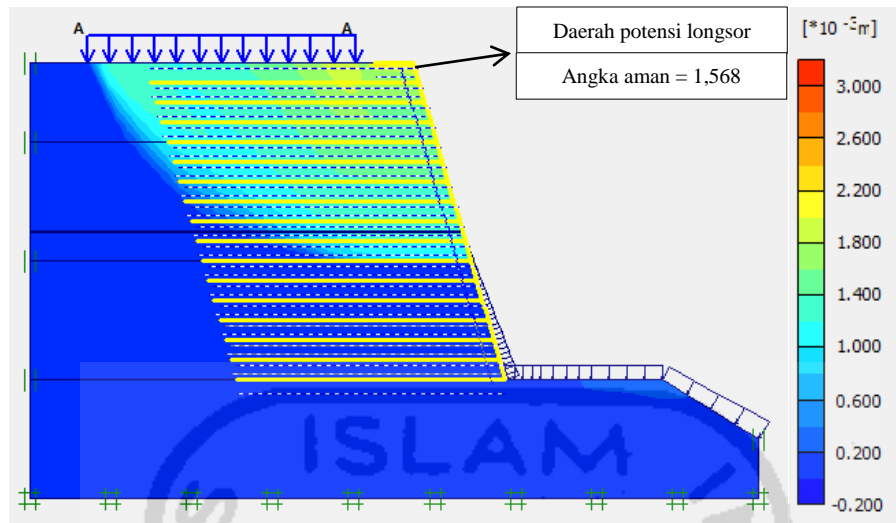
Dari analisis menggunakan program Plaxis 8.2, besarnya nilai aman (*safety factor*) pada lereng dengan perkuatan geotekstil pada muka air tanah eksisting 4,3 meter dengan beban sendiri adalah 1,809 bisa dilihat pada Gambar 5.21, akibat beban kendaraan sebesar 1,592 bisa diliohat pada Gambar 5.22, dan akibat beban kendaraan dan gempa sebesar 1,568 dapat dilihat pada gambar 5.23



Gambar 5.21 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 4,3 Meter



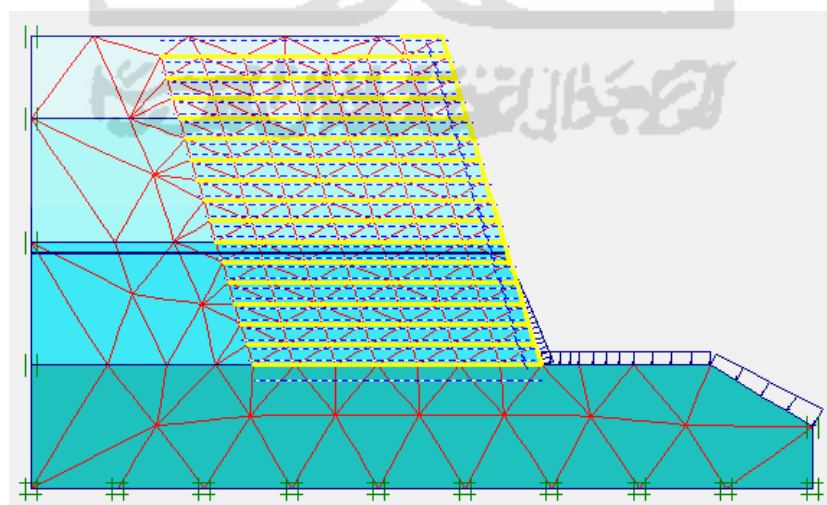
Gambar 5.22 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah 4,3 Meter



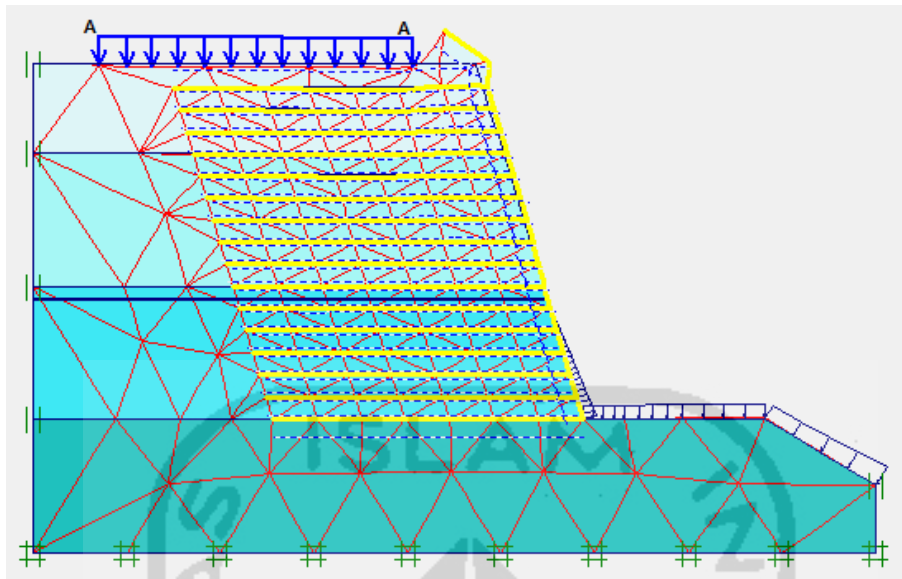
Gambar 5.23 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 4,3 Meter

2. Muka air tanah 5,3 meter

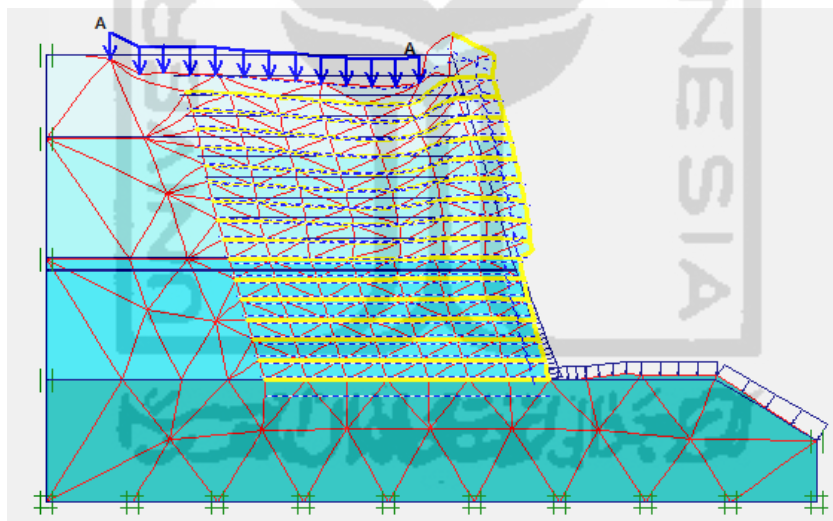
Hasil pemodelan pada muka air tanah 5,3 meter untuk *deformation mesh* tanpa beban kendaraan dan gempa dapat dilihat pada Gambar 5.24, untuk hasil *deformation mesh* dengan beban kendaraan ditunjukkan pada Gambar 5.25, sedangkan *deformation mesh* dengan beban kendaraan dan gempa dapat dilihat pada Gambar 5.26.



Gambar 5.24 Deformed Mesh pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 5,3 Meter



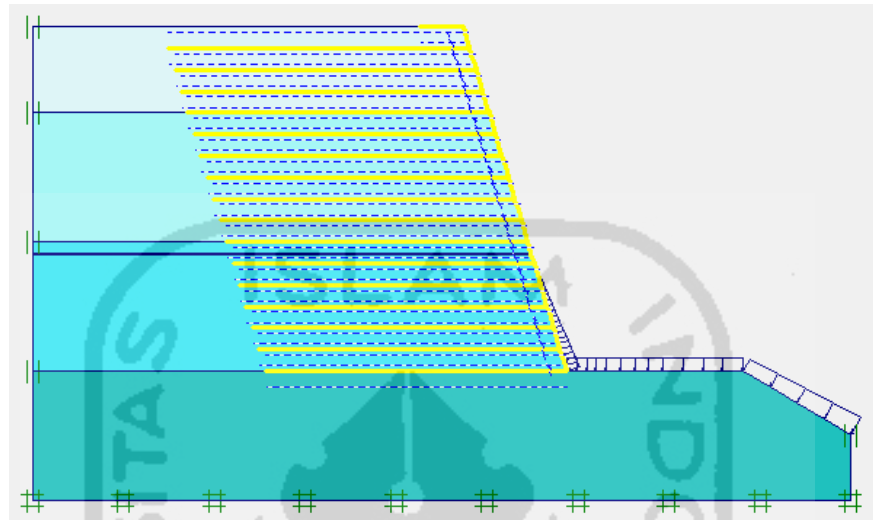
Gambar 5.25 *Deformed Mesh* pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air 5,3 Meter



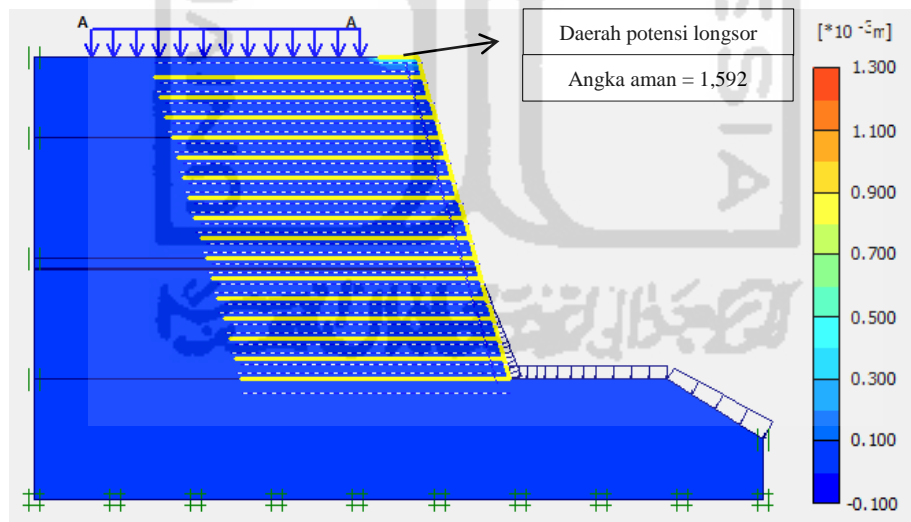
Gambar 5.26 *Deformed Mesh* pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 5,3 Meter

Hasil analisis untuk lereng dengan perkuatan geotekstil pada ketinggian muka air tanah 5,3 meter dengan beban sendiri menunjukkan nilai angka aman sebesar 1,809 bisa dilihat pada Gambar 5.27, akibat beban kendaraan sebesar

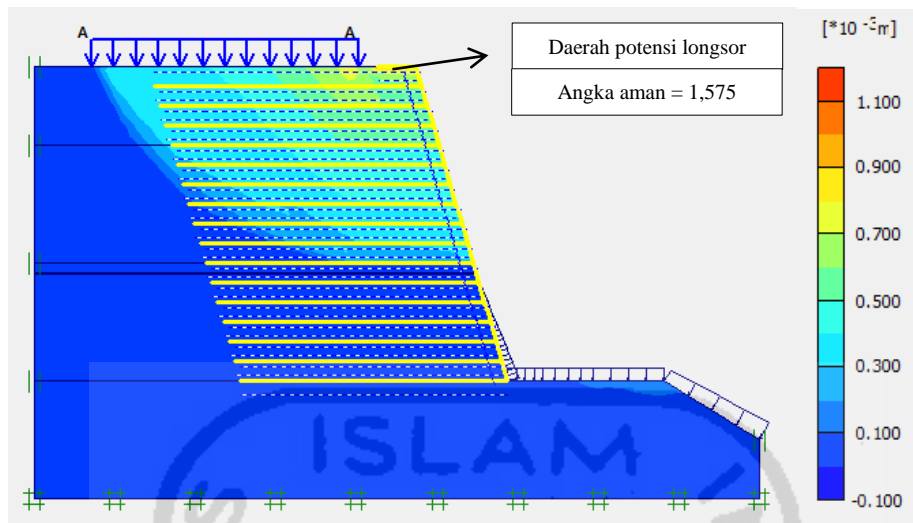
1,592 bisa dilihat pada Gambar 5.28 dan beban kendaraan dan gempa sebesar 1,575 bisa dilihat pada gambar 5.29.



Gambar 5.27 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 5,3 Meter



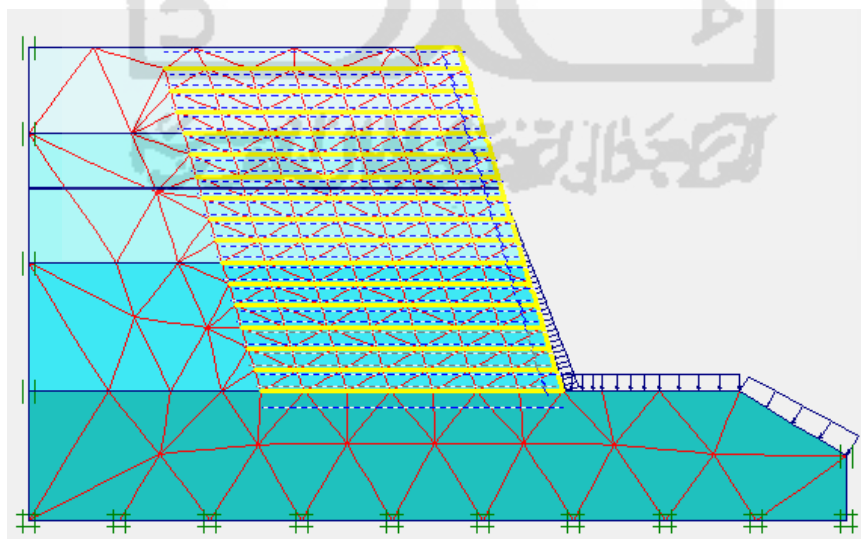
Gambar 5.28 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah 5,3 Meter



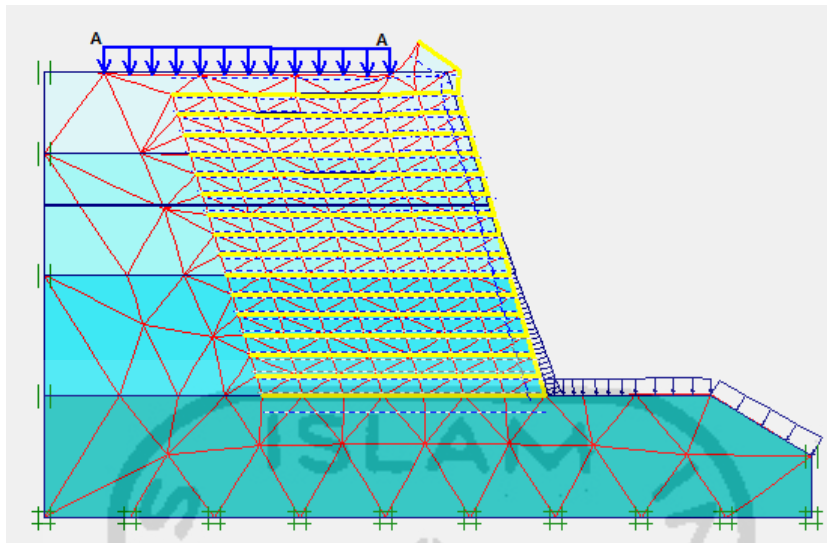
Gambar 5.29 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 5,3 Meter

3. Muka air tanah 3,3 meter

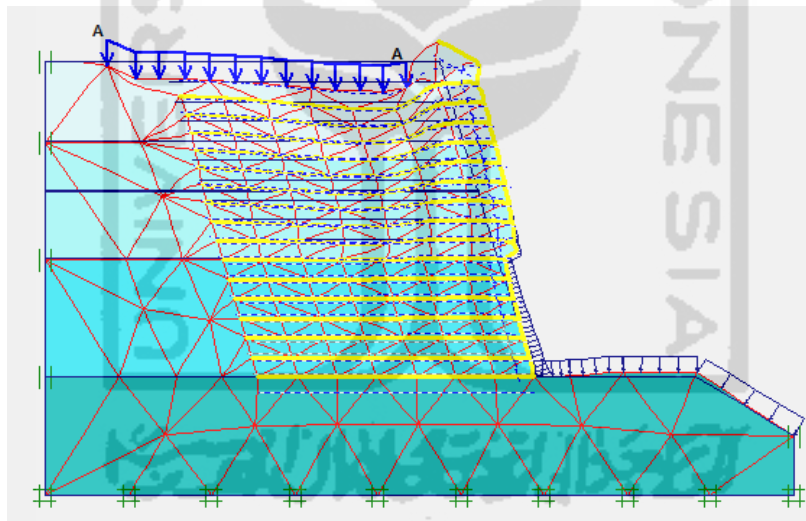
Deformation mesh tanpa beban kendaraan dan gempa pada lereng dengan muka air tanah 3,3 meter dapat dilihat pada Gambar 5.30, *deformation mesh* dengan beban kendaraan ditunjukkan oleh Gambar 5.31 dan *deformation mesh* dengan beban kendaraan dan gempa dapat dilihat pada Gambar 5.32.



Gambar 5.30 Deformed Mesh pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 3,3 Meter

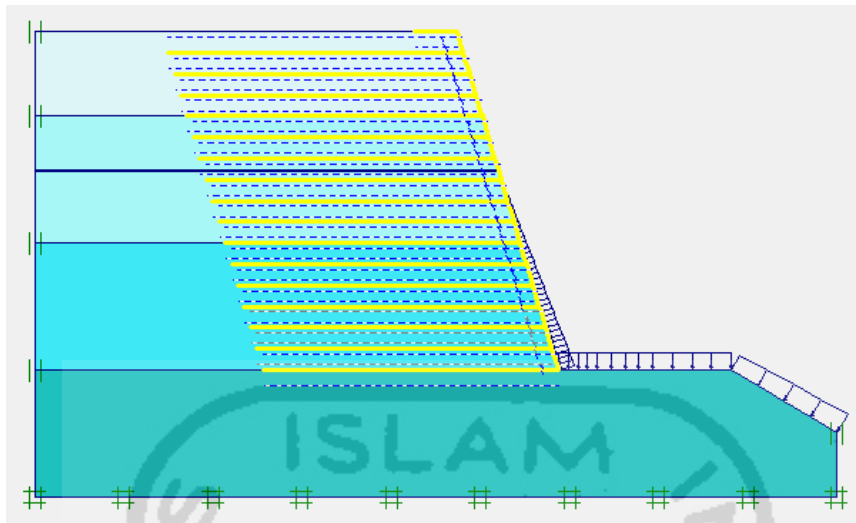


Gambar 5.31 Deformed Mesh pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air 3,3 Meter

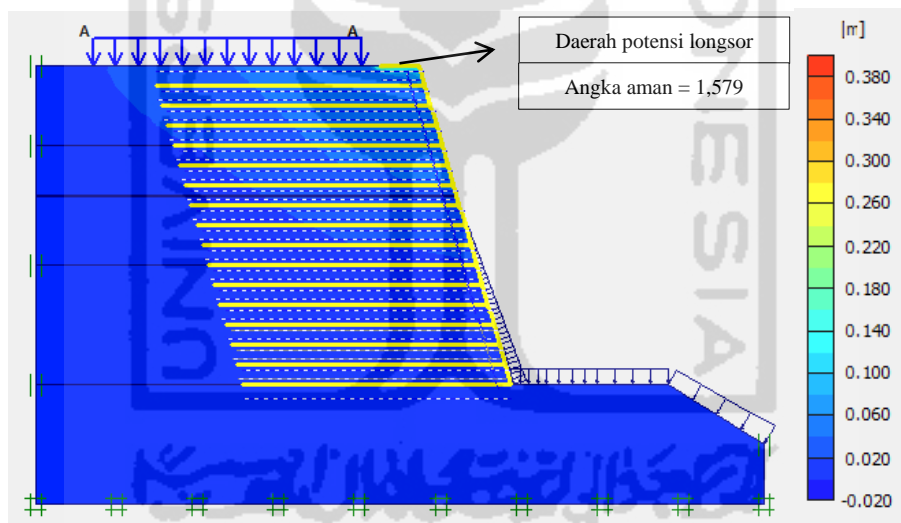


Gambar 5.32 Deformed Mesh pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 3,3 Meter

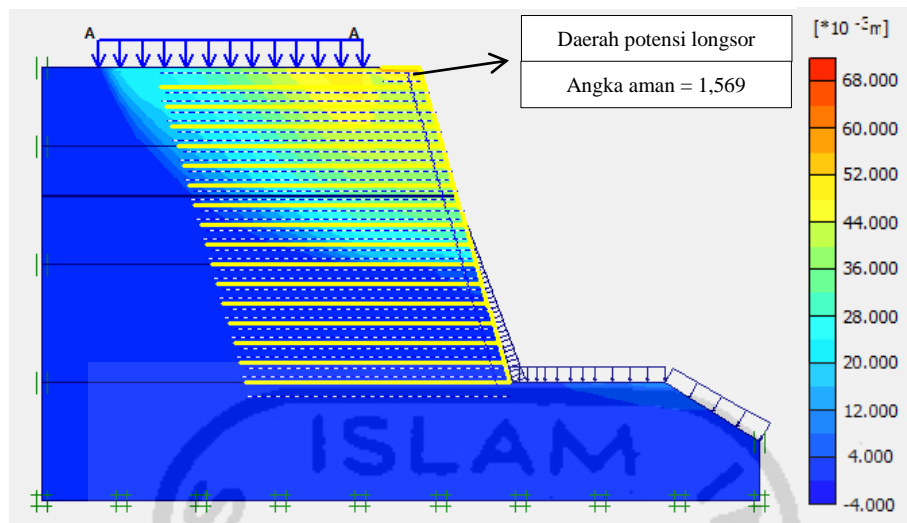
Besarnya nilai aman yang didapatkan dari analisis program Plaxis 8.2 pada lereng dengan perkuatan geotekstil dengan ketinggian muka air tanah 3,3 meter dengan beban sendiri sebesar 1,725 bisa dilihat pada Gambar 5.33, akibat beban kendaraan sebesar 1,579 bisa dilihat pada Gambar 5.34 dan beban kendaraan dan gempa sebesar 1,569 bisa dilihat pada Gambar 5.35.



Gambar 5.33 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 3,3 Meter



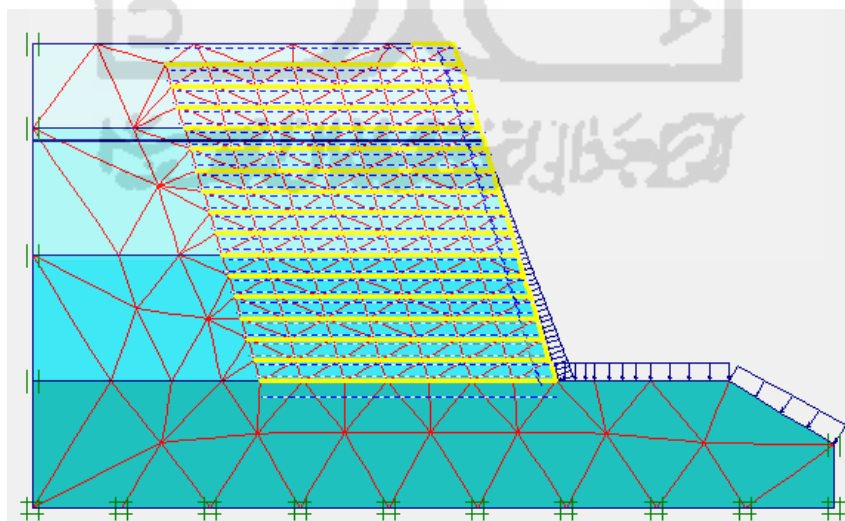
Gambar 5.34 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah 3,3 Meter



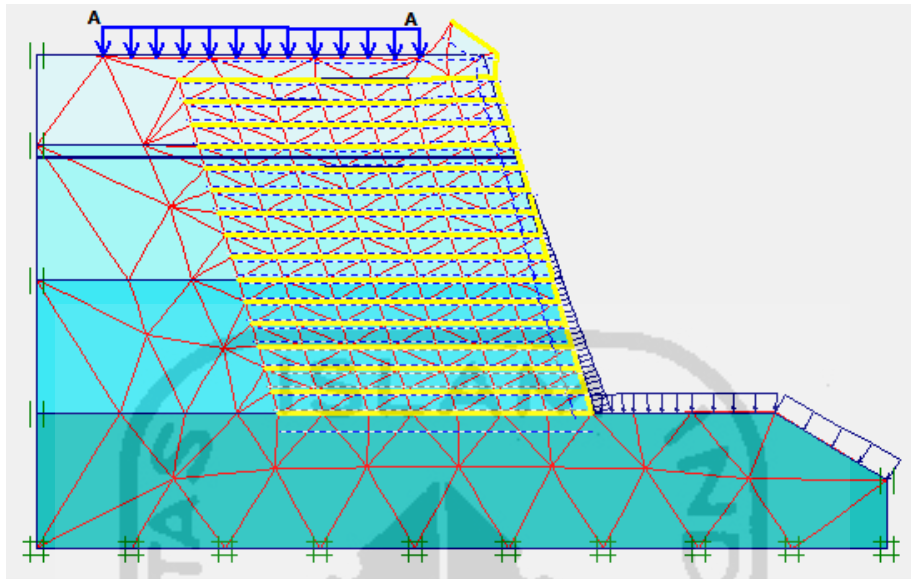
Gambar 5.35 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 3,3 Meter

4. Muka air tanah 2,3 meter

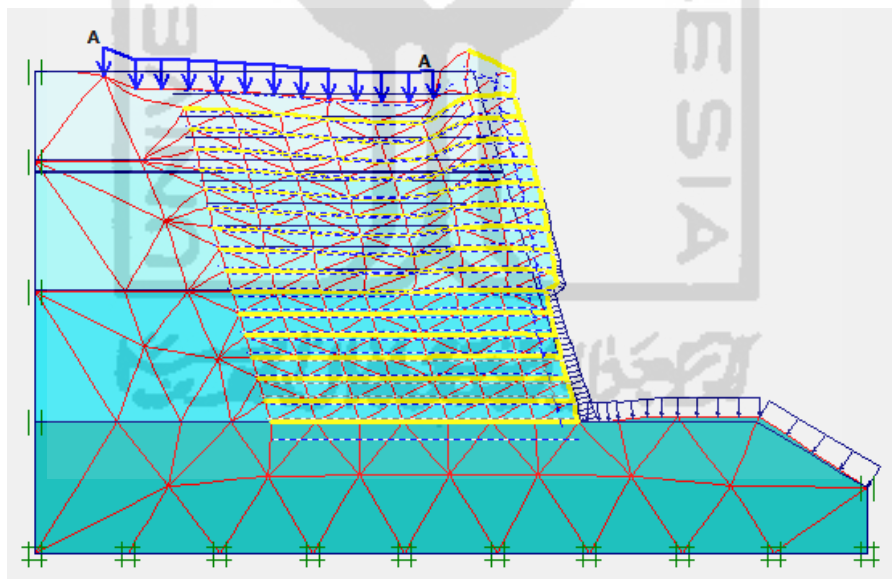
Deformation mesh tanpa beban kendaraan dan gempa dilihat pada Gambar 5.36, untuk hasil *deformation mesh* dengan beban kendaraan dilihat pada Gambar 5.37 dan *deformation mesh* dengan beban kendaraan dan gempa pada Gambar 5.38.



Gambar 5.36 Deformed Mesh pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 2,3 Meter



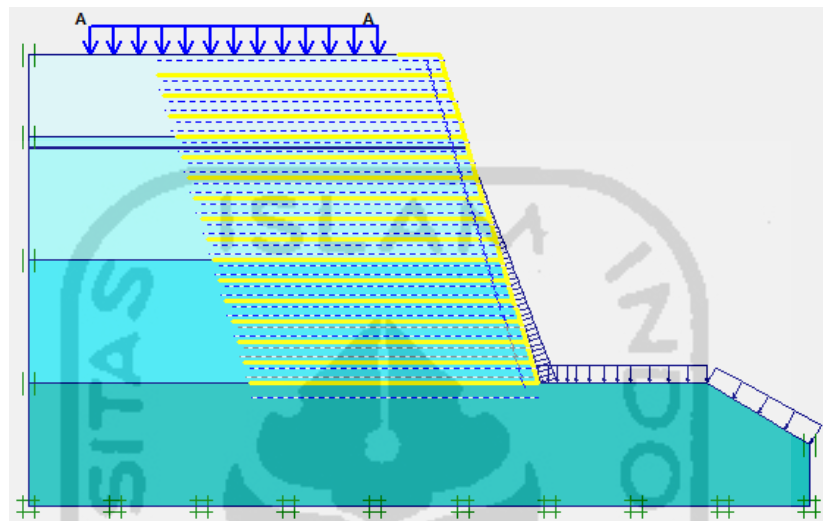
Gambar 5.37 *Deformed Mesh* pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air 2,3 Meter



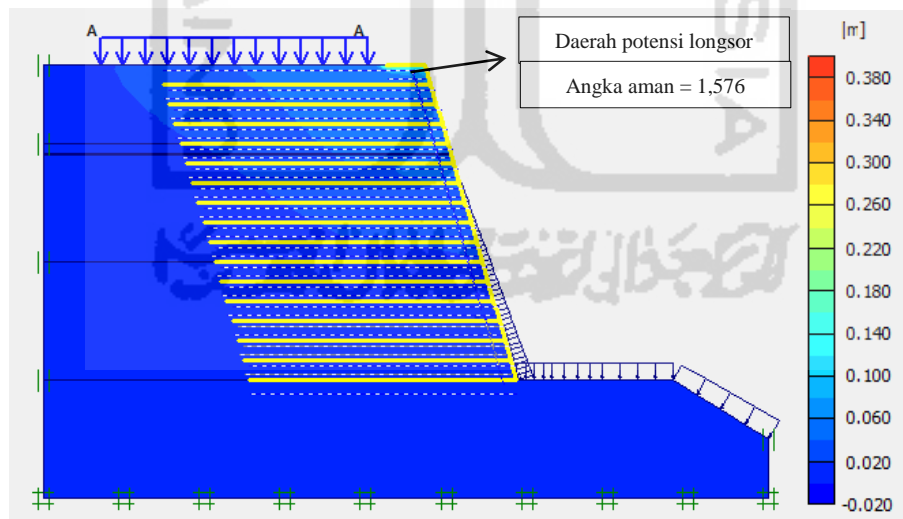
Gambar 5.38 *Deformed Mesh* pada Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 2,3 Meter

Besarnya nilai aman dari analisis program Plaxis 8.2 untuk lereng dengan perkuatan geotekstil pada muka air tanah 2,3 meter dengan beban sendiri

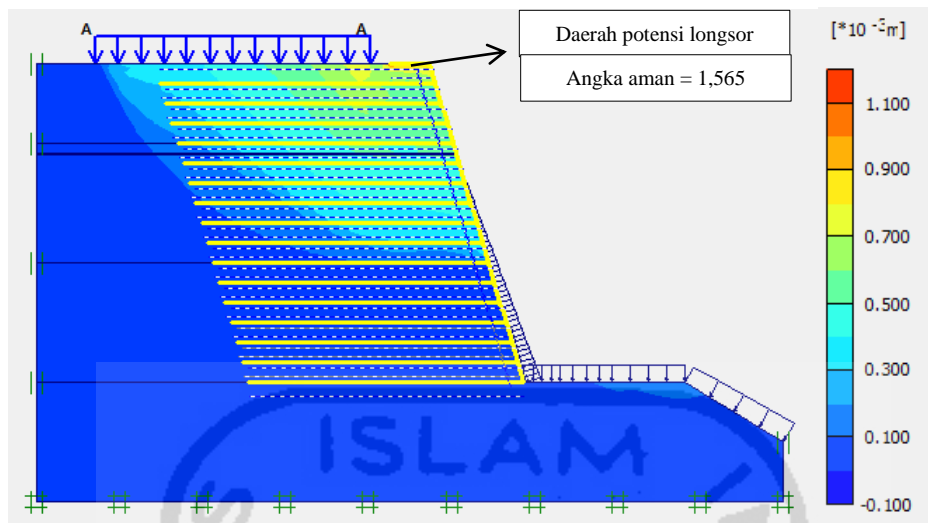
sebesar 1,645 bisa dilihat pada Gambar 5.39, akibat beban kendaraan sebesar 1.576 bisa dilihat pada Gambar 5.40 dan beban kendaraan dan gempa sebesar 1,565 bisa dilihat pada Gambar 5.41.



Gambar 5.39 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Sendiri pada Muka Air Tanah 2,3 Meter



Gambar 5.40 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan pada Muka Air Tanah 2,3 Meter



Gambar 5.41 Daerah Potensi Longsor pada Lereng Perkuatan Geotekstil dengan Beban Kendaraan dan Gempa pada Muka Air Tanah 2,3 Meter

Dari hasil analisis dengan Program Plaxis 8.2 di dapatkan angka keamanan lereng eksisting sebesar 0,998 dan rekapitulasi angka keamanan lereng dengan perkuatan geotekstil dengan variasi muka air tanah ditunjukkan oleh Table 5.7.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Analisis Plaxis 8.2 Dengan Variasi Muka Air Tanah

		Kedalaman Muka Air Tanah (m)			
		5,3	4,3	3,3	2,3
<i>Safety</i>	Beban Sendiri	1,809	1,809	1,725	1,645
<i>Factor</i>	Beban Kendaraan	1,592	1,592	1,579	1,576
<i>(SF)</i>	Beban Kendaraan dan Gempa	1,575	1,568	1,569	1,565

Pada analisis menggunakan program Plaxis, lereng eksisting dengan beban sendiri dan beban kendaraan mengalami kelongsoran atau *soil body collapse*. Hal ini menunjukkan bahwa lereng telah terjadi longsor. Namun pada perhitungan dengan Metode Irisan dengan beban sendiri, didapatkan angka keamanan sebesar 1,066. Hal ini dikarenakan tingkat ketelitian perhitungan kurang akurat. Pada lereng eksisting dengan beban kendaraan didapatkan angka kemanan lereng sebesar 0,995 yang menunjukkan bahwa lereng eksisting dengan beban kendaraan mengalami longsor.

5.5 Pembahasan

Analisis yang dilakukan pada lereng asli sebelum diberikan perkuatan dengan geotekstil menggunakan program Plaxis 8.2 mengalami kelongsoran (*soil body collapse*). Setelah di analisa dengan Metode Irisan (*Fellenius*), maka didapatkan nilai faktor keamanan lereng (*safety factor*) pada lereng tanpa beban sebesar 1,006 hal ini mengindikasikan kondisi lereng sudah kritis dan lereng dengan beban kendaraan adalah sebesar 0,995 menunjukkan lereng sudah longsor. Hal ini menunjukkan bahwa lereng tidak memenuhi persyaratan angka aman sebesar 1,5, sehingga lereng bersifat tidak aman dan terjadi kelongsoran.

Langkah selanjutnya adalah lereng dianalisis dengan diberikan perkuatan geotekstil. Hasil yang ditunjukkan oleh Plaxis 8.2 adalah adanya peningkatan nilai faktor keamanan lereng. Nilai faktor keamanan pada muka air tanah 5,3 meter dengan beban sendiri adalah sebesar 1,809, dengan beban kendaraan sebesar 1,592, serta dengan beban kendaraan kendaraan dan gempa sebesar 1,575. Nilai faktor keamanan pada muka air tanah 4,3 meter (eksistng) dengan beban sendiri adalah sebesar 1,809, dengan beban kendaraan sebesar 1,588, serta dengan beban kendaraan kendaraan dan gempa sebesar 1,569. Nilai faktor keamanan pada muka air tanah 3,3 meter dengan beban sendiri adalah sebesar 1,725, dengan beban kendaraan sebesar 1,588, serta dengan beban kendaraan kendaraan dan gempa sebesar 1,560. Nilai faktor keamanan pada muka air tanah 2,3 meter dengan beban sendiri adalah sebesar 1,645, dengan beban kendaraan sebesar 1,588, serta dengan beban kendaraan kendaraan dan gempa sebesar 1,534.

Dari analisis pada subbab 5.4 diatas, didapatkan nilai *safety factor* lereng yang cenderung menurun ketika muka air tanah naik. Hal ini disebabkan karena air tanah dapat menurunkan sifat fisik dan mekanik tanah. Kenaikan muka air tanah juga mempengaruhi tingkat tekanan pori (μ) yang berarti memperkecil ketahanan geser dari massa lereng, terutama pada material tanah (*soil*). Kenaikan muka air tanah juga dapat memperbesar debit air tanah dan meningkatkan erosi dibawah permukaan (*piping* atau *subaqueous erosion*). Akibatnya akan lebih banyak fraksi halus (*lanau*) dari masa tanah yang dihanyutkan, sehingga ketahanan massa tanah akan menurun (Bell dalam Zufialdi, 2009).

Penurunan nilai *safety factor* lereng dalam variasi ketinggian muka air tanah disebabkan karena lereng telah diberikan perkuatan dengan geotekstil. Geotekstil tersebut memiliki kemampuan untuk menahan butiran tanah dan mencegah migrasi (*piping*) butiran tanah melewati geotekstil (Hardiatmo 2008).



BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Dari studi kasus dan analisis yang telah dilakukan terhadap lereng Sta. 70+500 Jalan Banjarnegara-Wanayasa, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Terjadi kelongsoran pada lereng eksisting tanpa perkuatan geotekstil. Dalam analisis dengan program Plaxis 8.2 lereng mengalami *soil body collapse*/ runtuh sehingga nilai keamanan lereng tidak diketahui
2. Analisis untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng menggunakan metode *fellinius*/irisan. Dari analisis dengan metode irisan didapatkan nilai keamanan lereng sebesar 1,066 untuk lereng dengan beban sendiri dan 0,995 untuk lereng dengan beban sendiri dan beban gempa.
3. Nilai faktor keamanan lereng eksisting tanpa perkuatan masih dibawah syarat yang ditentukan, yaitu $>1,5$ sehingga harus di lakukan perkuatan.
4. Lereng yang diberikan perkuatan dengan geotekstil, nilai keamanannya meningkat di atas syarat yang ditentukan.
5. Lereng yang diperkuat dengan geotekstil dengan variasi muka air tanah, semakin tinggi muka air tanah nilai faktor aman mengalami penurunan namun masih di atas syarat yang ditentukan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan diatas, dapat diambil saran sebagai berikut ini.

1. Perkuatan geotekstil dapat dijadikan alternatif dalam menanggulangi kelongsoran pada jalan Banjarnegara-Wanayasa Sta. 70+500.
2. Perkerjaan drainase perlu dilakukan untuk mengalirkan air hujan yang masuk ke permukaan lereng, sehingga lereng terbebas dari genangan air.
3. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan percobaan menggunakan kemiringan dengan sudut yang lebih besar, agar permukaan lereng menjadi lebih besar sehingga dapat dilakukan pelebaran jalan.



DAFTAR PUSTAKA

- Alfanto, G., dkk., 2013, *Evaluasi Kelongsoran Pada Ruas Jalan Weleri-Sukorejo Km.55 Kab. Kendal*.
- Brinkgreve, R.B.J et al. (2007). *PLAXIS 2D–Versi 8*. Delft University of Technology and PLAXIS, Belanda.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, *Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak Panduan Geoteknik 4 : Desain dan Konstruksi*, Penerbit Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Fadly Achmad, 2010. *Studi Identifikasi Penyebab Longsor Di Botu*, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- Gusti, 2008. 49 *Daerah di Pulau Jawa Rawan Longsor*, (<https://ugm.ac.id/id/berita/95-49.daerah.di.pulau.jawa.rawan.longsor>, Diakses 1 September 2016)
- Handayani, T., dkk., 2014. *Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Menggunakan Geoslope/W 7.12*. Universitas Gunagarma. Depok.
- Hardiyatmo, H.C., 1992, *Mekanika Tanah 1*. Edisi Pertama. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 1994. *Mekanika Tanah 2*. Edisi Pertama. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi Edisi Pertama*. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2008. *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya*. Edisi Pertama. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2012. *Tanah Longsor dan Erosi*. Edisi Pertama. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

- Hariyadi, S., dkk., 2016. *Kajian Stabilitas Lereng Timbunan Pada PT. Kayan Kaltara Coal Job Site PT. Nata Energi Resources Kabupaten Bulungan Propinsi Kalimantan Utara*, Universitas Kutai Kartanegara, Kutai Kartanegara.
- Ismanti, S., 2012. *Analisis Perilaku Timbunan Dengan Perkuatan Geosintetik Menggunakan Software Plaxis*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, 2015. *Laporan Hasil Penyelidikan Tanah Pada Penanganan Longsoran Banjarnegara Wanayasa*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Khastalisti, D.P.A., 2007. *Analisa Pengaruh Gempa Terhadap Konstruksi Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven*. Universitas Bina Nusantara.
- Melo, C., dkk., 2004. *Seismic Coefficients For Pseudostatic Slope Analysis*. 13th Word Conference on Earthquake Engineering. Canada.
- Okezone, 2015, daerah rawan longsor,
(<http://news.okezone.com/read/2015/10/13/512/1230886/waspada-13-kecamatan-di-banjarnegara-rawan-longsor>). Diakses 5 september 2016)
- Rekzyanti, R, 2016. *Analisa Kestabilan Lereng Terhadap Gempa*, TEKNO Vol.14/No.66/Desember 2016, Manado.
- Suyadi, W., dkk., 2015. *Analisa Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstile Dengan Bantuan Perangkat Lunak (Studi Kasus Pada Sungai Parit Raya)*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Wardana, IG. N., 2011. *Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah dan Terasering Terhadap Perubahan Kestabilan Lereng*, Jurnal Teknik Sipil Vol.15, No.1, Januari 2011, Bali.
- Wibowo, D.A., 2016. *Pengaruh Kondisi Ekstrim Terhadap Stabilitas Internal dan Eksternal Dinding Penahan Tanah Menggunakan program Plaxis 8.2. Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.



Lampiran 1 Hasil Sondir Manual



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
 UNIVERSITAS DIPONEGORO
 SEMARANG

HASIL SONDIR MANUAL

Proyek : Penanganan Longsor di Banjarnegara - Wanayasa
 Lokasi : KM. 70+500 Ruas Jalan Banjarnegara - Wanayasa, Jawa Tengah Tgl. / Bln: 07 Januari 2015
 Titik : S. 2 (Jembatan) Team : Tatang P.

DEPTH (M)	qc kg/cm ²	qc + f kg/cm ²	Fs kg/cm ²	TF kg/cm	PR (Fs/qc) %	DEPTH (M)	qc kg/cm ²	qc + f kg/cm ²	Fs kg/cm ²	TP kg/cm	FR (Fs/qc) %
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.60					
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80					
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00					
0.60	3.00	5.00	0.20	4.00	6.67	8.20					
0.80	2.00	4.00	0.20	8.00	10.00	8.40					
1.00	2.00	4.00	0.20	12.00	10.00	8.60					
1.20	4.00	6.00	0.20	16.00	5.00	8.80					
1.40	10.00	12.00	0.20	20.00	2.00	9.00					
1.60	18.00	20.00	0.20	24.00	1.11	9.20					
1.80	3.00	6.00	0.30	30.00	10.00	9.40					
2.00	2.00	4.00	0.20	34.00	10.00	9.60					
2.20	2.00	4.00	0.20	38.00	10.00	9.80					
2.40	2.00	3.00	0.10	40.00	5.00	10.00					
2.60	2.00	3.00	0.10	42.00	5.00	10.20					
2.80	30.00	31.00	0.10	44.00	0.33	10.40					
3.00	20.00	22.00	0.20	48.00	1.00	10.60					
3.20	100.00	101.00	0.10	50.00	0.10	10.80					
3.40	158.00	160.00	0.20	54.00	0.13	11.00					
3.60	250.00					11.20					
3.80						11.40					
4.00						11.60					
4.20						11.80					
4.40						12.00					
4.60						12.20					
4.80						12.40					
5.00						12.60					
5.20						12.80					
5.40						13.00					
5.60						13.20					
5.80						13.40					
6.00						13.60					
6.20						13.80					
6.40						14.00					
6.60						14.20					
6.80						14.40					
7.00						14.60					
7.20						14.80					
7.40						15.00					

Lampiran 2 Bore Log



Laboratorium Mekanika Tanah
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro
Semarang

BORE LOG

Project : Penanganan Longsoran Banjarnegara		Location : STA. 79+500 - Jembatan Ruas Jalan Banjarnegara - Wanayasa		Bore Hole No : BH. 2 Page 1						
Date of boring	Bore Machine	Operator by	Checked by	Coordinate						
13 - 15 Januari 2015	Cacem	Andi RAS, ST	E M A T I A Z - 95	X						
Plung	Sonsonit	Date of photograph	Sample size at	Y						
			Semarang	Z						
Master bore (boreg number)	Rotary	Ground Water Depth	4.50 m	Inclination						
Number of hole	12 hole			Scale						
Date	Depth (m)	Depth (m)	Thickness (m)	sample	Symbol	Layer Typ	DESCRIPTION	Field Test		
								SPT		
								10	30	50
13 - 15 Januari 2015	0.00	2.00				LANAU kepasiran	lunak, warna coklat abu-abu			
	2.00							23		
	3.00									
	4.00		3.00			PASIR	sedikit lanau, setengah padat sampai padat, warna abu-abu			
	4.00							48		
	5.00									
	6.00					PASIR kelanauan	campur pasir, padat, warna abu-abu			
	6.00							58		
	7.00		3.00							
	8.00									
	8.00								38	
	9.00									
	10.00		3.00			LANAU kelimpungan	terisi pasir kelanauan dan batu, keras, warna abu-abu			
	10.00								48	
	11.00									
	12.00									
	12.00								60	
	13.00									
	14.00		8.00			BATU PASIR	campur pasir, warna abu-abu			
	14.00								>60	
15.00										
16.00										
16.00								>60		
17.00										
18.00										
18.00		3.00			PASIR kelanauan	padat, warna abu-abu				
18.00								>60		
19.00										
20.00		20.00				End Off Boring				
20.00								>60		
21.00										
22.00										
23.00										
24.00										
25.00										

NOTE :

Lampiran 3 Soil Test

 Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang			SOIL TEST PROYEK : Penanganan Longsoran Banjarnegara Lokasi : STA. 70+500 - Banjarnegara Ruas Jalan Banjarnegara - Wanayasa Boring : BH. 2						
No.	Boring No.	Sample Code	Depth (m)	Water Content (w) %	Specific Gravity Of Solid (Gs)	Unit weight (g/cm ³)	Dry Unit Weight (γ _s g/cm ³)	porosity (n) %	Void Ratio (e)
1	BH. 2	1	-03.50-04.00	41.64	2,6539	1,6095	1,1329	57,79	1,3891
2		2	-08.50-09.00	61.26	2,6571	1,7245	1,0651	59,89	1,4923
3		3	-19.50-20.00	32.57	2,7076	1,5358	1,1584	57,22	1,3373

كَلِمَاتُ اللَّهِ تَكُونُ لَكُمْ حُكْمًا وَمَا يَشَاءُ اللَّهُ يَفْعَلْ

Lampiran 4 *Direct Shear Test*

