



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA STABILITAS LERENG DENGAN METODE
EQUILIBRIUM STUDI KASUS LERENG CIPULARANG**

SKRIPSI

Oleh

BAYU DANANJAYA UTAMA

0606072111

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

DEPOK

JULI 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**SLOPE STABILITY ANALYSIS WITH EQUILIBRIUM
METHOD CIPULARANG IN CIPULARANG CASE STUDY**

FINAL REPORT

**BAYU DANANJAYA UTAMA
0606072111**

**FACULTY OF ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JULY 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA STABILITAS LERENG DENGAN METODE
EQUILIBRIUM STUDI KASUS LERENG CIPULARANG**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**BAYU DANANJAYA UTAMA
0606072111**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SLOPE STABILITY ANALYSIS WITH EQUILIBRIUM
METHOD CIPULARANG IN CIPULARANG CASE STUDY**

FINAL REPORT

**Submitted as one of the requirements needed to obtain the Engineer
Bachelor Degree**


BAYU DANANJAYA UTAMA

0606072111

**FACULTY OF ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JULY 2010**


HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Bayu Dananjaya Utama
NPM : 0606072111
Tanda Tangan : 
Tanggal : 05 Juli 2010

PAGE OF ORIGINALITY PRONOUNCEMENT

**I declare that this final report is the result of my own research,
and all of the references either quoted or cited here
have been stated clearly.**

**Name : Bayu Dananjaya Utama
NPM : 0606072111
Signature : 
Date : July 5th 2010**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Bayu Dananjaya Utama

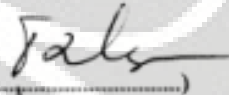
NPM : 0606072111


Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa Stabilitas Lereng Dengan Metode Equilibrium Studi Kasus
Lereng Cipularang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng (.....) 

Penguji : Ir. Widjojo A Prakoso, M.Sc, Ph.D (.....) 

Penguji : Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc (.....) 

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 05 Juli 2010


STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report is submitted by :
Name : Bayu Dananjaya Utama
NPM : 0606072111
Study Program : Civil Engineering
Title of Final Report : Slope Stability Analysis with Equilibrium
Method in Cipularang Case Study

Has been successfully defended in front of the Examiners and accepted as part of the necessary requirements to obtain Engineer Bachelor Degree in Civil Engineering Program, Faculty of Engineering, University of Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

Councilor : Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng ()

Examiner : Ir. Widjojo A Prakoso, M.Sc, Ph.D ()

Examiner : Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc ()

Approved at : Depok

Date : July 5th 2010

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng, Phd selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulisan skripsi ini serta mengajarkan cara menyusun pemikiran yang sistematis hingga skripsi ini selesai.
2. Ir. Widjojo A. Prakoso, M.Sc., Ph.D yang telah memberikan bantuan dalam permodelan dengan *software* PLAXIS V8
3. Ayah dan Ibu, Adik-Kakakku dan sahabat-sahabatku yang telah memberikan motivasi serta doa.
4. Angkatan Teknik Sipil 2006 Universitas Indonesia, terkhusus *buah anak-anak geoteknik* yang selama ini saling memberikan dukungan satu sama lain sehingga kita tetap solid .
5. Mbak Dian yang selalu membantu dan mempermudah urusan-urusan akademis.

Akhimya, dengan selesainya penulisan skripsi ini, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa mencurahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Amin.

Depok, 05 Juli 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bayu Dananjaya Utama
NPM : 0606072111
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISA STABILITAS LERENG DENGAN METODE EQUILIBRIUM
STUDI KASUS LERENG CIPULARANG**


beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 05 Juli 2010

Yang menyatakan


(Bayu Dananjaya Utama)

ABSTRAK

Nama : Bayu Dananjaya
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Analisa Stabilitas Lereng dengan Metode Equilibrium
Studi Kasus Lereng Cipularang

Jalan Tol Cikampek-Purwakarta-Padalarang melewati daerah dengan morfologi yang berbukit. Pada tanggal 29 Januari 2006, di daerah Sta 96+900 Jalan Tol Cipularang terjadi keruntuhan lereng atau longsor yang memotong badan jalan tol arah ke Bandung. Analisa Metode Equilibrium sering digunakan dalam mencari faktor keamanan lereng. Peneliti mencoba melakukan analisa mengenai faktor-faktor apa yang mempengaruhi stabilitas lereng Cipularang dengan melakukan pemodelan ke dalam software. Analisa Metode Equilibrium menggunakan software Geoslope menggunakan metode Bishop dan Janbu. Selain itu digunakan software Plaxis dua dimensi sebagai pembandingnya. Pada Geoslope dan Plaxis ini kita akan mengetahui pengaruh kenaikan muka air tanah terhadap keamanan lereng, pengaruh variasi beban pada puncak lereng terhadap keamanan lereng, dan pengaruh percepatan gempa terhadap keamanan lereng berdasarkan SNI. Nilai faktor keamanan yang didapat dari Geoslope dan Plaxis v8 hampir sama, tetapi bidang longsor yang terjadi perbedaan.

Kata kunci: analisa equilibrium, SNI, *Geoslope v5*, Cipularang, *Plaxis v8*

ABSTRACT

Name : Bayu Dananjaya
Study Program : Teknik Sipil
Title : Slope Stability Analysis with Equilibrium Cipularang
Case Study

Highway Road-Purwakarta-Padalarang passes through a hilly area with morphology. On January 29, 2006, at Sta 96 +900 Cipularang highway road slope failure occurred or landslides which cut the road toll to Bandung direction. Equilibrium Analysis Method is often used in finding the slope safety factor. Researchers try to do an analysis of what factors affect the slope stability Cipularang by doing modeling into the software. Equilibrium Method Analysis using software Geoslope Bishop and Janbu. Then for comparison, used two-dimensional Plaxis software . In the Plaxis and Geoslope, we will find the effect of ground water level rise to the stability of slopes, the effect of load variation on top of the slope to slope safety, and the influence of earthquake acceleration on slope safety Standard. Safety factor values obtained from Geoslope and Plaxis v8 is almost the same, but the field of landslides that occurred a difference.

Key Word : equilibrium analysis, SNI, *Geoslope v5*, Cipularang, *Plaxis v8*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PAGE OF ORIGINALITY PRONOUNCEMENT	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
STATEMENT OF LEGITIMATION	v
KATA PENGANTAR	vi
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup Pembahasan	3
1.3 Tujuan Penulisan	4
1.4 Sistematika Penulisan.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Tanah Dasar	6
2.1.1 Sifat-sifat fraksi tanah yang sangat halus.....	7
2.1.2 Sifat-sifat fraksi tanah berbutir kasar.....	8
2.2 Tegangan Dalam Tanah.....	9
2.2.1 Tegangan Efektif	11
2.3 Tanah Timbunan	13
2.3.1 Timbunan Biasa	13
2.3.2 Timbunan Pilihan.....	14
2.3.3 Timbunan Pilihan di atas Tanah Rawa.....	14
2.3.4 Timbunan Batu Pilihan	14
2.4 Stabilitas Lereng	15
2.4.1 Analisa untuk kasus dengan $\phi = 0$	15
2.4.2 Analisa dengan bantuan program geoslope.....	18
2.4.2.1 Program Input	18
2.4.2.2 Solving The Problem	28
2.4.2.3 Viewing The Results	29
2.4.3 Analisa dengan bantuan Plaxis.....	34
2.4.3.1 Program Input	34
2.4.3.2 Program Calculations	35
2.4.3.3 Program Output	37
2.4.3.4 Program Curve	37
2.4.3.5 Prinsip dasar Plaxis	37
2.4.3.6 Pemodelan Mohr-Coulomb pada Plaxis	39

3. METODOLOGI PENELITIAN.....	41
3.1 Pemilihan Kasus.....	41
3.2 Metode Analisa Stabilitas Lereng dengan Slope/w	51
3.2.1 Idealisasi Bentuk Geometry Lereng	52
3.2.2 Penentuan Nilai Kohesi dan Sudut Geser Tanah.....	53
3.2.3 Penentuan Tinggi Muka Air Tanah	53
3.2.4 Penentuan Besar Beban Kerja pada Lereng	53
3.2.5 Penentuan Percepatan Gempa	53
3.2.6 Analisa dan Perhitungan Stabilitas Lereng	58
3.3 Analisa Lereng dengan bantuan Plaxis	62
3.3.1 Input	62
3.3.2 Calculations	71
3.3.3 Output.....	77
3.4 Analisa dan Pengambilan Kesimpulan.....	80
4. ANALISA	81
4.1 Pemodelan Kasus	81
4.2 Slope/w	84
4.3 Hasil Analisa Kasus Slope/w Tegangan Total.....	86
4.3.1 Kondisi tanpa gempa	87
4.3.2 Kondisi dengan koefisien gempa pseudostatik $k_h = 0.12$	93
4.4 Hasil Analisa Kasus Slope/w Tegangan Efektif	99
4.4.1 Kondisi muka air normal	99
4.4.2 Kondisi muka air banjir	105
4.5 Plaxis	111
4.6 Hasil Analisa Kasus Plaxis Tegangan Total	114
4.7 Hasil Analisa Kasus Plaxis Tegangan Efektif	123
4.7.1 Kondisi muka air normal.....	123
4.7.2 Kondisi muka air banjir.....	126
4.8 Hasil Analisa dengan Slope/w dan Plaxis	130
4.8.1 Analisa Tegangan Total.....	130
4.8.1.1 Kondisi tanpa gempa	130
4.8.1.2 Kondisi dengan adanya gempa	135
4.8.2 Analisa Tegangan Efektif.....	135
4.8.2.1 Kondisi muka air normal	135
4.8.2.2 Kondisi muka air banjir	140
5. KESIMPULAN.....	146
5.1 Kesimpulan	146
5.2 Saran.....	147
DAFTAR PUSTAKA.....	148

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	SNI Gempa Indonesia.....	25
Tabel 3.1	Data Sondir Lereng Cipularang 96+900.....	42
Tabel 3.2	Parameter yang digunakan untuk analisa tegangan total.....	48
Tabel 3.3	Parameter yang digunakan untuk analisa tegangan efektif.....	49
Tabel 4.1	Data Bor dalam untuk analisa tegangan total	81
Tabel 4.2	Parameter tanah analisa tegangan total.....	82
Tabel 4.3	Data Bor dalam untuk analisa tegangan efektif	82
Tabel 4.4	Parameter tanah analisa tegangan efektif	83
Tabel 4.5	Rincian beban perkerasan dengan kondisi tanpa gempa	88
Tabel 4.6	Rincian beban perkerasan dengan kondisi tanpa gempa	90
Tabel 4.7	Rincian beban perkerasan dengan kondisi adanya koefisien gempa $k_h=0.12$	94
Tabel 4.8	Rincian beban perkerasan dengan kondisi adanya koefisien gempa $k_h=0.12$	96
Tabel 4.9	Rincian beban perkerasan dengan kondisi muka air normal.....	101
Tabel 4.10	Rincian beban perkerasan dengan kondisi muka air normal	103
Tabel 4.11	Rincian beban perkerasan dengan kondisi muka air banjir	107
Tabel 4.12	Rincian beban perkerasan dengan kondisi muka air banjir	109
Tabel 4.13	Deformasi vertikal maksimal dengan kondisi lereng tanpa beban.....	115
Tabel 4.14	Deformasi vertikal maksimal dengan kondisi adanya beban perkerasan	118
Tabel 4.15	Deformasi vertikal maksimal dengan kondisi adanya beban perkerasan dan beban ekivalen	121
Tabel 4.16	Perbandingan faktor keamanan di Slope/w dan Plaxis v.8 dengan kondisi tanpa adanya gempa	130
Tabel 4.17	Faktor keamanan di Slope/w dengan kondisi adanya koefisien gempa $k_h=0.12$	135
Tabel 4.18	Perbandingan faktor keamanan di Slope/w dan Plaxis v.8 dengan kondisi muka air normal	135

Tabel 4.19 Perbandingan faktor keamanan di Slope/w dan Plaxis v.8 dengan kondisi muka air banjir 140



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rentang ukuran partikel British Standard	6
Gambar 2.2	Bagan plastisitas	7
Gambar 2.3	Interpretasi tegangan tanah	10
Gambar 2.4	Tegangan Efektif	12
Gambar 2.5	Bidang gelincir keruntuhan lereng	17
Gambar 2.6	General Setting pada Geoslope	19
Gambar 2.7	Menu menyimpan data di Geoslope	20
Gambar 2.8	Sketch Line pada Geoslope	20
Gambar 2.9	Gambar lereng pada geoslope	21
Gambar 2.10	Metode yang digunakan dalam Geoslope	21
Gambar 2.11	Menu Pore Water Pressure.....	22
Gambar 2.12	Direction Movement	22
Gambar 2.13	Soil Properties di Geoslope.....	23
Gambar 2.14	Draw Lines	23
Gambar 2.15	Draw Lines	23
Gambar 2.16	Lapisan tanah yang berbeda	24
Gambar 2.17	Input percepatan gempa di Geoslope.....	25
Gambar 2.18	Draw Piezometric Lines	26
Gambar 2.19	Lereng dengan garis muka air tanah	26
Gambar 2.20	Slip Surface Radius	27
Gambar 2.21	Slip Surface Grid	28
Gambar 2.22	Solve Button	28
Gambar 2.23	Faktor keamanan dari berbagai metode	29
Gambar 2.24	Hasil perhitungan Faktor keamanan	29
Gambar 2.25	Contour button.....	29
Gambar 2.26	Selubung keruntuhan dan Nilai faktor keamanan pada lereng	30
Gambar 2.27	Kontur Faktor keamanan.....	30
Gambar 2.28	Slice Forces.....	31
Gambar 2.29	Gaya yang terjadi pada geoslope.....	31

Gambar 2.30	Regangan bidang dan axi-simetri	38
Gambar 3.1	Data bor dalam dan Nilai N-SPT	44
Gambar 3.2	Pemodelan lereng timbunan di geoslope.....	47
Gambar 3.3	Pemodelan lereng timbunan di plaxis	48
Gambar 3.4	Bagan Alir Penelitian.....	50
Gambar 3.5	Tampilan awal software Slope/w.....	51
Gambar 3.6	Kondisi eksisting.....	52
Gambar 3.7	SNI Gempa Indonesia	54
Gambar 3.8	Bagan Alir analisa Slope/w	50
Gambar 3.9	Metode analisa yang digunakan Slope/w	56
Gambar 3.10	Penentuan Pore Water Pressure	57
Gambar 3.11	Geometri lereng	57
Gambar 3.12	Soil Properties.....	58
Gambar 3.13	Input beban perkerasan dan beban ekivalen.....	58
Gambar 3.14	Menggambar garis piezometric pada pemodelan	59
Gambar 3.15	Draw slip surfcae radius.....	59
Gambar 3.16	Draw slip surfcae grid.....	59
Gambar 3.17	Solving problem berupa nilai faktor keamanan	60
Gambar 3.18	Bidang longsor yang terjadi	61
Gambar 3.19	General model yang dipakai.....	62
Gambar 3.20	Penentuan satuan pada Plaxis.....	63
Gambar 3.21	Geometri lereng	63
Gambar 3.22	Material Sets.....	64
Gambar 3.23	General tanah timbunan	65
Gambar 3.24	Parameter tanah timbunan	65
Gambar 3.25	General tanah lempung lanau	66
Gambar 3.26	Parameter tanah lempung lanau.....	66
Gambar 3.27	General tanah lempung keras	67
Gambar 3.28	Parameter tanah lempung keras	67
Gambar 3.29	General tanah bedrock.....	68
Gambar 3.30	Parameter tanah bedrock	68
Gambar 3.31	Beban perkerasan berupa beban terbagi rata	69

Gambar 3.32 Beban perkerasan dan beban ekivalen berupa beban terbagi rata.....	69
Gambar 3.33 Boundary Conditions (standard fixities)	69
Gambar 3.34 Mesh generation	70
Gambar 3.35 Initial pore pressure	70
Gambar 3.36 K0-prosedure	71
Gambar 3.37 General phase 1	72
Gambar 3.38 Multipliers phase 1 dengan Mweight =1	73
Gambar 3.39 Parameter phase 2.....	73
Gambar 3.40 Parameter phase 3 sampai 13	74
Gambar 3.41 MAT lereng dibuat pada phase ke -14.....	74
Gambar 3.42 Aktivasi beban perkerasan dan beban ekivalen.....	75
Gambar 3.43 General phase ke 18-31.....	75
Gambar 3.44 Multipliers phase ke 18-31	76
Gambar 3.45 Titik tinjau lereng timbunan.....	76
Gambar 3.46 Hasil calculation	77
Gambar 3.47 Output dari lereng timbunan	77
Gambar 3.48 Calculation info untuk melihat faktor keamanan	78
Gambar 3.49 Bagan analisis Plaxis v.8.....	79
Gambar 4.1 Pemodelan geometrik Slope/w	85
Gambar 4.2 Input Parameter tanah Slope/w.....	85
Gambar 4.3 Metode keseimbangan yang digunakan Slope/w	86
Gambar 4.4.a Kondisi lereng tanpa beban dan tanpa gempa di Slope/w.....	87
Gambar 4.4.b Nilai faktor keamanan tanpa beban dan tanpa gempa di Slope/w.....	87
Gambar 4.4.c Bidang longsor yang terjadi tanpa beban dan tanpa gempa di Slope/w	88
Gambar 4.5.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan dan tanpa gempa di Slope/w	89
Gambar 4.5.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan dan tanpa gempa di Slope/w	89

Gambar 4.5.c Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan dan tanpa gempu di Slope/w.....	90
Gambar 4.6.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan,beban ekuivalen, dan tanpa gempu di Slope/w.....	91
Gambar 4.6.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan,beban ekuivalen, dan tanpa gempu di Slope/w.....	92
Gambar 4.6.c Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan,beban ekuivalen, dan tanpa gempu di Slope/w.....	92
Gambar 4.7.a Kondisi lereng tanpa beban dan koefisien gempu $k_h=0.12$ di Slope/w.....	93
Gambar 4.7.b Nilai faktor keamanan tanpa beban dan koefisien gempu $k_h=0.12$ di Slope/w.....	93
Gambar 4.7.c Bidang longsor yang terjadi tanpa beban dan koefisien gempu $k_h=0.12$ di Slope/w.....	94
Gambar 4.8.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan dan koefisien gempu $k_h=0.12$ di Slope/w.....	95
Gambar 4.8.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan dan koefisien gempu $k_h=0.12$ di Slope/w.....	95
Gambar 4.8.c Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan dan koefisien gempu $k_h=0.12$ di Slope/w.....	96
Gambar 4.9.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan,beban ekuivalen, dan koefisien gempu $k_h=0.12$ di Slope/w.....	97
Gambar 4.9.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan,beban ekuivalen, dan koefisien gempu $k_h=0.12$ di Slope/w.....	98
Gambar 4.9.c Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan,beban ekuivalen, dan koefisin gempu $k_h=0.12$ di Slope/w.....	98
Gambar 4.10.aKondisi lereng tanpa beban dan muka air normal di Slope/w.....	99
Gambar 4.10.bNilai faktor keamanan tanpa beban dan muka air normal di Slope/w.....	100
Gambar 4.10.cBidang longsor yang terjadi tanpa beban dan muka air normal di Slope/w.....	100

Gambar 4.11.a	Kondisi lereng dengan beban perkerasan dan muka air normal di Slope/w.....	101
Gambar 4.11.b	Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan dan muka air normal di Slope/w.....	102
Gambar 4.11.c	Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan dan muka air normal di Slope/w.....	102
Gambar 4.12.a	Kondisi lereng dengan beban perkerasan,beban ekivalen,dan muka air normal di Slope/w.....	104
Gambar 4.12.b	Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan,beban ekivalen,dan muka air normal di Slope/w.....	104
Gambar 4.12.c	Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan,beban ekivalen,dan muka air normal di Slope/w.....	105
Gambar 4.13.a	Kondisi lereng tanpa beban dan muka air banjir di Slope/w.....	105
Gambar 4.13.b	Nilai faktor keamanan tanpa beban dan muka air banjir di Slope/w.....	106
Gambar 4.13.c	Bidang longsor yang terjadi tanpa beban dan muka air banjir di Slope/w.....	106
Gambar 4.14.a	Kondisi lereng dengan beban perkerasan dan muka air banjir di Slope/w.....	107
Gambar 4.14.b	Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan dan muka air banjir di Slope/w.....	108
Gambar 4.14.c	Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan dan muka air banjir di Slope/w.....	108
Gambar 4.15.a	Kondisi lereng dengan beban perkerasan,beban ekivalen,dan muka air banjir di Slope/w.....	110
Gambar 4.15.b	Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan,beban ekivalen,dan muka air banjir di Slope/w.....	110
Gambar 4.15.c	Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan,beban ekivalen,dan muka air banjir di Slope/w.....	111
Gambar 4.16	Pemodelan geometrik pada Input Plaxis.....	112
Gambar 4.17.a	Input parameter tanah pada Plaxis.....	113

Gambar 4.17.b	Input parameter tanah pada Plaxis	113
Gambar 4.18	Tipe Perhitungan pada Plaxis	114
Gambar 4.19	Kondisi Lereng Cipularang tanpa beban pada Plaxis	114
Gambar 4.20	Peningkatan nilai deformasi vertikal maksimal kondisi lereng tanpa beban	115
Gambar 4.21	Bentuk busur kelongsoran lereng dengan kondisi lereng tanpa beban	116
Gambar 4.22	Nilai Faktor keamanan hasil analisa Plaxis dengan kondisi tanpa beban	116
Gambar 4.23	Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan pada Plaxis.....	117
Gambar 4.24	Peningkatan nilai deformasi vertikal maksimal dengan kondisi beban perkerasan pada Plaxis.....	118
Gambar 4.25	Bentuk busur kelongsoran lereng dengan kondisi beban perkerasan.....	119
Gambar 4.26	Nilai Faktor keamanan hasil analisa Plaxis dengan kondisi beban perkerasan.....	119
Gambar 4.27	Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan dan beban ekuivalen pada Plaxis perkerasan	120
Gambar 4.28	Peningkatan nilai deformasi vertikal maksimal dengan beban perkerasan dan ekuivalen pada Plaxis.....	121
Gambar 4.29	Bentuk Busur Kelongsoran lereng dengan kondisi beban perkerasan dan ekuivalen pada Plaxis.....	122
Gambar 4.30	Nilai Faktor keamanan hasil analisa Plaxis dengan beban perkerasan dan beban ekuivalen	122
Gambar 4.31	Kondisi Lereng Cipularang tanpa beban dan muka air normal	123
Gambar 4.32	Bentuk busur kelongsoran lereng dengan kondisi lereng tanpa beban dan muka air normal	124
Gambar 4.33	Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan dan muka air normal	124

Gambar 4.34	Bentuk busur kelongsoran lereng dengan beban perkerasan dan muka air normal pada Plaxis.....	125
Gambar 4.35	Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan,beban ekivalen, dan muka air normal pada Plaxis	125
Gambar 4.36	Bentuk busur kelongsoran lereng dengan beban perkerasan,beban ekivalen, dan muka air normal pada Plaxis	126
Gambar 4.37	Kondisi Lereng Cipularang tanpa beban dan muka air banjir pada Plaxis.....	126
Gambar 4.38	Bentuk busur kelongsoran lereng tanpa beban dan muka air banjir pada Plaxis.....	127
Gambar 4.39	Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan dan muka air banjir pada Plaxis.....	127
Gambar 4.40	Bentuk busur kelongsoran dengan beban perkerasan dan muka air banjir pada Plaxis.....	128
Gambar 4.41	Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan, beban ekivalen, dan muka air banjir pada Plaxis	128
Gambar 4.42	Bentuk busur kelongsoran dengan beban perkerasan, beban ekivalen, dan muka air banjir pada Plaxis	129
Gambar 4.44	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan tanpa beban di Slope/w	130
Gambar 4.45	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan tanpa beban di Plaxis	131
Gambar 4.46	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan di Slope/w.....	132
Gambar 4.47	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan di Plaxis.....	132
Gambar 4.48	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa, adanya beban perkerasan,dan adanya beban ekivalen di Slope/w	133
Gambar 4.49	Bentuk bidang longsor lereng dengan tanpa adanya gempa, adanya beban perkerasan,dan adanya beban ekivalen di Plaxis.....	134

Gambar 4.50	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan tanpa beban di Slope/w	136
Gambar 4.51	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan tanpa beban di Plaxis	136
Gambar 4.52	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan adanya beban perkerasan di Slope/w.....	137
Gambar 4.53	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan adanya beban perkerasan di Plaxis.....	138
Gambar 4.54	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal, adanya beban perkerasan,dan adanya beban ekivalen di Slope/w	139
Gambar 4.55	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal, adanya beban perkerasan,dan adanya beban ekivalen di Plaxis.....	139
Gambar 4.56	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban di Slope/w	141
Gambar 4.57	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban di Plaxis.....	141
Gambar 4.58	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan adanya beban perkerasan di Slope/w	142
Gambar 4.59	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan adanya beban perkerasan di Plaxis	143
Gambar 4.60	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir, adanya beban perkerasan,dan adanya beban ekivalen di Slope/w	144
Gambar 4.61	Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir, adanya beban perkerasan ,dan adanya beban ekivalen di Plaxis.....	144

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A (Gambar-gambar)	149
Gambar A.1 Deformasi Kondisi Awal	150
Gambar A.2 Deformasi Tahap 1	150
Gambar A.3 Deformasi Tahap 2	151
Gambar A.4 Deformasi Tahap 3	151
Gambar A.5 Deformasi Tahap 4	151
Gambar A.6 Deformasi Tahap 5	152
Gambar A.7 Deformasi Tahap 6	152
Gambar A.8 Deformasi Tahap 7.....	152
Gambar A.9 Deformasi Tahap 8.....	153
Gambar A.10 Deformasi Tahap 9.....	153
Gambar A.11 Deformasi Tahap 10.....	153
Gambar A.12 Deformasi Tahap 11	154
Gambar A.13 Deformasi Tahap 12	154
Gambar A.14 Bentuk busur kelongsoran tahap 1	155
Gambar A.15 Bentuk busur kelongsoran tahap 2.....	155
Gambar A.16 Bentuk busur kelongsoran tahap 3	155
Gambar A.17 Bentuk busur kelongsoran tahap 4	156
Gambar A.18 Bentuk busur kelongsoran tahap 5	156
Gambar A.19 Bentuk busur kelongsoran tahap 6	156
Gambar A.20 Bentuk busur kelongsoran tahap 7	157
Gambar A.21 Bentuk busur kelongsoran tahap 8	157
Gambar A.22 Bentuk busur kelongsoran tahap 9	157
Gambar A.23 Bentuk busur kelongsoran tahap 10	158
Gambar A.24 Bentuk busur kelongsoran tahap 11	158
Gambar A.25 Deformasi Kondisi Awal	158
Gambar A.26 Deformasi Tahap 1	159
Gambar A.27 Deformasi Tahap 2	159
Gambar A.28 Deformasi Tahap 3	159
Gambar A.29 Deformasi Tahap 4	160
Gambar A.30 Deformasi Tahap 5	160

Gambar A.31 Deformasi Tahap 6.....	160
Gambar A.32 Deformasi Tahap 7	161
Gambar A.33 Deformasi Tahap 8	161
Gambar A.34 Deformasi Tahap 9	161
Gambar A.35 Deformasi Tahap 10	162
Gambar A.36 Deformasi Tahap 11	162
Gambar A.37 Deformasi Tahap 12	162
Gambar A.38 Deformasi Tahap 13	163
Gambar A.39 Bentuk busur kelongsoran tahap 1	163
Gambar A.40 Bentuk busur kelongsoran tahap 2	163
Gambar A.41 Bentuk busur kelongsoran tahap 3	164
Gambar A.42 Bentuk busur kelongsoran tahap 4	164
Gambar A.43 Bentuk busur kelongsoran tahap 5	164
Gambar A.44 Bentuk busur kelongsoran tahap 6	165
Gambar A.45 Bentuk busur kelongsoran tahap 7	165
Gambar A.46 Bentuk busur kelongsoran tahap 8	165
Gambar A.47 Bentuk busur kelongsoran tahap 9	166
Gambar A.48 Bentuk busur kelongsoran tahap 10.....	166
Gambar A.49 Bentuk busur kelongsoran tahap 11	166
Gambar A.50 Bentuk busur kelongsoran tahap 12.....	167
Gambar A.51 Deformasi Kondisi Awal	167
Gambar A.52 Deformasi Tahap 1	168
Gambar A.53 Deformasi Tahap 2	168
Gambar A.54 Deformasi Tahap 3.....	168
Gambar A.55 Deformasi Tahap 4	169
Gambar A.56 Deformasi Tahap 5	169
Gambar A.57 Deformasi Tahap 6	169
Gambar A.58 Deformasi Tahap 7	170
Gambar A.59 Deformasi Tahap 8	170
Gambar A.60 Deformasi Tahap 9	170
Gambar A.61 Deformasi Tahap 10.....	171
Gambar A.62 Deformasi Tahap 11	171

Gambar A.63 Deformasi Tahap 12	171
Gambar A.64 Deformasi Tahap 13	172
Gambar A.65 Bentuk busur kelongsoran tahap 1	172
Gambar A.66 Bentuk busur kelongsoran tahap 2	172
Gambar A.67 Bentuk busur kelongsoran tahap 3	173
Gambar A.68 Bentuk busur kelongsoran tahap 4	173
Gambar A.69 Bentuk busur kelongsoran tahap 5	173
Gambar A.70 Bentuk busur kelongsoran tahap 6	174
Gambar A.71 Bentuk busur kelongsoran tahap 7	174
Gambar A.72 Bentuk busur kelongsoran tahap 8	174
Gambar A.73 Bentuk busur kelongsoran tahap 9	175
Gambar A.74 Bentuk busur kelongsoran tahap 10	175
Gambar A.75 Bentuk busur kelongsoran tahap 11	175
Gambar A.76 Bentuk busur kelongsoran tahap 12	176
Gambar A.77 Bentuk busur kelongsoran tahap 13	176
Gambar A.78 Jalan tol Cipularang arah Bandung	177
Gambar A.79 Jalan tol Cipularang arah Bandung	177
Gambar A.80 Jalan tol Cipularang arah Bandung	178
Gambar A.81 Jalan tol Cipularang arah Bandung	178
Gambar A.82 Jalan tol Cipularang arah Jakarta	179

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Jalan Tol Cikampek-Purwakarta-Padalarang melewati daerah dengan morfologi yang berbukit. Pada tanggal 29 Januari 2006, di daerah Sta 96+800 Jalan Tol Cipularang terjadi keruntuhan lereng atau longsor yang memotong badan jalan tol arah ke Bandung (Jalur A). Awalnya telah teridentifikasi retakan pada hari Selasa tanggal 13 Desember 2005 di daerah sekitar Sta. 96+800 Jalur A. Pada tanggal 29 Januari 2006, jalan tol Cipularang arah ke Bandung ditutup untuk diperbaiki karena terjadi keruntuhan lereng. Lokasi terjadinya Longsoran di Sta. 96+800 Jalur A berada di daerah Lebak Ater. Sebagai seorang Geotechnical engineer kita harus mampu memecahkan masalah keruntuhan lereng terutama pada lokasi Sta 96+800 jalan tol Cipularang untuk mencegah terjadinya korban jiwa dan mengganggu kenyamanan pengguna Jalan tol Cipularang. Seorang engineer menggunakan program komputer untuk membantu menyelesaikan masalah keruntuhan lereng. Tetapi Seorang engineer harus menggunakan pikiran sehat dan pertimbangan yang masuk akal apabila menginterpretasikan hasil-hasil komputer. Penyalahgunaan dapat diakibatkan dari penggunaan data masukan yang tidak benar, kurang mengenal terhadap anggapan atau batasan-batasan dari program komputer, atau terlalu terlibat dalam keruwetan analisis matematis sehingga tidak mengindahkan soal sebenarnya atau prinsip-prinsip dasar ketika merencanakan pembangunan lereng. Pertimbangan engineering yang baik harus digunakan dalam memilih parameter-parameter analisis, dan output harus diinterpretasikan dengan pengetahuan yang memadai. Peran komputer adalah untuk menyediakan kemampuan menghitung lebih tinggi dan tidak menghapuskan kebutuhan akan pertimbangan serta pengalaman engineering.

Kondisi lereng Cipularang yang curam mengakibatkan pembangunan timbunan tidak dapat dilaksanakan secara sekaligus, oleh karena itu pembangunan timbunan umumnya dilaksanakan secara bertahap hingga mencapai tinggi yang

direncanakan. Tanah dasar dan tanah timbunan yang memiliki nilai permeabilitas rendah memerlukan waktu yang lama agar air pori dan udara dapat keluar dari rongga tanah sampai tekanan air pori berlebih benar-benar hilang (proses disipasi). Waktu timbunan yang relatif pendek dan digunakannya jenis tanah yang nilai permeabilitasnya kecil seperti lempung, membuat kondisi tanah timbunan dan tanah dasar tidak mengalami proses disipasi. Proses disipasi ini pada umumnya akan selesai sesudah pelaksanaan pembangunan selesai dengan penurunan tekanan air pori sampai nilai akhir dalam jangka yang cukup panjang. Ini berarti faktor keamanan sebuah timbunan pada akhir pelaksanaan pembangunan akan lebih kecil dari pada faktor keamanan dalam jangka panjang, dimana pada jangka panjang kondisi tanah telah termampatkan sehingga konstruksi cenderung stabil. Penambahan beban secara bertahap pada proses timbunan tanah akan menyebabkan perubahan tegangan tanah dan penurunan atau deformasi.

Mulai dari awal proses timbunan sampai pelaksanaan timbunan tanah itu selesai, pada masa itu pula proses disipasi belum selesai. Ini berarti kondisi tanah masih dalam keadaan jenuh air (un-drained). Kondisi undrained ini akan menggunakan analisis tegangan total. Dalam analisis tegangan total di penelitian ini meliputi pengaruh beban perkerasan, beban ekivalen, dan beban gempa terhadap keamanan lereng. Setelah itu lereng sudah mengalami disipasi air pori sehingga lereng tersebut dalam kondisi stabil. Ini berarti kondisi tanah dalam keadaan drained. Kondisi drained akan menggunakan analisa tegangan efektif. Dalam analisis tegangan efektif di penelitian ini meliputi pengaruh beban perkerasan, beban ekivalen, dan naiknya muka air tanah.

Banyak metode yang dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas timbunan (lereng), dan metode yang paling umum dari analisis stabilitas lereng didasarkan atas batas keseimbangan. Pada analisis jenis ini faktor aman mengenai stabilitas dari lereng diestimasikan dengan menguji kondisi keseimbangan pada saat terhitung keruntuhan tepat mulai terjadi sepanjang suatu bidang runtuh yang semula ditetapkan, dan kemudian memperbandingkan antara kekuatan yang diperlukan untuk mempertahankan keseimbangan terhadap kekuatan dari tanah.

Perhitungan untuk menganalisis stabilitas lereng dan deformasi tanah secara bertahap dengan perhitungan manual dapat menyita waktu. Saat ini banyak muncul berbagai jenis aplikasi software untuk perhitungan mekanika tanah, maka lebih mudah bagi pengguna untuk menganalisis berbagai macam kondisi tanah dengan cepat. Program yang digunakan adalah Geoslope dan Plaxis v8.

1.2 Ruang Lingkup Pembahasan

Dalam penulisan skripsi ini, penulis ingin menekankan permasalahan yaitu analisa lereng Jalan Tol Cipularang di daerah Sta 96+900 dengan bantuan program Geoslope. Dengan menganalisa lereng Jalan Tol Cipularang di daerah Sta 96+900 maka kita dapat Penulis membatasi masalah yang akan dibahas meliputi bentuk geometris, sudut lereng, dan perbandingan kedalaman tanah keras dengan tinggi lereng yang ditentukan, agar dapat dilakukan pemecahan masalah dengan baik. Adapun material lereng yang dipakai merupakan studi parameter tanah, dimana jenis material dan nilainya ditentukan dari literatur yang ada, yaitu tanah lempung.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

- 1 Memodelkan kondisi yang terjadi kedalam program Plaxis untuk mendapatkan nilai deformasi dan perubahan faktor keamanan yang terjadi pada tahapan-tahapan pekerjaan timbunan tanah (selama masa konstruksi) untuk analisa tegangan total (beban perkerasan dan beban ekuivalen).
- 2 Memodelkan kondisi analisa tegangan total (beban perkerasan dan beban ekuivalen) dan analisa tegangan efektif (kenaikan muka air tanah,beban perkerasan, dan beban ekuivalen) yang terjadi kedalam program Plaxis dan mengamati bentuk kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan.
- 3 Memodelkan kondisi analisa tegangan total (beban perkerasan, beban ekuivalen, dan percepatan gempa) dan analisa tegangan efektif (kenaikan muka air tanah,beban perkerasan, dan beban ekuivalen) yang terjadi kedalam program Geoslope dan mengamati bentuk kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan
- 4 Mengambil kesimpulan dari kondisi yang terjadi di lereng cipularang tentang pengaruh kenaikan muka air tanah,beban perkerasan,beban ekuivalen, dan percepatan gempa pada plaxis dan geoslope.
- 5 Mempresentasikan hasil kesimpulan pengaruh beban perkerasan,beban ekuivalen,muka air tanah, dan beban gempa pada stabilitas lereng bantuan program multimedia.

1.4 Sistematika Penulisan

Metode Penulisan dalam skripsi ini dibagi dalam enam bab yaitu :

Pada BAB I :Berisikan Pendahuluan yang memuat latar belakang permasalahan, ruang lingkup penulisan, tujuan penulisan dan sistematika penulisan.

Pada BAB II :Bab ini berisi pembahasan mengenai teori kestabilan lereng, metode analisa kestabilan lereng Menjelaskan landasan teori tentang tanah, hal-hal yang berhubungan dengan stabilitas lereng dan tentang program yang digunakan yaitu Slope/w v.5 dan Plaxis v8

Pada BAB III : Menjelaskan masalah metodologi tahapan pengerjaan skripsi.

Pada BAB IV :Analisa Stabilitas lereng Cipularang menggunakan software Slope v.5 dan Plaxis v8 .

Pada BAB V : Berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisis yang telah diperoleh.

Daftar Pustaka

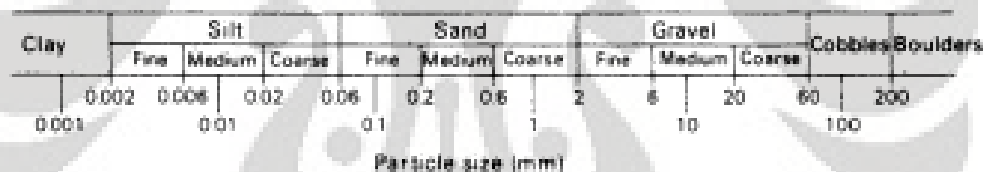
Lampiran

BAB II

Tinjauan pustaka

2.1 Karakteristik Tanah Dasar

Ukuran partikel tanah sangat beragam, yaitu antara lebih besar dari 100 mm sampai kurang dari 0,001 mm. Pada gambar 2.1 adalah rentang ukuran partikel tanah berdasarkan British Standard. Dalam gambar tersebut, istilah lempung (clay), lanau (silt) dan lain-lain hanya dipakai untuk mendeskripsikan ukuran partikel pada batas-batas tertentu. Tetapi istilah yang sama juga dipakai untuk mendeskripsikan jenis tanah penting yang lain. Sebagai contoh ; lempung adalah salah satu tanah yang memiliki kohesi dan plastisitas seta ukuran partikelnya termasuk dalam rentang ukuran '*lempung-lanau*', lihat gambar dibawah ini. Jika proporsi lanau cukup besar, tanah tersebut dapat dikatakan sebagai lempung kelanauan (*silty clay*).



Gambar 2.1 Rentang ukuran partikel British Standard (R.F.Craig,1991)

Pada umumnya, jenis tanah terdiri dari campuran berbagai rentang ukuran, dan biasanya lebih dari dua rentang ukuran. Namun partikel yang berukuran lempung tidak selalu merupakan mineral lempung, bubuk batu yang paling halus mungkin berukuran partikel lempung. Jika mineral lempung terdapat pada suatu tanah, biasanya akan dapat mempengaruhi sifat tanah, meskipun persentasenya tidak terlalu besar.

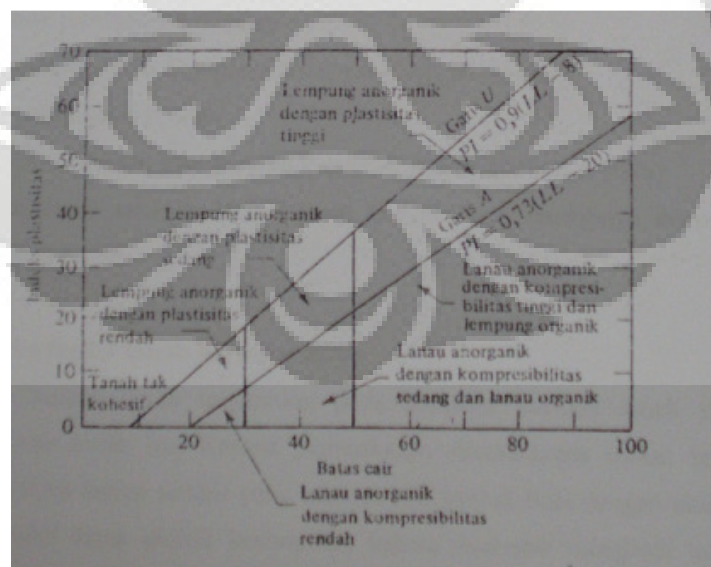
Secara umum, tanah disebut kohesif bila partikel-partikelnya yang saling melekat setelah dibasahi, kemudian dikeringkan maka diperlukan gaya yang cukup besar untuk meremas tanah tersebut, ini tidak termasuk tanah yang partikel-partikelnya saling melekat ketika dibasahi akibat tegangan permukaan.

Tanah yang partikelnya terdiri dari rentang ukuran kerikil dan pasir disebut tanah berbutir kasar (*coarse grained*). Sebaliknya, bila partikelnya kebanyakan berukuran partikel lempung dan lanau, disebut tanah berbutir halus (*fine grained*).

2.1.1 Sifat-sifat fraksi tanah yang sangat halus

Sifat-sifat fraksi tanah secara agak luas sangat bergantung pada karakteristik dari mineral. Fraksi yang semakin halus secara berturut-turut membentuk endapan dengan porositas yang semakin tinggi. Fraksi kasar kuarsa tidak memiliki kohesi sama sekali, tetapi semakin berkurang ukuran butiran kuarsa berarti akan semakin bertambah sifat kohesi kuarsa tersebut, meskipun begitu, fraksi terhalus sekalipun tidak menunjukkan keplastisan, yaitu kemampuan mengalami proses “penggulungan” dalam suatu batasan-batasan kadar air tertentu.

Berbeda dengan fraksi lempung yang memiliki kedua sifat baik itu kohesi maupun plastis. Sifat plastis dari suatu tanah disebabkan oleh air yang terserap disekeliling permukaan partikel lempung (adsorbed water), maka dapat diharapkan bahwa tipe dan jumlah mineral lempung yang dikandung dalam suatu tanah akan mempengaruhi batas cair tanah yang bersangkutan. Gambar 2.2 dibawah ini menunjukkan nilai indeks plastisitas dari lempung dan lanau.



Gambar 2.2 Bagan plastisitas (Braja M.Das, 1991)

Dalam Gambar 2.2 terlihat bahwa ada suatu garis di atas garis A yang dinamakan garis U. Garis U ini merupakan batas atas perkiraan dari hubungan antara indeks plastisitas dan batas cair untuk semua tanah yang telah ditemukan selama ini. Persamaan garis U dapat dituliskan sebagai berikut :

$$PI=0,9(LL-8)$$

Pemakaian yang lain dari garis A dan Garis U adalah untuk menentukan batas susut tanah, seperti telah disarankan oleh Casagrande bahwa apabila indeks plastisitas dan batas cair dari suatu tanah diketahui, maka batas susut dari tanah yang bersangkutan dapat ditentukan secara kira-kira (lihat Braja M.Das, 1988).

Dalam permasalahan teknik sipil, partikel lempung akan senantiasa bersentuhan dengan air, interaksi antar partikel lempung,air,dan bermacam-macam bahan yang terlarut dalam air menjadi faktor penentu yang utama bagi sifat-sifat tanah yang tersusun dari partikel-partikel tersebut.

Tanah berbutir halus umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- Dapat terkonsolidasi dalam jangka waktu yang lama
- Mudah membengkak (swelling) apabila bersentuhan dengan air bebas akibat bertambahnya kadar air dan volume tanah
- Lempung bersifat peka atau sensitif terhadap gangguan
- Ukuran partikel < 0,075 mm
- Mempunyai sifat kompresibilitas yang sangat rendah
- Kekuatan geser rendah
- Porositas rendah atau bersifat kedap air (permeabilitas rendah)
- Mempunyai tekanan lateral yang tinggi akibat rendahnya kekuatan geser material.

2.1.2 Sifat-sifat fraksi tanah berbutir kasar

Ukuran butiran tanah tergantung pada diameter partikel tanah yang membentuk massa tanah itu. Karena pemeriksaan makroskopis massa tanah

menunjukkan bahwa hanya sedikit yang menyerupai bentuk bola dengan ukuran diameternya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa mengenai tanah agak longgar. Secara visual, fraksi tanah berbutir kasar dapat dikenali secara langsung mengingat ukurannya yang besar.

Material tanah berbutir kasar paling banyak digunakan dalam konstruksi, karena sifat-sifatnya yang menguntungkan. Berikut ini antara lain sifat-sifat fraksi tanah berbutir kasar, yaitu:

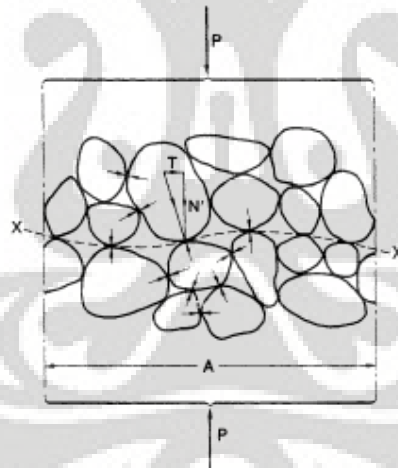
- Tidak mempunyai sifat kohesi
- Tingkat kompresibilitas yang tinggi dan nilai elastisitas yang besar, sehingga baik untuk material urugan. Material ini banyak dipakai untuk mengganti lapisan tanah yang buruk pada konstruksi jalan raya.
- Porositas tinggi karena banyak mempunyai celah atau void dalam susunan strukturnya.
- Mempunyai kuat geser yang besar.
- Dapat terkonsolidasi dalam waktu yang relatif cepat.
- Partikel berukuran $>0,075\text{mm}$

2.2 Tegangan Dalam Tanah

Besarnya pengaruh gaya-gaya yang menjalar dari partikel ke partikel lainnya dalam kerangka tanah telah diketahui sejak tahun 1923, ketika Terzaghi mengemukakan prinsip tegangan efektif yang didasarkan pada data hasil percobaan. Untuk rentang tegangan yang biasa dijumpai dalam praktek, masing-masing partikel pada dan air dapat dianggap tidak kompresibel ; di lain pihak, udara bersifat sangat kompresibel. Tanah dapat divisualisasikan sebagai suatu kerangka partikel padat tanah (solid skeleton) yang membatasi pori-pori yang mana pori-pori tersebut mengandung air dan udara. Volume kerangka tanah secara keseluruhan dapat berubah akibat penyusunan kembali partikel-partikel padat pada posisinya yang baru, terutama dengan cara menggelinding dan menggelincir yang menyebabkan terjadinya perubahan gaya-gaya yang bekerja di antara

partikel-partikel tanah. Kompresibilitas kerangka tanag yang sesungguhnya tergantung pada susunan struktural partikel tanah tersebut.

Prinsip tersebut dapat diwakili oleh model fisis sebagai berikut. Tinjaulah sebuah bidang $x-x$ pada suatu tanah jenuh sempurna yang melewati titik-titik singgung antar partikel, seperti terlihat pada gambar 2.3. Bidang $x-x$ yang bergelombang tersebut dalam skala besar, sama dengan bentuk bidang yang sebenarnya karena ukuran partikel tanah relatif kecil. Sebuah gaya normal P yang bekerja pada bidang A sebagian ditahan oleh gaya-gaya antar partikel dan sebagian oleh tekanan air pori. Gaya-gaya antar partikel pada seluruh tanah, baik besar maupun arahnya, sangat tidak beraturan (acak), tetapi pada tiap titik singgung dengan bidang yang bergelombang dapat diuraikan menjadi komponen-komponen gaya yang arahnya normal dan tangensial terhadap bidang $x-x$ yang sebenarnya. Komponen normal dinamakan dengan N' dan komponen tangensial dengan T .



Gambar 2.3 Interpretasi tegangan tanah (R.F Craig,1991)

Tegangan geser dapat ditahan oleh kerangka partikel padat tanah dengan memanfaatkan gaya-gaya yang timbul karena persinggungan antar partikel. Tegangan normal ditahan oleh gaya-gaya antar partikel pada kerangka tanah. Jika tanah berada dalam kondisi jenuh sempurna, air pori akan mengalami kenaikan tekanan karena ikut menahan tegangan normal.

2.2.1 Tegangan Efektif

Tegangan efektif adalah merupakan gaya per satuan luas yang dipikul oleh butir-butir tanah. Perubahan volume dan kekuatan tanah tergantung pada tegangan efektif di dalam massa tanah. Makin tinggi tegangan efektif suatu tanah, makin padat tanah tersebut.

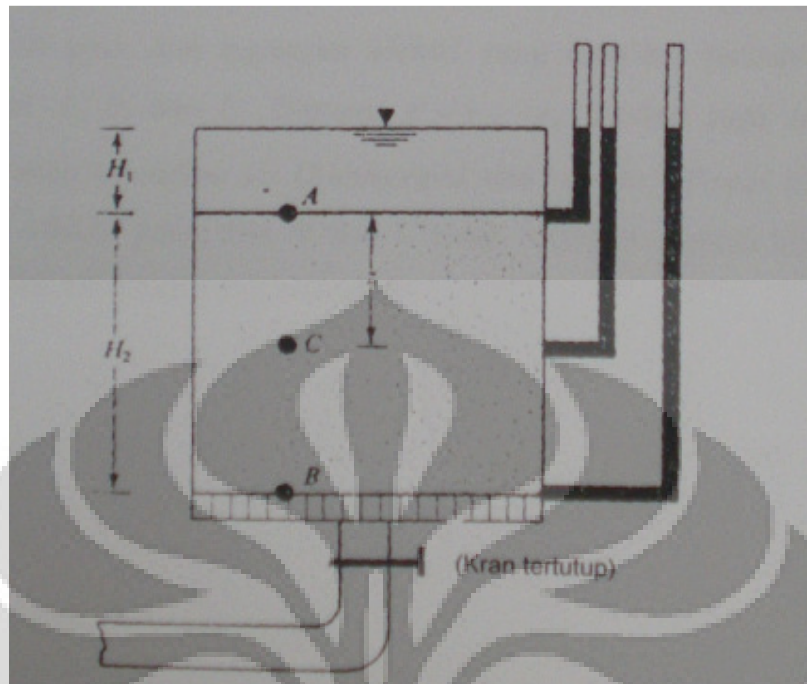
Prinsip tersebut hanya berlaku untuk tanah jenuh sempurna. Tegangan-tegangan yang berhubungan dengan prinsip tersebut adalah :

- 1) *Tegangan normal total* (σ); pada bidang di dalam tanah, yaitu gaya per satuan luas yang ditransmisikan pada arah normal bidang dengan menganggap bahwa tanah adalah material padat saja (fase tunggal).
- 2) Tekanan air pori (u); merupakan tekanan air pengisi pori-pori di antara partikel-partikel padat.
- 3) Tegangan normal efektif (σ') pada bidang, yang mewakili tegangan yang dijalarakan hanya melalui kerangka tanah saja.

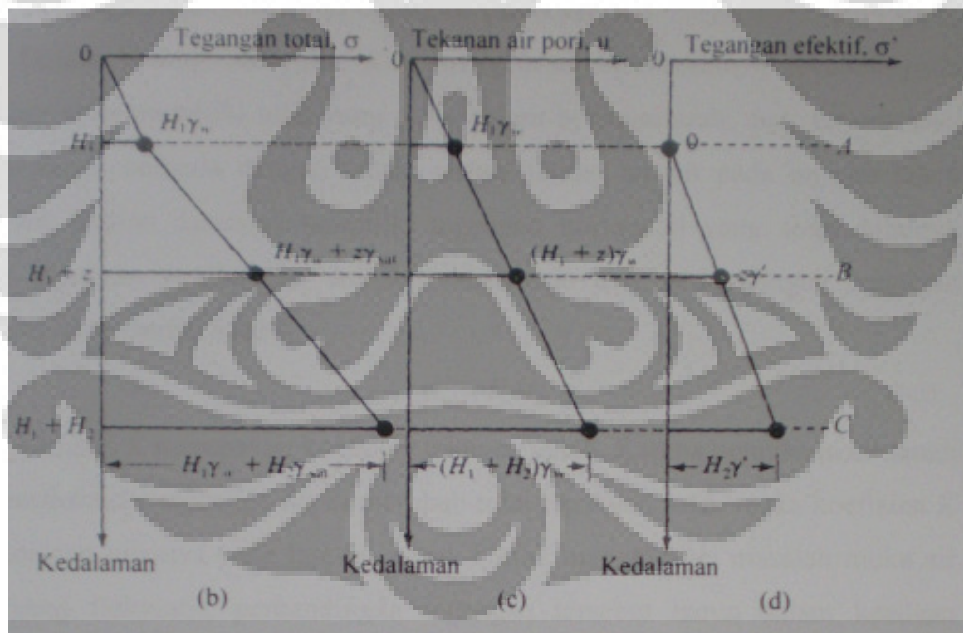
Hubungan ketiga tegangan di atas adalah :

$$\sigma = \sigma' + u \quad (2-1)$$

Untuk dapat memahami tegangan total dan tegangan efektif pada suatu lapisan tanah, berikut merupakan ilustrasi yang dapat menggambarkan kaitan antara keduanya (lihat gambar 2.4a)



(a)



Gambar 2.4 (a) Lapisan tanah dimana tidak adanya rembesan; variasi dari (b) tegangan total, (c) tekanan air pori, (d) tegangan efektif terhadap kedalaman pada lapisan tanah yang terendam air tanpa adanya rembesan (Braja M.Das, 1991)

Pada gambar 2.4 (b) di atas menjelaskan bahwa tegangan total pada tanah terjadi akibat adanya berat tanah dan air yang membebani pada titik yang ditinjau. Sedangkan gambar 2.4 (c) dan (d) merupakan persamaan tekanan air pori, dan tegangan efektif yang diterima butiran tanah pada kedalaman A, B, dan C. Dimana $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$ disebut juga sebagai berat volume tanah terendam air (*submerged unit weight*). Dapat dilihat bahwa tegangan efektif pada titik B dan C tidak tergantung pada tinggi air, H_1 , diatas muka air tanah yang terendam.

2.3 Tanah Timbunan

2.3.1. Timbunan Biasa

Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan biasa harus terdiri dari galian tanah atau bahan galian batu yang disetujui oleh Direksi pekerjaan. Bahan yang dipilih sebaiknya tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut AASHTO M145 atau sebagai CH menurut "Unified atau Casagrande Soil Classification System". Bila Penggunaan tanah yang berplastisitas tinggi tidak dapat dihindarkan, bahan tersebut harus digunakan hanya pada bagian dasar dari timbunan atau pada penimbunan kembali yang tidak memerlukan daya dukung atau kekuatan geser yang tinggi. Tanah plastis seperti itu sama sekali tidak boleh digunakan pada 30 cm lapisan langsung di bawah bagian dasar perkerasan atau bahu jalan atau tanah dasar bahu jalan. Sebagai tambahan, timbunan untuk lapisan ini bila diuji dengan SNI 03-1744-1989, harus memiliki CBR tidak kurang dari 6 % setelah perendaman 4 hari bila dipadatkan 100 % kepadatan kering maksimum (MDD) seperti yang ditentukan oleh SNI 03-1742-1989.

Tanah sangat expansive yang memiliki nilai aktif lebih besar dari 1,25, atau derajat pengembangan yang diklasifikasikan oleh AASHTO T258 sebagai "very high" atau "extra high", tidak boleh digunakan sebagai bahan timbunan. Nilai aktif adalah perbandingan antara Indeks Plastisitas / PI - (SNI 03-1966-1989) dan persentase kadar lempung (SNI 03-3422-1994).

2.3.2 Timbunan Pilihan

Timbunan hanya boleh diklasifikasikan sebagai "Timbunan Pilihan" bila digunakan pada lokasi atau untuk maksud dimana timbunan pilihan telah ditentukan atau disetujui secara tertulis oleh Direksi Pekerjaan. Seluruh timbunan lain yang digunakan harus dipandang sebagai timbunan biasa (atau drainase porous bila ditentukan atau disetujui sebagai hal tersebut sesuai dengan Seksi 2.4 dari Spesifikasi ini). Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi semua ketentuan di atas untuk timbunan biasa dan sebagai tambahan harus memiliki sifat-sifat tertentu yang tergantung dari maksud penggunaannya, seperti diperintahkan atau disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Dalam segala hal, seluruh timbunan pilihan harus, bila diuji sesuai dengan SNI 03-1744-1989, memiliki CBR paling sedikit 10 % setelah 4 hari perendaman biladipadatkan sampai 100.% kepadatan kering maksimum sesuai dengan SNI 03-1742-1989. Bahan timbunan pilihan yang akan digunakan bilamana pemadatan dalam keadaan jenuh atau banjir yang tidak dapat dihindari, haruslah pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan Indeks Plastisitas maksimum 6 %. Bahan timbunan pilihan yang digunakan pada lereng atau pekerjaan stabilisasi timbunan atau pada situasi lainnya yang memerlukan kuat geser yang cukup, bilamana dilaksanakan dengan pemadatan kering normal, maka timbunan pilihan dapat berupa timbunan batu atau kerikil lempungan bergradasi baik atau lempung pasiran atau lempung berplastisitas rendah. Jenis bahan yang dipilih, dan disetujui oleh Direksi Pekerjaan akan tergantung pada kecuraman dari lereng yang akan dibangun atau ditimbun, atau pada tekanan yang akan dipikul.

2.3.3 Timbunan Pilihan di atas Tanah Rawa

Bahan timbunan pilihan di atas tanah rawa haruslah pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan Index Plastisitas maksimum 6 %.

2.3.4 Timbunan Batu Pilihan

Batu harus keras dan awet dan disediakan dalam rentang ukuran yang memenuhi ketentuan di bawah ini. Jika tidak disebutkan lain dalam Gambar atau

dalam Spesifikasi Khusus, maka semua batu harus mempunyai volume lebih besar dari 120 centimeter kubik. Untuk timbunan batu dengan manual, 75% batu terhadap volume total tidak boleh lebih kecil dari ukuran batu untuk rip-rap sebagaimana yang disyaratkan dalam Pasal 7.10.(2) agar dapat mengunci batu-batu besar tersebut sampai rapat dan yang terpenting dapat mengisi rongga-rongga antar batuan besar yang dipasang sebagai timbunan. Bagian muka batu yang terekspos harus seragam, tanpa adanya tonjolan lebih dari 30 cm untuk timbunan batu dengan derek dan 15 cm untuk timbunan batu dengan manual, di luar garis yang ditunjukkan dalam Gambar atau sebagaimana diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan.

2.4 Stabilitas Lereng

Bentuk topografis muka bumi yang bervariasi hanya dimungkinkan karena kuat geser

dari tanah atau batuan melampaui tegangan geser oleh beban gravitasi atau beban lainnya. Yang normal adalah kita mengharapkan lereng-lereng yang paling curam adalah yang paling tidak stabil, tetapi terdapat contoh-contoh keruntuhan yang juga terjadi pada lereng yang landai. Faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan dapat secara umum diklasifikasikan sebagai :

- 1) Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan
- 2) Faktor-faktor yang menyebabkan turunnya kekuatan

Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan, meliputi berat unit tanah karena pembasahan, adanya tambahan beban eksternal seperti bangunan, bertambahnya kecuraman lereng karena erosi alami atau karena penggalian, dan gempa bumi (.Michael Duncan,J.,and Stephen G.Wright. *Soil Strength and Slope Stability*. Willey.)

Kehilangan kekuatan dapat terjadi dengan adanya absorpsi air, kenaikan tekanan pori, beban guncangan atau beban berulang, pengaruh pembekuan dan pencairan, hilangnya sementasi material, proses pelapukan, hilangnya kekuatan

karena regangan berlebihan pada lempung sensitive. (.Michael Duncan,J.,and Stephen G.Wright. *Soil Strength and Slope Stability*. Willey.)

Hadirnya air adalah faktor dari kebanyakan keruntuhan lereng, karena hadirnya air menyebabkan naiknya tegangan maupun turunnya kekuatan.

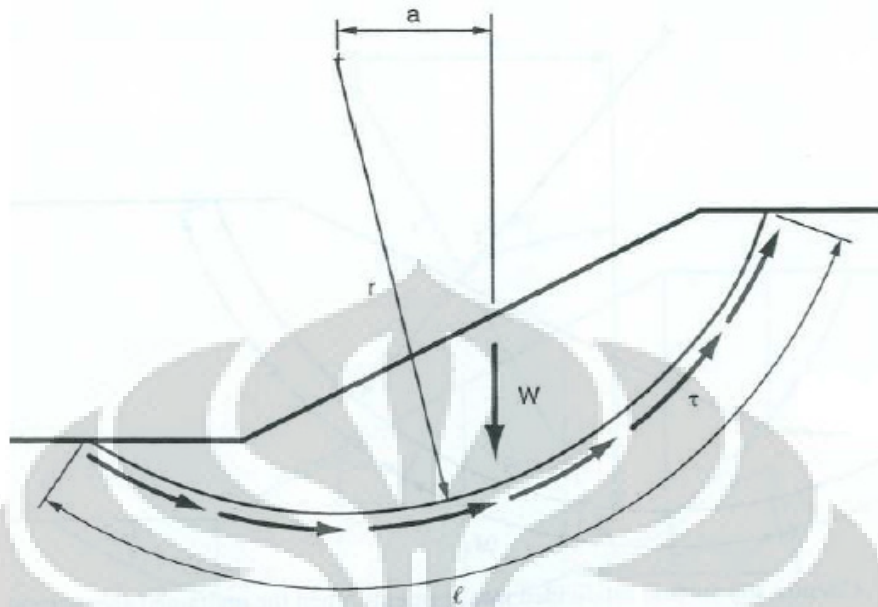
Suatu keruntuhan teknis yang paling umum adalah longsornya suatu timbunan atau galian. Sebab-sebab keruntuhan lereng pada suatu galian akan sangat berbeda dengan pada suatu timbunan. Timbunan pada suatu proses konstruksi memiliki suatu tinggi kritis terhadap stabilitas lereng yang dapat diperlihatkan dengan rumus, $H_c = \frac{2,67 \times c}{\gamma}$. Ini dengan menganggap $\phi=0$ seperti akan tampak pada kasus untuk suatu jangka pendek.

2.4.1 Analisa untuk kasus dengan $\phi=0$

Analisa ini, yang dinyatakan dalam tegangan total, mencakup kasus lempung jenuh sempurna pada kondisi undrained tepatnya kondisi segera sesudah pelaksanaan pembangunan. Dalam analisis ini yang ditinjau hanya keseimbangan momen.

Kestabilan lereng biasa dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (*Safety Factor*) sebagai berikut:

$$FS = \frac{\text{Momen penahan}}{\text{Momen penggerak}} \quad (2-2)$$



Gambar 2.5 Bidang gelincir Keruntuhan Lereng

Momen Penggerak

$$M_d = W a \quad (2-3)$$

Momen tahanan

$$M_r = \tau l r \text{ dimana } \tau = cu/F \quad (2-4)$$

$$\text{Maka } F = \frac{c l r}{W a} \quad (2-5)$$

Keterangan c=nilai kohesi tanah

l = busur bidang longsor

r= jari-jari ke titik pusat keruntuhan

W= Berat tanah

a= jarak gaya berat ke pusat(lengan momen)

Tinjau suatu permukaan gelincir yang mungkin dapat terjadi (gambar) Momen penahan

di mana untuk keadaan:

$FS > 1.0$ lereng dinyatakan stabil

$FS = 1.0$ lereng dalam keadaan setimbang, dan akan mengalami kelongsoran jika sedikit gangguan

$FS < 1.0$ lereng dianggap tidak stabil atau akan mengalami kelongsoran

Jadi dalam menganalisa suatu lereng akan selalu berkaitan dengan perhitungan-perhitungan untuk mengetahui faktor keamanan dari lereng yang ditinjau.

2.4.2 Analisa Dengan Bantuan Program Slope/W

Geoslope adalah suatu program yang digunakan engineer untuk membantu dalam menyelesaikan permasalahan lereng. Geoslope yang digunakan dalam menganalisa lereng Cipularang adalah SLOPE/W. Di program SLOPE/W ini kita mencari nilai faktor keamanan. Dengan limit equilibrium, SLOPE/W mampu untuk berbagai tipe tanah heterogen, stratigrafi kompleks, dan geometri slip surface, dan kondisi tekanan air pori variabel dengan model tanah ukuran besar. Analisa dapat ditampilkan dengan menentukan atau probabilitas input parameters. Selain itu, menghitung stress dengan analisa finite element stress mungkin menggunakan perhitungan limit equilibrium untuk semua analisa stabilitas lereng yang ada.

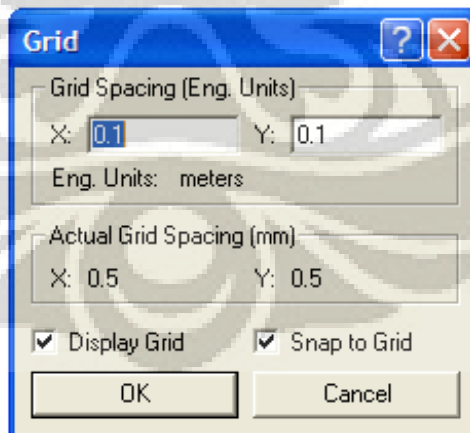
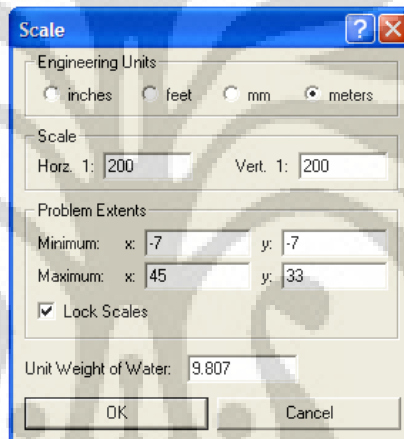
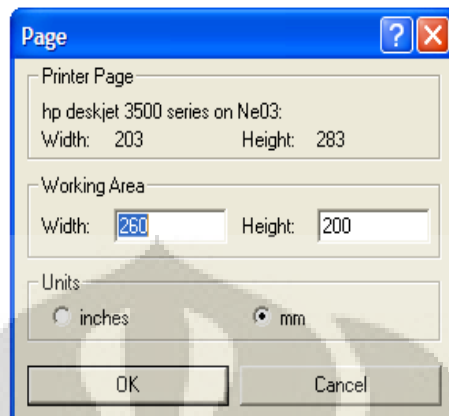
Pada SLOPE/W terdapat 4 sub-program yaitu Input, Solving dan Viewing the results.

2.4.2.1 Program Input

Program Input terdiri dari beberapa tahapan antara lain :

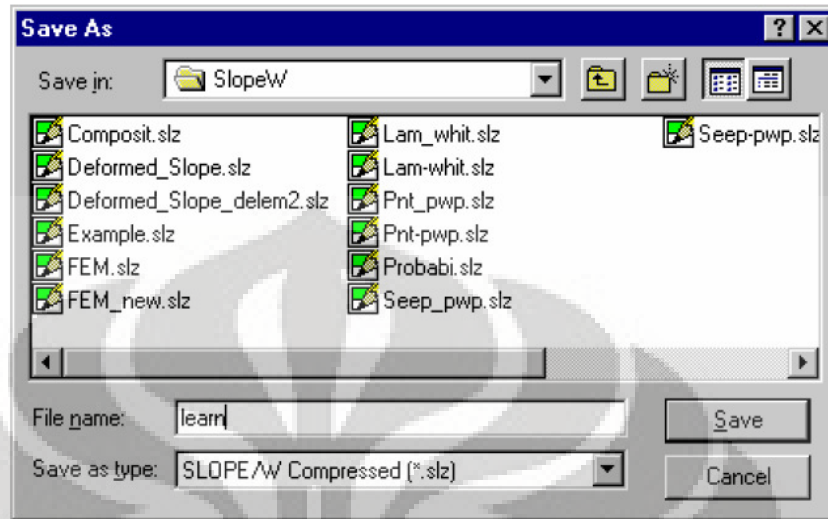
a. General Setting

Pada tahap ini terdapat pengaturan lebar dan tinggi kertas serta satuannya. Selain itu kita juga dapat mengatur ketelitian koordinat pada kertas. General Setting terdapat pada menu set.



Gambar 2.6 General setting pada Geoslope

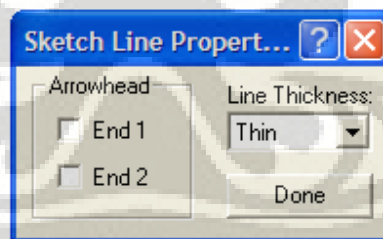
Lalu kita simpan data kita seperti gambar di bawah ini :



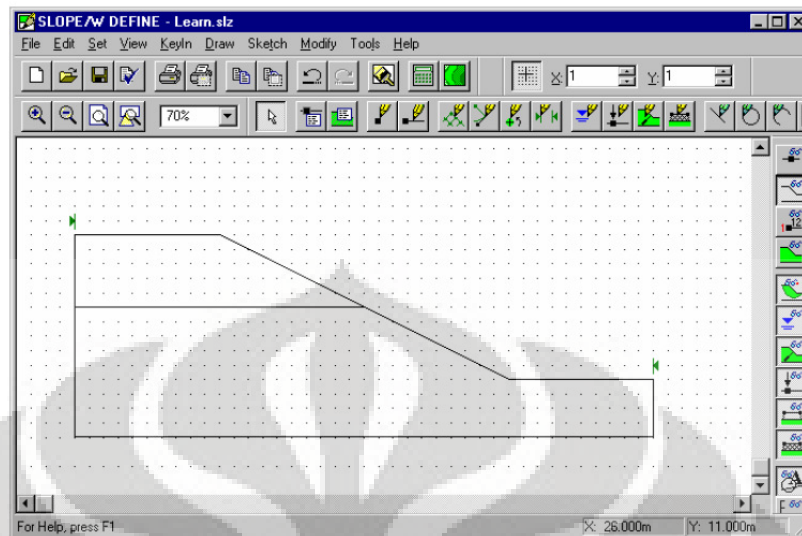
Gambar 2.7 Menu menyimpan data di Geoslope

b. Menggambar lereng

Lereng yang berada di lapangan kita modelkan dalam gambar. Pilih menu Lines dari Sketch menu. Kita dapat memulai gambar berdasarkan koordinat titik yang kita tentukan.



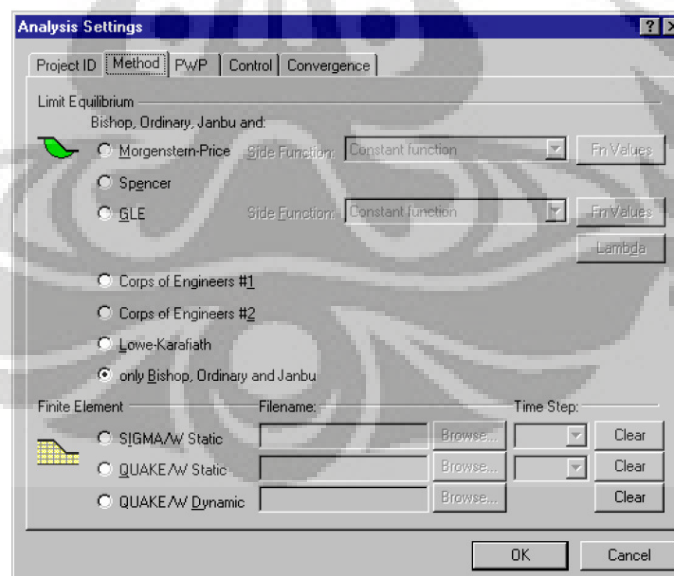
Gambar 2.8 Sketch Line pada Geoslope



Gambar 2.9 Gambar lereng pada geoslope

c. Analysis Methods

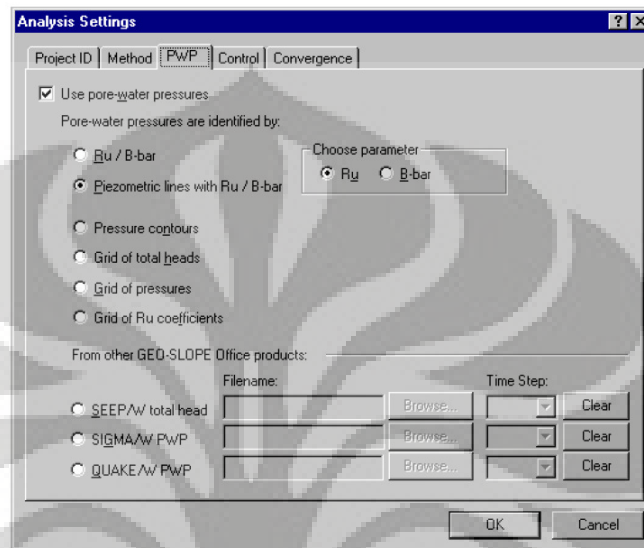
Di menu analysis method kita dapat menentukan metode apa yang akan kita gunakan dalam menganalisis lereng. Pilih menu KeyIn menu lalu klik analysis setting.



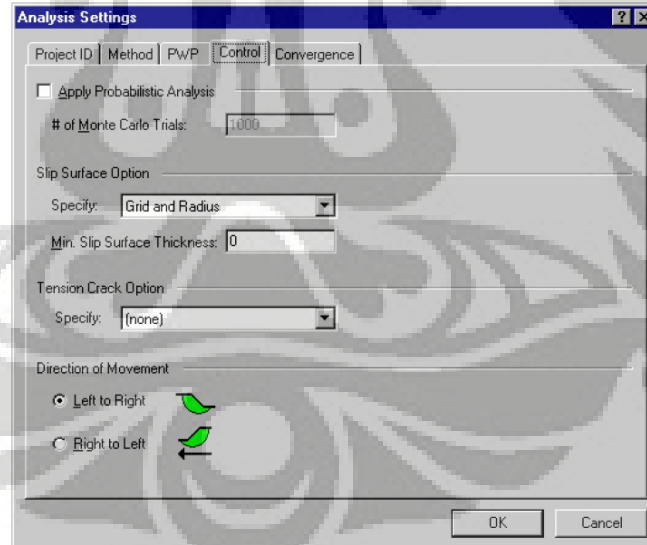
Gambar 2.10 Metode yang digunakan dalam Geoslope

d. Pore Water Pressure

Pilih PWP dari Analysis Settings di KeyIn menu. Pilih Piezometric Lines with Ru/ B-bar as the pore-water pressure option. Selain itu kita juga menentukan arah analisa lereng kita (Direction movement).



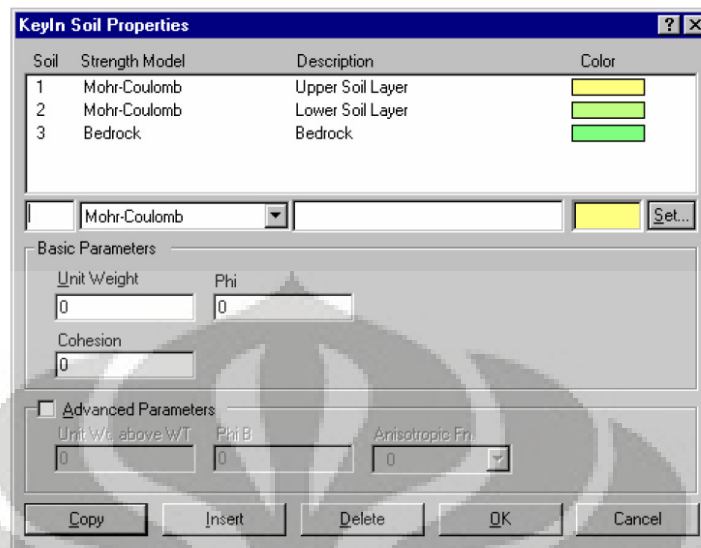
Gambar 2.11 Menu Pore Water Pressure



Gambar 2.12 Direction Movement

e. Soil Properties

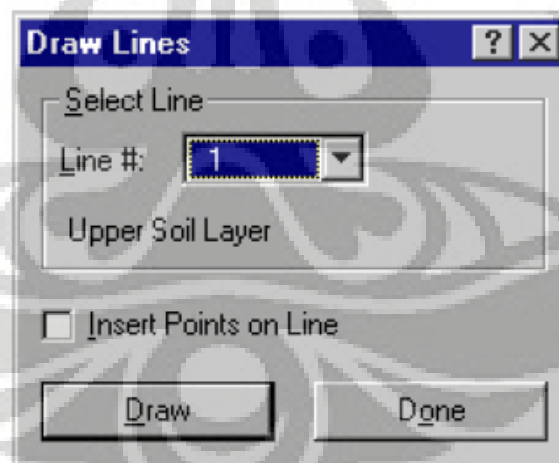
Pilih Menu Soil Properties dari KeyIn menu. Di menu KeyIn Soil properties kita dapat menentukan jumlah lapisan tanah, berat jenis tanah, nilai kohesi, dan sudut geser tanah.



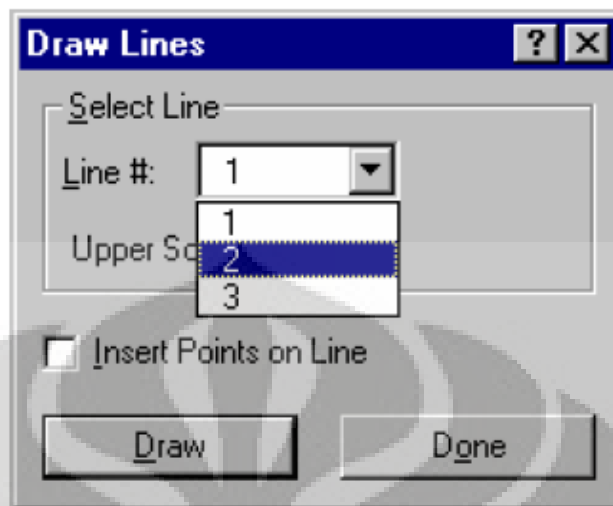
Gambar 2.13 Soil Properties di Geoslope

f. Draw Lines

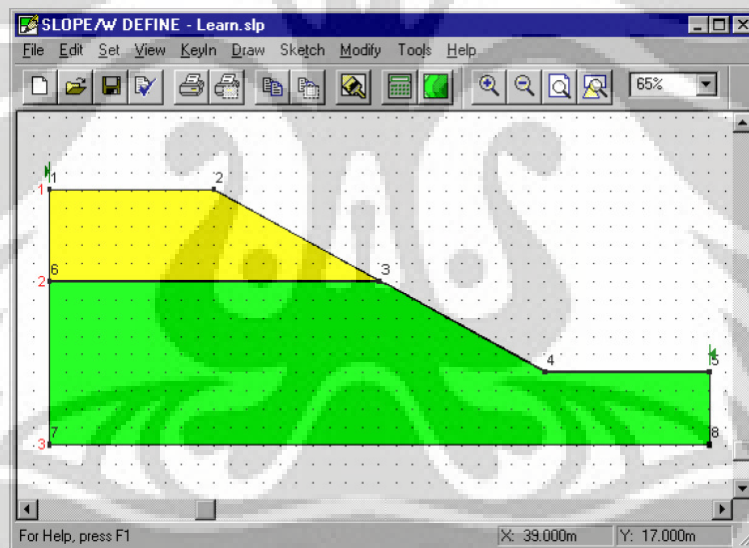
Pilih menu Lines di Draw menu. Kita akan membuat garis berdasarkan jumlah lapisan tanah yang kita tentukan. Garis tersebut akan membuat antara lapisan tanah menjadi berbeda dengan perbedaan warna yang kita berikan.



Gambar 2.14 Draw Lines



Gambar 2.15 Draw Lines



Gambar 2.16 Lapisan tanah yang berbeda dari warnanya.

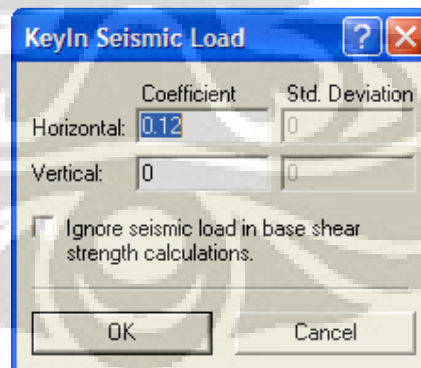
g. Memasukkan percepatan gempa

Penulis memasukkan percepatan gempa berdasarkan SNI gempa 03-1726-2002.

Tabel 2.1 SNI Gempa Indonesia

SNI 03-1726-2002					
Tabel 5. Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah untuk Masing-Masing Wilayah Gempa Indonesia					
Wilayah Gempa	Percepatan Puncak Batuan Dasar (g)	Percepatan Puncak Muka Tanah, A_0 (g)			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0.03	0.04	0.05	0.08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0.10	0.12	0.15	0.20	
3	0.15	0.18	0.23	0.30	
4	0.20	0.24	0.28	0.34	
5	0.25	0.28	0.32	0.36	
6	0.30	0.33	0.36	0.38	

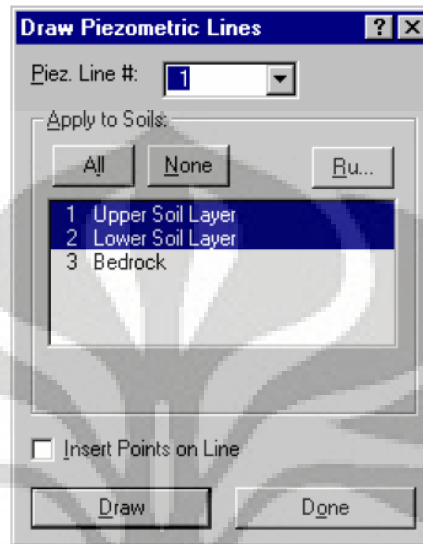
Penulis mengkategorikan percepatan gempa yang terjadi termasuk wilayah gempa Jawa-Sumatra. Jadi koefisien gempa= $0.24 \times 0.5 = 0.12$ untuk lereng Cipularang.



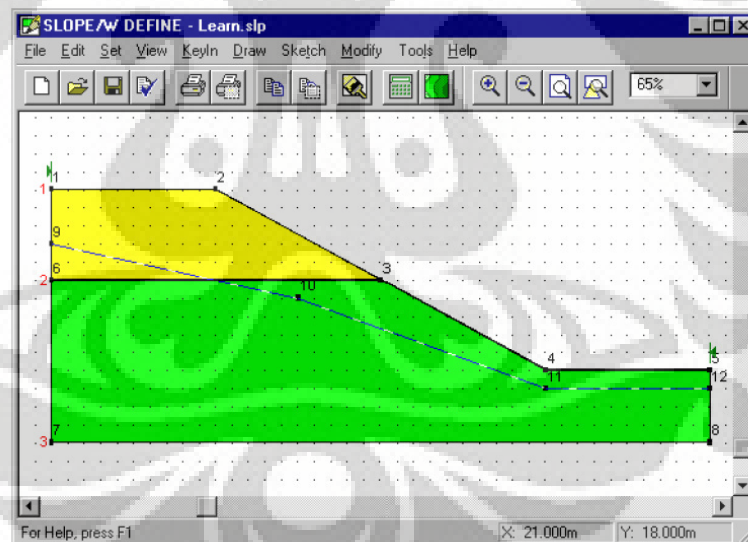
Gambar 2.17 Input percepatan gempa di Geoslope

h. Menggambar Piezometric Lines

Pilih Pore Water Pressure dari Draw menu. Gambar Menunya akan seperti di bawah ini



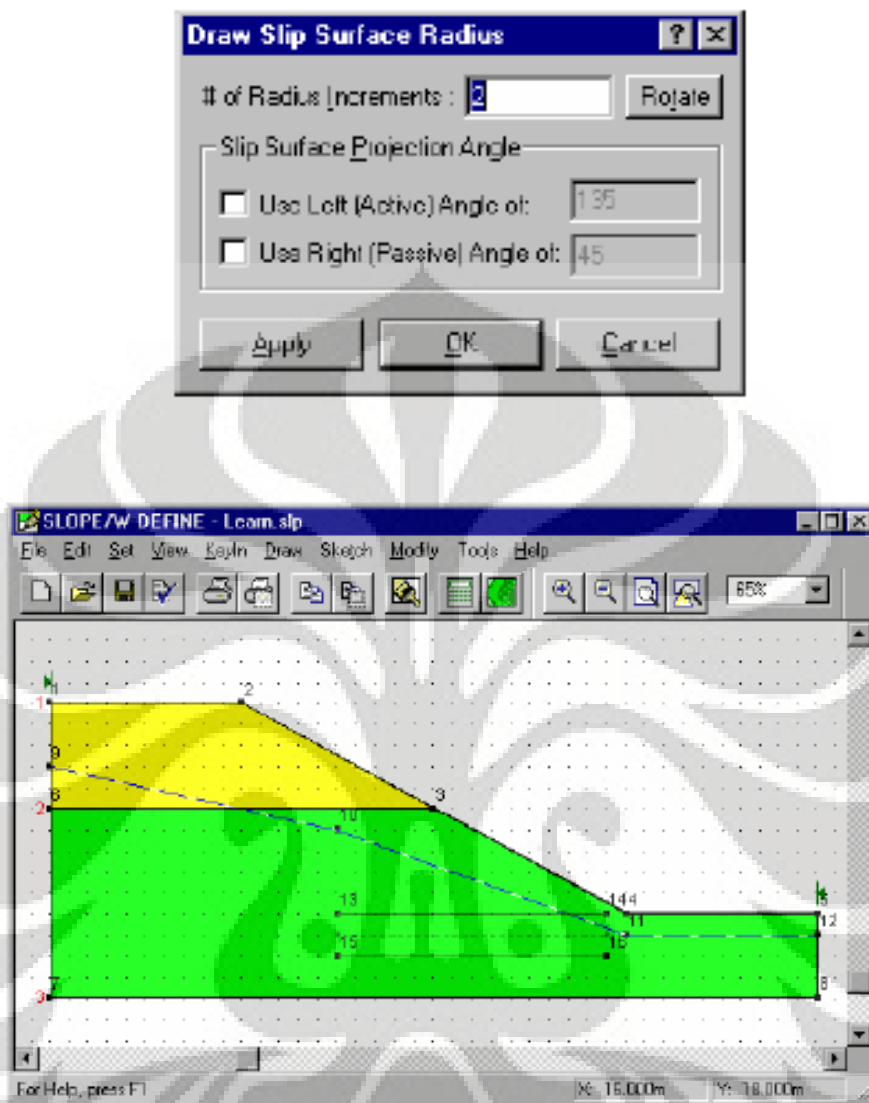
Gambar 2.18 Draw Piezometric Lines



Gambar 2.19 Lereng dengan garis muka air tanah

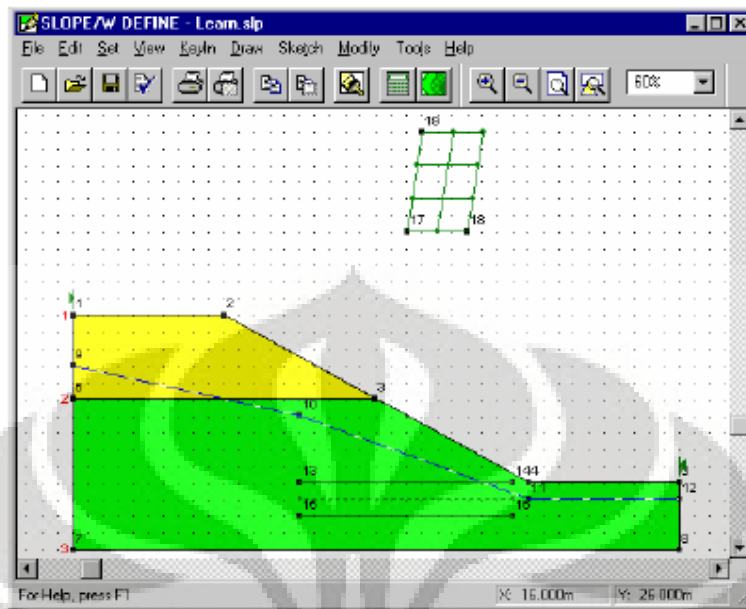
e. Menggambar Slip Surface Radius dan Slip Surface Grid

Pilih Slip Surface dari Draw Menu. Slip Surface Radius untuk menentukan jari-jari keruntuhan.



Gambar 2.20 Slip Surface Radius

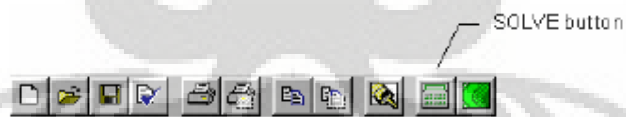




Gambar 2.21 Slip Surface Grid pada Geoslope

2.4.2.2 Solving The Problem

Setelah kita memasukkan data-data yang berhubungan dengan lereng. Sekarang kita akan menyelesaikan permasalahan lereng dengan Solving problem. Pilih menu solve button dan klik menu tersebut



Gambar 2.22 Solve Button



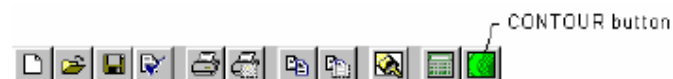
Gambar 2.23 Faktor keamanan dari berbagai metode lalu klik menu start maka akan didapat hasil seperti dibawah ini.



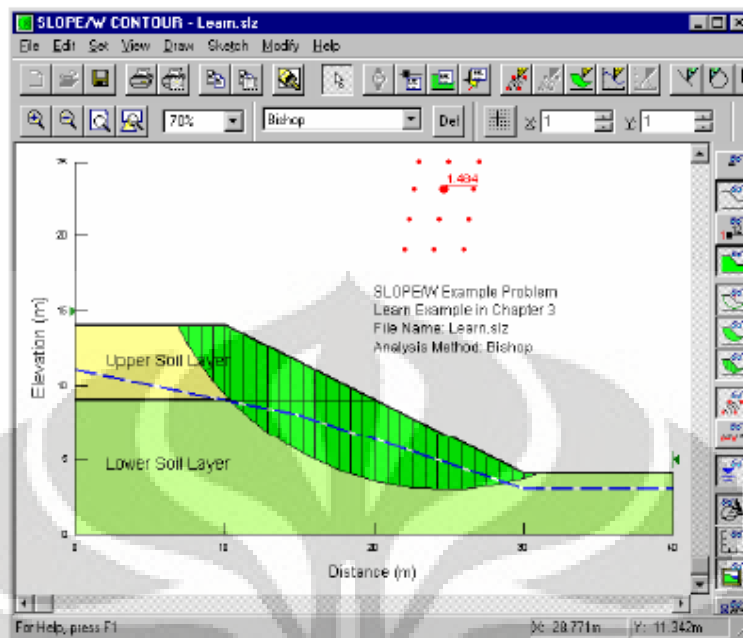
Gambar 2.24 Hasil perhitungan Faktor keamanan

2.4.2.3 Viewing the results

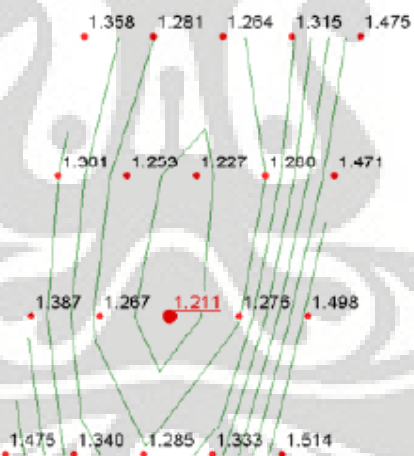
Dari hasil solving problem, kita dapat melihat hasil nilai F_s berupa kontur dan selubung keruntuhan lereng



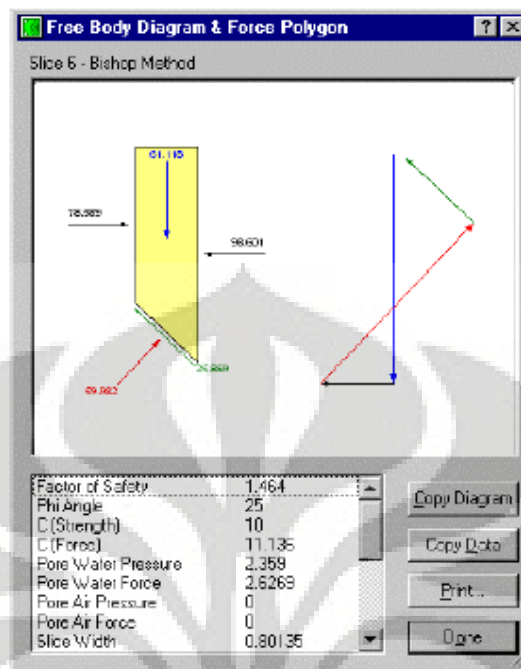
Gambar 2.25 Contour button



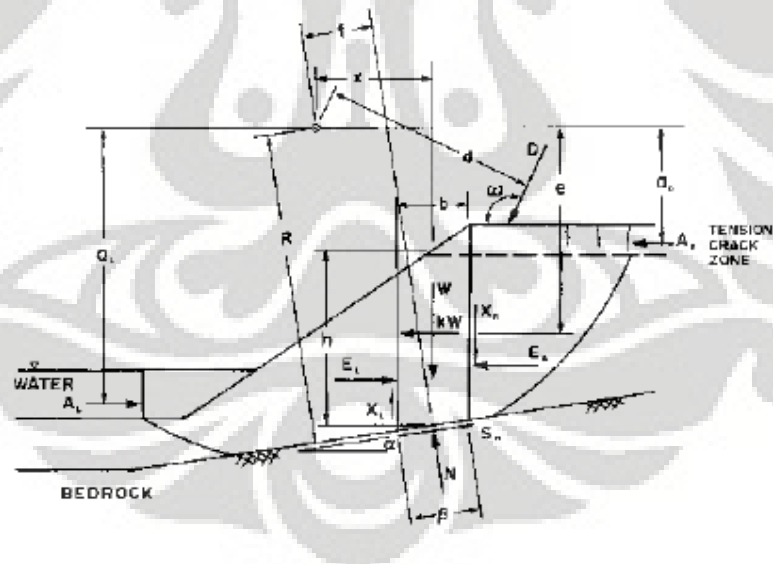
Gambar 2.26 Selubung keruntuhan dan Nilai faktor keamanan pada lereng



Gambar 2.27 Kontur Faktor keamanan(dicari nilai F_s terkecil)



Gambar 2.28 Slice Forces



Gambar 2.29 Gaya yang terjadi di tiap irisan Bidang Longsor

Keterangan :

W= berat tanah dari tiap irisan dengan lebar b dan tinggi h

N = gaya normal total di dasar dari tiap irisan

S = gaya geser di dasar dari tiap irisan

E = gaya normal interslice horisontal dari arah kiri dan kanan tiap irisan

X = gaya geser interslice vertikal dari arah kiri dan kanan tiap irisan

D = Beban garis luar

kW = Beban gempa horisontal di pusat tiap irisan

R = jari-jari ntuk permukaan bidang circular

x = jarak horisontal dari pusat tiap irisan ke pusat momen

e = jarak vertikal dari pusat tiap irisan ke pusat momen

f = perpendicular offset dari gaya normal dari pusat momen

d = jarak tegak lurus dari beban garis ke pusat momen

a = jarak tegak lurus dari gaya luar air ke pusat momen

A = resultant gaya luar air

ω = sudut dari beban garis dari arah horisontal

α = sudut yang terjadi di bawah bidang longsor

Faktor Keamanan untuk keseimbangan momen

$$\text{Persamaan 1 } \Sigma Wx - \Sigma S_m R - \Sigma Nf + \Sigma kWe \pm [Dd] \pm Aa = 0 \quad (2-6)$$

Persamaan 2

$$S_m = \frac{\beta(c' + (\sigma_n - u)\tan\phi')}{F} \quad (2-7)$$

Dimana :

$$\sigma_n = \frac{N}{\beta} = \text{tegangan normal rata - rata di dasar irisan}$$

F = faktor keamanan

β = lebar tiap irisan

Dari dua persamaan di atas kita mendapatkan nilai keamanan

$$F_m = \frac{\sum(c' \beta R + (N - u \beta) R \tan \phi')}{\sum Wx - \sum Nf + \sum kW e \pm [Dd] \pm Aa} \quad (2-8)$$

Faktor keamanan keseimbangan gaya

Dari gambar 2.35 kita mendapatkan persamaan faktor keseimbangan gaya

$$\text{Persamaan 3 } \sum(E_L - E_R) - \sum(N \sin \alpha) + \sum(S_m \cos \alpha) - \sum(kW) + [D \cos \omega] \pm A = 0 \quad (2-9)$$

dimana $\sum(E_L - E_R) = 0$

Dari persamaan 2 dan 3 kita mendapatkan nilai keamanan untuk persamaan 4

Persamaan 4

$$F_f = \frac{\sum(c' \beta \cos \alpha + (N - u \beta) \tan \phi' \cos \alpha)}{\sum N \sin \alpha + \sum kW - [D \cos \omega] \pm A} \quad (2-10)$$

2.4.3 Analisis Dengan Bantuan Program Plaxis

Plaxis adalah suatu program elemen hingga 2 dan 3 dimensi yang digunakan untuk menampilkan analisis deformasi dan analisis stabilitas untuk berbagai tipe aplikasi geoteknik. Situasi kasus sebenarnya dapat dimodelkan baik dengan plane strain maupun model axisymmetric. Prosedur input secara grafik yang mudah dan dapat dengan cepat meng-generate/memproses model elemen hingga yang kompleks dan memiliki fasilitas output yang menyediakan hasil perhitungan secara detail dan dapat dipresentasikan.

Pada plaxis terdapat 4 sub-program yaitu : Input, Calculation, Output, dan Curve

2.4.3.1 Program Input

Untuk membuat analisis elemen hingga dengan Plaxis, pengguna harus membuat model elemen hingga dan menentukan property material dan kondisi batas. Dalam membuat model elemen hingga, pengguna harus membuat model geometriks 2 dimensi pada bidang x-y,

Program Input terdiri dari beberapa tahapan antara lain :

- a. **General Setting.** Pada tahap ini terdapat dua lembar kerja (tab sheet) yaitu Project dan Dimension. Lembar Project berisi nama proyek dan deskripsi, tipe model dan akselerasi. Lembar Dimension berisi satuan panjang, gaya, waktu dan dimensi area untuk menggambar model.
- b. **Pemodelan secara geometrik.** Tahapan dari permodelan elemen hingga dimulai dengan membuat model geometric yang akan melukiskan permasalahan yang terjadi. Permodelan geometric terdiri dari titik, garis dan kelompok (cluster). Titik dan garis dimasukkan oleh pengguna, sedangkan cluster diolah oleh program. Tambahan dari komponen dasar, objek struktur atau kondisi tertentu dapat dipilih pemodelan geometric untuk mensimulasikan garis terowongan, dinding, plat, interaksi antara tanah dan struktur, dan

beban. Setelah semua pemodelan geometric telah ditetapkan dan semua komponen geometric telah memiliki property masing-masing, maka struktur elemen hingga dapat diolah.

- c. **Loads dan Boundary Conditions**, menu loads berisi pilhan yang menjelaskan distribusi beban, apakah beban garis atau beban titik. Kondisi batas menjelaskan displacement (perpindahan) yang sama dengan nol. Kondisi ini dapat diterapkan pada garis geometric dan pada titik.
- d. **Material Propertise**, Pada Plaxis, property tanah dan property material dari struktur disimpan pada data material. Dimana ada 4 macam material, data untuk tanah dan interaksi, plat, geogrid, dan ankur. Semua data disimpan pada data base material. Dari data base tersebut dapat ditetapkan kumpulan tanah atau objek struktur pada pemodelan geometric.
- e. **Mesh Generation**, Setelah pemodelan geometric semua sudah ditetapkan dan property material dipilih untuk semua jenis kumpulan tanah dan objek struktur, pemodelan geometric harus dibagi-bagi menjadi elemen hingga (mesh) dengan tujuan untuk membuat perhitungan elemen hingga. Komposisi untuk elemen hingga disebut “mesh”.
- f. **Initial condition**, Setelah pemodelan geometric dibuat dan jarring elemen hingga sudah di-*generate* (diproses), keadaan tegangan awal dan konfigurasi awal harus ditetapkan. Pada *Initial conditions* (kondisi awal) terdapat dua model yang berbeda, yaitu : model pertama untuk memproses tekanan air awal (*water conditions mode*) dan model kedua untuk persyaratan konfigurasi geometrik awal dan untuk memproses tegangan efektif dasar awal (*geometric configurations mode*)

2.4.3.2 Program Calculations

Setelah memproses pemodelan hingga, perhitungan elemen hingga sebenarnya dapat dilaksanakan. Oleh karena itu perlu ditetapkan tipe dari

perhitungan yang akan digunakan dan jenis pembebanan atau tahapan konstruksi yang mana harus diaktifkan selama perhitungan. Semua ini dilakukan oleh program “*Calculations*”. Program *Calculations* hanya mempertimbangkan analisis deformasi (perpindahan) dan membedakan antara perhitungan *Plastic*, analisis *Consolidations* (pemampatan), analisis *Phi-c reduction* (faktor keamanan) dan perhitungan *Dynamic*. Pengertian type perhitungan tersebut secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut,

- *Perhitungan Plastic*. Perhitungan type ini harus dipilih untuk mendapatkan *elastic-plastic deformation analysis* yang mana tidak diperlukan untuk memasukkan kekurangan dari kelebihan tekanan air pori beserta fungsi waktu ke dalam perhitungan. Type Perhitungan ini sangat cocok pada sebagian besar penerapan praktek geoteknik.
- *Perhitungan Consolidations*, Perhitungan ini harus dipilih ketika cukup penting untuk menganalisis perkembangan dari disipasi dari kelebihan tekanan air pori pada type tanah lempung yang jenuh air dalam fungsi waktu.
- *Perhitungan Phi-c reduction*, Perhitungan ini digunakan pada Plaxis untuk mendapatkan nilai factor keamanan dengan mereduksi parameter kekuatan dari tanah. Suatu analisis keamanan dapat dilakukan setelah setiap tahapan perhitungan ataupun tahapan konstruksi. Tetapi perlu diperhatikan bahwa suatu tahapan Reduksi Phi-c tidak dapat menjadi kondisi awal untuk tahapan perhitungan yang lain karena tahapan Reduksi Phi-c berakhir pada suatu kondisi keruntuhan.
- *Perhitungan Dynamic*, Perhitungan ini digunakan apabila beban yang bekerja bukan beban statis (diam), melainkan beban bergerak, seperti gempa bumi.

Pada prakteknya, suatu proyek akan dibagi menjadi tahapan-tahapan proyek (phase). Serupa pada Plaxis, proses perhitungan dibagi menjadi tahapan perhitungan. Contoh dari tahapan perhitungan antara lain, pengaktifan beban khusus pada waktu tertentu, simulasi dari tahapan

2konstruksi, pendahuluan dari waktu konsolidasi, perhitungan faktor keamanan, dan lain sebagainya.

2.4.3.3 Program Output

Hasil utama output dari perhitungan elemen hingga adalah displacement (perpindahan) pada titik dan perubahan tegangan pada titik yang ditinjau. Beberapa parameter yang dapat diketahui dari hasil program output antara lain : deformasi, perpindahan (*total, horizontal, vertical, dan incremental displacement*), regangan (*total, cartesian, dan incremental strain*), tegangan (*effective dan total stresses*), Over Consolidations Ratio (OCR), titik plastis (*plastis point*), tekanan aktif pori (*active pore pressure*), tekanan air pori berlebih (*excess pore pressure*), ground water head, flow field, dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

2.4.3.4 Program Curve

Pada program curve dapat digunakan untuk menggambar kurva beban atau waktu terhadap displacement (perpindahan), diagram tegangan-regangan dan garis tegangan atau garis regangan dari titik yang sudah dipilih dan dimodelkan secara geometric. Kurva ini menggambarkan perkembangan dari beberapa perhitungan selama berbagai phase (tahapan) perhitungan, dan memberikan tanda secara global atau local dari perilaku tanah.

2.4.3.5 Prinsip Dasar Perhitungan Plaxis

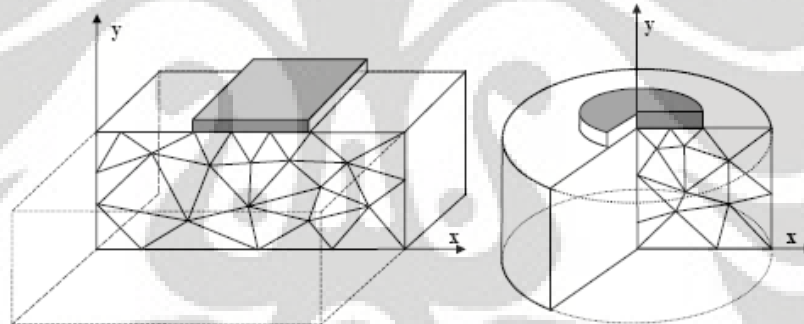
Program plaxis digunakan untuk menganalisis elemen hingga 2 dimensi, model elemen hingga yang digunakan adalah *model regangan bidang* ataupun *Axi-simetri* Gambar 2.36

- Model *Regangan bidang* digunakan untuk model geometri dengan penampang melintang yang kurang lebih seragam dengan kondisi tegangan dan kondisi pembebanan yang cukup panjang dalam arah tegak lurus terhadap penampang tersebut (arah z). Perpindahan dan regangan

dalam arah z diasumsikan tidak terjadi atau bernilai nol. Walaupun demikian, tegangan normal pada arah z diperhitungkan sepenuhnya dalam analisis.

- Model *Axi-simetri* digunakan untuk struktur berbentuk lingkaran dengan penampang melintang radial yang kurang lebih seragam dan kondisi pembebanan mengelilingi sumbu aksial, dimana deformasi dan kondisi tegangan diasumsikan sama di setiap arah radial. Perhatikan bahwa dalam model *axi-simetri* koordinat x menyatakan radius dan koordinat y merupakan sumbu simetris dalam arah aksial. Koordinat x negatif tidak dapat digunakan.

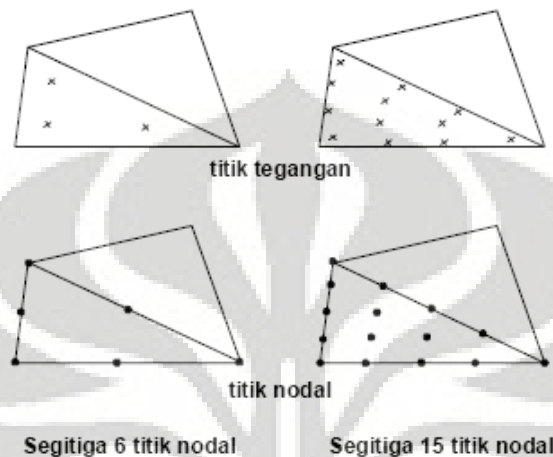
Penggunaan Regangan bidang maupun *Axi-simetri* akan menghasilkan model elemen hingga dua dimensi dengan hanya dua buah derajat kebebasan translasi saja pada tiap titik nodalnya (arah x dan y)



Gambar.2.30 Contoh permasalahan regangan bidang dan *axi-simetri*

Ide dasar dibalik elemen hingga untuk analisis tegangan bahwa sebuah rangkaian kesatuan diwakili oleh sejumlah elemen-elemen yang dihubungkan hanya pada titik-titik simpul elemen. Analisis dari sistem substitusi ini (kumpulan elemen hingga) dilakukan untuk menyelesaikan perpindahan titik simpul yang tidak di ketahui. Sekali perpindahan titik simpul diketahui, maka tegangan dan regangan ada setiap elemen dapat dicari. Elemen-elemen yang digunakan dapat berupa triangular (segitiga) ataupun rectangular (persegi empat), namun pada Plaxis elemen

yang digunakan adalah triangular, triangular dengan 15 titik nodal dan triangular dengan 6 titik nodal.



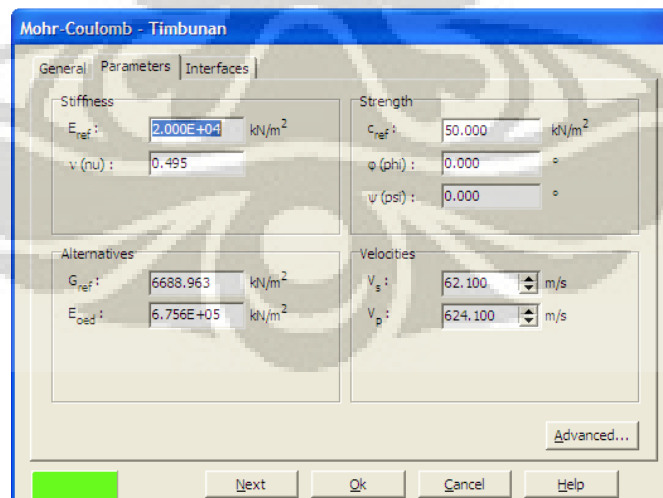
Gambar 2.31 Posisi titik-titik nodal dan titik-titik regangan pada elemen tanah

Elemen segitiga dengan 15 titik nodal merupakan elemen yang sangat akurat yang telah memberikan perhitungan tegangan dengan hasil yang sangat baik, misalnya dalam perhitungan keruntuhan untuk tanah-tanah yang tidak kompresibel. Sedangkan elemen segitiga dengan 6 titik nodal merupakan elemen yang cukup akurat dan dapat memberikan hasil yang baik dalam analisis deformasi secara umum, tetapi jika digunakan elemen dalam jumlah cukup banyak

2.4.3.6 Pemodelan Mohr-Coulomb pada Plaxis

Pada plaxis terdapat beberapa pemodelan perhitungan/ analisis tipe tanah, antara lain: *Mohr-Coulomb model*, *Jointed Rock model*, *Hardening-Soil model*, *Soft-Creep model*, dan *Soft Soil model*. Tetapi disarankan terlebih dahulu untuk menggunakan Mohr-Coulomb model untuk mendapatkan hasil analisa problem geoteknik yang cepat dan sederhana. Pada permodelan Mohr-Coulomb dibutuhkan setidaknya 5 parameter tanah. Parameter- parameter tersebut adalah:

- Modulus Elastisitas (E), yaitu suatu sifat bahan yang elastic, didefinisikan sebagai suatu konstanta kesebandingan antara tegangan dan regangan, sebagai: $\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$ (kN/m²).
- Poisson ratio (ν) adalah sifat material yang didefinisikan sebagai: $\nu = \frac{\Delta\varepsilon_3}{\Delta\varepsilon_1}$, $\Delta\varepsilon_1$ adalah regangan yang koliner dengan tegangan yang ditinjau sedangkan $\Delta\varepsilon_3$ adalah regangan regangan orthogonal dengan tegangan yang ditinjau. Poisson ratio sering dianggap 0.2 sampai 0.4 dalam perhitungan mekanika tanah. Nilai sebesar 0.5 dipakai untuk tanah lempung dalam keadaan jenuh (undrained), dan 0.0 sering dipakai untuk tanah kering dan tanah lainnya untuk kemudahan dalam perhitungan.
- Sudut geser tanah (θ), sudut geser tanah secara umum menentukan kekuatan geser, didapatkan dari garis singgung busur lingkaran Mohr.
- Kohesi tanah (c), dinyatakan dalam kN/m², menunjukkan daya tarik antar partike-partikel tanah kohesif.
- Sudut dilatasi (Ψ), terlepas dari tanah yang *over-consolidated*, tanah lempung cenderung tidak mempunyai dilatasi sama sekali ($\Psi = 0$).



Gambar.2.32 Parameter Tanah pada pemodelan Mohr-Coulomb

BAB III

METODOLOGI

3.1. Pemilihan Kasus

Pekerjaan timbunan tanah adalah pekerjaan yang pada umumnya dilakukan secara bertahap dan membentuk lereng yang rentan terhadap kelongsoran, untuk mencegah kelongsoran kita perlu mengamati kecenderungan perilaku yang akan terjadi dan mengetahui faktor keamanan dari timbunan yang akan dikerjakan. Dikarenakan kondisi timbunan yang belum stabil dan belum mengalami proses konsolidasi maka kondisi ekstrim yang akan terjadi yaitu pada saat pembangunan timbunan tanah, mulai dari awal konstruksi sampai akhir masa konstruksi. Dikarenakan sampai masa akhir konstruksi air dalam tanah belum terdisipasi, maka dalam menganalisis perilaku timbunan tanah ini pada kondisi undrained cocok untuk analisa tegangan total. Sedangkan untuk analisa tegangan efektif dimana kondisi timbunan sudah mengalami proses konsolidasi dan air tanah sudah mengalami disipasi. Analisa tegangan efektif ini dikenal dengan kondisi drained.

Penelitian ini akan mengambil studi kasus Jalan Tol Cipularang Km 96+900 Tahap II Ruas Plered-Cikalong Wetan Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat.

Penelitian ini secara umum menganalisa 2 (dua) hal utama yaitu :

1. Analisis Tegangan Total
 - a) Tanpa Gempa
 - Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekuivalen

- b) Terjadi gempa
- Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen

2. Analisis Tegangan Efektif

- a) Muka air normal
- Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen
- b) Muka air banjir (Muka air normal+2m)
- Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen

Data Teknis

Data hasil bor dalam dapat dilihat pada tabel 3.1:

Tabel 3.1 Data Sondir Lereng Cipularang 96+900

Interpretasi Sondir S1 dan rentang Nilai qc

Jenis Tanah	Kedalaman (m)	qc rata-rata (Kpa)	qc max (Kpa)	qc min (Kpa)
Soft Clayey sandy silt	0.4-1.2	647	392	1078
Medium dense silty sand	1.2-3.8	4026	1568	7644
Firm clayey sandy silt	3.8-6	2334	1274	5390
Medium dense clayey silty sand	6-8.4	3683	2548	5880
Serpih Lapuk Tinggi 1	8.4-12.2	2744	1862	4900
Serpih Lapuk Tinggi 2	12.2-17	4165	2646	7840

Interpretasi Sondir S2 dan rentang Nilai qc

Jenis Tanah	Kedalaman (m)	qc rata-rata (Kpa)	qc max (Kpa)	qc min (Kpa)
Soft Clayey Sandy Silt	0.2-1.2	1437	2646	686
Medium Dense Clayey Silty Sand -clayey sandy silt	1.2-7	2413	4116	882
Firm Clayey Sandy Silt	7-8.6	1666	1862	1274
Serpih Lapuk Tinggi 1	8.6-10.2	3577	5488	2254
Serpih Lapuk Tinggi 2	10.2-12	6392	9310	4410

Interpretasi Sondir S3 dan rentang Nilai qc

Jenis Tanah	Kedalaman (m)	qc rata-rata (Kpa)	qc max (Kpa)	qc min (Kpa)
Medium Dense Clayey Silty Sand -clayey sandy silt	0.2-3.8	1259	2254	686
Medium Dense Clayey Silty Sand -clayey sandy silt	3.8-7.4	2417	9506	1078
Serpih Lapuk Tinggi 1	7.4-9	2082	2940	1470
Serpih Lapuk Tinggi 2	9-9.8	6125	8330	3430

Interpretasi Sondir S4 dan rentang Nilai qc

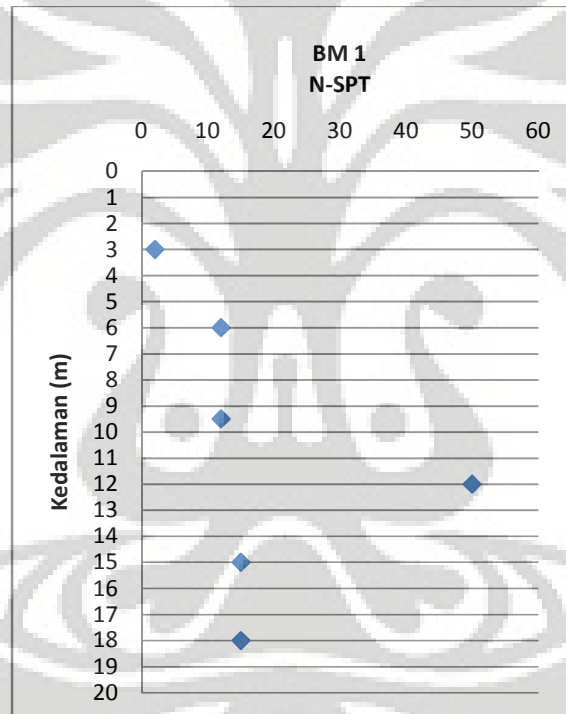
Jenis Tanah	Kedalaman (m)	qc rata-rata (Kpa)	qc max (Kpa)	qc min (Kpa)
Firm clayey silt	0.4-4	1630	3920	98
Soft to firm clayey silt	4-6.4	1911	3920	784
Serpih Lapuk Tinggi 1	6.4-10.4	3636	9800	1470
Serpih Lapuk Tinggi 2	10.4-11	7840	8330	7350

Interpretasi Sondir S5 dan rentang Nilai qc

Jenis Tanah	Kedalaman (m)	qc rata-rata (Kpa)	qc max (Kpa)	qc min (Kpa)
Firm Clayey Sandy Silt	0.2-2.2	1580	2450	588
Serpih Lapuk Tinggi 1	2.2-4.4	2036	7840	1274
Serpih Lapuk Tinggi 2	4.4-8.2	4684	8820	1274

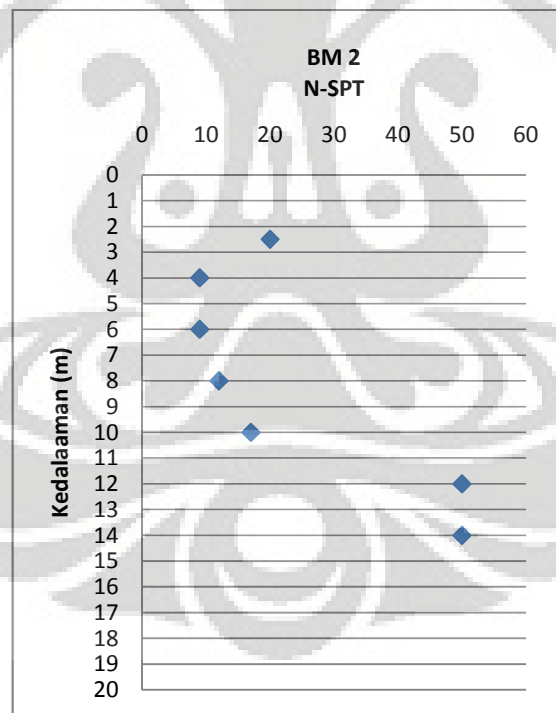
Gambar 3.1 Data Bor Dalam dan Nilai N-SPT

Bor Dalam 1



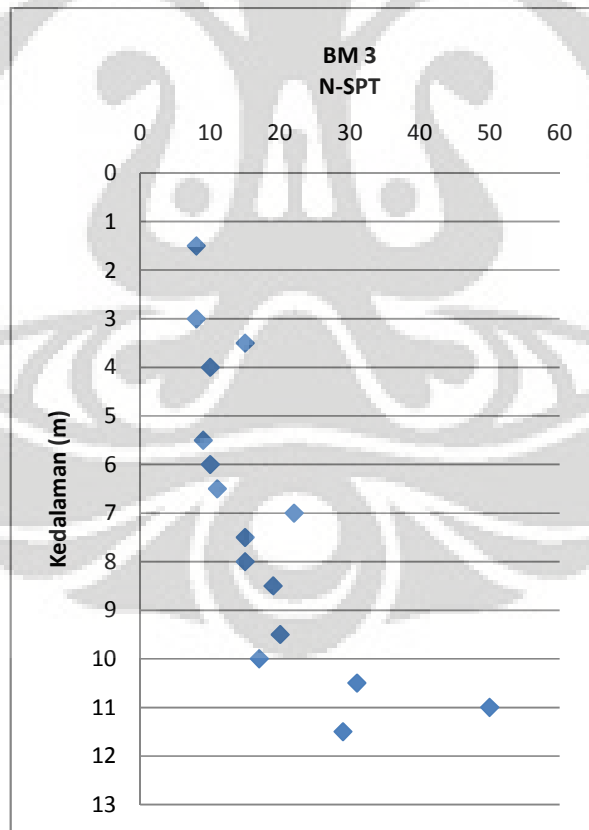
Kedalaman (m)	Profil Bor	Deskripsi Jenis tanah, warna, konsistensi
1		Material Timbunan berupa lempung lanau mengandung butiran berukuran pasir-kerkil, warna coklat, sifat lembek/ lunak
2		Material Timbunan berupa lempung lanau mengandung butiran berukuran pasir-kerkil, warna kuning abu-abu, sifat lunak- teguh
3		
4		
5		Material Timbunan berupa lempung lanau mengandung butiran berukuran pasir-kerkil, warna merah, sifat lunak-sangat teguh
6		
7		
8		
9		
10		lempung lanau mengandung butiran berukuran pasir-kerkil, warna abu-abu muda, sifat sangat teguh
11		
12		
13		
14		
15		Lempung (serpih), warna abu-abu tua, sifat keras-sangat keras
16		
17		
18		
19		
20		

Bor Dalam 2

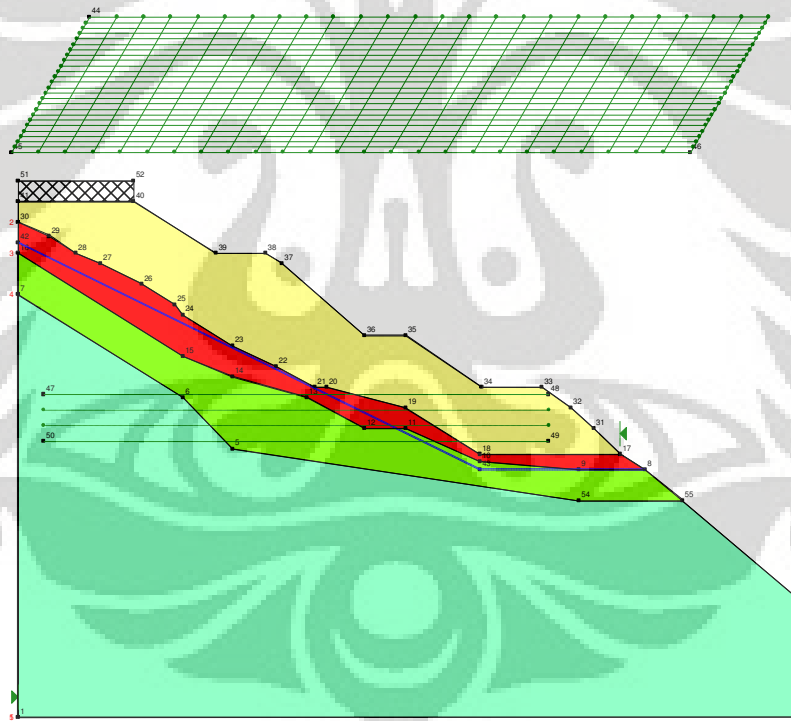


Kedalaman (m)	Profil Bor	Deskripsi Jenis tanah, warna, konsistensi
1		Materiil Timbunan berupa lempung lanau mengandung butiran berukuran pasir-kerkil, warna coklat, sifat teguh
2		Materiil Timbunan berupa lempung lanau mengandung butiran berukuran pasir-kerkil, warna kuning abu-abu, sifat teguh
3		Materiil Timbunan berupa lempung lanau mengandung butiran berukuran pasir-kerkil, warna merah, sifat teguh-keras
4		
5		
6		lempung lanau mengandung butiran berukuran pasir-kerkil, warna abu-abu muda, sifat teguh-sangat teguh
7		
8		
9		
10		
11		Lempung (serpih), warna abu-abu tua, sifat keras-sangat keras
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

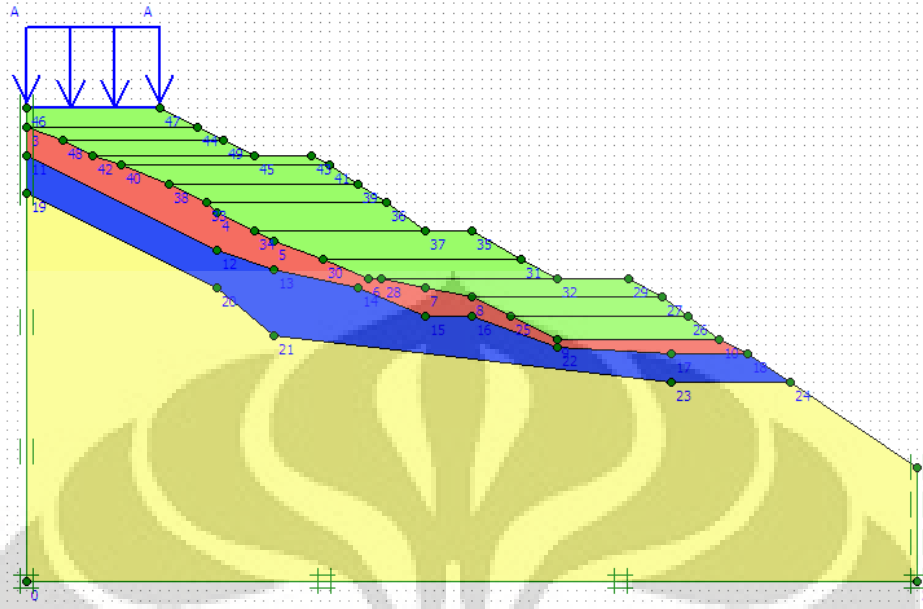
Bor Dalam 3



Kedalaman (m)	Profil Bor	Deskripsi Jenis tanah, warna, konsistensi
1		Materi Timbunan berupa lempung lanau mengandung butiran berukuran pasir, warna coklat, sifat lunak
2		Materi Timbunan berupa lempung lanau kepasiran, warna kuning abu-abu, sifat teguh-keras
3		
4		Lempung (serpih), warna abu-abu tua, sifat keras-sangat keras
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



Gambar 3.2 Pemodelan Lereng Timbunan di Slope



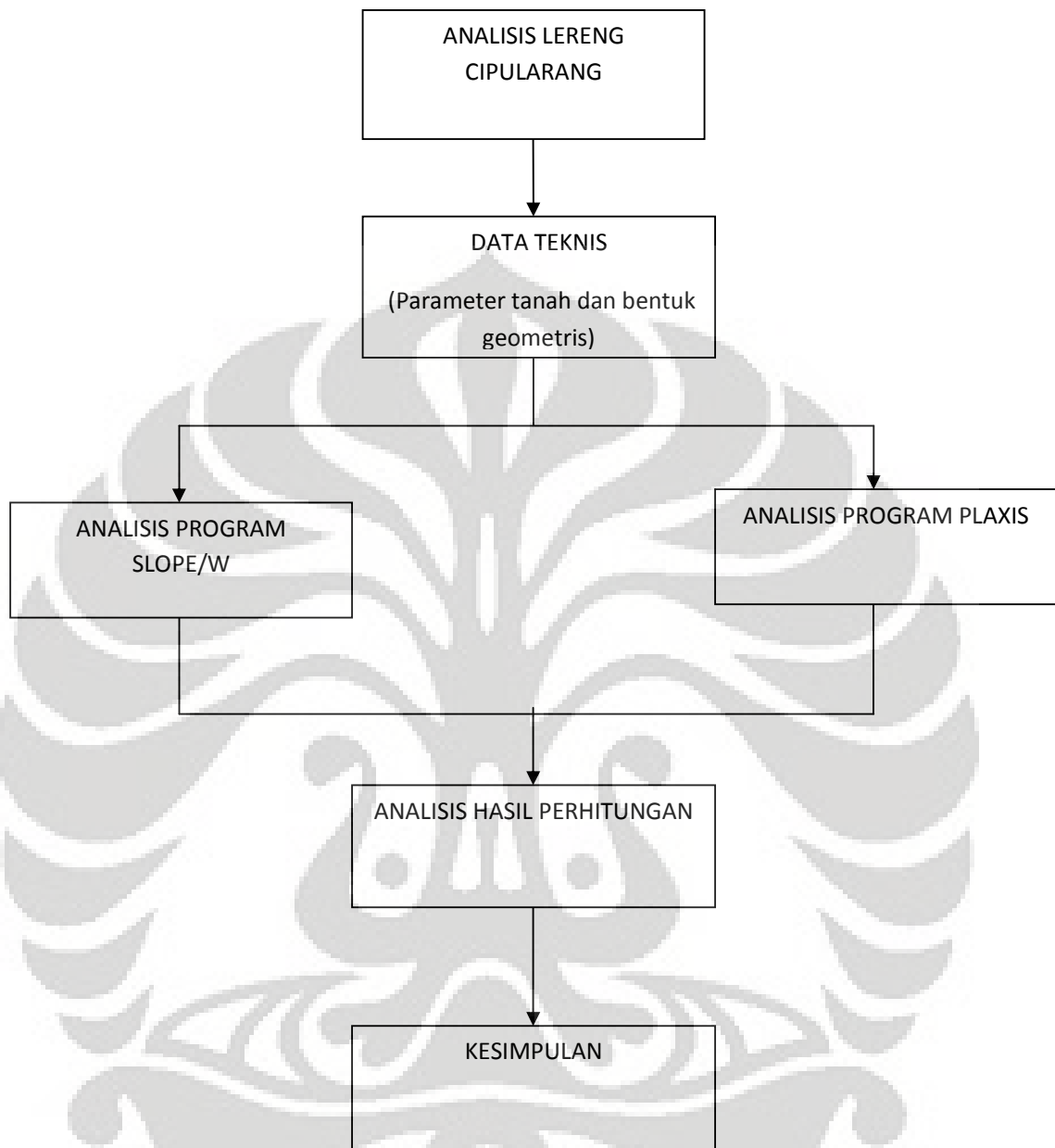
Gambar 3.3 Pemodelan Lereng Timbunan di Plaxis

Tabel 3.2 Parameter yang digunakan untuk analisa tegangan total

Parameter	Nama	Lempung Lanau	Lempung lanau	Lempung Keras	Unit
Material model	Model	MC	MC	MC	-
Type of behavior	Type	Undrained	Undrained	Undrained	-
Soil unit weight di atas MAT	γ_{unsat}	17	18	18	KN/m ³
Soil unit weight di bawah MAT	γ_{sat}	17	18	18	KN/m ³
Horizontal permeabilty	k_x	0	0	0	m/day
Vertical permeabilty	k_y	0	0	0	m/day
Young's modulus	E_{ref}	20000	30000	30000	KN/m ²
Poisson's ratio	ν	0.495	0.495	0.495	-
Cohesion	C_{ref}	50	65	100	KN/m ²
Friction angle	ϕ	0	0	0	0
Dilatancy angle	ψ	0	0	0	0

Parameter	Nama	Lempung Lanau	Lempung lanau	Lempung Keras	Unit
Material model	Model	MC	MC	MC	-
Type of behavior	Type	drained	drained	drained	-
Soil unit weight di atas MAT	γ_{unsat}	17	18	18	KN/m ³
Soil unit weight di bawah MAT	γ_{sat}	18	19	19	KN/m ³
Horizontal permeabilty	k_x	0.001	0.000864	0.0000864	m/day
Vertical permeabilty	k_y	0.001	0.000864	0.0000864	m/day
Young's modulus	E_{ref}	20000	30000	30000	KN/m ²
Poisson's ratio	ν	0.3	0.3	0.3	-
Cohesion	C_{ref}	10	10	15	KN/m ²
Friction angle	ϕ	30	22	27	⁰
Dilatancy angle	ψ	0	0	0	⁰

Tabel 3.3 Parameter yang digunakan untuk analisa tegangan efektif

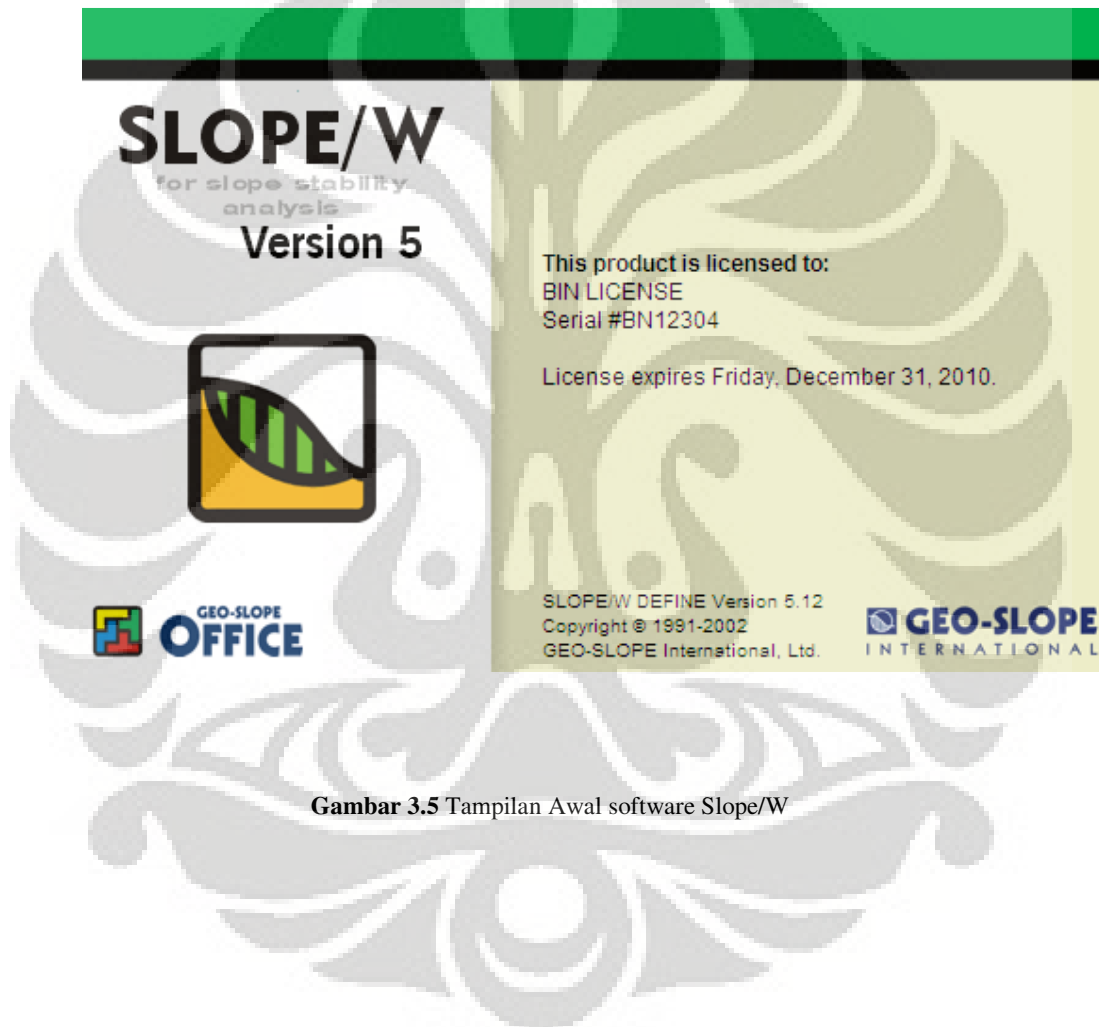


Gambar 3. 4 Bagan Alir Penelitian

3.2 Metode Analisa Stabilitas Lereng dengan Slope/W

Slope /W merupakan salah satu software untuk analisa *Slope Stability* menggunakan teori limit equilibrium yang dikembangkan oleh John Krahn, Ph.D., P.Eng. President & CEO GEO-SLOPE International Ltd.

Slope/W menggunakan metode bishop's slip surface dan Janbu's , dan bekerja baik dalam system Windows 98/XP



Gambar 3.5 Tampilan Awal software Slope/W

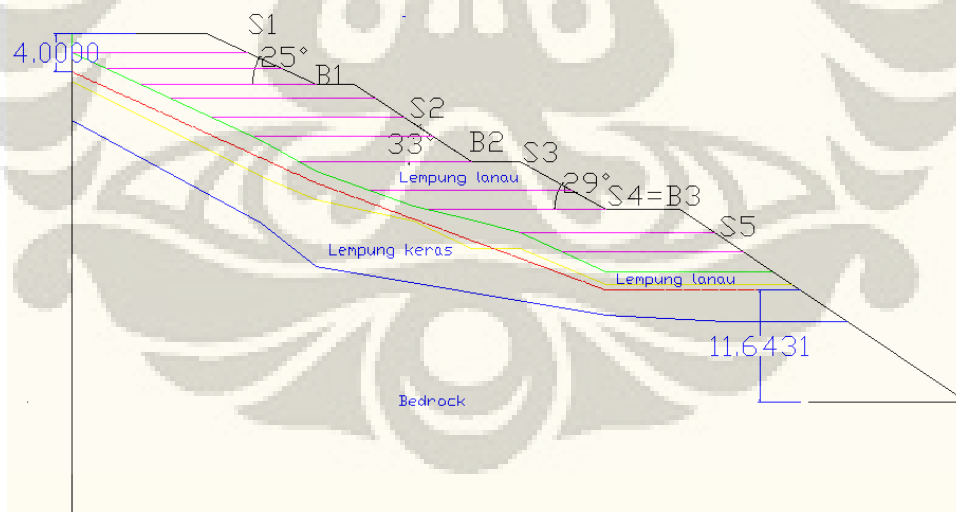
Hasil akhir dari analisa Slope/W adalah nilai FOS (*factor of safety*) dengan kondisi tegangan total dan tegangan efektif

Adapun tahapan yang dilakukan untuk menganalisa stabilitas lereng Cipularang adalah sebagai berikut :

1. Idealisasi Bentuk Geometri Lereng
2. Penentuan nilai kohesi dan sudut geser tanah
3. Penentuan tinggi muka air tanah (MAT)
4. Penentuan Besar beban kerja pada lereng
5. Analisa dan perhitungan stabilitas lereng

3.2.1. Idealisasi Bentuk Geometry Lereng

Bentuk geomtri permukaan lereng diperoleh dari laporan akhir Penelitian dan Penyelidikan Sta. 96+900 Jalur A pada proyek Pembangunan Jalan Tol Cipularang Tahap II, Paket 3.1, Ruas Plered-Cikalong Wetan Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat . Bor dalam sebanyak 3 titik dan 5 sondir.



Gambar 3.6 Lereng Cipularang dengan kondisi eksisting

3.2.2 Penentuan Nilai Kohesi dan Sudut Geser Tanah

Adapun paramter tanah tiap lapisan diketahui dengan uji lab terhadap sampel bor dalam. Dari hasil uji laboratorium dengan tes-triaksial dan direct shear diketahui bahwa lereng Cipularang tersebut terdiri dari 3 lapisan yaitu tanah timbunan berupa lempung lanau, lempung lanau, lempung (serpilh) kuat, dimana masing-masing nilai kohesi dan sudut gesernya dapat dilihat tabel 3.2 dan 3.3

3.2.3. Penentuan Tinggi Muka Air Tanah (MAT)

Tinggi Muka Air tanah di lereng Cipularang km 96+800 di kedalaman 4 m dan 2 m dari puncak lereng. Hasil kedalaman muka air tanah ini dipakai saat perhitungan faktor keamanan lereng tersebut.

3.2.4. Penentuan Besar Beban Kerja pada Lereng

Pada lokasi, beban yang bekerja pada puncak lereng berupa beban kendaraan dan tanaman pohon. Beberapa tanaman pohon diabaikan karena penulis belum mensurvey secara langsung ke lapangan sehingga tidak mengetahui secara persis letak tanaman pada lereng. Adapun beban yang bekerja adalah beban perkerasan sebesar 121.52 KN/m dan beban ekivalen sebesar 17.15 KN/m

3.2.5. Penentuan percepatan gempa.

Penulis memasukkan percepatan gempa berdasarkan SNI gempa 03-1726-2002.

SNI 03-1726-2002					
Tabel 5. Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah untuk Masing-Masing Wilayah Gempa Indonesia					
Wilayah Gempa	Percepatan Puncak Batuan Dasar (g)	Percepatan Puncak Muka Tanah, A_0 (g)			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0.03	0.04	0.05	0.08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0.10	0.12	0.15	0.20	
3	0.15	0.18	0.23	0.30	
4	0.20	0.24	0.28	0.34	
5	0.25	0.28	0.32	0.36	
6	0.30	0.33	0.36	0.38	

Gambar 3.7 SNI Gempa Indonesia

Penulis mengkategorikan percepatan gempa yang terjadi termasuk wilayah gempa Jawa-Sumatra. Jadi percepatan=0,24 untuk lereng Cipularang. Jadi koefisien gempa horisontal = $0.5 \times 0.24 = 0.12$

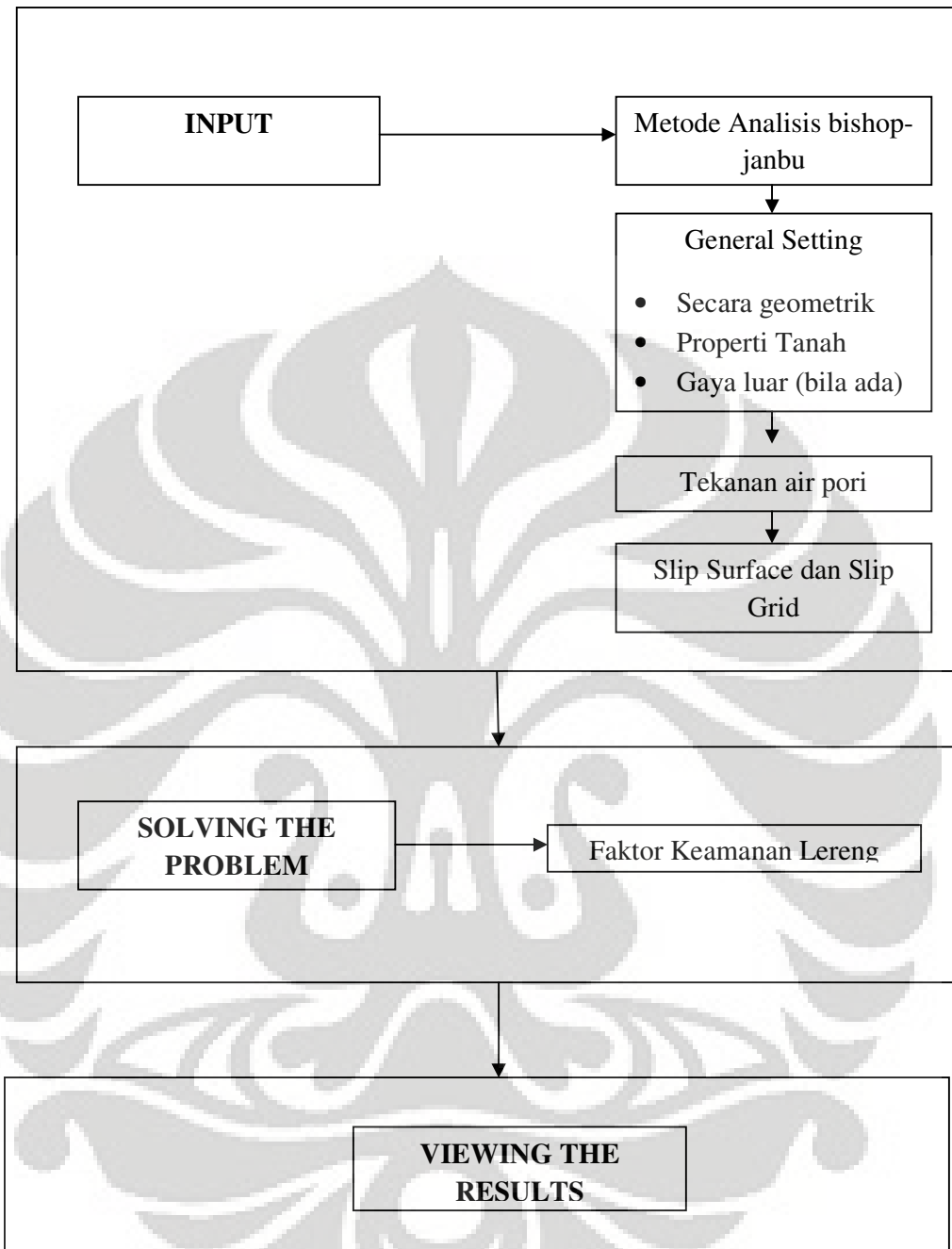
3.2.6. Analisa dan Perhitungan Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng akan diperiksa pada 3 (tiga) kondisi pembebanan, yaitu :

- Beban perkerasan
- Beban ekivalen

Tujuan dari simulasi pembebanan ini adalah untuk mengetahui perubahan faktor keamanan (FOS) sehubungan dengan penambahan beban pada puncak lereng. Simulasi ini akan mengetahui berapa besar beban yang mampu ditanggung oleh lereng sebelum terjadi kelongsoran.

Pada setiap kondisi pembebanan, lereng akan dianalisa kestabilannya untuk 4 (empat) kemungkinan model bidang runtuh (slip surface), dimana setiap bidang runtuh berbentuk circular (lengkung lingkaran) mengingat metode yang dipakai oleh Slope/W adalah bishop dan janbu.

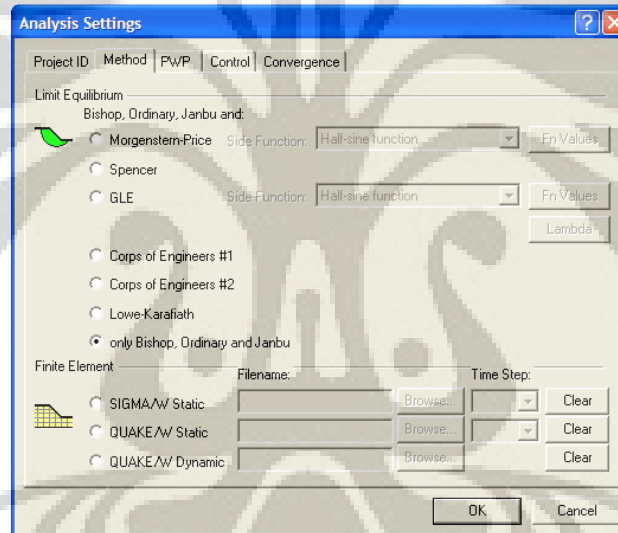


Gambar 3.8 Bagan Alir analisa Slope/W

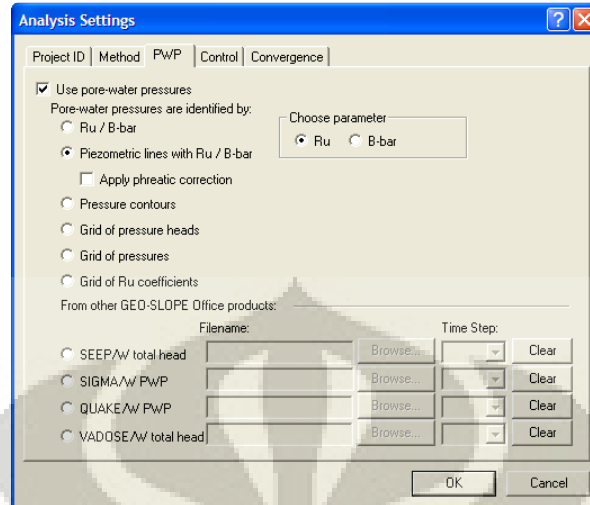
Perhitungan dengan bantuan Slope/W memiliki tahapan-tahapan yang harus dilalui agar perhitungan dapat berjalan dengan baik. Tahapan-tahapan yang harus dilalui dalam perhitungan faktor keamanan lereng kali ini adalah :

1. INPUT, terdiri dari beberapa tahapan antara lain :

- Pemilihan metode analisis yang digunakan untuk menghitung faktor keamanan lereng cipularang. Metode yang tersedia di Slope/W terdapat Limit Equilibrium dan Finite Element. Penulis memilih metode Bishop, Ordinary, Janbu dan menentukan pore water pressure dengan piezometric line.

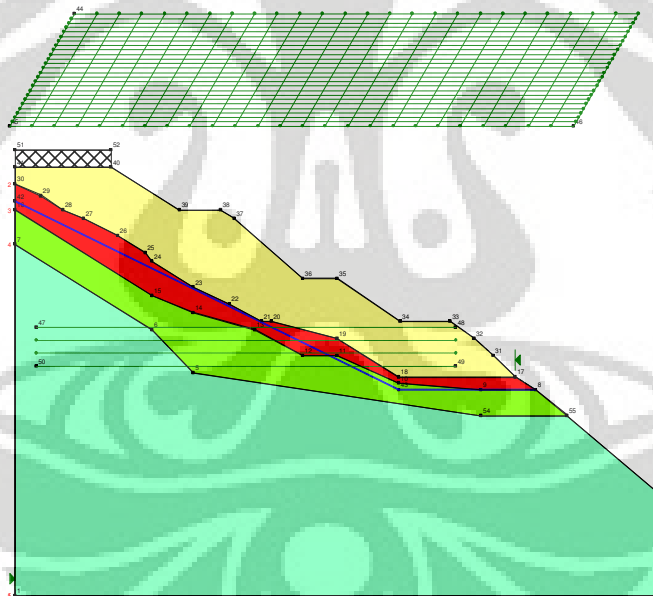


Gambar 3.9 metode analisa yang digunakan



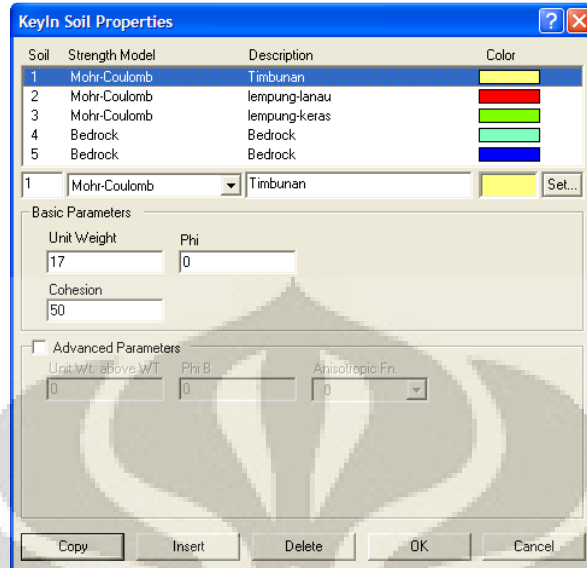
Gambar 3.10 Penentuan Pore Water Pressure

- Permodelan struktur dengan :
 - Menggambar pemodelan lereng (secara geometri)



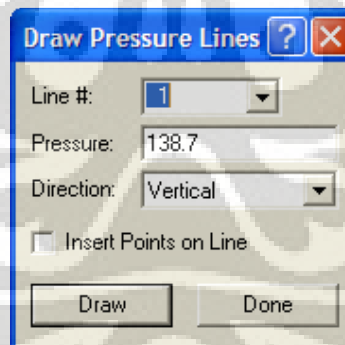
Gambar 3.11 Geometri lereng

- Menentukan properti tanah untuk kondisi drained dipilih strength model Mohr-Coulomb, untuk analisa tegangan total dan tegangan efektif dan lapisan tanah keras dipilih strength model Bedrock.



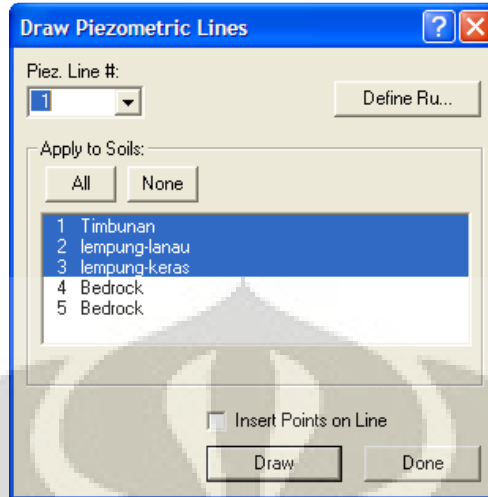
Gambar 3.12 Soil Properties

- Menentukan beban yang bekerja, kasus pada skripsi ini menggunakan beban perkerasan dan beban ekuivalen). Beban perkerasan dan beban ekuivalen sebesar 138.66 KN/m.

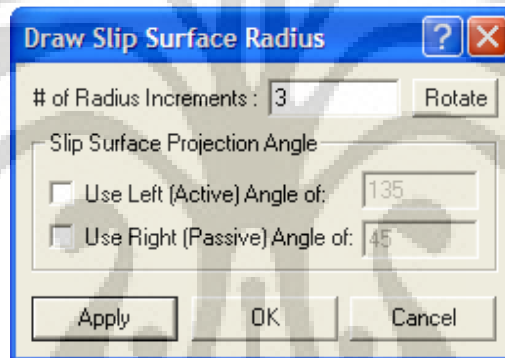


Gambar 3.13 Input beban perkerasan dan beban ekuivalen

- Menentukan Tekanan air pori. Tekanan air pori yang bekerja pada lereng akan mempengaruhi nilai faktor keamanan lereng. Mencari slip surface radius dan slip surface grid (untuk menentukan titik pusat o) untuk menentukan nilai faktor keamanan yang paling kritis.



Gambar 3.14 Menggambar garis Piezometric pada pemodelan



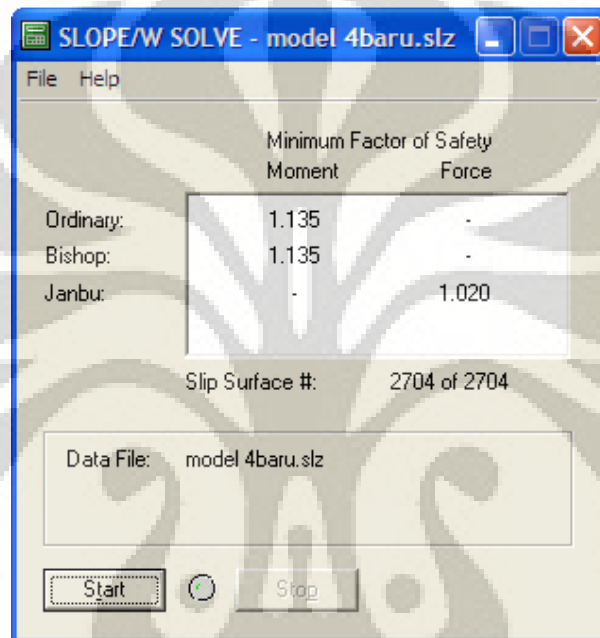
Gambar 3.15 Draw slip surface radius



Gambar 3.16 Draw slip surface grid

2. Solving the problem

Setelah kita memasukkan data-data yang berhubungan dengan lereng. Sekarang kita akan menyelesaikan permasalahan lereng dengan Solving problem. Pilih menu solve button dan klik menu tersebut. Selanjutnya akan muncul tabel faktor keamanan beserta nilainya sesuai dengan metode yang dipilih.



	Minimum Factor of Safety	
	Moment	Force
Ordinary:	1.135	-
Bishop:	1.135	-
Janbu:	-	1.020

Slip Surface #: 2704 of 2704

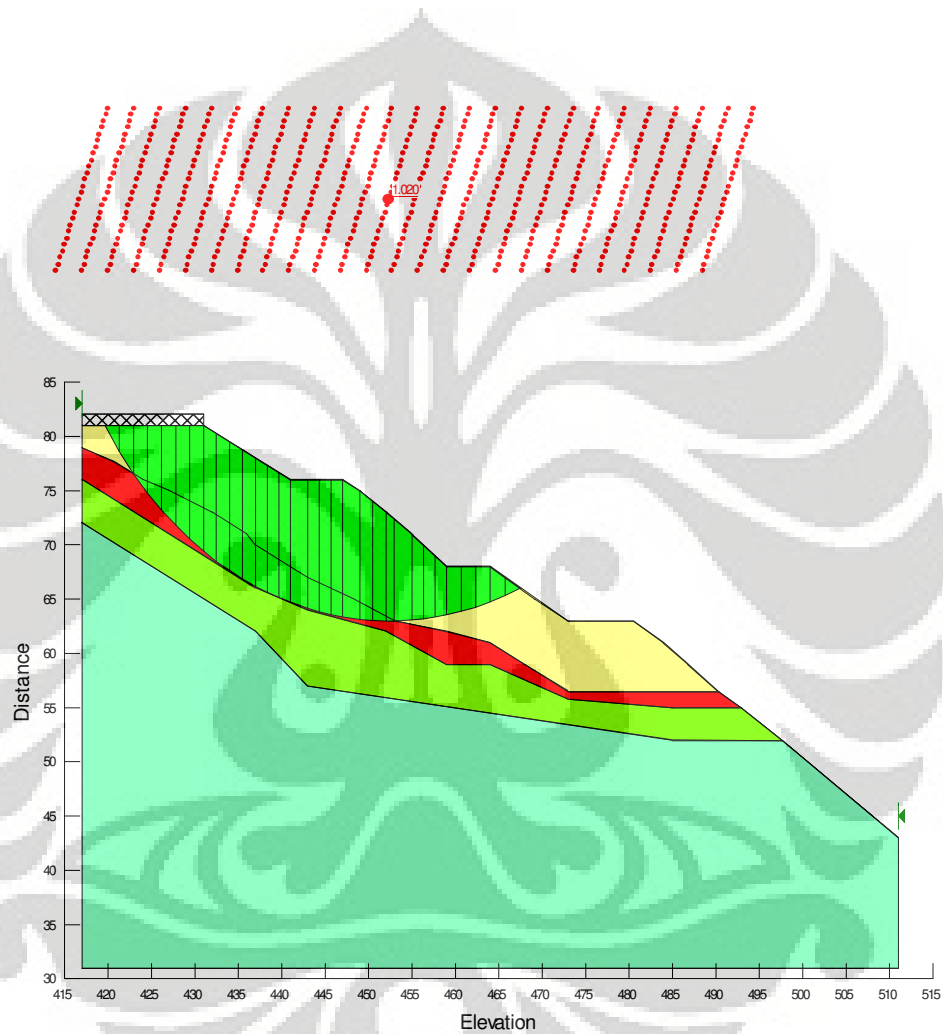
Data File: model 4baru.slz

Start Stop

Gambar3.17 Solving Problem berupa nilai faktor keamanan

3. Viewing the results

Dengan melihat hasilnya ini kita dapat melihat jenis keruntuhan yang terjadi pada lereng. Lereng tersebut mengalami local failure atau deep failure.



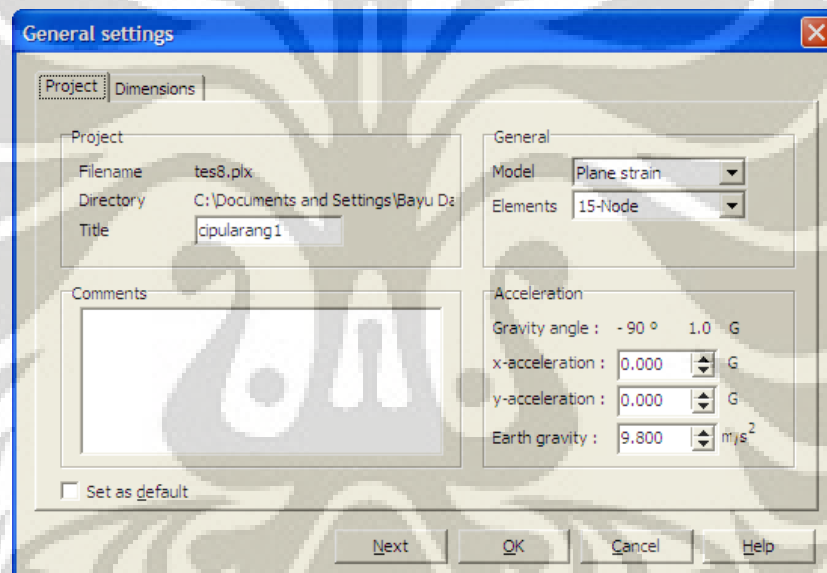
Gambar 3.18 Bidang Longsor yang terjadi

3.3 Analisa Lereng dengan Bantuan Plaxis

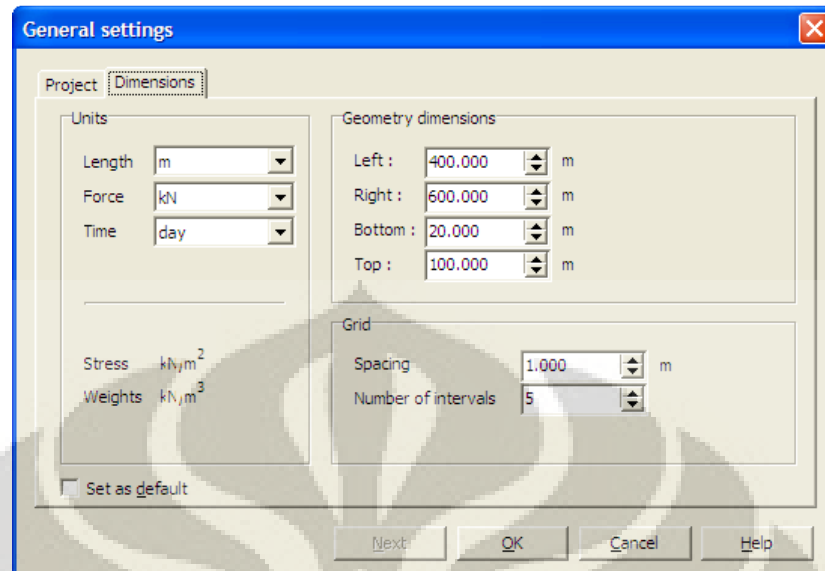
Perhitungan dengan bantuan PLAXIS memiliki tahapan-tahapan yang harus dilalui agar perhitungan dapat berjalan dengan baik. Tahapan-tahapan yang harus dilalui dalam perhitungan timbunan kali ini adalah :

3.3.1 INPUT, terdiri dari beberapa tahapan antara lain :

- Penentuan satuan ukuran (Panjang, Gaya) yang digunakan
- Pemilihan model metode perhitungan elemen hingga dan tipe elemen yang digunakan, yaitu plane strain dan triangular 15 nodal dan penentuan satuan ukuran (panjang, gaya) yang digunakan yaitu m, kN.

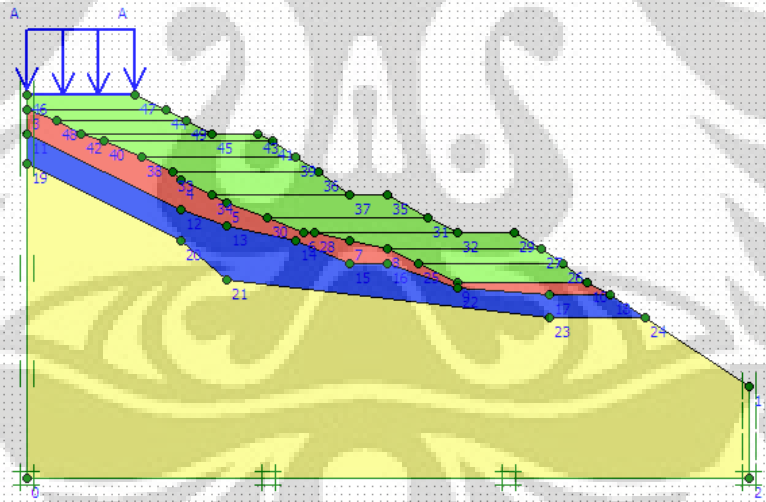


Gambar 3.19 General model yang dipakai



Gambar 3.20 Penentuan satuan pada Plaxis

- Permodelan struktur dengan
 - Menggambar timbunan (secara geometri)



Gambar 3.21 Geometri lereng

Keterangan:

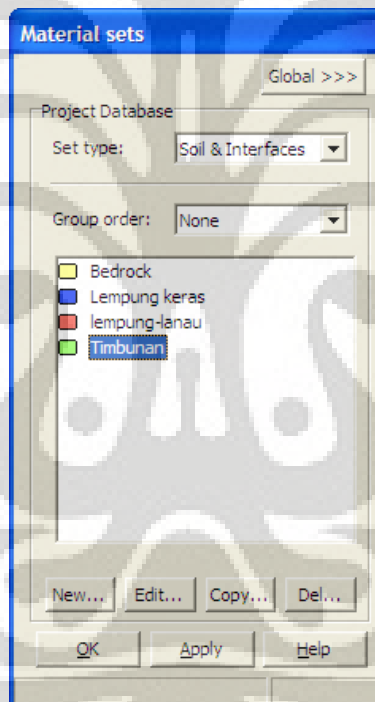
Warna hijau : Tanah Timbunan

Warna merah muda : Lempung lanau

Warna biru : Lempung keras

Warna krem : Bedrock

- Menentukan properti material yang digunakan, memasukkan nilai parameter tanah drained pada kotak *material properties* dengan tipe material *drained*.



Gambar 3.22 Material Sets

Tanah Timbunan:

Mohr-Coulomb - Timbunan

General | Parameters | Interfaces

Material Set

Identification:

Material model:

Material type:

General properties

γ_{unsat} : kN/m³

γ_{sat} : kN/m³

Comments

Permeability

k_x : m/day

k_y : m/day

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 3.23 General tanah timbunan

Mohr-Coulomb - Timbunan

General | Parameters | Interfaces

Stiffness

E_{ref} : kN/m²

ν (nu):

Strength

c_{ref} : kN/m²

ϕ (phi): °

ψ (psi): °

Alternatives

G_{ref} : kN/m²

E_{oad} : kN/m²

Velocities

V_s : m/s

V_p : m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 3.24 Parameter tanah timbunan

Tanah lempung lanau:

Mohr-Coulomb - lempung-lanau

General | Parameters | Interfaces

Material Set

Identification: lempung-lanau

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: Drained

General properties

γ_{unsat} : 18.000 kN/m³

γ_{sat} : 18.000 kN/m³

Comments

Permeability

k_x : 0.000 m/day

k_y : 0.000 m/day

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 3.25 General tanah lempung lanau

Mohr-Coulomb - lempung-lanau

General | Parameters | Interfaces

Stiffness

E_{ref} : 3.000E+04 kN/m²

ν (nu): 0.495

Strength

c_{ref} : 65.000 kN/m²

ϕ (phi): 0.000 °

ψ (psi): 0.000 °

Alternatives

G_{ref} : 1.003E+04 kN/m²

E_{oed} : 1.013E+06 kN/m²

Velocities

V_s : 73.910 m/s

V_p : 742.800 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 3.26 Parameter tanah lempung lanau

Tanah Lempung Keras

Mohr-Coulomb - Lempung keras

General | Parameters | Interfaces

Material Set

Identification:

Material model:

Material type:

General properties

γ_{unsat} : kN/m³

γ_{sat} : kN/m³

Comments

Permeability

k_x : m/day

k_y : m/day

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 3.27 General tanah lempung keras

Mohr-Coulomb - Lempung keras

General | Parameters | Interfaces

Stiffness

E_{ref} : kN/m²

ν (nu):

Strength

c_{ref} : kN/m²

ϕ (phi): °

ψ (psi): °

Alternatives

G_{ref} : kN/m²

E_{oed} : kN/m²

Velocities

V_s : m/s

V_p : m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 3.28 Parameter tanah lempung lanau

Bedrock

Mohr-Coulomb - Bedrock

General | Parameters | Interfaces

Material Set

Identification:

Material model:

Material type:

General properties

γ_{unsat} : kN/m³

γ_{sat} : kN/m³

Comments

Permeability

k_x : m/day

k_y : m/day

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 3.29 General tanah bedrock

Mohr-Coulomb - Bedrock

General | Parameters | Interfaces

Stiffness

E_{ref} : kN/m²

ν (nu):

Strength

c_{ref} : kN/m²

ϕ (phi): °

ψ (psi): °

Alternatives

G_{ref} : kN/m²

E_{oed} : kN/m²

Velocities

V_s : m/s

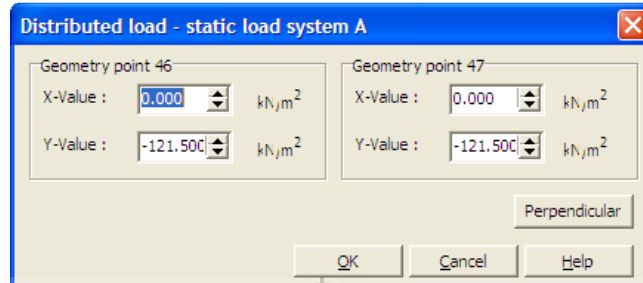
V_p : m/s

Advanced...

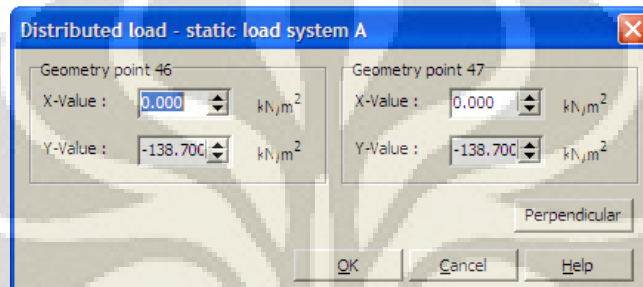
Next Ok Cancel Help

Gambar 3.30 Parameter bedrock

- Menentukan beban yang bekerja (bila ada), kasus pada skripsi ini digunakan beban (beban perkerasan dan beban ekuivalen) tiap permodelan yang akan dianalisa.

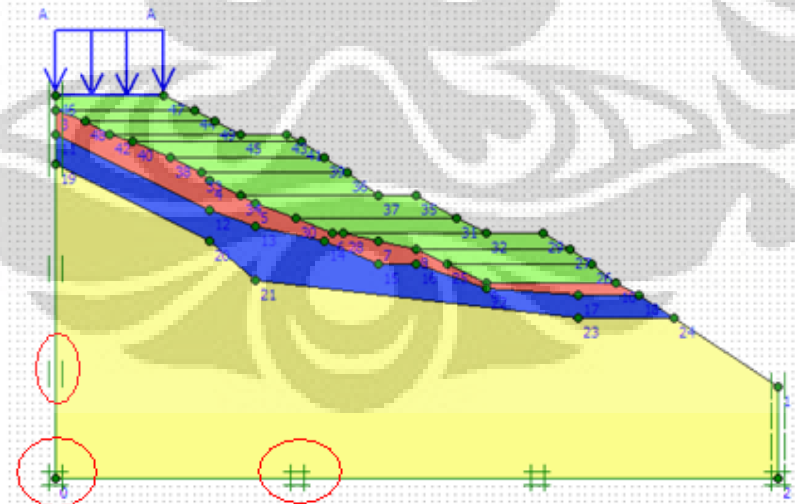


Gambar 3.31 Beban perkerasan berupa beban terbagi rata



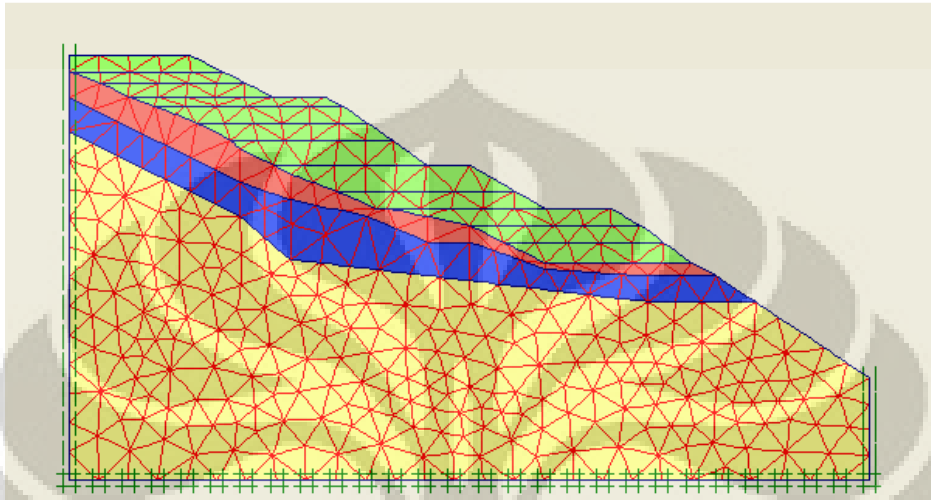
Gambar 3.32 beban perkerasan dan beban ekuivalen berupa beban terbagi rata

- Boundary Conditions (standard fixities), secara default program Plaxis akan menganggap kondisi bedrock (sisi bawah) sebagai perletakan jepit horisontal ($u_x=0$) sedangkan perletakan vertikal sebagai perletakan rol.



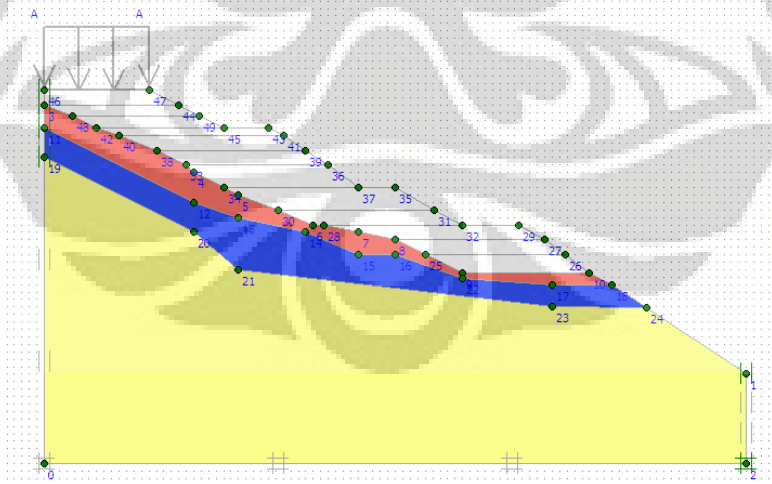
Gambar 3.33 Boundary Conditions (standard fixities)

- Mesh Generation, adalah proses diskritisasi permodelan struktur menjadi elemen-elemen yang lebih kecil yang dikerjakan secara otomatis oleh Plaxis dengan menekan tool bar “mesh generations”. Mesh yang digunakan adalah *very fine*. sekitar 1000 elemen



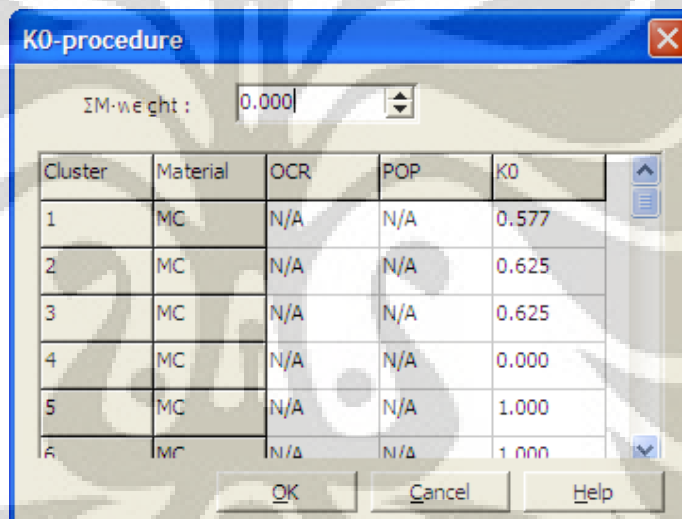
Gambar 3.34 Mesh Generation

- Initial Conditions
 - Menentukan kondisi awal (sebelum ada lereng tanah timbunan), kondisi awal pada permodelan lereng tanah timbunan pada Plaxis, permukaan tanah membentuk garis bidang sesuai lereng alami yang ditinjau.



Gambar 3.35 Initial pore pressure

- Generate Initial Stress. Pada initial stress $Mweight = 0.0$ pada Ko prosedur. Banyak analisa pada permasalahan geoteknik yang mengacu pada kondisi *initial stresses*. Tegangan ini diakibatkan oleh gaya gravitasi dan menyatakan kondisi keseimbangan dari massa tanah atau batuan yang tak terganggu. Pada penghitungan initial condition dihitung tekanan pori dan tekanan efektif dengan *Ko-prosedure*; $Mweight = 0.0$. Analisa kondisi initial stresses perlu dispesifikasikan oleh pengguna. Ada 2 kemungkinan spesifikasi kondisi initial stresses, yaitu: *Ko-prosedure* dan *Gravity Loading*.



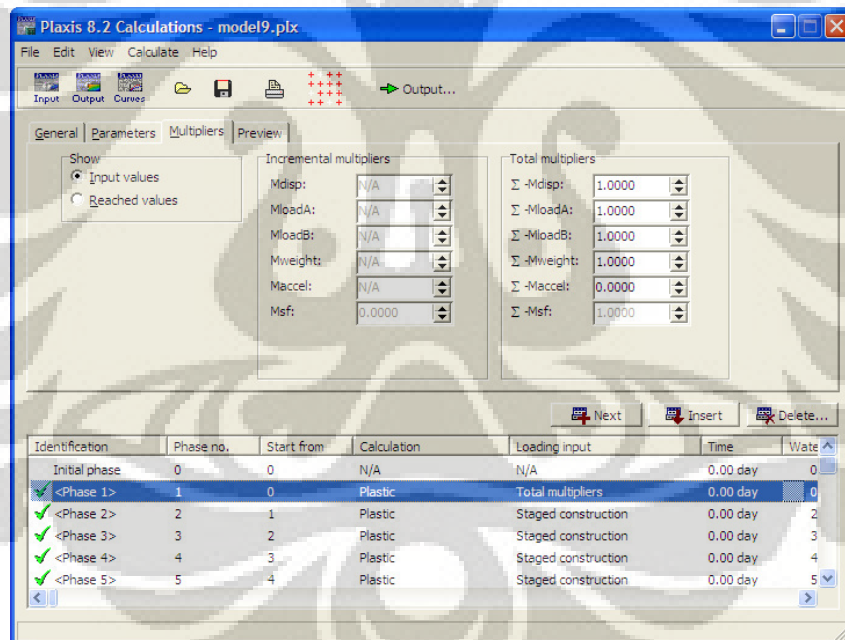
Gambar 3.36 K0- prosedur

Untuk kasus permukaan tanah datar dan dengan pelapisan tanah dan garis freatik datar atau sejajar dengan permukaan tanah. Maka yang digunakan adalah *Ko-prosedure*. Untuk kasus-kasus yang lain gunakan *beban gravitasi*.

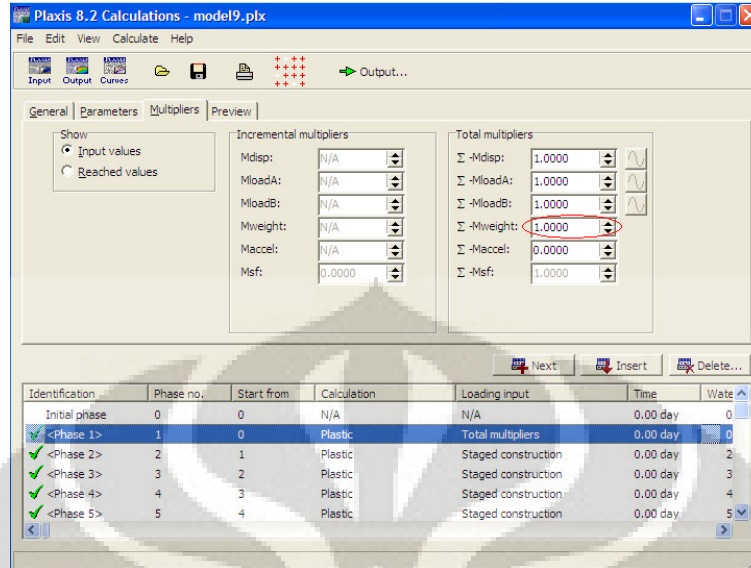
3.3.2. CALCULATION, terdiri dari beberapa tahapan antara lain:

- Penentuan phase perhitungan, pada kasus lereng tanah timbunan ini akan ada beberapa tahapan konstruksi dengan tipe perhitungan “*Plastic*” dan tahapan untuk menghitung faktor keamanan dengan menggunakan tipe perhitungan “*phi-c reduction*”.

- Menentukan tipe perhitungan (*plastic*, *phi-c reductions*, *consolidations*, dan *dynamic*), pada kasus lereng tanah timbunan ini hanya akan digunakan tipe *plastic* untuk menganalisis tahapan konstruksi dan tipe *phi-c reductions* untuk menganalisis nilai faktor keamanan.
- Penentuan parameter perhitungan, pada tipe perhitungan *plastic* kita perlu menambahkan aktivitas lereng tanah timbunan dengan meng-klik gambar lereng tanah timbunan tersebut secara bertahap (phase). Pada phase pertama $Mweight = 1.0$, hal ini dilakukan untuk menghitung nilai σ_v dan σ_h sesuai bidang lereng timbunan yang miring dengan loading input *Total Multipliers* dengan mengaktifkan *delete intermediate steps*.

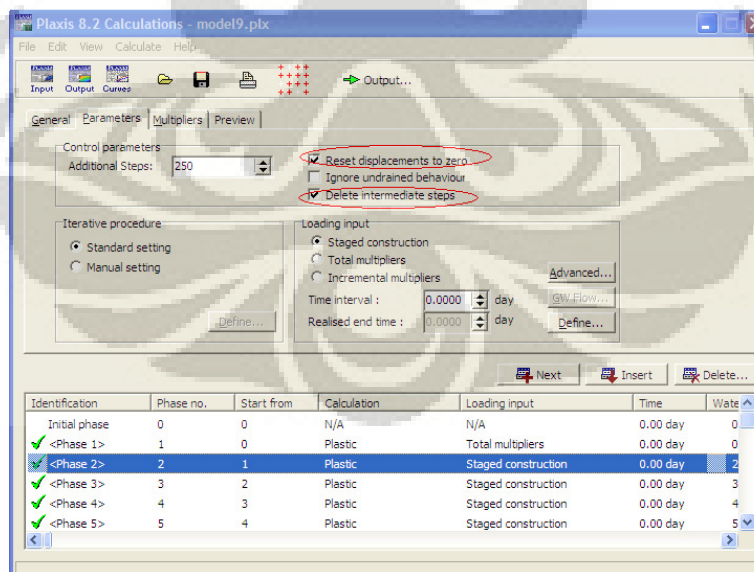


Gambar 3.37 General phase 1

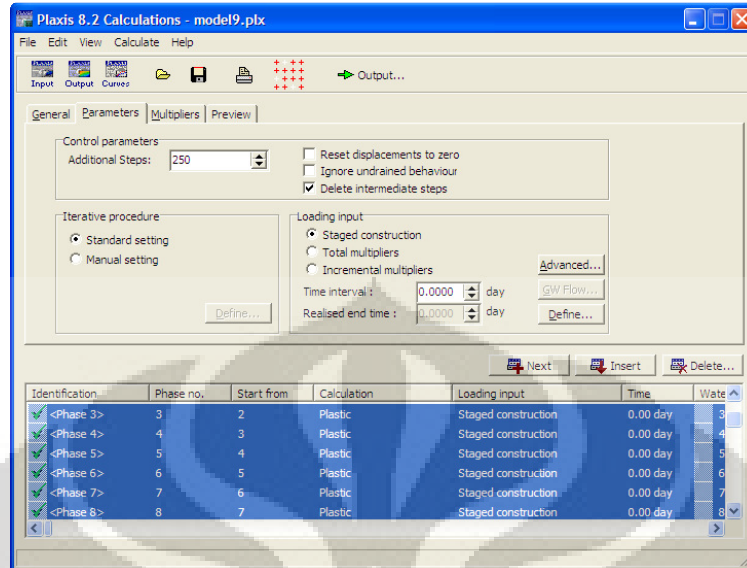


Gambar 3.38 Multipliers phase 1 dengan Mweight = 1

- Untuk phase kedua loading inputnya adalah *stage construction* dengan calculation *Plastic* di mana *delete intermediate steps* dan *delete displacement to zero* diaktifkan. Selanjutnya untuk phase berikutnya (phase 3 sampai 12) loading inputnya adalah *stage construction* dengan calculation *Plastic* di mana *delete intermediate steps* diaktifkan.

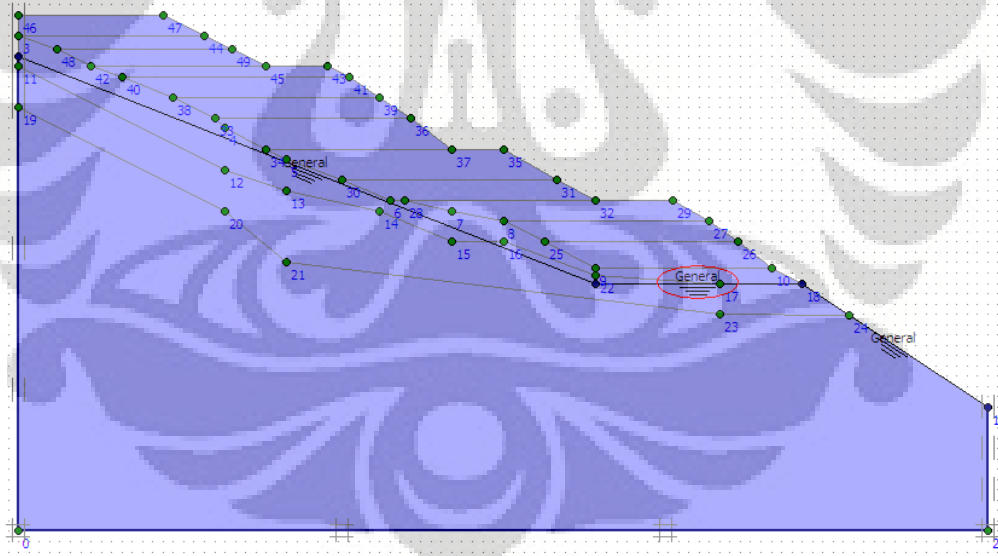


Gambar 3.39 Parameter phase 2



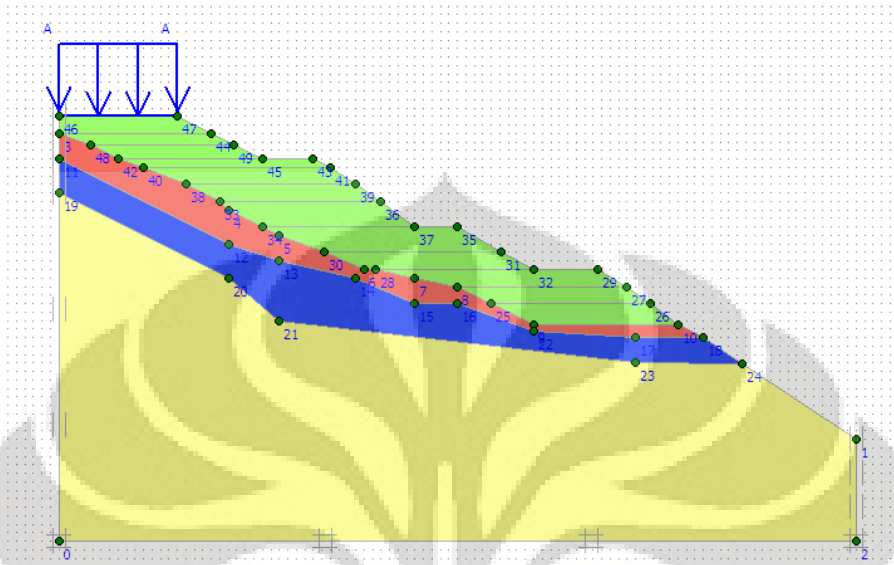
Gambar 3.40 Parameter phase 3 sampai 13

- Pada phase ke- 14 adalah penempatan MAT dengan kedalaman 4 m dari puncak lereng lereng timbunan (H), khusus analisis tegangan efektif.



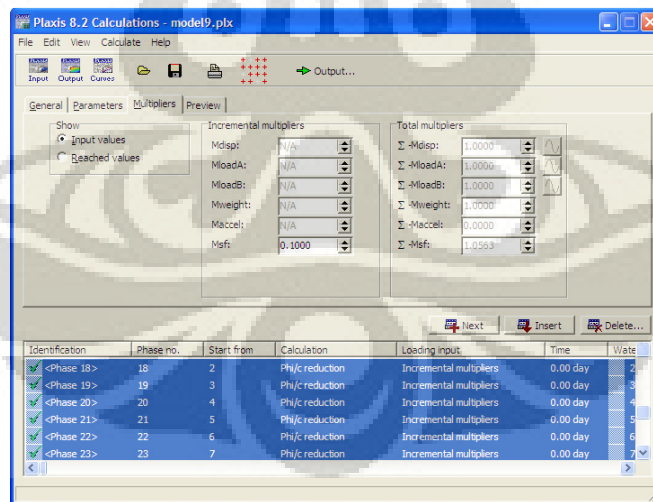
Gambar 3.41 MAT lereng dibuat pada phase ke- 14

- Pada phase ke- 15 adalah aktivasi beban perkerasan dan beban ekuivalen

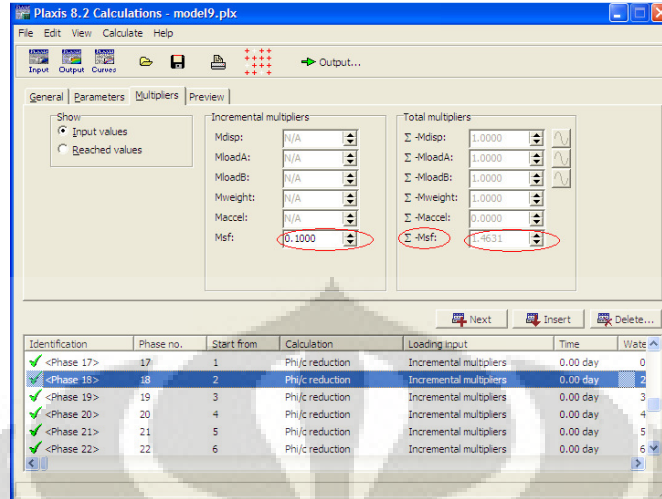


Gambar 3.42 Aktivasi beban perkerasan dan beban ekuivalen

- Phase (phase 18-31) adalah penghitungan *safety factor* dengan dan menentukan nilai $Msf = 0.1$ dengan calculation *phi-c reductions*.

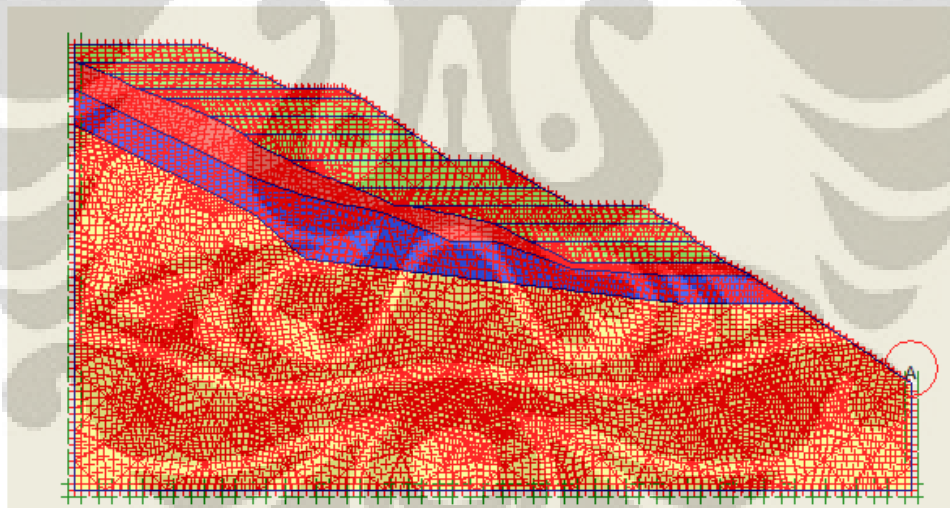


Gambar 3.43 General phase ke- 18-31



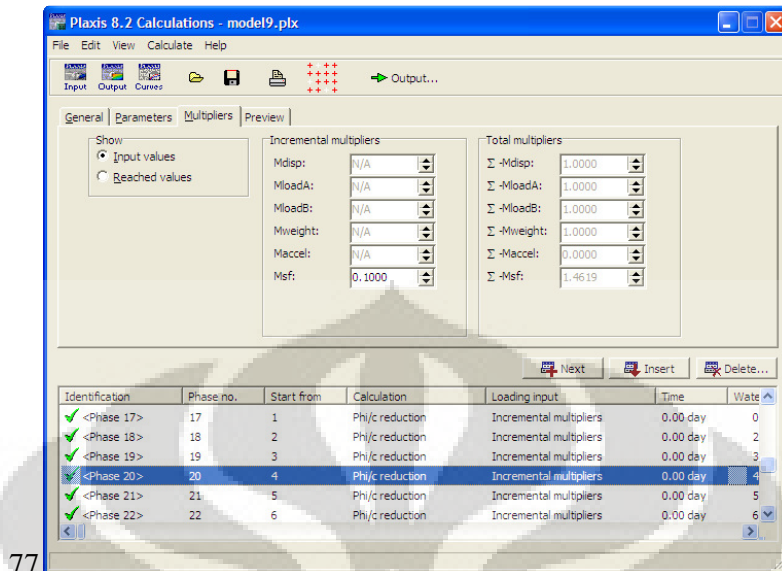
Gambar 3.44 Multipliers phase ke- 18-31

- Penentuan titik-titik yang akan diamati, merupakan syarat untuk Plaxis agar dapat memulai perhitungan (minimal 1 titik). Titik tinjau dibuat kaki lereng/ sudut lereng timbunan.



Gambar 3.45 Titik tinjau lereng timbunan

- Proses perhitungan, memulai proses perhitungan dengan perhitungan setiap phase pada Plaxis hingga mendapatkan hasil.

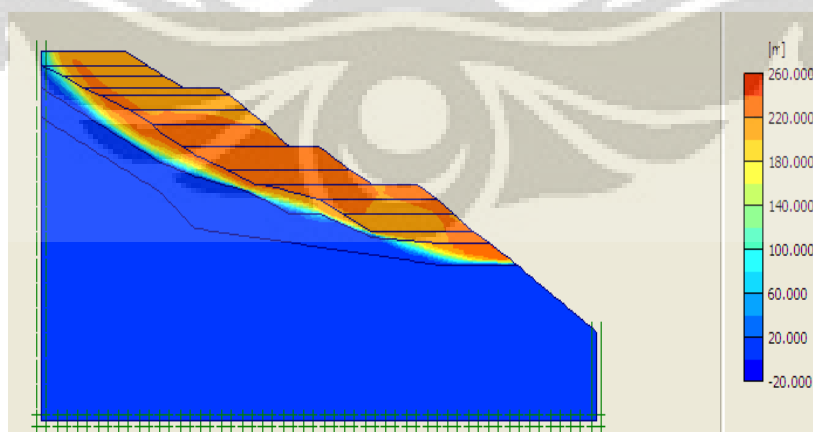


77

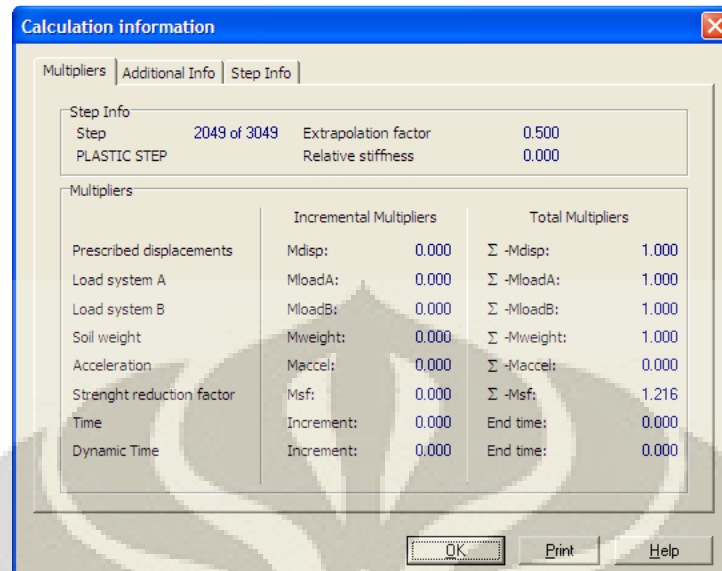
Gambar 3.46 Hasil Calculation

3.3.3 OUTPUT, hasil analisis dapat ditampilkan berupa kurva, gambar ataupun dalam bentuk tabel.

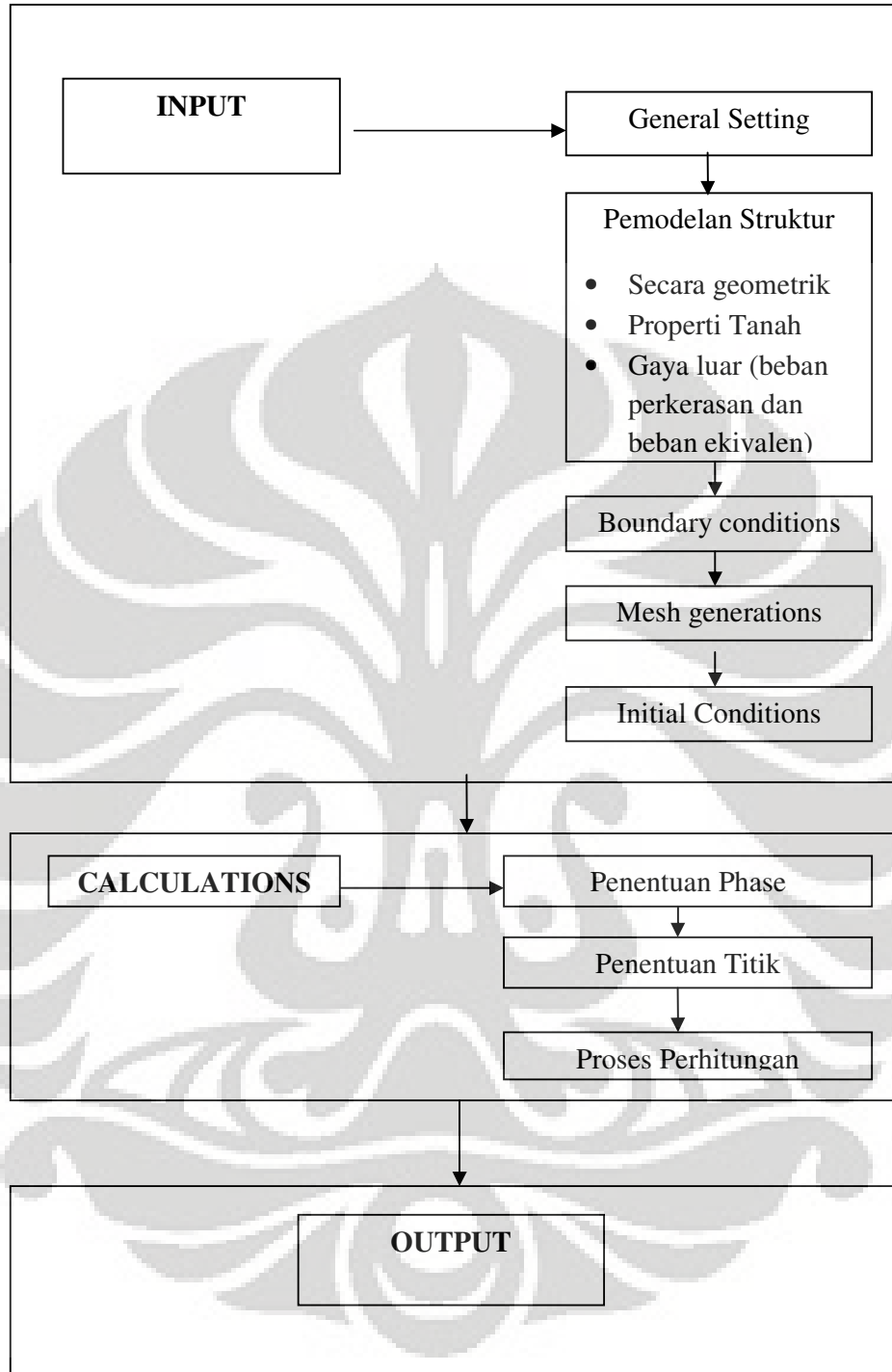
- *Calculation info*, untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng. Setelah menetapkan phase-phase perhitungan, maka akan didapatkan nilai *safety factor* pada phase akhir. *Safety factor* untuk kondisi tegangan total dan tegangan efektif untuk tiap pemodelan dianalisa.



Gambar 3.47 Output dari lereng timbunan



Gambar 3.48 Calculation Info untuk melihat faktor keamanan

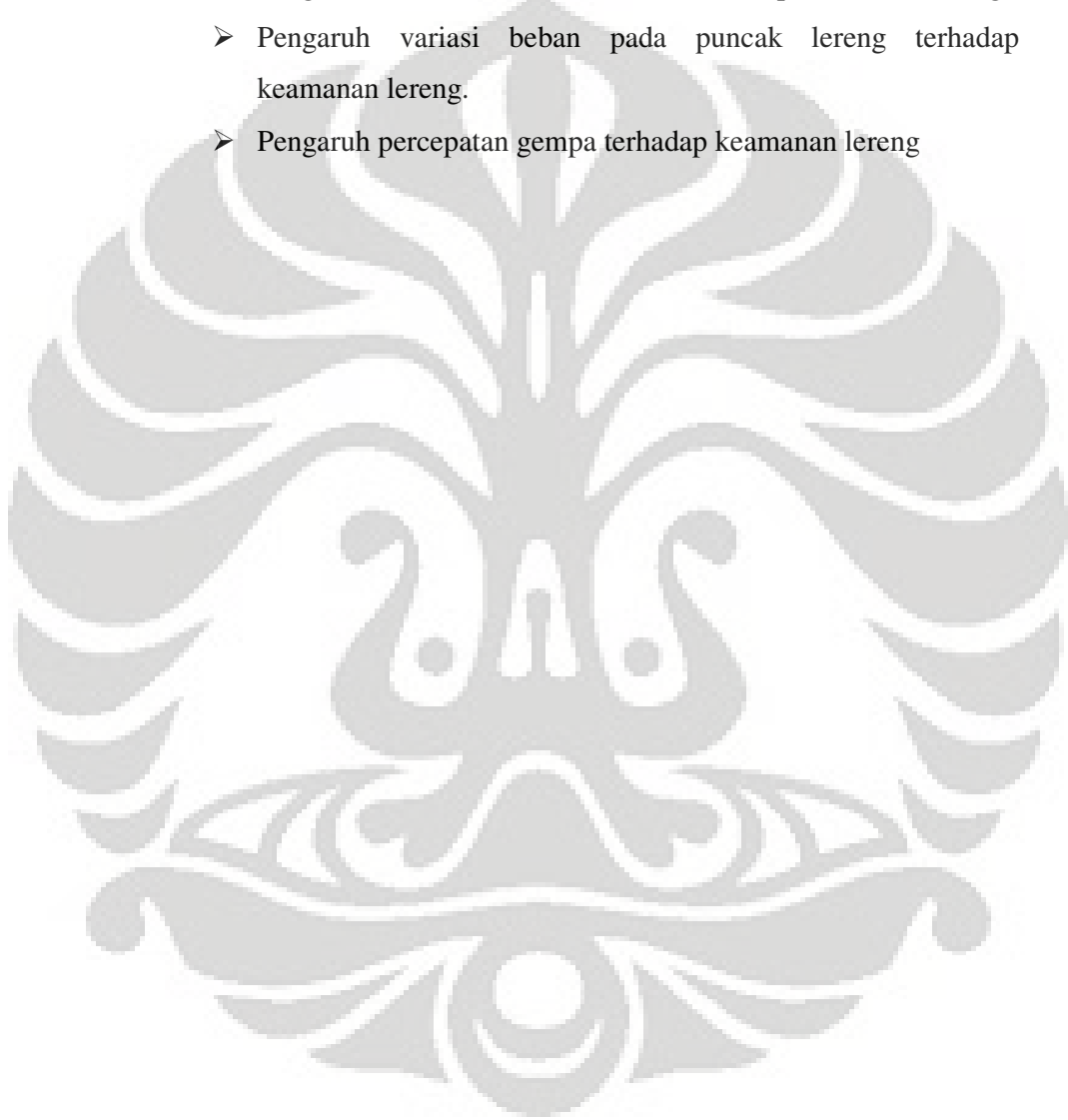


Gambar 3.49 Bagan Alir analisa Plaxis V.8

3.4 Analisa dan Pengambilan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan Plaxis v.8 dan SLOPE/W didapat nilai yang dapat kita bandingkan sehingga akan didapat suatu kesimpulan dari kedua analisis tersebut. Analisis yang akan diamati pada skripsi ini adalah. Antara Lain :

- Pengaruh kenaikan muka air tanah terhadap keamanan lereng.
- Pengaruh variasi beban pada puncak lereng terhadap keamanan lereng.
- Pengaruh percepatan gempa terhadap keamanan lereng



BAB IV

ANALISA LERENG CIPULARANG DENGAN METODE EQUILIBRIUM

4.1 Pemodelan Kasus

Nilai dari parameter-parameter yang digunakan pada analisa dengan bantuan program Plaxis dan Geoslope berdasarkan data-data berikut ini :

a. Analisa Tegangan Total

Tabel 4.1 Data Bor dalam untuk analisa tegangan total

BM 1			
No	Depth(m)	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	0-9	Material Timbunan berupa lempung lanau	$c= 50, \gamma_{sat}=17, \varphi=0$
2	9-12	Lempung Lanau	$c= 65, \gamma_{sat}=18, \varphi=0$
3	12-19	Lempung (serpih),warna abu-abu tua,sifat sangat keras	$c= 100, \gamma_{sat}=18, \varphi=0$

BM 2			
No	Depth(m)	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	0-6	Material Timbunan berupa lempung lanau	$c= 50, \gamma_{sat}=17, \varphi=0$
2	6-9	Lempung Lanau	$c= 65, \gamma_{sat}=18, \varphi=0$
3	9-18	Lempung (serpih),warna abu-abu tua,sifat sangat keras	$c= 100, \gamma_{sat}=18, \varphi=0$

BM 3			
No	Depth(m)	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	0-3.5	Material Timbunan berupa lempung lanau	$c= 50, \gamma_{sat}=17, \varphi=0$
2	3.5-6.5	Lempung Lanau	$c= 65, \gamma_{sat}=18, \varphi=0$
3	6.5-12	Lempung (serpih),warna abu-abu tua,sifat sangat keras	$c= 100, \gamma_{sat}=18, \varphi=0$

Tabel 4.2 Parameter tanah analisa tegangan total

Parameter	Nama	Lempung lanau	Lempung lanau	Lempung Keras	Unit
Material model	Model	MC	MC	MC	-
Type of behavior	Type	Undrained	Undrained	Undrained	-
Soil unit weight di atas MAT	γ_{unsat}	17	18	18	KN/m ³
Soil unit weight di bawah MAT	γ_{sat}	17	18	18	KN/m ³
Horizontal permeabilty	k_x	0	0	0	m/day
Vertical permeabilty	k_y	0	0	0	m/day
Young's modulus	E_{ref}	20000	30000	30000	KN/m ²
Poisson's ratio	ν	0.495	0.495	0.495	-
Cohesion	C_{ref}	50	65	100	KN/m ²
Friction angle	ϕ	0	0	0	°
Dilatancy angle	ψ	0	0	0	°

b. Analisa Tegangan Efektif

Tabel 4.3 Data Bor dalam untuk analisa tegangan efektif

BM 1			
No	Depth(m)	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	0-9	Material Timbunan berupa lempung lanau	$c= 10, \gamma_{sat} =18, \phi =30$
2	9-12	Lempung Lanau	$c= 10, \gamma_{sat} =19, \phi =22$
3	12-19	Lempung (serpilh),warna abu-abu tua,sifat sangat keras	$c= 15, \gamma_{sat} =19, \phi =27$

BM 2			
No	Depth(m)	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	0-6	Material Timbunan berupa lempung lanau	$c= 10, \gamma_{sat} =18, \phi =30$
2	6-9	Lempung Lanau	$c= 10, \gamma_{sat} =19, \phi =22$
3	9-18	Lempung (serpilh),warna abu-abu tua, sangat keras	$c= 15, \gamma_{sat} =19, \phi =27$

BM 3			
No	Depth(m)	Jenis Tanah	Parameter Tanah
1	0-3.5	Material Timbunan berupa lempung lanau	$c= 10, \gamma_{sat}=18,$ $\phi =30$
2	3.5-6.5	Lempung Lanau	$c= 10, \gamma_{sat}=19,$ $\phi =22$
3	6.5-12	Lempung (serpih), warna abu-abu tua, sifat sangat keras	$c= 15, \gamma_{sat}=19,$ $\phi =27$

Tabel 4.4 Parameter Tanah analisa tegangan efektif

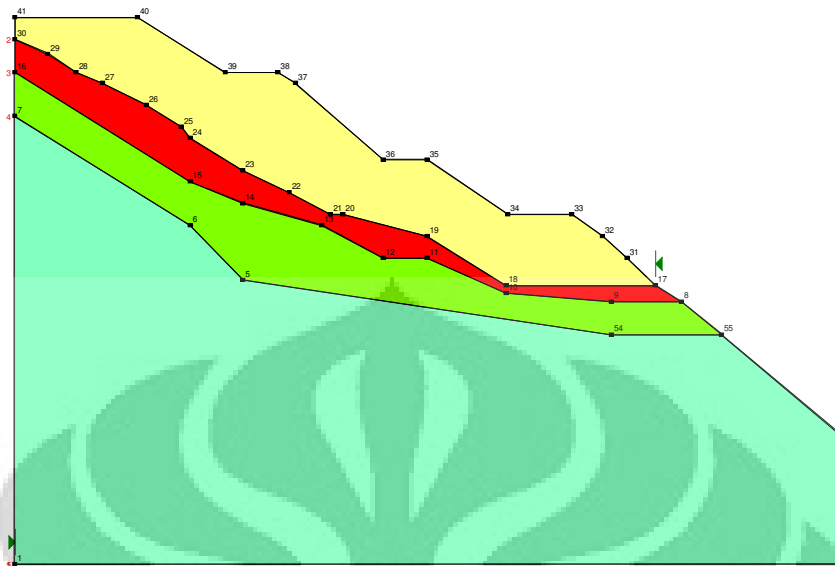
Parameter	Nama	Lempung Lanau	Lempung lanau	Lempung Keras	Unit
Material model	Model	MC	MC	MC	-
Type of behavior	Type	drained	drained	drained	-
Soil unit weight di atas MAT	γ_{unsat}	17	18	18	KN/m ³
Soil unit weight di bawah MAT	γ_{sat}	18	19	19	KN/m ³
Horizontal permeability	k_x	0.001	0.000864	0.0000864	m/day
Vertical permeability	k_y	0.001	0.000864	0.0000864	m/day
Young's modulus	E_{ref}	20000	30000	30000	KN/m ²
Poisson's ratio	ν	0.3	0.3	0.3	-
Cohesion	C_{ref}	10	5	15	KN/m ²
Friction angle	ϕ	30	22	27	°
Dilatancy angle	ψ	0	0	0	°

4.2 Slope/w

Nilai-nilai paramater diatas akan digunakan pada program Slope/w dan akan dianalisa dengan 2 jenis kasus dengan pemodelan Mohr-Coulomb, yaitu :

1. Analisa Tegangan Total
 - Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen
2. Analisa Tegangan Efektif
 - a) Muka air normal
 - Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen
 - b) Muka air banjir
 - Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen

Pemilihan tersebut diharapkan akan mendapatkan nilai keamanan di lereng Cipularang yang diakibatkan muka air tanah,beban perkerasan, dan beban ekivalen. Penggambaran geometrik dari struktur yang ditinjau pada program Slope/w dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Pemodelan Geometrik pada Input Slope/w

Nilai parameter tanah yang telah ditentukan dimasukkan pada soil properties, mulai dari jenis pemodelan yaitu Mohr-Coulomb, Berat isi tanah (γ), Kohesi (c), dan Sudut Geser (ϕ) (gambar 4.2)

Soil	Strength Model	Description	Color
1	Mohr-Coulomb	Timbunan	Yellow
2	Mohr-Coulomb	lempung-lanau	Red
3	Mohr-Coulomb	lempung-keras	Green
4	Bedrock	Bedrock	Light Green
5	Bedrock	Bedrock	Dark Green

1 | Mohr-Coulomb | Timbunan | Set...

Basic Parameters

Unit Weight: 17 | Phi: 0

Cohesion: 50

Advanced Parameters

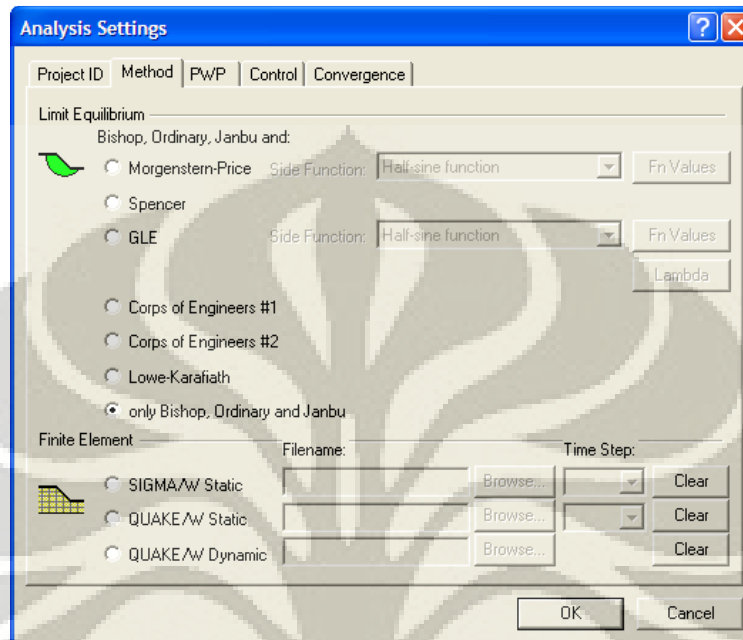
Unit Wt. above WT: 0 | Phi B: 0 | Anisotropic Fr: 0

Copy | Insert | Delete | OK | Cancel

Gambar 4.2 Input Paramter Tanah pada Slope/W

Setelah tahapan input pada Slope/w, dilanjutkan membuat garis muka air tanah dan bidang gelincir atau longsor. Di Slope/w menggunakan analisa metode

keseimbangan dengan janbu untuk menganalisa faktor keamanan dan jenis busur kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan.



Gambar 4.3 Metode Keseimbangan yang digunakan

4.3 Hasil Analisa Kasus Slope/w dengan Analisis Tegangan Total

Dari hasil Analisa yang dimodelkan dengan bantuan Slope/w, didapatkan output hasil analisa adalah faktor keamanan terhadap kelongsoran serta jenis busur kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan untuk kondisi yaitu :

A. Tanpa gempa

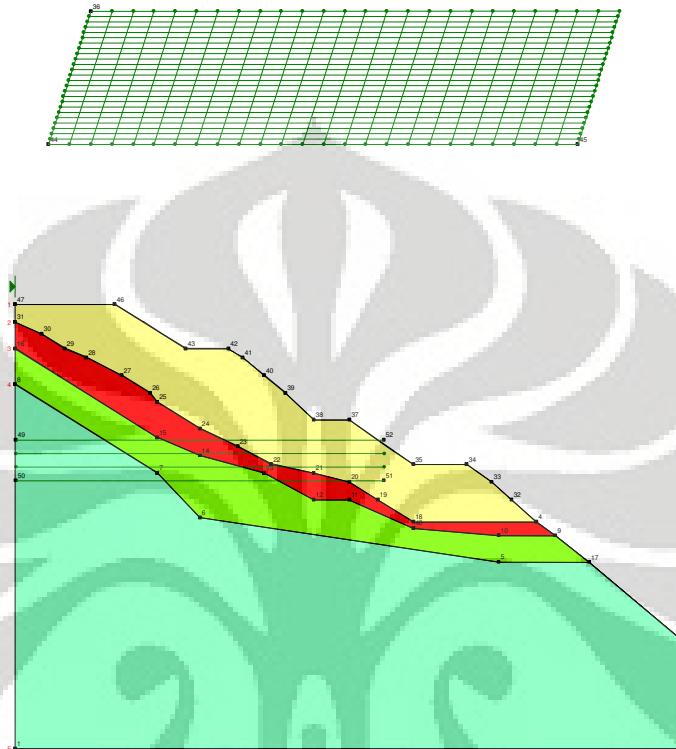
- Kondisi lereng tanpa beban
- Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
- Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen

B. gempa

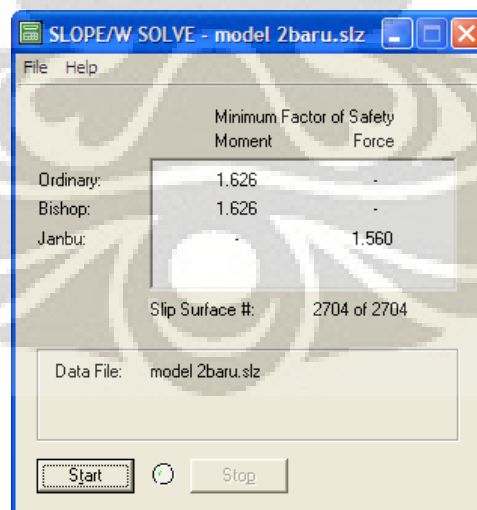
- Kondisi lereng tanpa beban
- Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
- Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen

4.3.1 Kondisi tanpa gempa

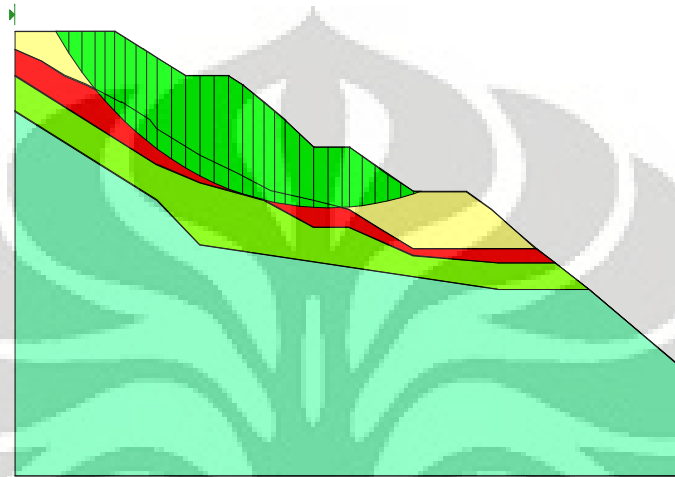
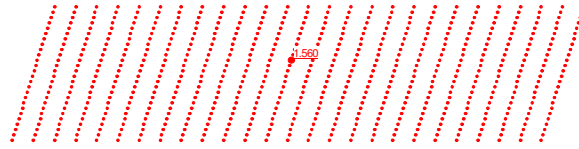
➤ Kondisi Lereng tanpa beban



Gambar 4.4.a Kondisi lereng tanpa beban dan tanpa gempa



Gambar 4.4.b Nilai faktor keamanan tanpa beban dan tanpa gempa



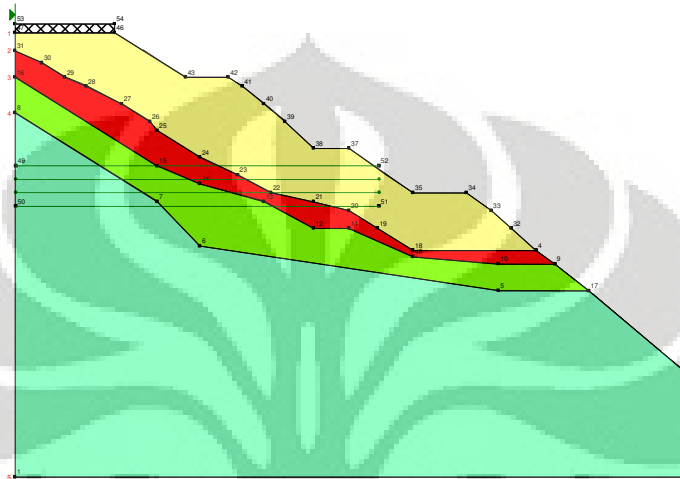
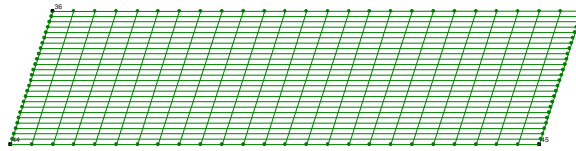
Gambar 4.4.c. Bidang longsor yang terjadi tanpa beban dan tanpa gempa

➤ **Kondisi Lereng dengan beban perkerasan**

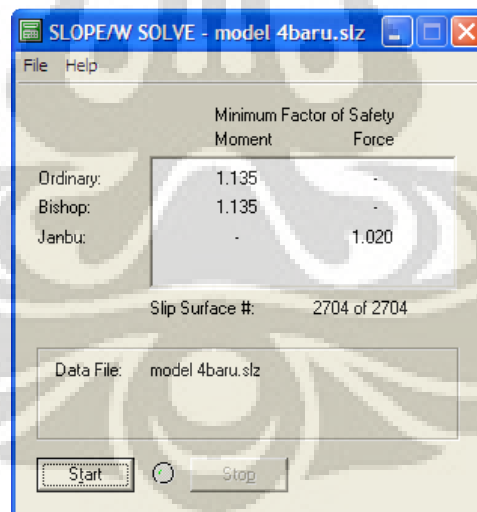
Tabel 4.5 Rincian beban perkerasan dengan kondisi tanpa gempa

Lapisan	Area (m ²)	ρ (kg/m ³)	Massa (kg/m)
Beton+lataston	14 X 0.3+14x0.03	2400+2200	5502
Batu pecah	14x0.2=2.8	1450	4060
Sirtu	14x0.1=1.4	1850	2590
			12152

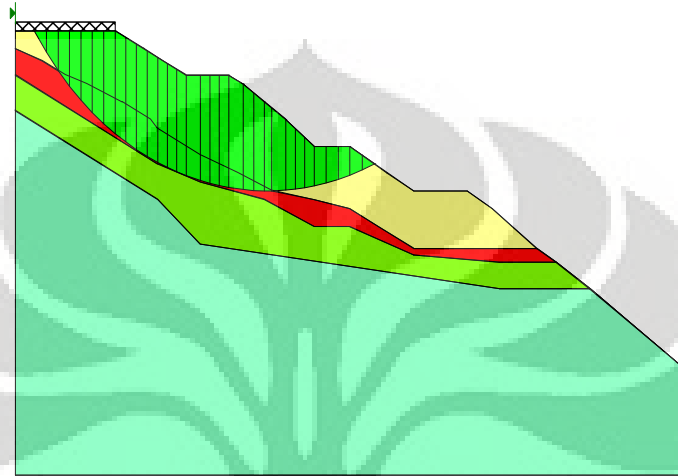
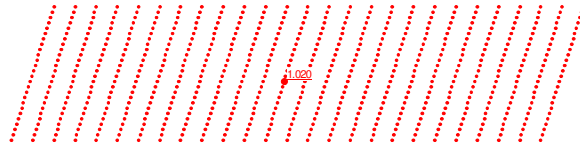
121.52 KN/m



Gambar 4.5.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan dan tanpa gempa



Gambar 4.5.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan dan tanpa gempa



Gambar 4.5.c. Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan dan tanpa gempa

➤ **Kondisi Lereng Beban Perkerasan + Beban Ekuivalen**

Tabel 4.6 Rincian beban perkerasan dengan kondisi tanpa gempa

Lapisan	Area (m ²)	ρ(kg/m ³)	Massa (kg/m)	
Beton+lataston	14 X0.3+14x0.03	2400+2200	5502	
Batu pecah	14x0.2=2.8	1450	4060	
Sirtu	14x0.1=1.4	1850	2590	
			12152	121.52 KN/m

Beban Ekuivalen disini maksudnya mengubah beban terpusat sebesar 120 KN menjadi beban terbagi rata. L adalah lebar badan jalan sebesar 14 m.

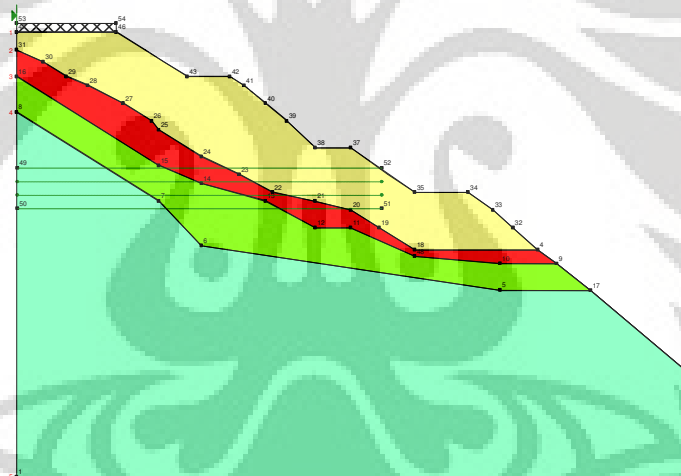
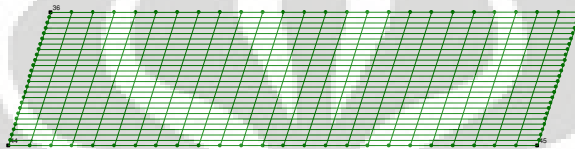
Momen Beban Terpusat = Momen Beban Terbagi Rata

$$\frac{1}{4}PL = \frac{1}{8}qL^2$$

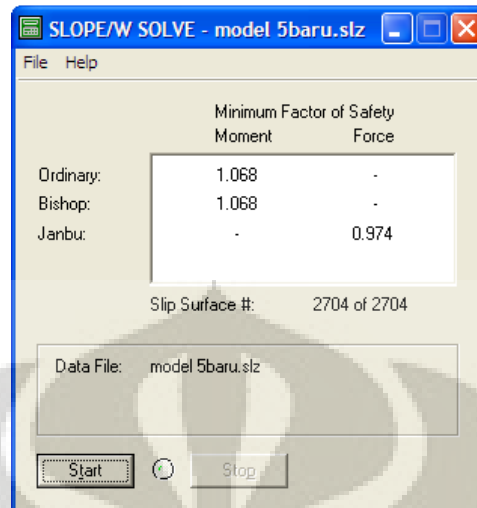
$$\frac{1}{4} \times 120 \times 14 = \frac{1}{8} \times q \times 14^2$$

$$q = 17.15 \text{ KN/m}$$

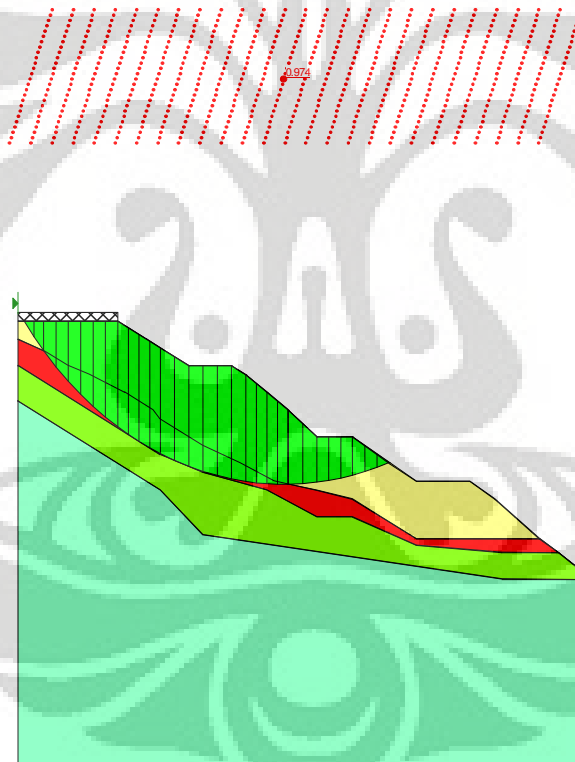
Jadi Total Beban terbagi merata yang dimasukkan adalah $(121.52 + 17.15) \text{KN/m} = 138.7 \text{ KN/m}$



Gambar 4.6.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan, beban ekuivalen, dan tanpa gempa



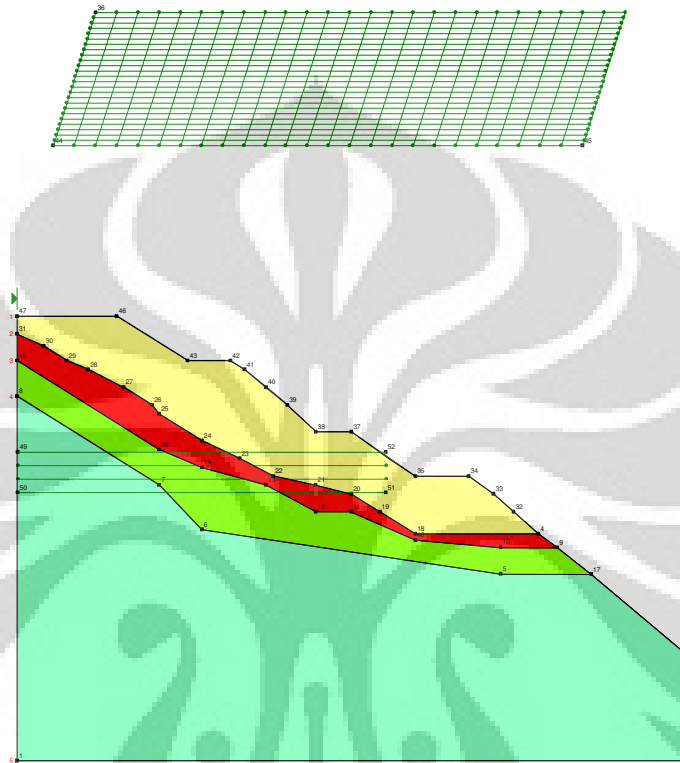
Gambar 4.6.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan ,beban ekivalen,dan tanpa gempa



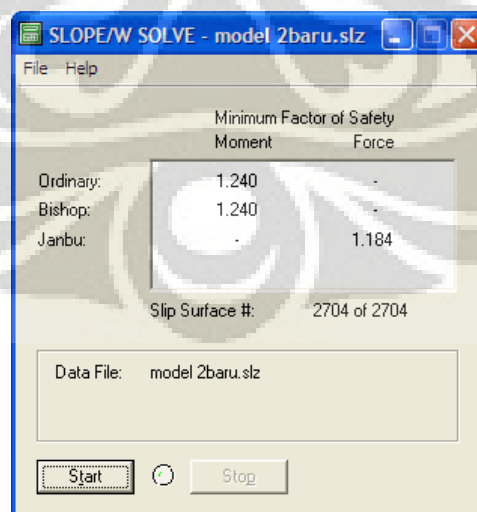
Gambar 4.6.c. Bidang Longsor yang terjadi dengan beban perkerasan,beban ekivalen, dan tanpa gempa

4.3.2 Kondisi dengan koefisien gempa pseudostatik $k_h = 0.12$

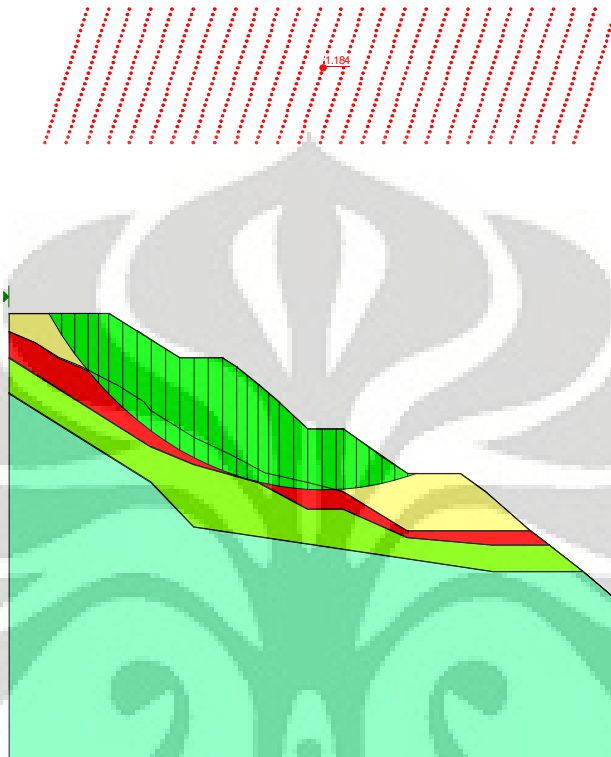
➤ Kondisi Lereng tanpa beban



Gambar 4.7.a Kondisi lereng tanpa beban dan koefisin gempa $k_h = 0.12$



Gambar 4.7.b Nilai faktor keamanan tanpa beban dan koefisin gempa $k_h = 0.12$



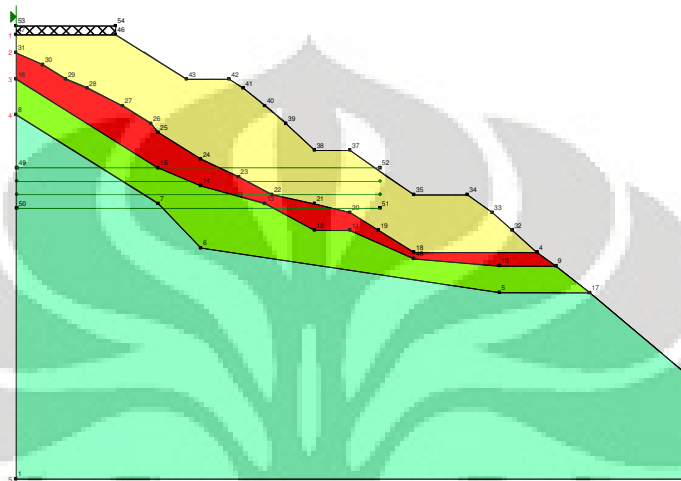
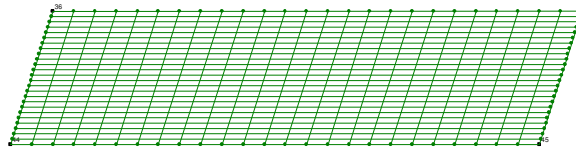
Gambar 4.7.c. Bidang Longsor yang terjadi tanpa beban dan koefisien gempa $k_h = 0.12$

➤ **Kondisi Lereng dengan beban perkerasan**

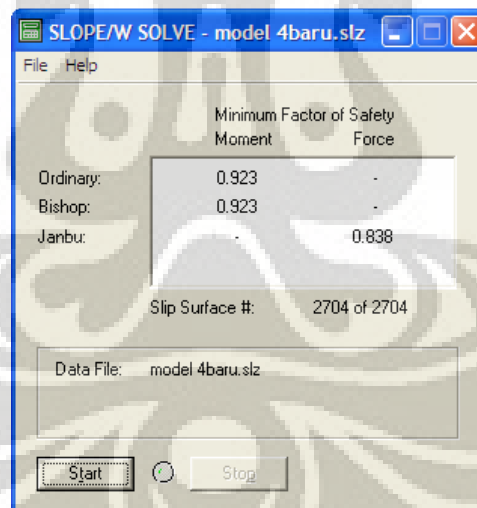
Tabel 4.7 Rincian beban perkerasan dengan kondisi adanya koefisien gempa $k_h = 0.12$

Lapisan	Area (m ²)	ρ (kg/m ³)	Massa (kg/m)
Beton+lataston	14 X 0.3+14x0.03	2400+2200	5502
Batu pecah	14x0.2=2.8	1450	4060
Sirtu	14x0.1=1.4	1850	2590
			12152

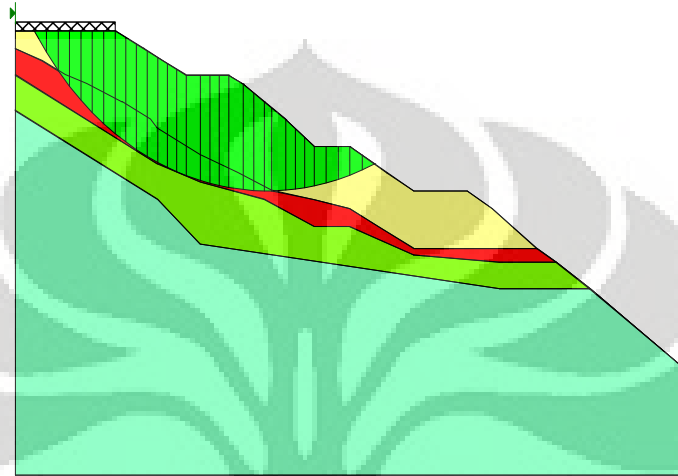
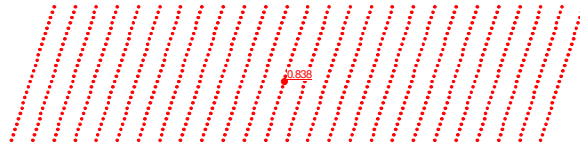
121.52 KN/m



Gambar 4.8.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan koefisin gempa $k_h = 0.12$



Gambar 4.8.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan koefisin gempa $k_h = 0.12$



Gambar 4.8.c. Bidang Longsor yang terjadi dengan beban perkerasan koefisien gempa $k_h = 0.12$

➤ Kondisi Lereng Beban Perkerasan + Beban Ekivalen

Tabel 4.8 Rincian beban perkerasan dengan kondisi adanya koefisien gempa $k_h = 0.12$

Lapisan	Area (m ²)	ρ (kg/m ³)	Massa (kg/m)
Beton+lataston	14 X 0.3+14x0.03	2400+2200	5502
Batu pecah	14x0.2=2.8	1450	4060
Sirtu	14x0.1=1.4	1850	2590
			12152

121.52 KN/m

Beban Ekivalen disini maksudnya mengubah beban terpusat sebesar 120 KN menjadi beban terbagi rata. L adalah lebar badan jalan sebesar 14 m.

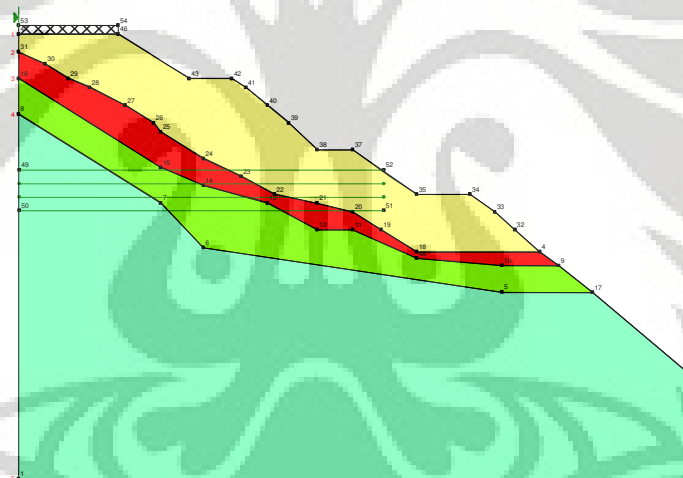
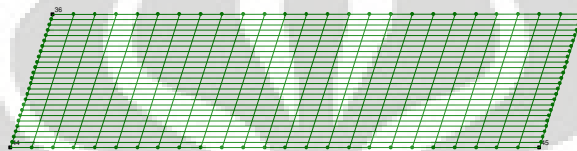
Momen Beban Terpusat = Momen Beban Terbagi Rata

$$\frac{1}{4}PL = \frac{1}{8}qL^2$$

$$\frac{1}{4} \times 120 \times 14 = \frac{1}{8} \times q \times 14^2$$

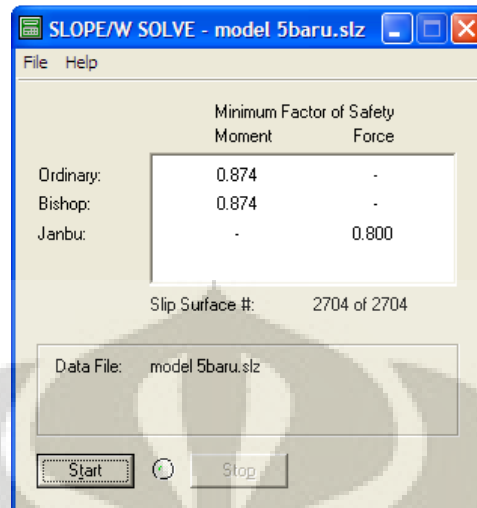
$$q = 17.15 \text{ KN/m}$$

Jadi Total Beban terbagi merata yang dimasukkan adalah $(121.52 + 17.15) \text{KN/m} = 138.66 \text{ KN/m}$

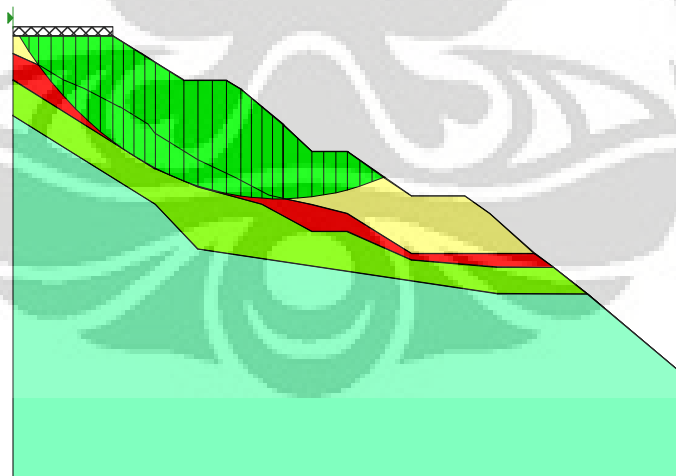
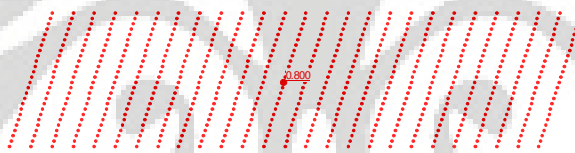


Gambar 4.9.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan, beban ekuivalen, dan koefisien gempa

$$k_h = 0.12$$



Gambar 4.9.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan, beban ekuivalen, dan koefisien gempa $k_h = 0.12$



Gambar 4.9.c. Bidang Longsor yang terjadi dengan beban perkerasan, beban ekuivalen, dan koefisien gempa $k_h = 0.12$

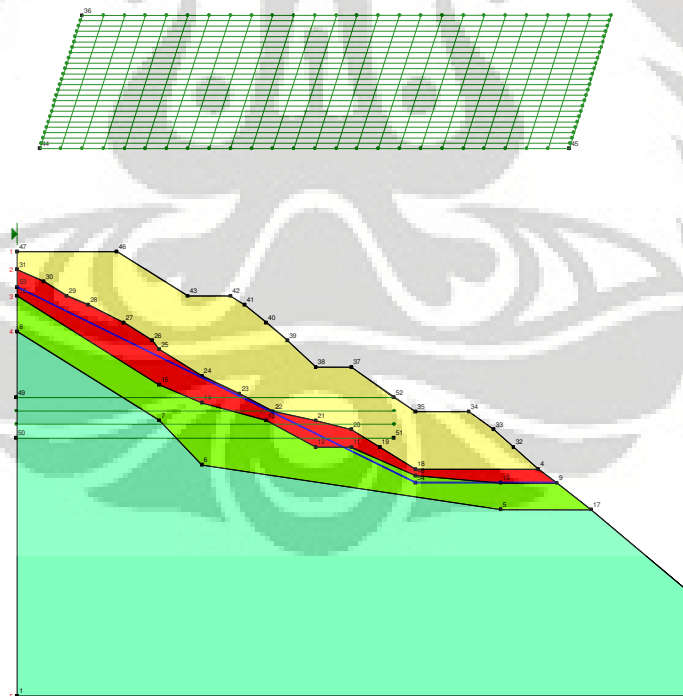
4.4 Hasil Analisa Kasus Slope/w dengan Analisis Tegangan Efektif

Dari hasil Analisa yang dimodelkan dengan bantuan Slope/w, didapatkan output hasil analisa adalah faktor keamanan terhadap kelongsoran serta jenis busur kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan untuk kondisi yaitu :

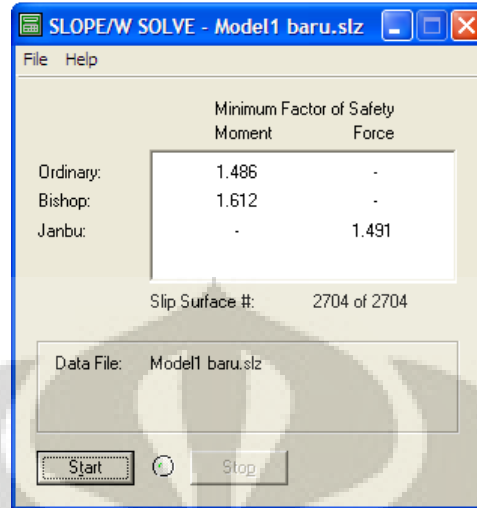
- a) Muka air normal
 - Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen
- b) Muka air banjir
 - Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekivalen

4.4.1 Kondisi muka air normal

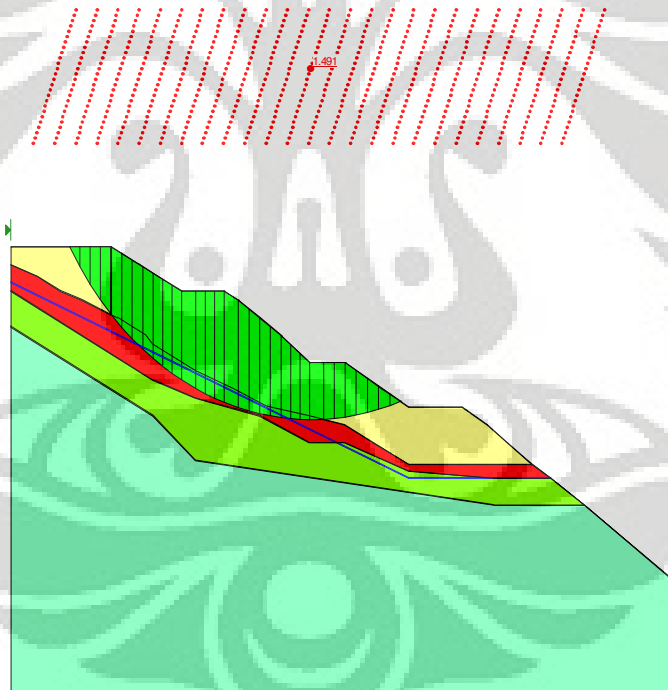
- **Kondisi Lereng Tanpa Beban**



Gambar 4.10.a Kondisi lereng tanpa beban dan muka air normal



Gambar 4.10.b Nilai faktor keamanan tanpa beban dan muka air normal



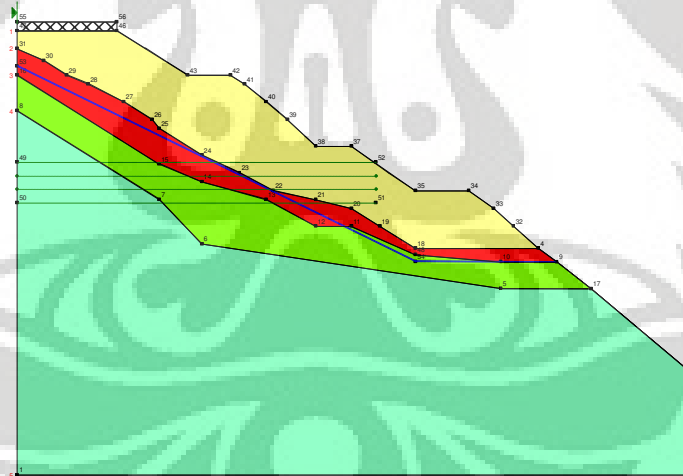
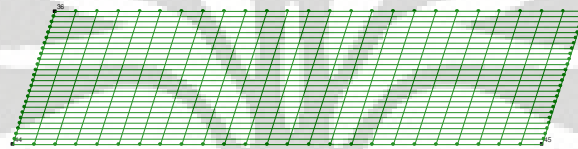
Gambar 4.10.c. Bidang Longsor yang terjadi tanpa beban dan muka air normal

➤ **Kondisi Lereng Menggunakan beban perkerasan**

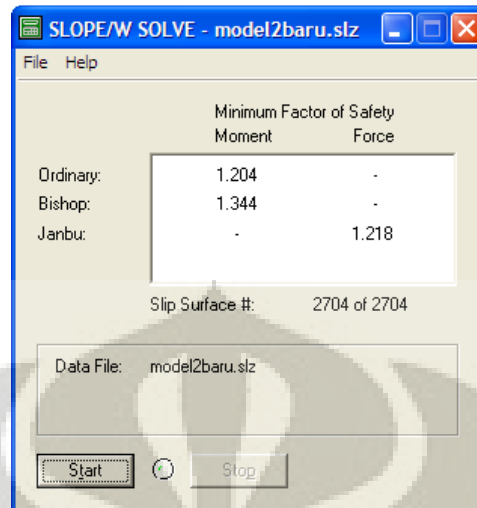
Tabel 4.9 Rincian beban perkerasan dengan kondisi muka air normal

Lapisan	Area (m ²)	ρ (kg/m ³)	Massa (kg/m)
Beton+lataston	14 X0.3+14x0.03	2400+2200	5502
Batu pecah	14x0.2=2.8	1450	4060
Sirtu	14x0.1=1.4	1850	2590
			12152

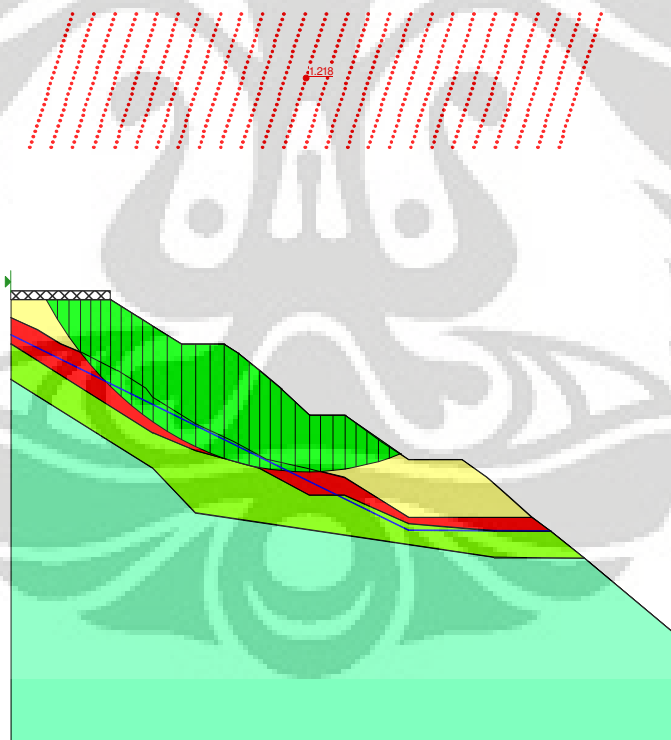
121.52 KN/m



Gambar 4.11.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan dan muka air normal



Gambar 4.11.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan dan muka air normal



Gambar 4.11.c. Bidang longsor yang terjadi dengan beban perkerasan dan muka air normal

➤ **Kondisi Lereng Beban Perkerasan + Beban Ekivalen**

Tabel 4.10 Rincian beban perkerasan

Lapisan	Area (m ²)	ρ(kg/m ³)	Massa (kg/m)
Beton+lataston	14 X0.3+14x0.03	2400+2200	5502
Batu pecah	14x0.2=2.8	1450	4060
Sirtu	14x0.1=1.4	1850	2590
			12152

121.52 KN/m

Beban Ekivalen disini maksudnya mengubah beban terpusat sebesar 120 KN menjadi beban terbagi rata. L adalah lebar badan jalan sebesar 14 m.

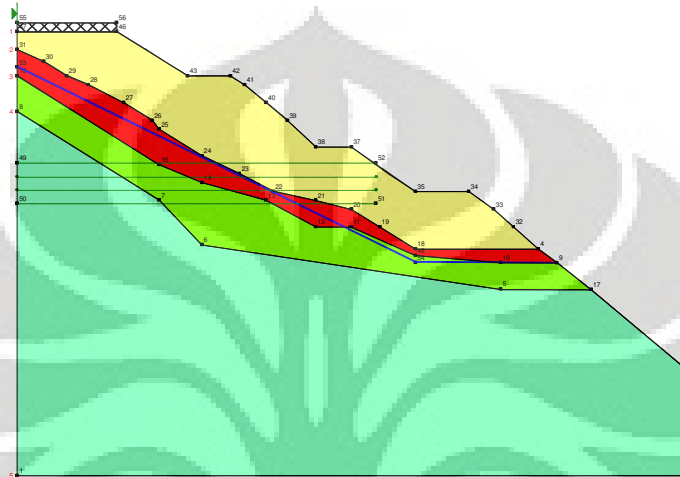
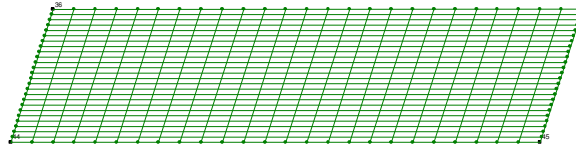
Momen Beban Terpusat = Momen Beban Terbagi Rata

$$\frac{1}{4}PL = \frac{1}{8}qL^2$$

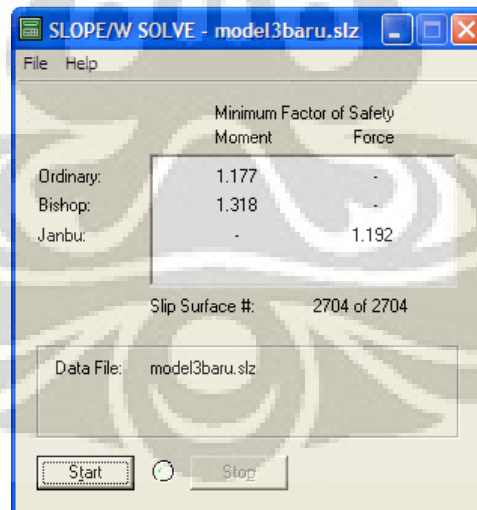
$$\frac{1}{4} \times 120 \times 14 = \frac{1}{8} \times q \times 14^2$$

$$q = 17.15 \text{ KN/m}$$

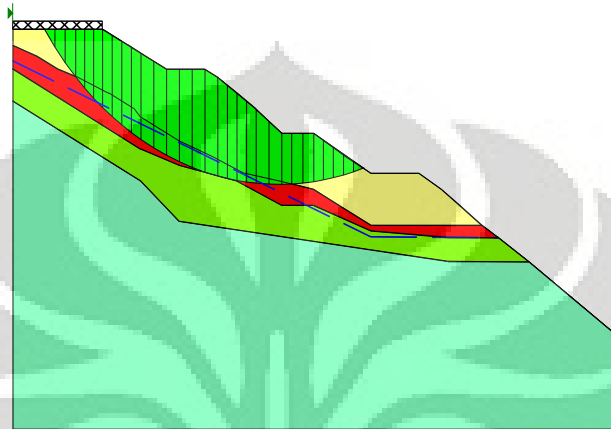
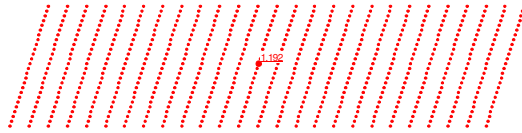
Jadi Total Beban terbagi merata yang dimasukkan adalah (121.52 +17.15)KN/m=138 .66 KN/m



Gambar 4.12.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan, beban ekuivalen, dan muka air normal



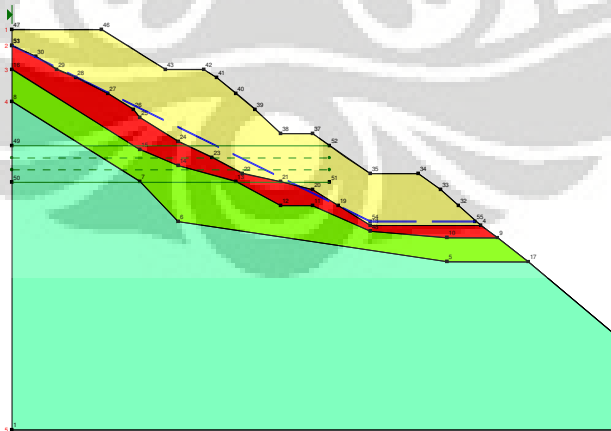
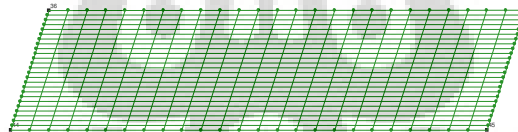
Gambar 4.12.b Nilai faktor keamanan beban perkerasan, beban ekuivalen, dan muka air normal



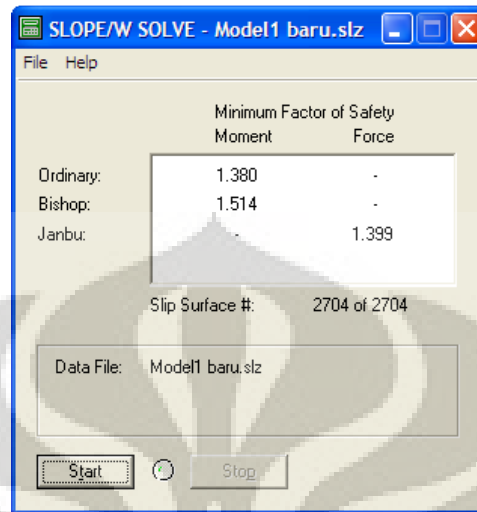
Gambar 4.12.c Bidang longsor yang terjadi beban perkerasan, beban ekuivalen, dan muka air normal

4.4.2 Kondisi muka air banjir (muka air naik 2 m dari muka air tanah normal)

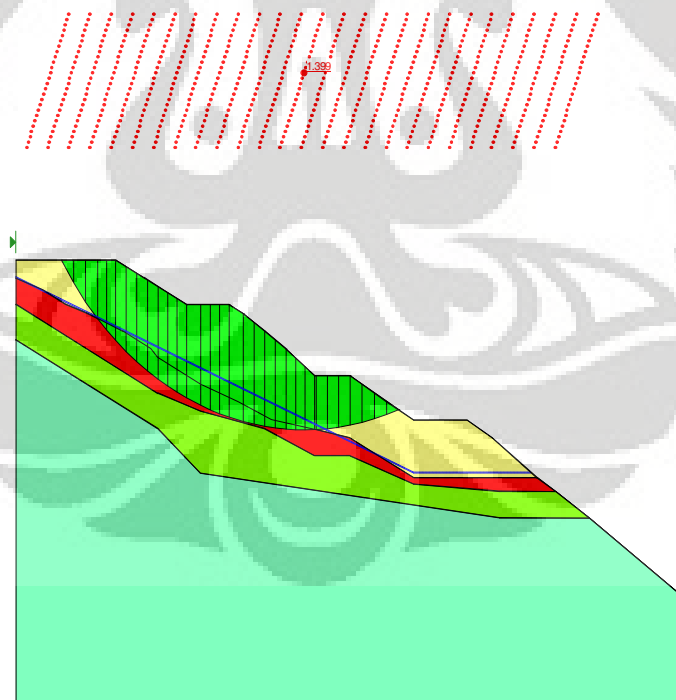
➤ Kondisi Lereng Tanpa Beban



Gambar 4.13.a Kondisi lereng tanpa beban dan muka air banjir



Gambar 4.13.b Nilai faktor keamanan tanpa beban dan muka air banjir



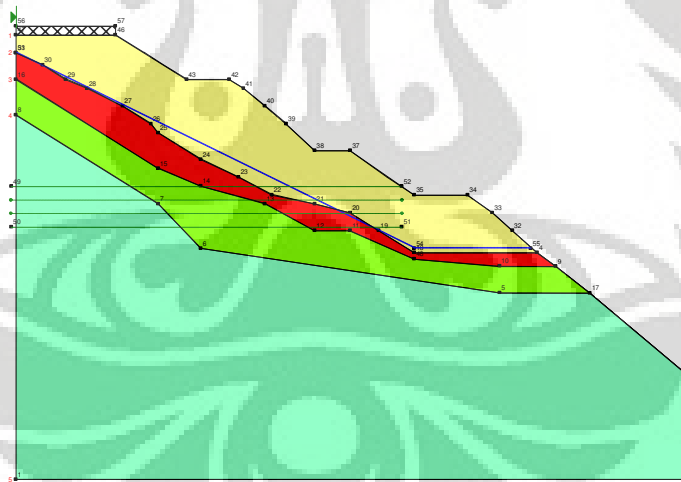
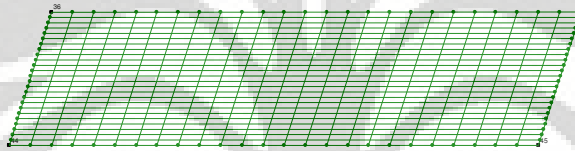
Gambar 4.13.c. Bidang longsor yang terjadi tanpa beban dan muka air banjir

➤ **Kondisi Lereng dengan beban perkerasan**

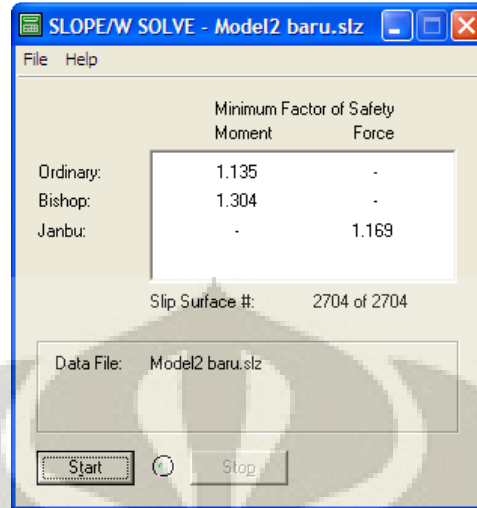
Tabel 4.11 Rincian beban perkerasan dengan kondisi muka air banjir

Lapisan	Area (m ²)	ρ (kg/m ³)	Massa (kg/m)
Beton+lataston	14 X0.3+14x0.03	2400+2200	5502
Batu pecah	14x0.2=2.8	1450	4060
Sirtu	14x0.1=1.4	1850	2590
			12152

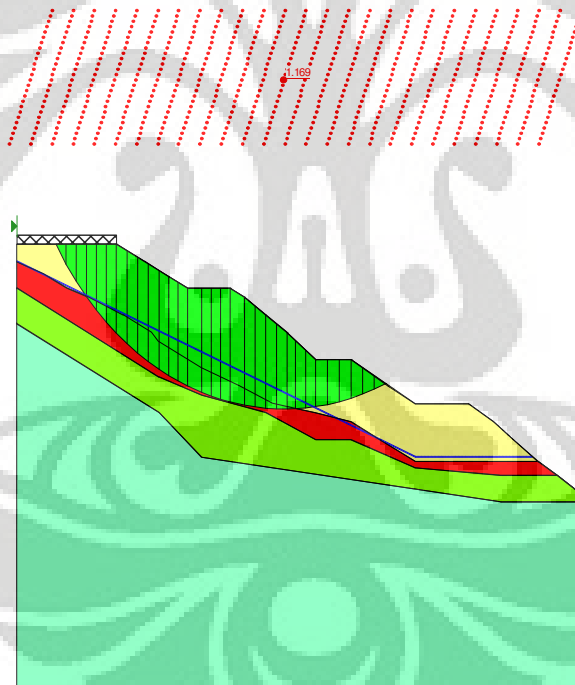
121.52 KN/m



Gambar 4.14.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan dan muka air banjir



Gambar 4.14.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan dan muka air banjir



Gambar 4.14.c. Bidang Longsor yang terjadi dengan beban perkerasan dan muka air banjir

➤ **Kondisi Lereng dengan beban perkerasan+beban ekivalen**

Tabel 4.12 Rincian beban perkerasan dengan kondisi muka air banjir

Lapisan	Area (m ²)	ρ(kg/m ³)	Massa (kg/m)
Beton+lataston	14 X0.3+14x0.03	2400+2200	5502
Batu pecah	14x0.2=2.8	1450	4060
Sirtu	14x0.1=1.4	1850	2590
			12152

121.52 KN/m

Beban Ekivalen disini maksudnya mengubah beban terpusat sebesar 120 KN menjadi beban terbagi rata. L adalah lebar badan jalan sebesar 14 m.

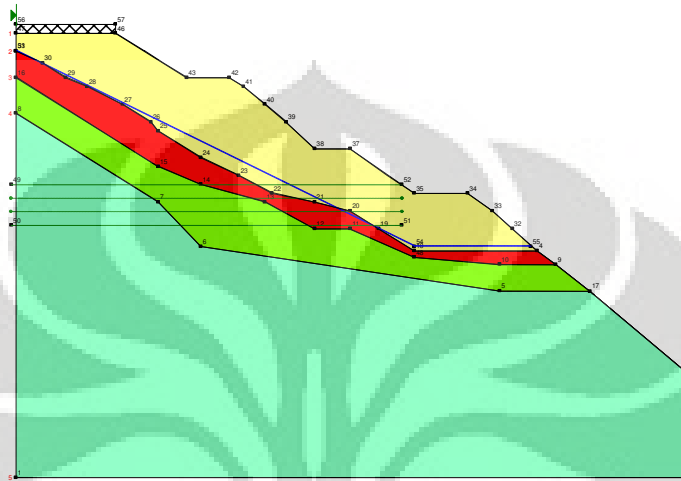
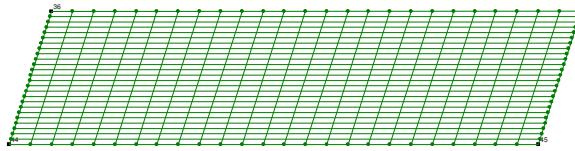
Momen Beban Terpusat = Momen Beban Terbagi Rata

$$\frac{1}{4}PL = \frac{1}{8}qL^2$$

$$\frac{1}{4} \times 120 \times 14 = \frac{1}{8} \times q \times 14^2$$

$$q = 17.15 \text{ KN/m}$$

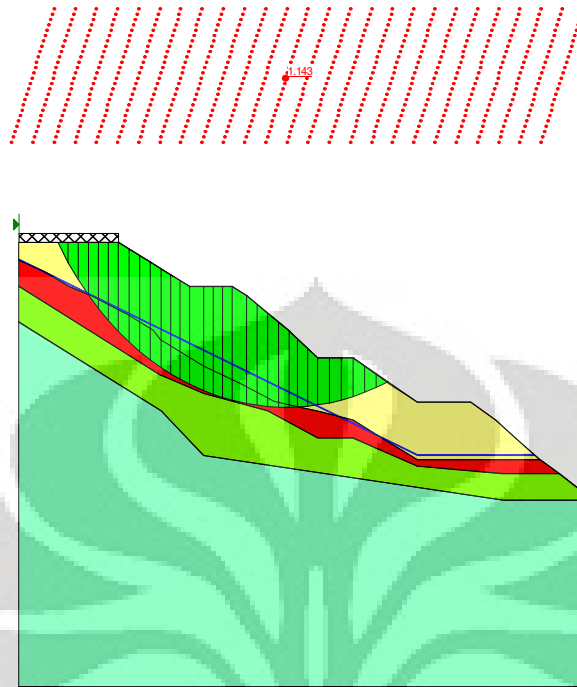
Jadi Total Beban terbagi merata yang dimasukkan adalah (121.52 +17.15)KN/m=138.66 KN/m



Gambar 4.15.a Kondisi lereng dengan beban perkerasan, beban ekuivalen, dan muka air banjir



Gambar 4.15.b Nilai faktor keamanan dengan beban perkerasan, beban ekuivalen, dan muka air banjir



Gambar 4.15.c. Bidang Longsor yang terjadi dengan beban perkerasan, beban ekuivalen, dan muka air banjir

4.5 Plaxis

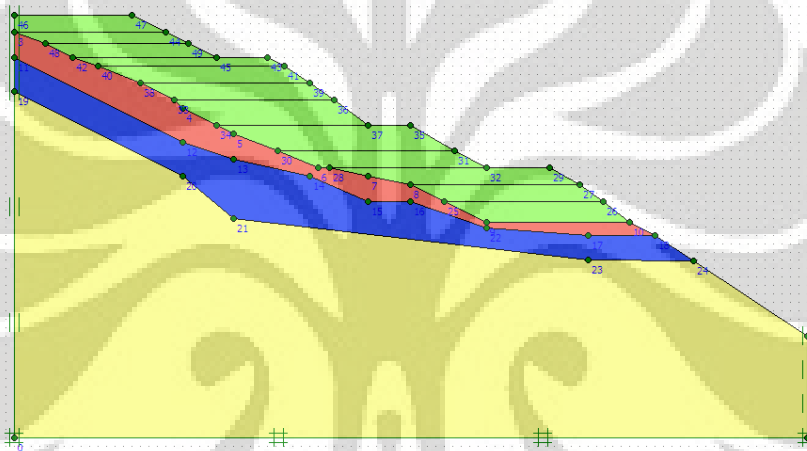
Nilai-nilai parameter seperti yang disebutkan di atas akan dimasukkan pada program Plaxis v8 dan akan dianalisis dengan 2 jenis kasus dengan pemodelan Mohr-Coulomb, yaitu :

1. Analisa Tegangan Total
 - Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekuivalen
2. Analisa Tegangan Efektif
 - a) Muka air normal
 - Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekuivalen

b) Muka air banjir

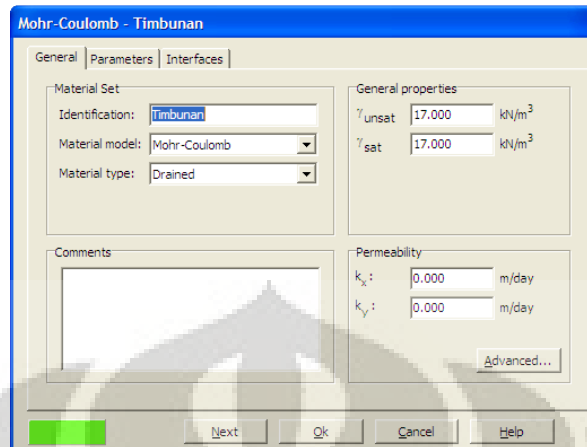
- Kondisi lereng tanpa beban
- Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
- Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekuivalen

Pemilihan tersebut diharapkan akan mendapatkan nilai keamanan di lereng Cipularang yang diakibatkan muka air tanah, beban perkerasan, dan beban ekuivalen. Penggambaran geometrik dari struktur yang ditinjau pada program Slope/w dapat dilihat pada gambar 4.16

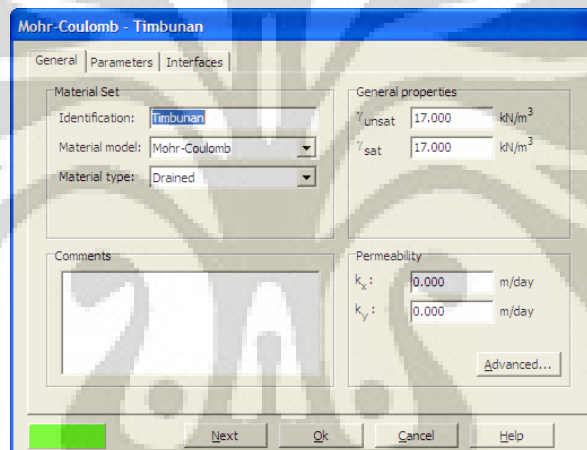


Gambar 4.16 Pemodelan Geometrik pada Input Plaxis

Nilai parameter tanah yang telah ditentukan dimasukkan pada *material propertise*, mulai dari jenis pemodelan yaitu Mohr-Coulomb, Berat isi tanah (γ), Modulus Elastisitas (E), Poisson Ratio (ν), Kohesi (c), Sudut Geser (ϕ), dan Sudut Dilatansi (ψ) (gambar 4.14.a dan 4.14.b)

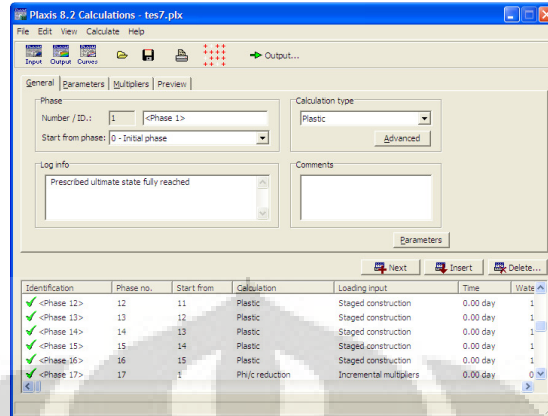


Gambar 4.17.a Input Parameter Tanah pada Plaxis



Gambar 4.17.b. Input Parameter pada Plaxis

Setelah tahapan input pada Plaxis selesai, dilanjutkan dengan tahap *calculation*, dimana akan digunakan 2 jenis perhitungan, jenis pertama perhitungan “*Plastic*” untuk menganalisis tegangan awal dan deformasi selama *stage construction* (selama tahapan pelaksanaan timbunan) dan perhitungan “*Phi-c reduction*” yang digunakan setelah perhitungan plastic pada *stage construction* diselesaikan, untuk menganalisa faktor keamanan dan jenis busur kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan.

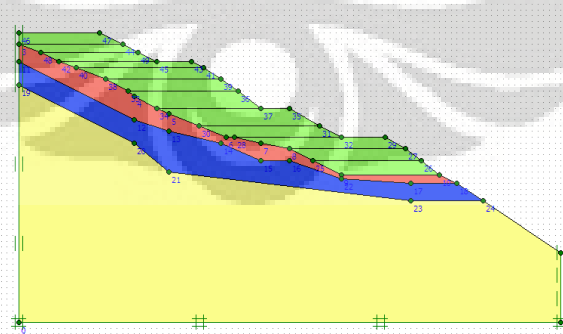


Gambar 4.18. Tipe perhitungan yang digunakan

4.6 Hasil Analisa Kasus Plaxis dengan Analisis Tegangan Total

Dari hasil analisis yang dimodelkan dengan bantuan Plaxis, didapatkan output hasil analisis antara lain :

- Deformasi (*Settlement*) per tahapan timbunan, yang ditinjau terhadap kaki lereng
- Faktor keamanan terhadap kelongsoran serta jenis busur kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan yaitu :
 - Kondisi lereng tanpa beban
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
 - Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekuivalen
- **Kondisi lereng tanpa beban**



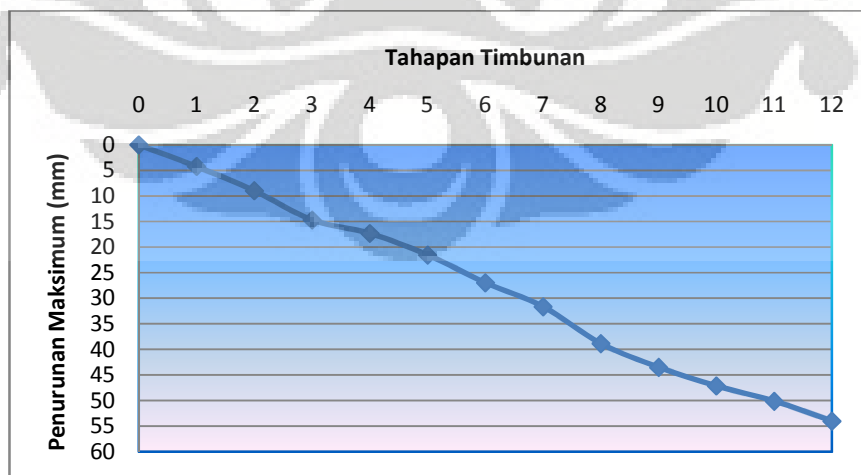
Gambar 4.19 Kondisi Lereng Cipularang tanpa beban

➤ Deformasi

Deformasi akibat pembangunan timbunan tanah hasil dari analisis output Plaxis dapat diperlihatkan per-tahapan timbunan tanah. Hasil Output Plaxis berupa gambar penurunan maksimal yang terjadi selama tahapan konstruksi dapat dilihat di lampiran. Nilai penurunan maksimal yang terjadi selama tahapan timbunan tanah disajikan pada tabel 4.13 dan grafik peningkatan nilai penurunan diperlihatkan pada gambar 4.20

Tabel 4.13 Deformasi Vertikal maksimal dengan kondisi lereng tanpa beban

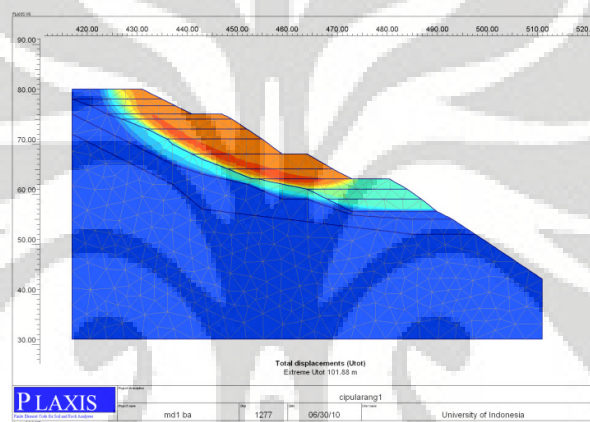
Tahapan Timbunan	Plaxis (mm)
0	0
1	4.24
2	8.98
3	14.69
4	17.32
5	21.54
6	26.96
7	31.66
8	38.86
9	43.49
10	47.14
11	50.12
12	54



Gambar 4.20 Peningkatan nilai Deformasi Vertikal Maksimal

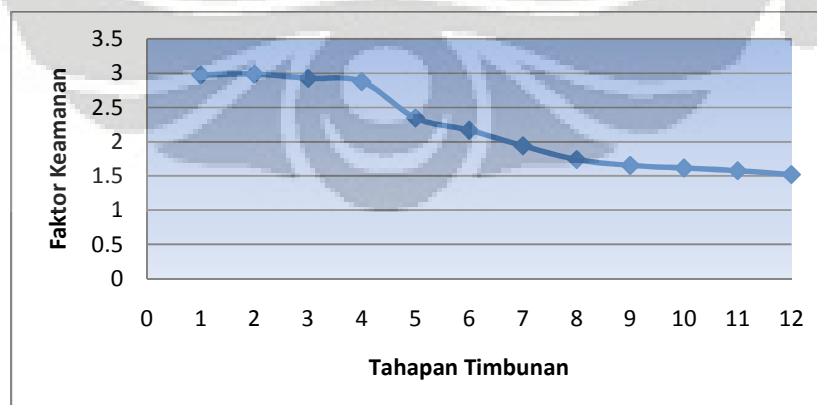
➤ Faktor Keamanan dan Bentuk Busur Kelongsoran

Dengan menggunakan type perhitungan *phi-c reduction*, kita dapat mengetahui faktor keamanan lereng timbunan tanah yang terjadi dengan memilih *total incremental* dan melihat nilai *Msf* (nilai faktor keamanan) dan dengan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi. Pada gambar 4.21 diperlihatkan bentuk kelongsoran dan nilai faktor keamanan kelongsorannya yang terjadi di lereng cipularang dengan kondisi tanpa beban.



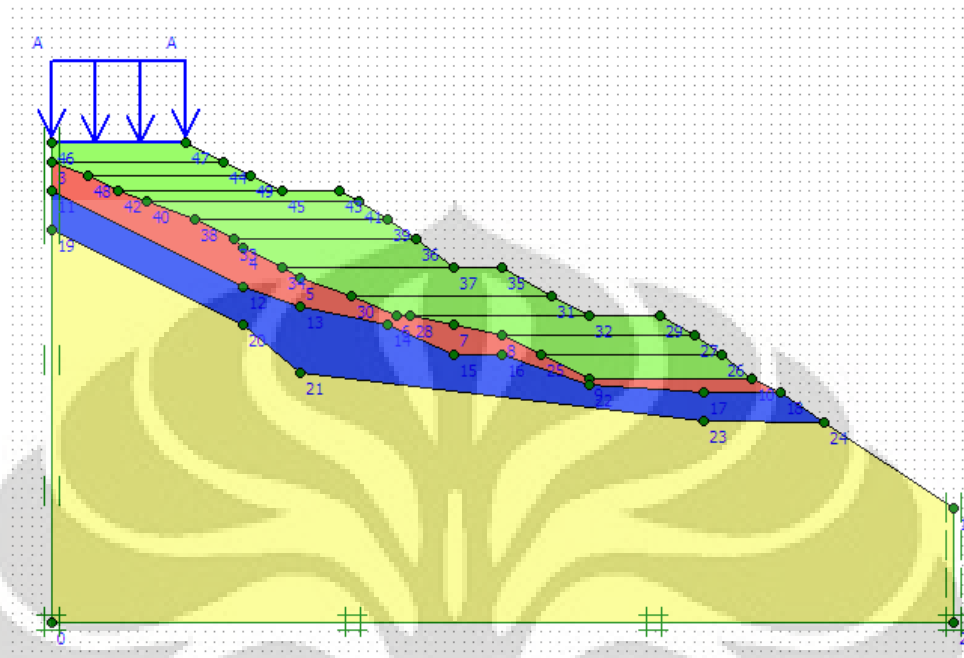
Gambar 4. 21 Bentuk Busur Kelongsoran (FS= 1.518)

Nilai faktor keamanan yang terjadi selama tahapan timbunan mengalami penurunan secara bertahap, yang diperlihatkan dengan kurva menurun gambar 4.22.



Gambar 4.22. Nilai Faktor Keamanan hasil analisa Plaxis

➤ **Kondisi lereng dengan beban perkerasan**



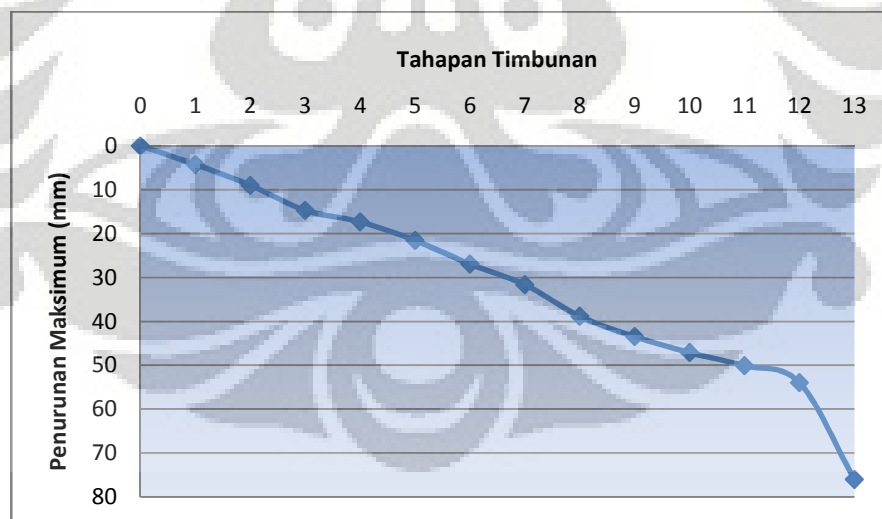
Gambar 4.23 Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan

➤ **Deformasi**

Deformasi akibat pembangunan timbunan tanah hasil dari analisis output Plaxis dapat diperlihatkan per-tahapan timbunan tanah. Hasil Output Plaxis berupa gambar penurunan maksimal yang terjadi selama tahapan konstruksi dapat dilihat di lampiran. Nilai penurunan maksimal yang terjadi selama tahapan timbunan tanah disajikan pada tabel 4.14 dan grafik peningkatan nilai penurunan diperlihatkan pada gambar 4.24

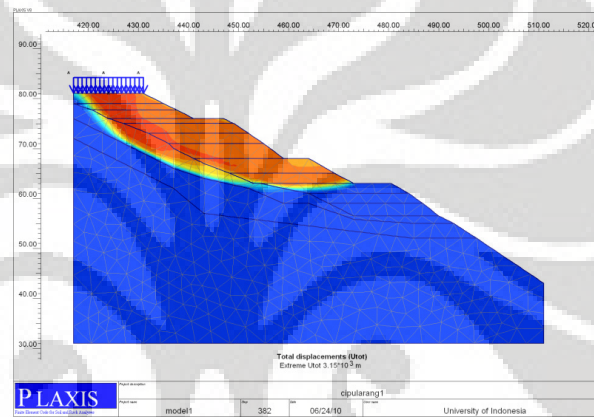
Tabel 4.14 Deformasi Vertikal maksimal dengan kondisi adanya beban perkerasan

Tahapan Timbunan	Plaxis (mm)
0	0
1	4.24
2	8.98
3	14.69
4	17.32
5	21.54
6	26.96
7	31.66
8	38.86
9	43.49
10	47.14
11	50.12
12	54
13	76.06

**Gambar 4.24** Peningkatan nilai Deformasi Vertikal Maksimal

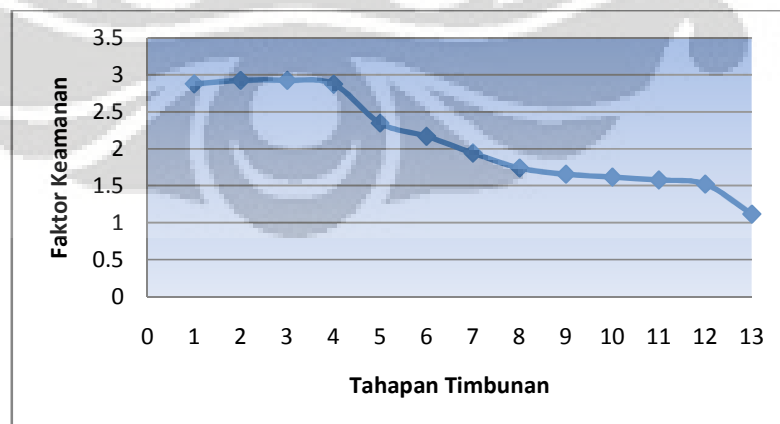
➤ Faktor Keamanan dan Bentuk Busur Kelongsoran

Dengan menggunakan type perhitungan *phi-c reduction*, kita dapat mengetahui faktor keamanan lereng timbunan tanah yang terjadi dengan memilih *total incremental* dan melihat nilai *Msf* (nilai faktor keamanan) dan dengan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi. Pada gambar 4.25 diperlihatkan bentuk kelongsoran dan nilai faktor keamanan kelongsorannya yang terjadi di lereng Cipularang dengan kondisi dengan beban perkerasan.



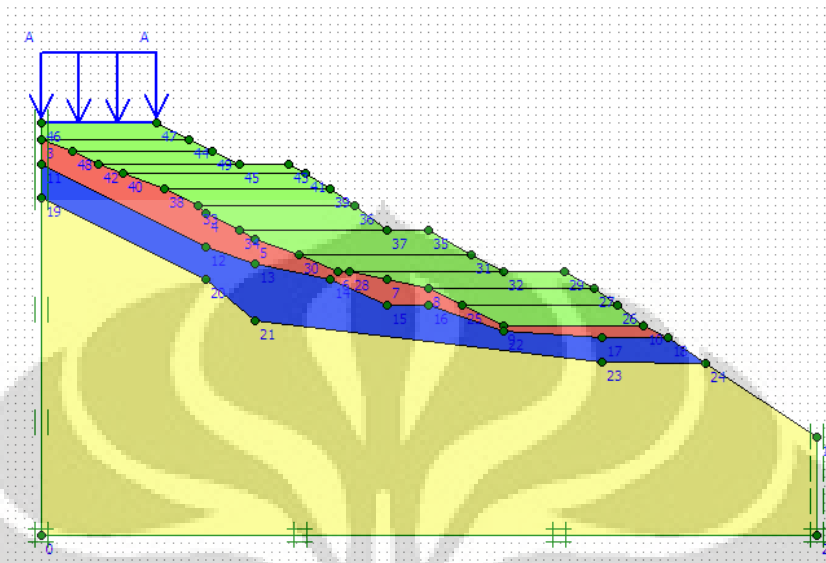
Gambar 4. 25 Bentuk Busur Kelongsoran (FS= 1.11)

Nilai faktor keamanan yang terjadi selama tahapan timbunan mengalami penurunan secara bertahap, yang diperlihatkan dengan kurva menurun gambar 4.26.



Gambar 4.26. Nilai Faktor Keamanan hasil analisa Plaxis

➤ **Kondisi lereng dengan beban perkerasan+beban ekivalen**



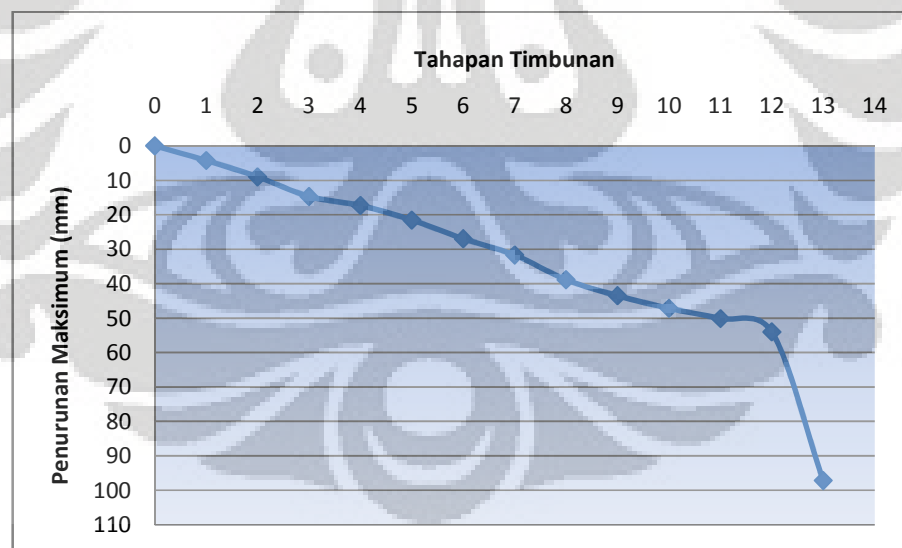
Gambar 4.27 Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan+beban ekivalen

➤ **Deformasi**

Deformasi akibat pembangunan timbunan tanah hasil dari analisis output Plaxis dapat diperlihatkan per-tahapan timbunan tanah. Hasil Output Plaxis berupa gambar penurunan maksimal yang terjadi selama tahapan konstruksi dapat dilihat di lampiran. Nilai penurunan maksimal yang terjadi selama tahapan timbunan tanah disajikan pada tabel 4.15 dan grafik peningkatan nilai penurunan diperlihatkan pada gambar 4.28

Tabel 4.15 Deformasi Vertikal maksimal dengan kondisi adanya beban perkerasan dan beban ekuivalen

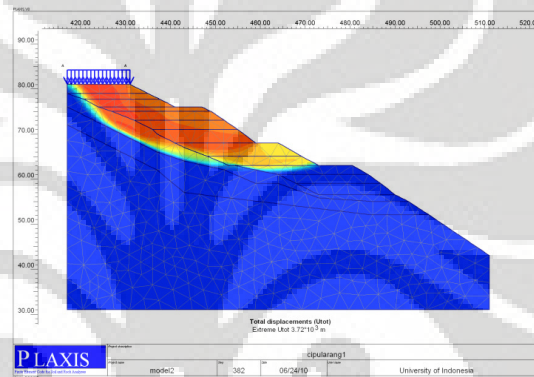
Tahapan Timbunan	Plaxis (mm)
0	0
1	4.24
2	8.98
3	14.69
4	17.32
5	21.54
6	26.96
7	31.66
8	38.86
9	43.49
10	47.14
11	50.12
12	54
13	97



Gambar 4.28 Peningkatan nilai Deformasi Vertikal Maksimal

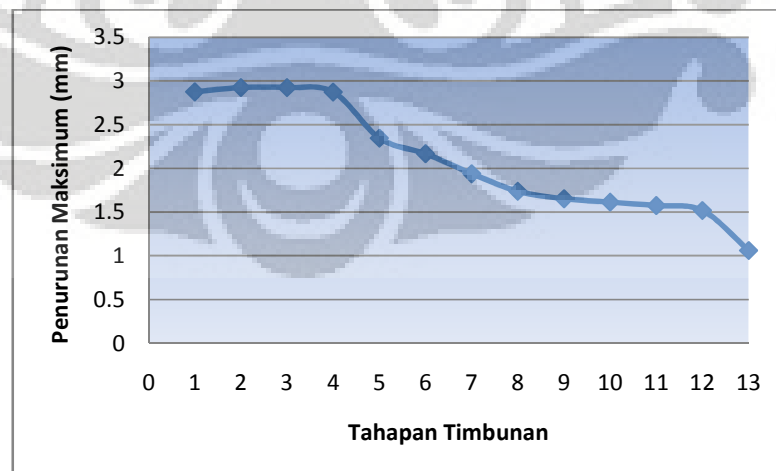
➤ Faktor Keamanan dan Bentuk Busur Kelongsoran

Dengan menggunakan type perhitungan *phi-c reduction*, kita dapat mengetahui faktor keamanan lereng timbunan tanah yang terjadi dengan memilih *total incremental* dan melihat nilai *Msf* (nilai faktor keamanan) dan dengan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi. Pada gambar 4.29 diperlihatkan bentuk kelongsoran dan nilai faktor keamanan kelongsorannya yang terjadi di lereng Cipularang dengan kondisi dengan beban perkerasan.



Gambar 4. 29 Bentuk Busur Kelongsoran (FS= 1.06)

Nilai faktor keamanan yang terjadi selama tahapan timbunan mengalami penurunan secara bertahap, yang diperlihatkan dengan kurva menurun gambar 4.30.



Gambar 4.30. Nilai Faktor Keamanan hasil analisa Plaxis

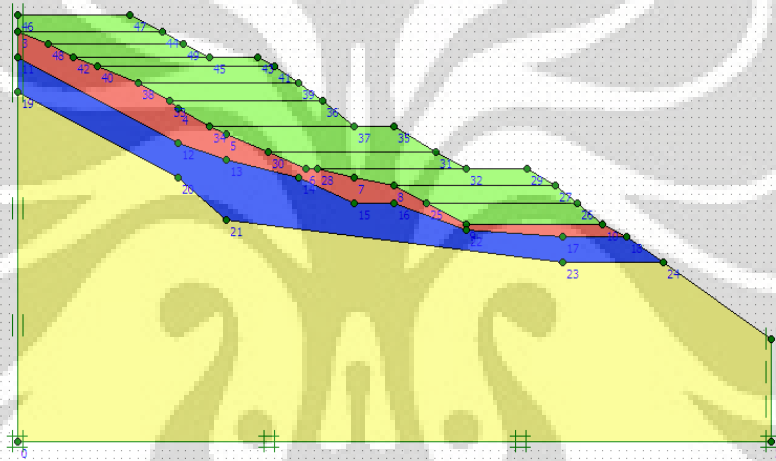
4.7 Hasil Analisa Kasus Plaxis dengan Analisis Tegangan Efektif

Dari hasil analisa yang dimodelkan dengan bantuan Plaxis, didapatkan output hasil analisis ,yaitu faktor keamanan terhadap kelongsoran serta jenis busur kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan yaitu :

- Kondisi lereng tanpa beban
- Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan
- Kondisi lereng menggunakan beban perkerasan+beban ekuivalen

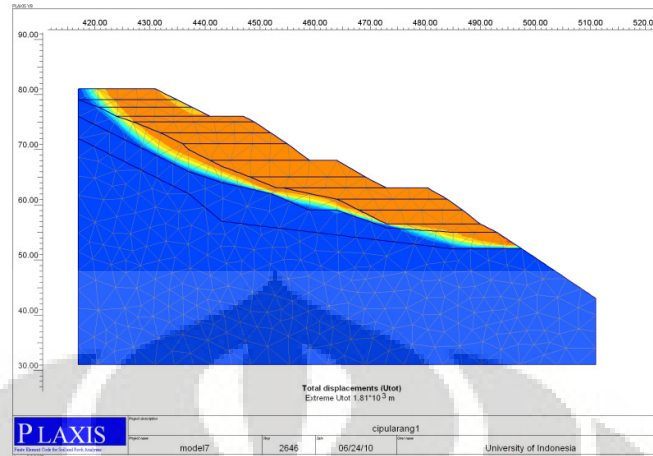
4.7.1 Kondisi muka air normal

- Kondisi lereng tanpa beban



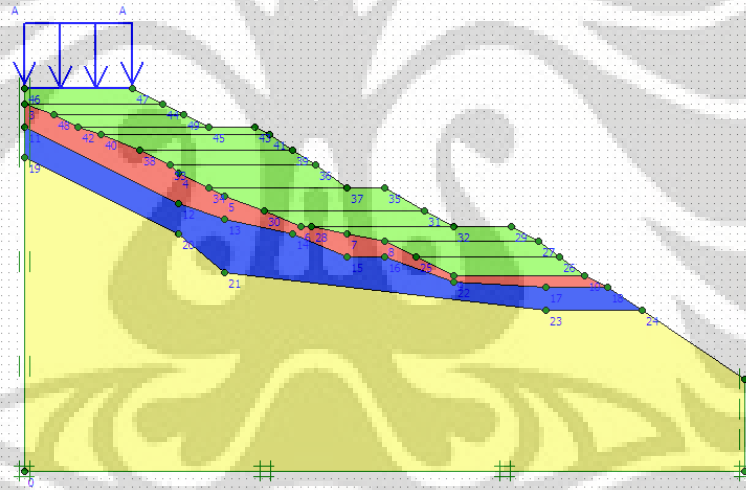
Gambar 4.31 Kondisi Lereng Cipularang tanpa beban dan muka air normal

- Faktor Keamanan dan Bentuk Busur Kelongsoran
 Dengan menggunakan type perhitungan phi-c reduction, kita dapat mengetahui faktor keamanan lereng timbunan tanah yang terjadi dengan memilih *total incremental* dan melihat nilai *Msf* (nilai faktor keamanan) dan dengan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi. Pada gambar 4.32 ditunjukkan bidang longsor yang terjadi



Gambar 4.32 Bentuk Busur Kelongsoran dengan kondisi lereng tanpa beban dan muka air normal (FS= 1.363)

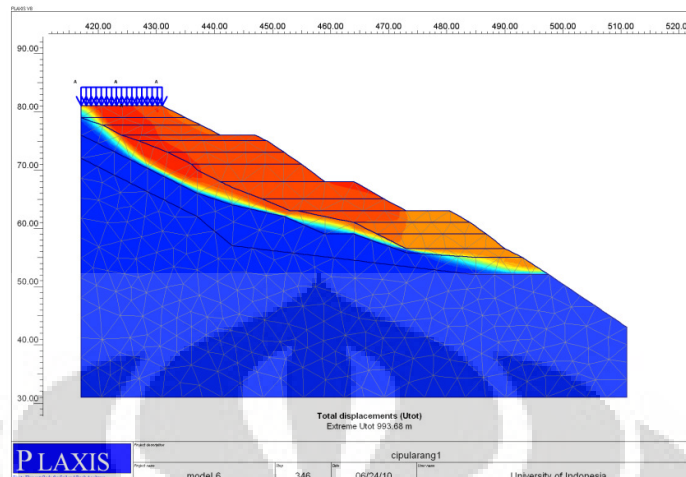
➤ **Kondisi lereng dengan beban perkerasan**



Gambar 4.33 Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan dan muka air normal

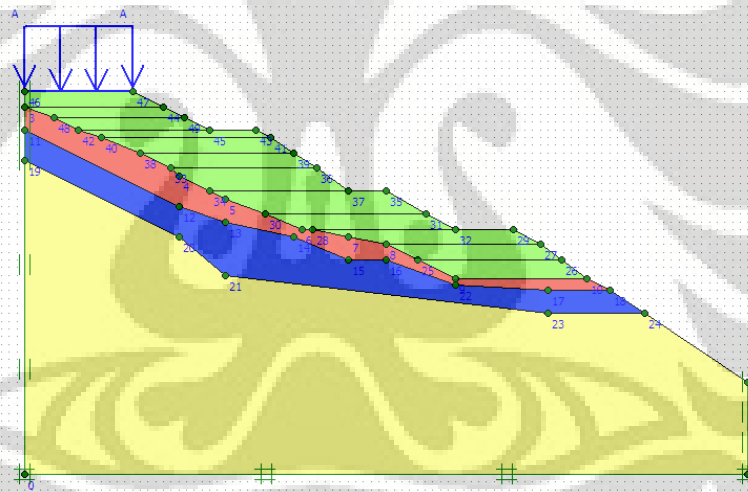
➤ **Faktor Keamanan dan Bentuk Busur Kelongsoran**

Dengan menggunakan type perhitungan phi-c reduction, kita dapat mengetahui faktor keamanan lereng timbunan tanah yang terjadi dengan memilih *total incremental* dan melihat nilai *Msf* (nilai faktor keamanan) dan dengan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi. Pada gambar 4.34 ditunjukkan bidang longsor yang terjadi



Gambar 4.34 Bentuk Busur Kelongsoran (FS= 1.179)

➤ **Kondisi lereng dengan beban perkerasan+beban ekivalen**

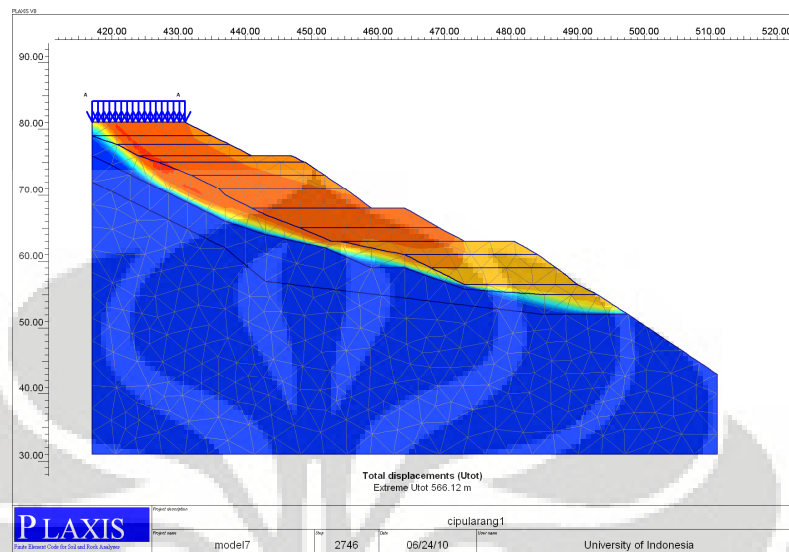


Gambar 4.35 Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan

➤ **Faktor Keamanan dan Bentuk Busur Kelongsoran**

Dengan menggunakan type perhitungan phi-c reduction, kita dapat mengetahui faktor keamanan lereng timbunan tanah yang terjadi dengan memilih *total incremental* dan melihat nilai *Msf* (nilai faktor keamanan) dan dengan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi. Pada gambar 4.36 diperlihatkan

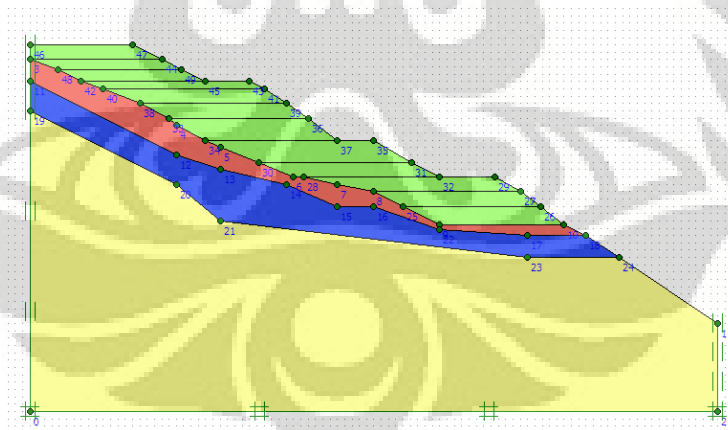
bentuk kelongsoran yang terjadi dan nilai faktor keamanan kelongsorannya.



Gambar 4.36 Bentuk Busur Kelongsoran (FS= 1.159)

4.7.2 Kondisi muka air banjir

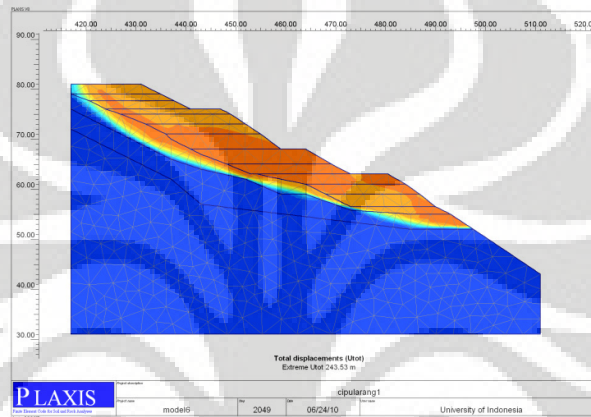
➤ Kondisi lereng tanpa beban



Gambar 4.37 Kondisi Lereng Cipularang tanpa beban

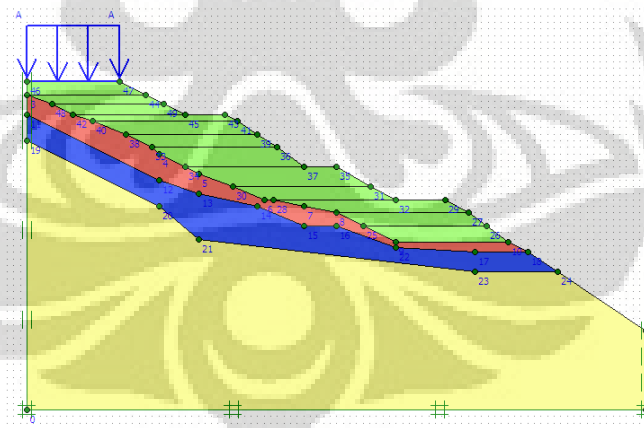
➤ Faktor Keamanan dan Bentuk Busur Kelongsoran

Dengan menggunakan type perhitungan phi-c reduction, kita dapat mengetahui faktor keamanan lereng timbunan tanah yang terjadi dengan memilih *total incremental* dan melihat nilai *Msf* (nilai faktor keamanan) dan dengan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi. Pada gambar 4.38 diperlihatkan bentuk kelongsoran yang terjadi dan nilai faktor keamanan kelongsorannya.



Gambar 4.38 Bentuk Busur Kelongsoran (FS= 1.216)

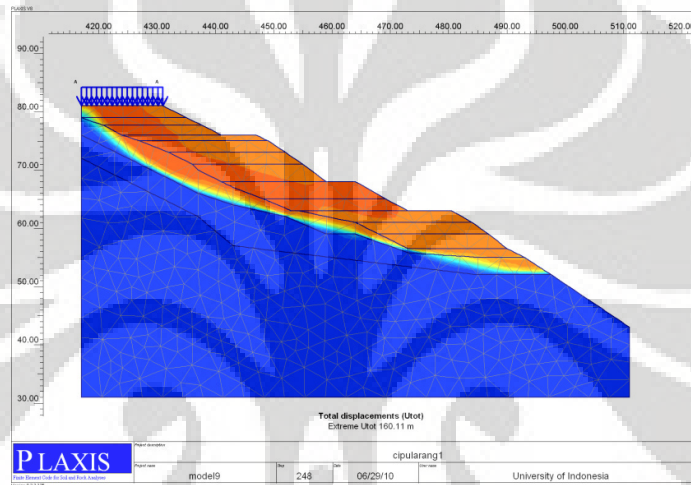
➤ Kondisi lereng dengan beban perkerasan



Gambar 4.39 Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan

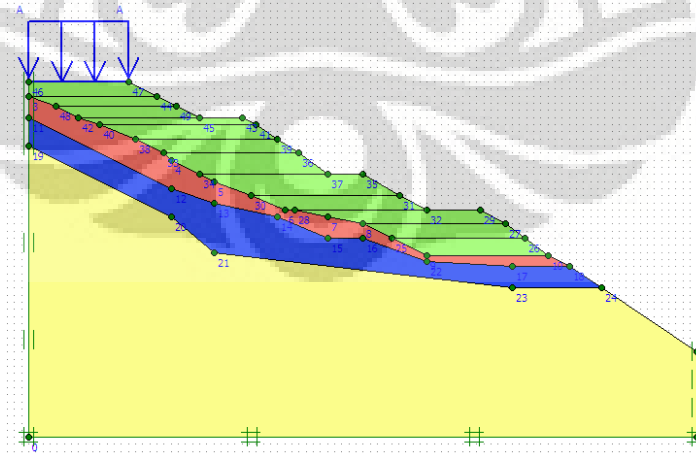
➤ Faktor Keamanan dan Bentuk Busur Kelongsoran

Dengan menggunakan type perhitungan phi-c reduction, kita dapat mengetahui faktor keamanan lereng timbunan tanah yang terjadi dengan memilih *total incremental* dan melihat nilai *Msf* (nilai faktor keamanan) dan dengan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi. Pada gambar 4.40 diperlihatkan bentuk kelongsoran yang terjadi dan nilai faktor keamanan kelongsorannya.



Gambar 4.40 Bentuk Busur Kelongsoran (FS= 1.056)

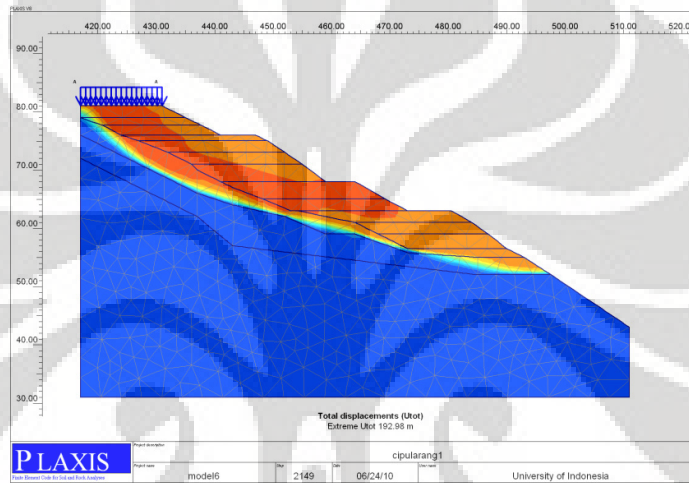
➤ Kondisi lereng dengan beban perkerasan+beban ekivalen



Gambar 4.41 Kondisi Lereng Cipularang dengan beban perkerasan

➤ Faktor Keamanan dan Bentuk Busur Kelongsoran

Dengan menggunakan type perhitungan phi-c reduction, kita dapat mengetahui faktor keamanan lereng timbunan tanah yang terjadi dengan memilih *total incremental* dan melihat nilai *Msf* (nilai faktor keamanan) dan dengan tampilan *shading* untuk memperlihatkan busur kelongsoran yang terjadi. Pada gambar 4.42 diperlihatkan bentuk kelongsoran yang terjadi dan nilai faktor keamanan kelongsorannya.



Gambar 4.42 Bentuk Busur Kelongsoran (FS= 1.0378)

4.8 Hasil Analisa Slope/W dan Plaxis

4.8.1 Analisa Tegangan Total

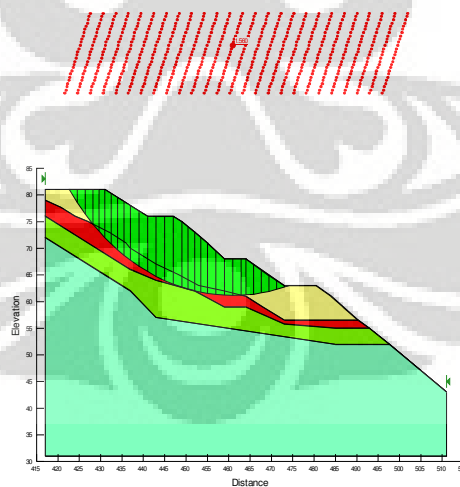
4.8.1.1 Tanpa Gempa

Tabel. 4.16 Perbandingan faktor Keamanan di Slope/w dan Plaxis v.8 dengan kondisi tanpa adanya gempa

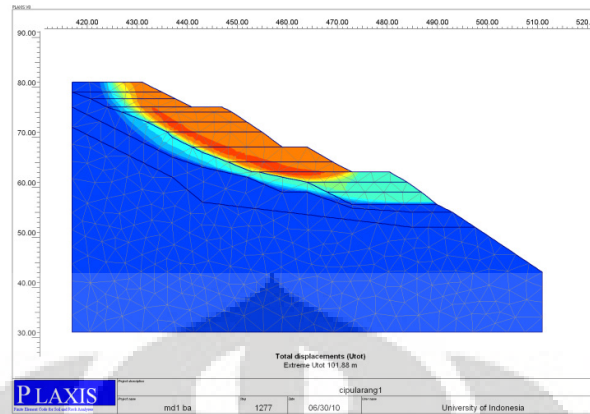
Kondisi Lereng Cipularang		
No	Tanpa Adanya koefisien gempa	FS
1	Tanpa Adanya Beban	1.56
2	Adanya Beban Perkerasan	1.02
3	Adanya Beban Perkerasan+Beban ekuivalen	0.974

Kondisi Lereng Cipularang		
No	Tanpa Adanya koefisien gempa	FS
1	Tanpa Adanya Beban	1.52
2	Adanya Beban Perkerasan	1.11
3	Adanya Beban Perkerasan+Beban ekuivalen	1.06

a. Kondisi Lereng Cipularang tanpa adanya gempa dan tanpa beban



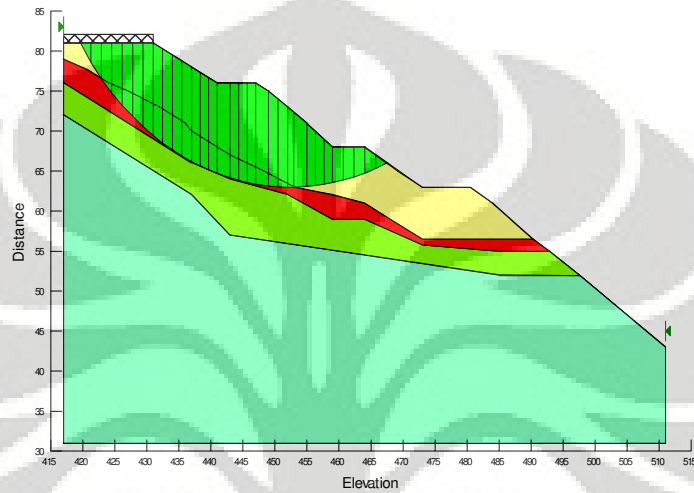
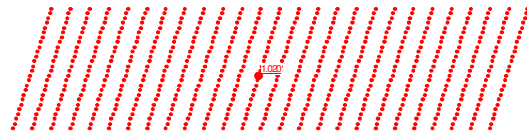
Gambar. 4.44 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan tanpa beban



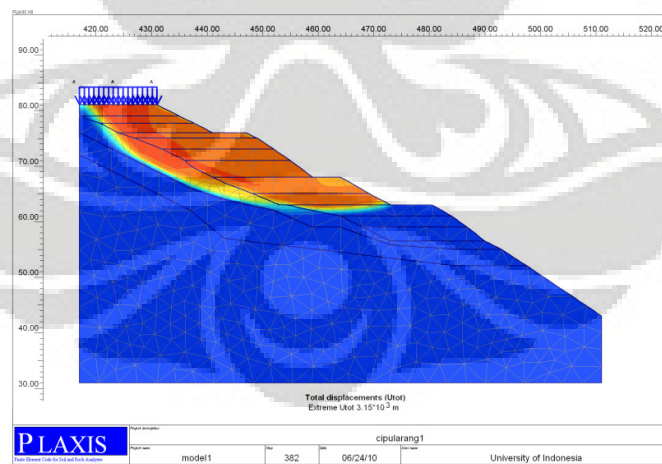
Gambar. 4.45 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan tanpa beban

- Di Slope/W,kondisi lereng Cipularang dengan kondisi tanpa adanya gempa dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.56
- Di Plaxis v8,kondisi lereng Cipularang dengan kondisi tanpa adanya gempa dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.52
- Di Slope/w, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng
- Di Plaxis v.8, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 20 m dari puncak lereng. Warna oranye yang ditimbulkan merupakan kondisi kritis bidang longsor, sedangkan warna biru merupakan kondisi yang tidak berbahaya atau jarang terjadinya longsor.

b. Kondisi Lereng Cipularang tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan



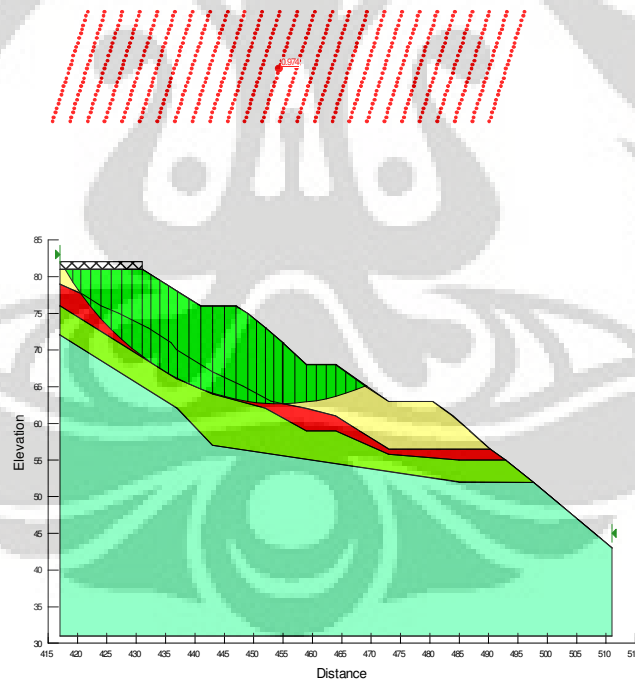
Gambar. 4.46 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan



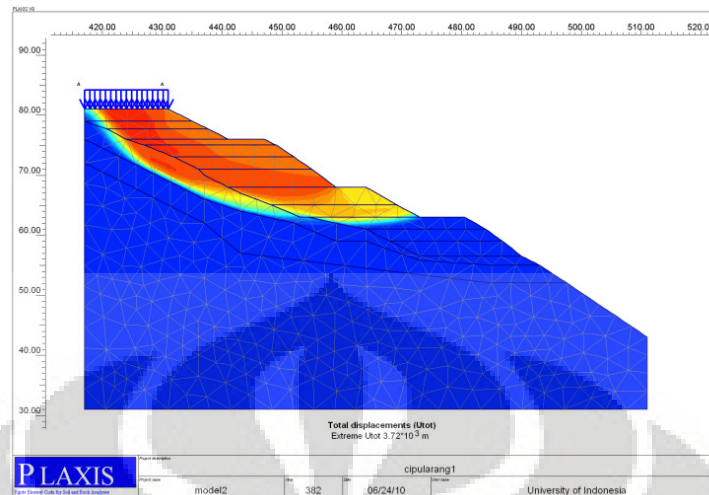
Gambar. 4.47 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan

- Di Slope/W,kondisi lereng Cipularang dengan kondisi tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.02
- Di Plaxis v8,kondisi lereng Cipularang dengan kondisi tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.11
- Di Slope/w, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng. Luasan bidang longsor yang terjadi lebih besar dari kondisi lereng tanpa beban.
- Di Plaxis v.8, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 20 m dari puncak lereng. Luasan bidang longsor yang terjadi lebih besar dari kondisi lereng tanpa beban.

c. Kondisi Lereng Cipularang tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan + beban ekivalen



Gambar. 4.48 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan + beban ekivalen



Gambar. 4.49 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi tanpa adanya gempa dan adanya beban perkerasan + beban ekuivalen

- Di Slope/W, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi beban perkerasan dan beban ekuivalen menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 0.974
- Di Plaxis v8, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi beban perkerasan dan beban ekuivalen menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.06
- Di Slope/w, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng
- Di Plaxis v.8, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng

4.8.1.2 Kondisi Lereng Cipularang dengan adanya gempa

Tabel. 4.17 Faktor keamanan di Slope/w dengan adanya koefisien gempa $k_1=0.12$

Kondisi Lereng Cipularang		
No	Adanya koefisien gempa	FS
1	Tanpa Adanya Beban	1.184
2	Adanya Beban Perkerasan	0.838
3	Adanya Beban Perkerasan+ekivalen	0.8

- Kondisi lereng cipularang dengan adanya koefisien gempa sebesar 0.12 dan tanpa adanya beban mengakibatkan turunnya nilai faktor keamanan menjadi 1.184.
- Kondisi lereng cipularang dengan adanya koefisien gempa sebesar 0.12 dan adanya beban mengakibatkan turunnya nilai faktor keamanan menjadi 0.838. Hal ini berarti lereng dalam keadaan tidak aman.
- Kondisi lereng cipularang dengan adanya koefisien gempa sebesar 0.12 dan adanya beban perkerasan mengakibatkan turunnya nilai faktor keamanan menjadi 0.8. Hal ini berarti lereng dalam keadaan tidak aman.

4.8.2 Analisa Tegangan Efektif

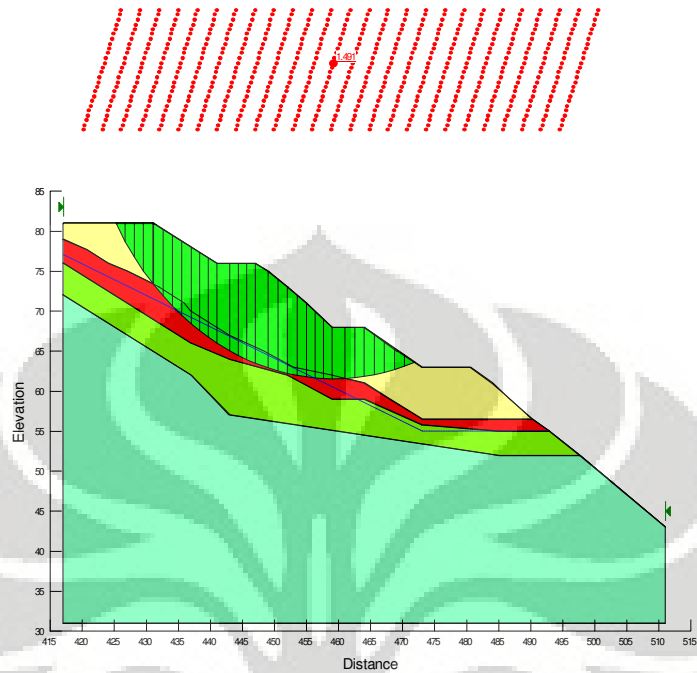
4.8.2.1 Muka Air Normal

Tabel. 4.18 Perbandingan Faktor Keamanan di Slope/w dan Plaxis v.8 dengan kondisi muka air normal

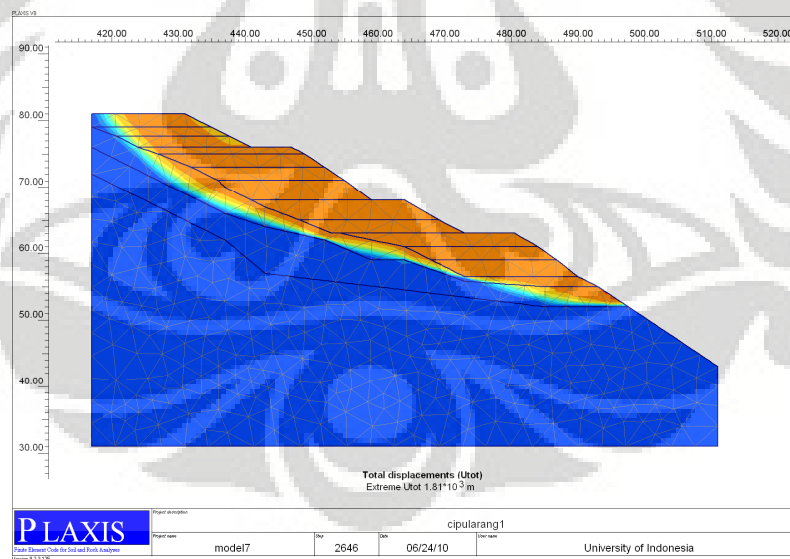
Kondisi Lereng Cipularang		
No	Muka air normal	FS
1	Tanpa Adanya Beban	1.491
2	Adanya Beban Perkerasan	1.218
3	Adanya Beban Perkerasan+ekivalen	1.192

Kondisi Lereng Cipularang		
No	Muka air normal	FS
1	Tanpa Adanya Beban	1.363
2	Adanya Beban Perkerasan	1.179
3	Adanya Beban Perkerasan+ekivalen	1.159

a. Kondisi Lereng Cipularang muka air normal dan tanpa Beban



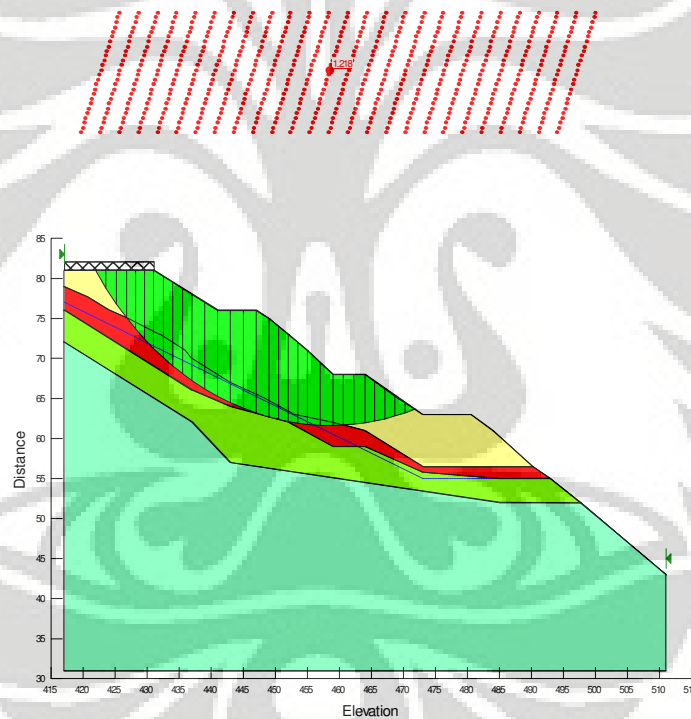
Gambar. 4.50 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan tanpa beban perkerasan



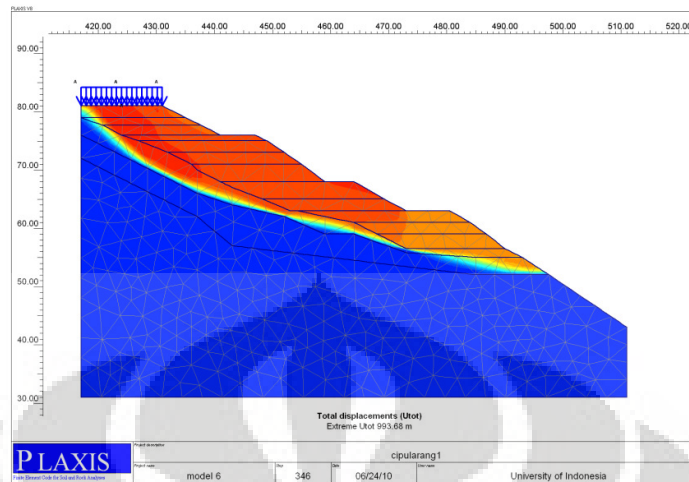
Gambar. 4.51 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan tanpa beban perkerasan

- Di Slope/W,kondisi lereng Cipularang dengan kondisi muka air tanah dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.491
- Di Plaxis v8,kondisi lereng Cipularang dengan kondisi muka air tanah dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.363
- Di Slope/w, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng
- Di Plaxis v.8, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung keras, di kedalaman 30 m dari puncak lereng

b. Kondisi Lereng Cipularang muka air normal dan adanya beban perkerasan



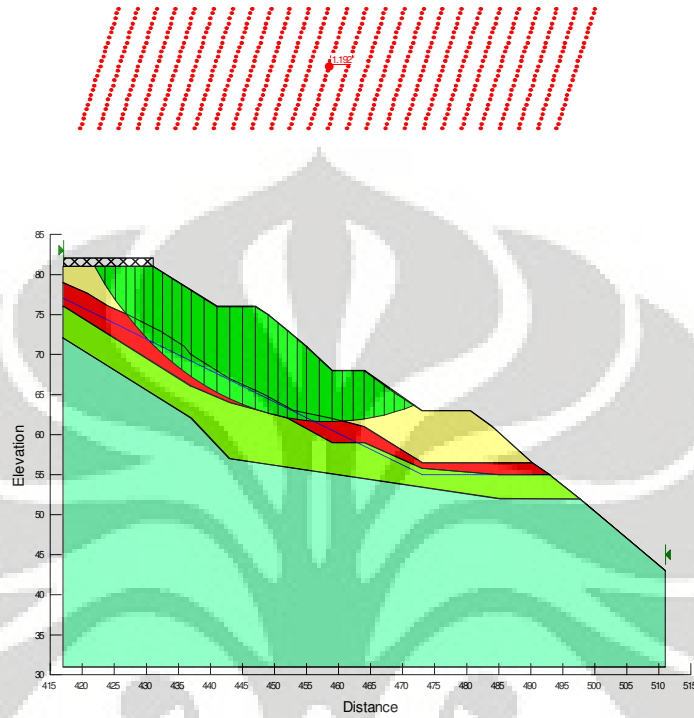
Gambar. 4.52 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan adanya beban perkerasan



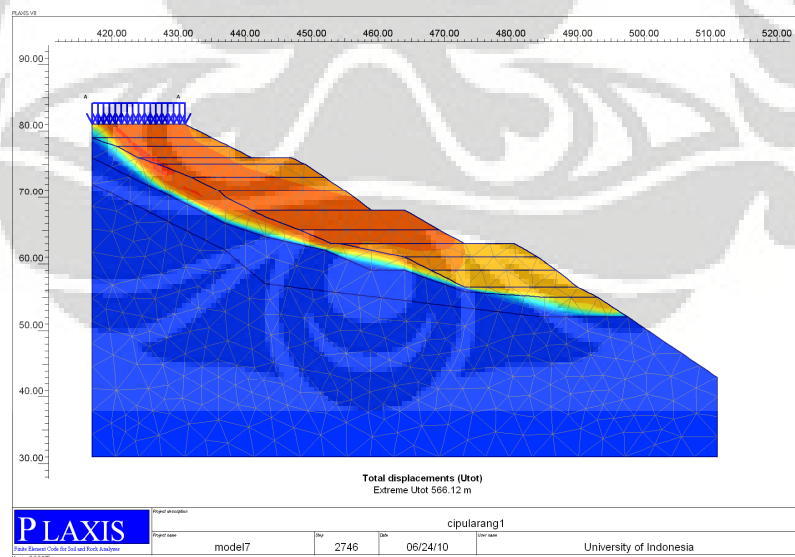
Gambar. 4.53 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan adanya beban perkerasan

- Di Slope/W, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi beban perkerasan dan beban ekuivalen menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.218
- Di Plaxis v8, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi beban perkerasan dan beban ekuivalen menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.179
- Di Slope/w, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng
- Di Plaxis v.8, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung keras, di kedalaman 30 m dari puncak lereng. Kondisi kritis bidang longsor ditunjukkan dengan warna merah, dimana kedalaman bidang longsor mencapai 18 m dari puncak lereng. Warna oranye menunjukkan kondisi bidang longsor yang dapat terjadi lebih dalam, tetapi kondisi longsor ini jarang terjadi.

c. Kondisi Lereng Cipularang muka air normal dan adanya beban perkerasan +beban ekuivalen



Gambar. 4.54 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan adanya beban perkerasan +beban ekuivalen



Gambar. 4.55 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air normal dan adanya beban perkerasan +beban ekuivalen

- Di Slope/W, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi beban perkerasan dan beban ekuivalen menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.192
- Di Plaxis v8, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi beban perkerasan dan beban ekuivalen menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.159
- Di Slope/w, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng
- Di Plaxis v.8, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung keras, di kedalaman 30 m dari puncak lereng. Kondisi kritis bidang longsor ditunjukkan dengan warna merah, dimana kedalaman bidang longsor mencapai 20 m dari puncak lereng. Warna oranye menunjukkan kondisi bidang longsor yang dapat terjadi lebih dalam, tetapi kondisi longsor ini jarang terjadi.

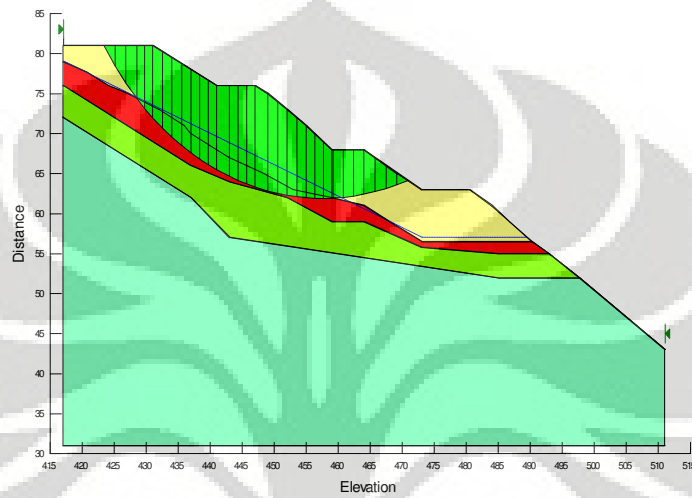
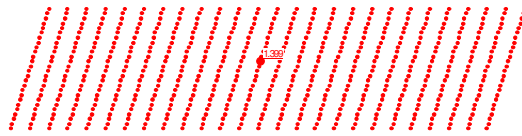
4.8.2.2 Muka Air Banjir

Tabel. 4.19 Perbandingan Faktor Keamanan di Slope/w dan Plaxis v.8 dengan kondisi muka air banjir

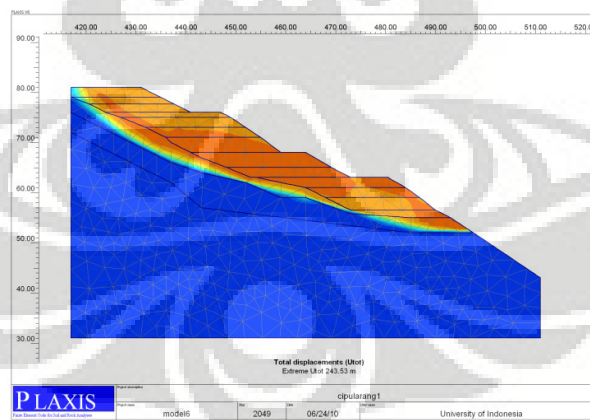
Kondisi Lereng Cipularang		
No	Muka air tanah + 2m	FS
1	Tanpa Adanya Beban	1.399
2	Adanya Beban Perkerasan	1.169
3	Adanya Beban Perkerasan+ekivalen	1.143

Kondisi Lereng Cipularang		
No	Muka air tanah + 2m	FS
1	Tanpa Adanya Beban	1.216
2	Adanya Beban Perkerasan	1.056
3	Adanya Beban Perkerasan+ekivalen	1.038

a. Kondisi Lereng Cipularang muka air banjir dan tanpa Beban



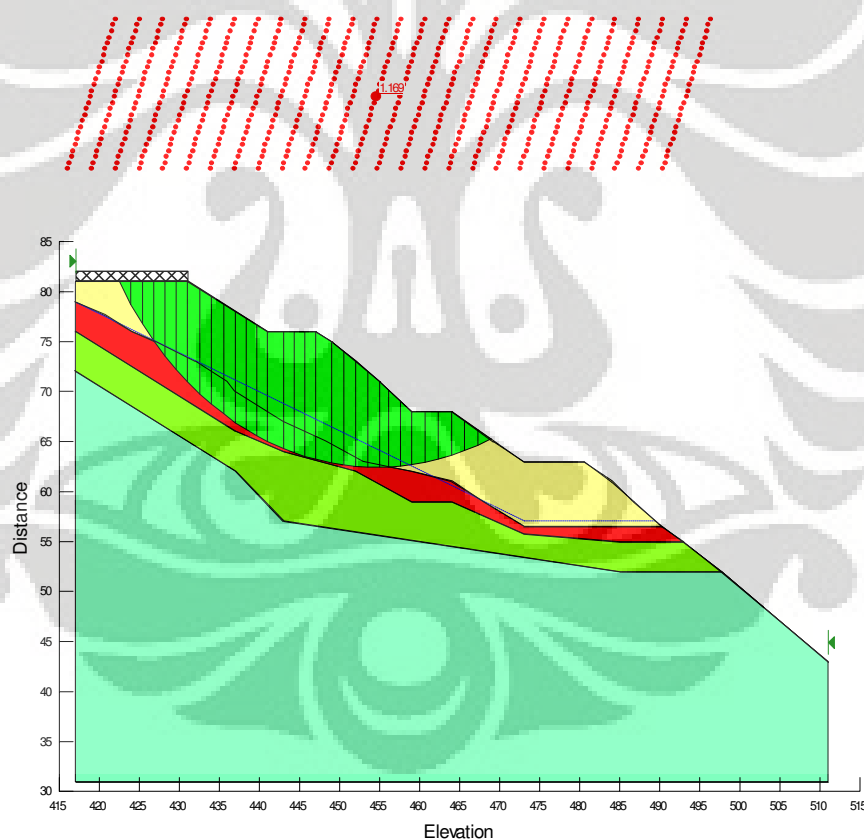
Gambar. 4.56 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban perkerasan



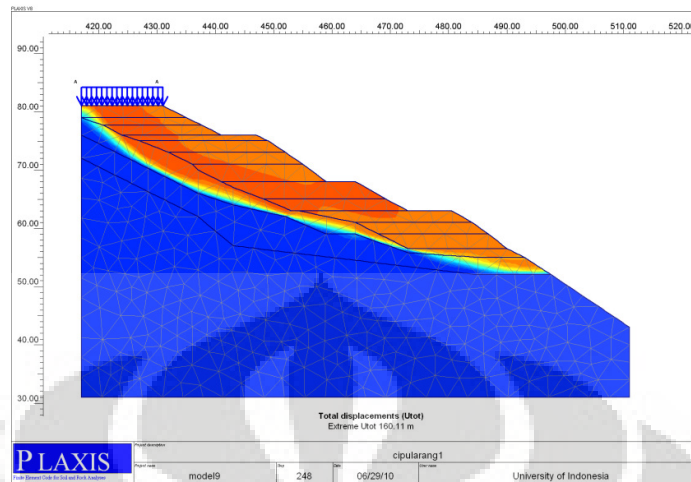
Gambar. 4.57 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban perkerasan

- Di Slope/W,kondisi lereng Cipularang dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.491
- Di Plaxis v8,kondisi lereng Cipularang dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.363
- Di Slope/w, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng
- Di Plaxis v.8, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 30 m dari puncak lereng

b. Kondisi Lereng Cipularang muka air banjir dan adanya beban perkerasan



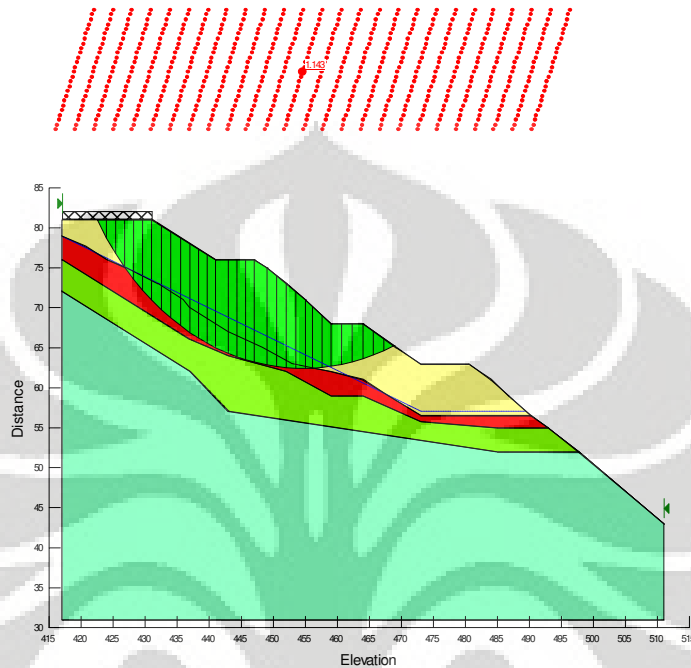
Gambar. 4.58 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan adanya beban perkerasan



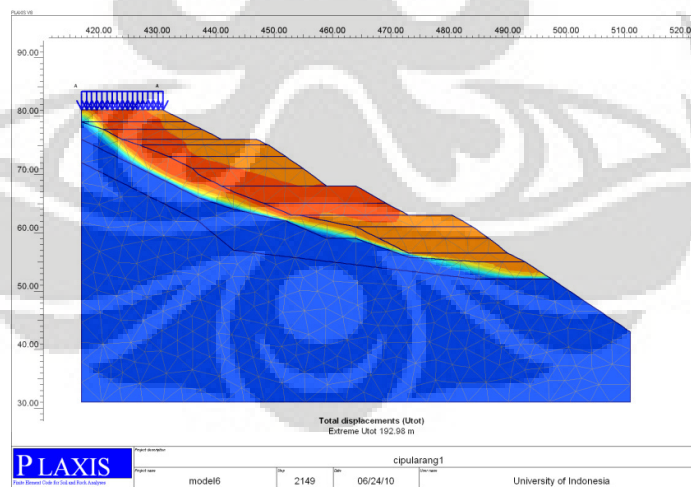
Gambar. 4.59 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan adanya beban perkerasan

- Di Slope/W, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.169
- Di Plaxis v8, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.056
- Di Slope/w, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng
- Di Plaxis v.8, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung keras, di kedalaman 30 m dari puncak lereng.

c. Kondisi Lereng Cipularang muka air banjir dan adanya beban perkerasan+beban ekivalen

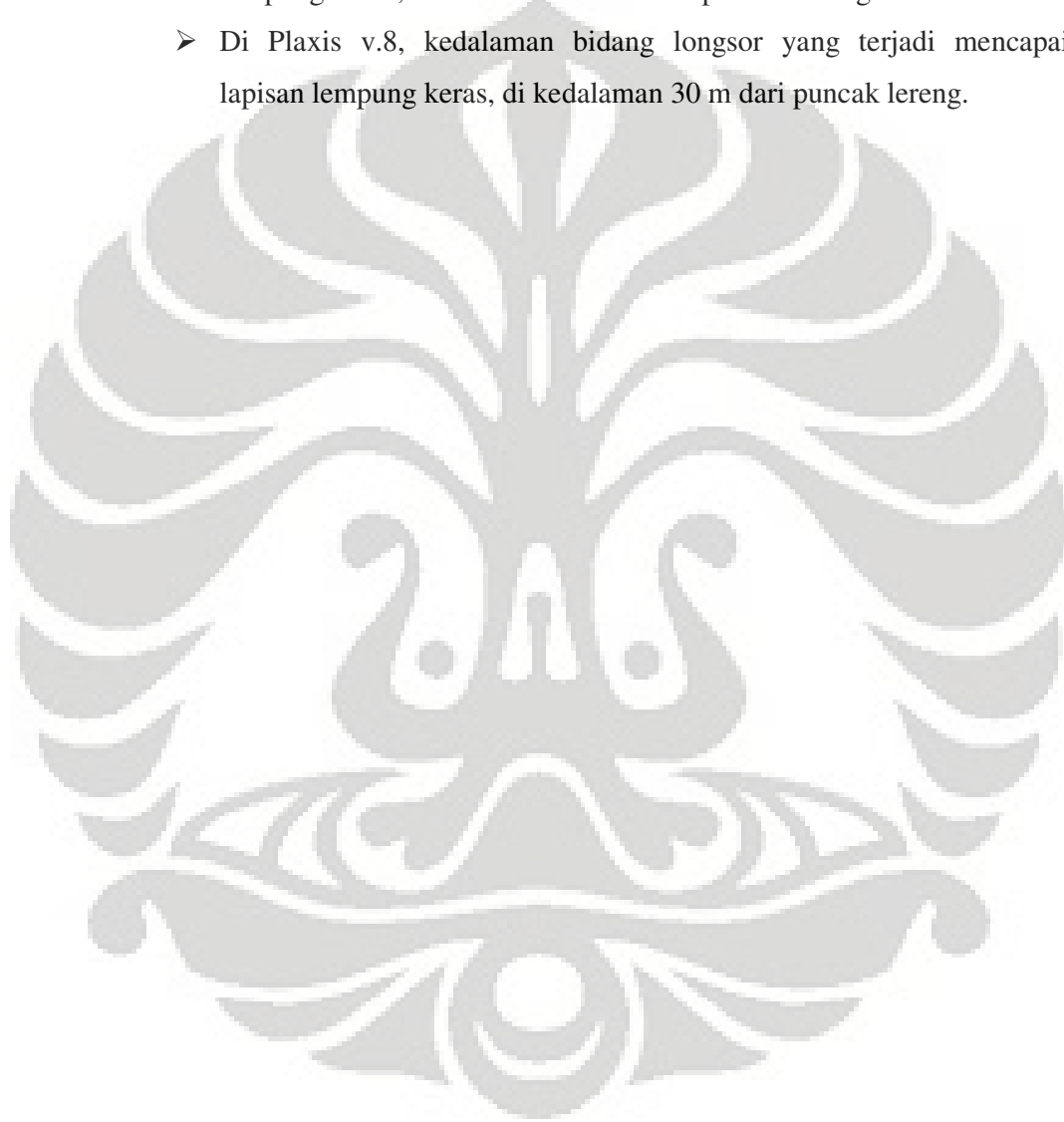


Gambar. 4.60 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan adanya beban perkerasan +beban ekivalen



Gambar. 4.61 Bentuk bidang longsor lereng dengan kondisi muka air banjir dan adanya beban perkerasan +beban ekivalen

- Di Slope/W, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.143
- Di Plaxis v8, kondisi lereng Cipularang dengan kondisi muka air banjir dan tanpa beban menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.036
- Di Slope/w, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung lanau, di kedalaman 18 m dari puncak lereng
- Di Plaxis v.8, kedalaman bidang longsor yang terjadi mencapai lapisan lempung keras, di kedalaman 30 m dari puncak lereng.



BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada skripsi ini telah dianalisa pengaruh beban perkerasan, beban ekuivalen, percepatan gempa dan muka air normal terhadap nilai keamanan suatu lereng. Penulis mencoba membandingkan hasil analisis kedalam dua software yaitu Slope dan Plaxis. Kondisi analisa tegangan total (beban perkerasan, beban ekuivalen, dan percepatan gempa) dan analisa tegangan efektif (kenaikan muka air tanah, beban perkerasan, dan beban ekuivalen) yang terjadi dimodelkan kedalam program Geoslope . Kondisi analisa tegangan total (beban perkerasan dan beban ekuivalen) dan analisa tegangan efektif (kenaikan muka air tanah, beban perkerasan, dan beban ekuivalen) yang terjadi dimodelkan kedalam program Plaxis dan mengamati bentuk kelongsoran yang terjadi pada lereng timbunan. Hasil analisa yang telah didapat dengan bantuan program Plaxis dibandingkan dengan Slope/w sehingga kesimpulan yang telah didapatkan penulis dari analisa lereng cipularang antara lain :

- Penurunan yang terjadi pada dasar timbunan akan mengalami peningkatan sesuai dengan bertambahnya tinggi tahapan timbunan.
- Nilai faktor keamanan akan berkurang bersamaan dengan penambahan ketinggian timbunan tanah.
- Kenaikan muka air tanah akan menyebabkan turunnya nilai faktor keamanan
- Beban yang bekerja di puncak lereng akan menyebabkan turunnya nilai faktor keamanan
- Koefisien gempa k_h sebesar 0.12 dengan variasi beban menyebabkan nilai faktor keamanan kurang dari 1(satu) sehingga lereng Cipularang tidak aman saat terjadinya gempa
- Analisis tegangan total menggunakan kondisi undrained, dikarenakan kondisi ini adalah kondisi yang ekstrim bagi timbunan tanah untuk mengalami kelongsoran.

- Analisis tegangan efektif menggunakan kondisi drained, dikarenakan kondisi lereng ini sudah mengalami disipasi air pori sehingga lereng tersebut dalam keadaan stabil.
- Bidang longsor yang terjadi pada Plaxis v.8 mencapai lapisan lempung keras sedangkan bidang longsor yang terjadi Slope/W hanya mencapai lapisan lempung lanau.

5.2 Saran

Dengan analisa yang telah dilakukan dengan bantuan Plaxis dan dibandingkan dengan Slope/W, ada beberapa saran yang dapat penulis berikan, antara lain :

- Penelitian yang dilakukan penulis tentang analisa lereng Cipularang. Peneliti tidak meneliti sampai perkuatan lereng Cipularang. Perkuatan lereng perlu dilakukan untuk memberi keamanan pengguna jalan raya. Untuk peneliti selanjutnya, peneliti menyarankan perlu dilakukan penelitian tentang perkuatan lereng Cipularang.

DAFTAR PUSTAKA

1. R.F.Craig dan Budi Susilo, *Mekanika Tanah*, 1991
2. Braja M.Das, *Mekanika Tanah Jilid 1*, 1991
3. SNI 03-1726, (2002), *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung, SNI 03-1726*, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Bandung, Indonesia.
4. Michael Duncan, J., and Stephen G. Wright. *Soil Strength and Slope Stability*. Willey
5. Krahn, John, *Slope/W Student Edition Workbook*.
6. Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, *Laporan akhir penelitian dan penyelidikan Sta 96+800 pada proyek pembangunan Jalan Tol Cipularang Tahap II Ruas Plered-Cikalong Wetan*.
7. Delft University of Technology & Plaxis, *Plaxis manual Book-1*, A.A. Balkema, 2002
8. Delft University of Technology & Plaxis, *Plaxis manual Book-2*, A.A. Balkema, 2002
9. John Wiley & sons. *Finite Elements in Geomechanics*, Toronto. A Willey, Interscience Publication
10. Kramer, L. Steven. *Geotechnical Earthquake Engineering*
11. Departemen Pekerjaan Umum, *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*, 1987



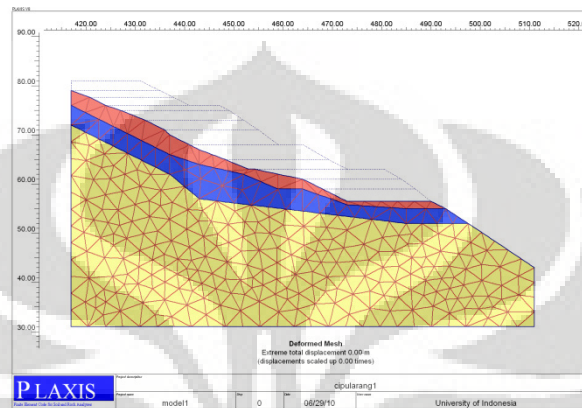
LAMPIRAN A

Gambar-gambar

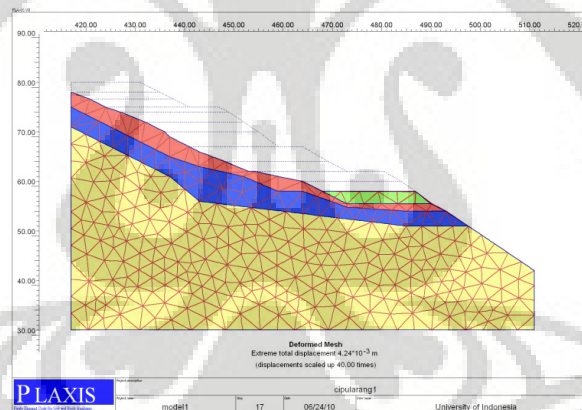
Analisa Tegangan Total

1. Kondisi Lereng tanpa beban

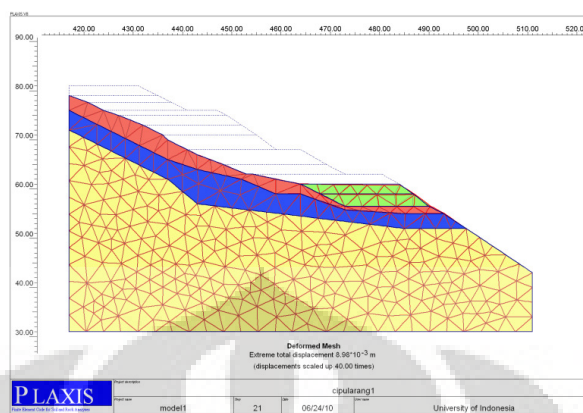
- Deformasi yang terjadi selama tahapan konstruksi timbunan



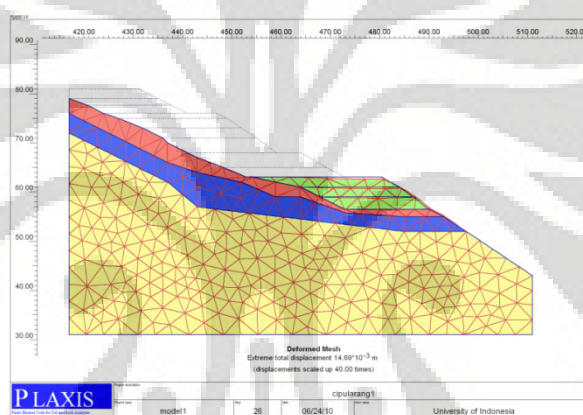
Gambar A.1 Deformasi Kondisi Awal (0 m)



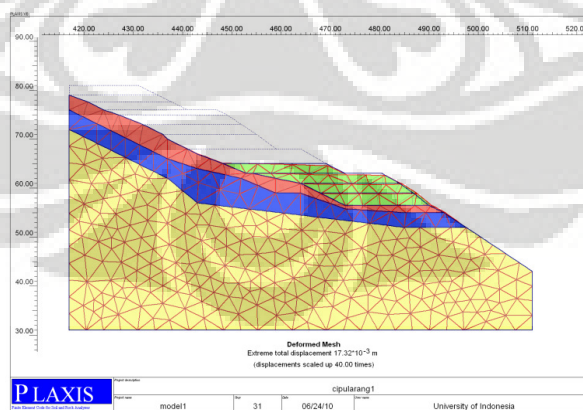
Gambar A.2 Deformasi Tahap 1 (maks -4.24×10^{-3} m)



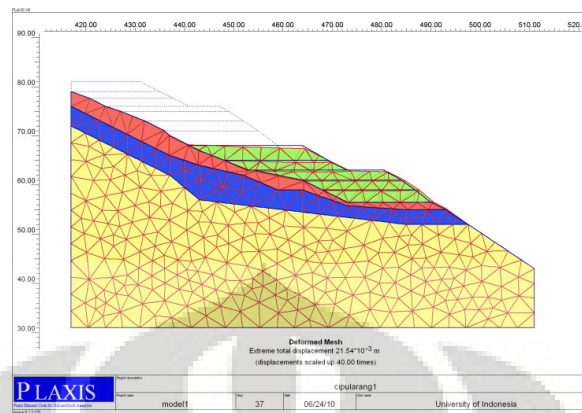
Gambar A.3 Deformasi Tahap 2 (maks -8.98×10^{-3} m)



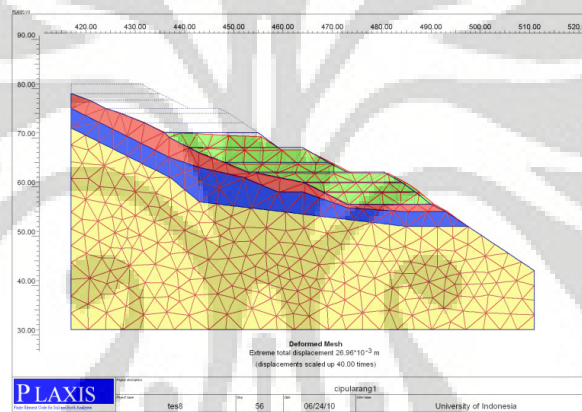
Gambar A.4 Deformasi Tahap 3 (maks -14.69×10^{-3} m)



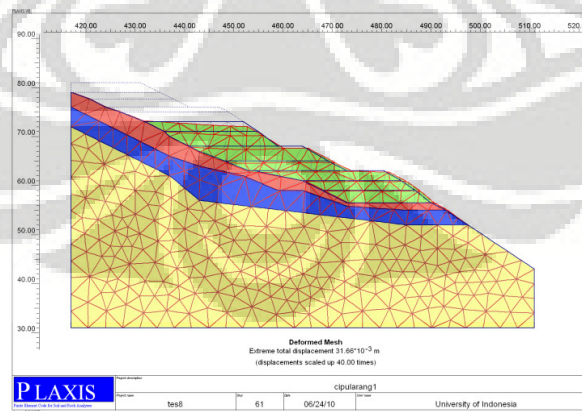
Gambar A.5 Deformasi Tahap 4 (maks -17.32×10^{-3} m)



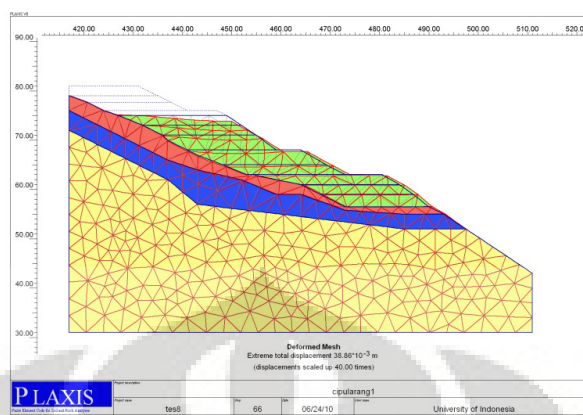
Gambar A.6 Deformasi Tahap 5 (maks -21.54×10^{-3} m)



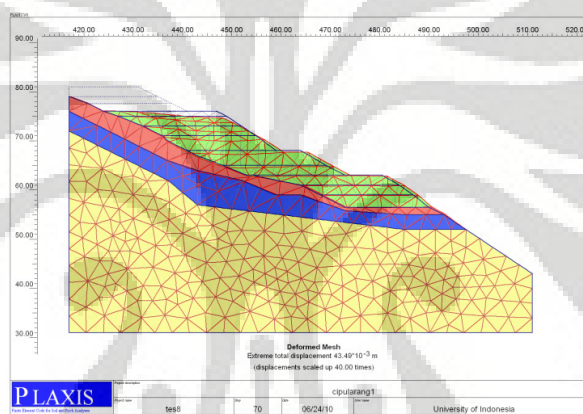
Gambar A.7 Deformasi Tahap 6 (maks -26.96×10^{-3} m)



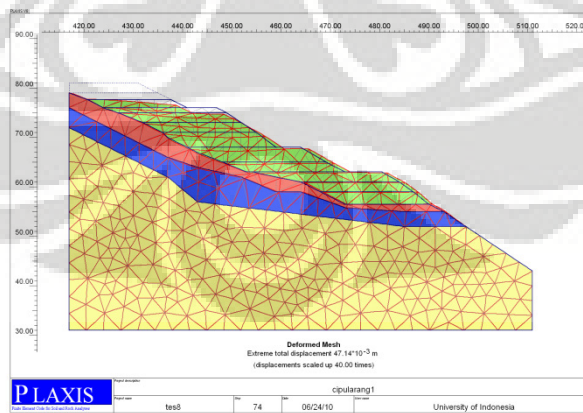
Gambar A.8 Deformasi Tahap 7 (maks -31.66×10^{-3} m)



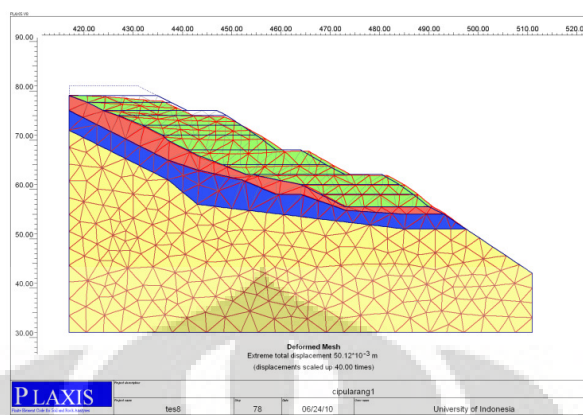
Gambar A.9 Deformasi Tahap 8 (maks -38.86×10^{-3} m)



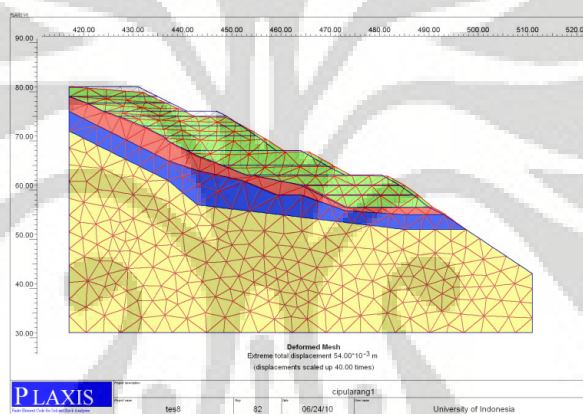
Gambar A.10 Deformasi Tahap 9 (maks -43.49×10^{-3} m)



Gambar A.11 Deformasi Tahap 10 (maks -47.14×10^{-3} m)

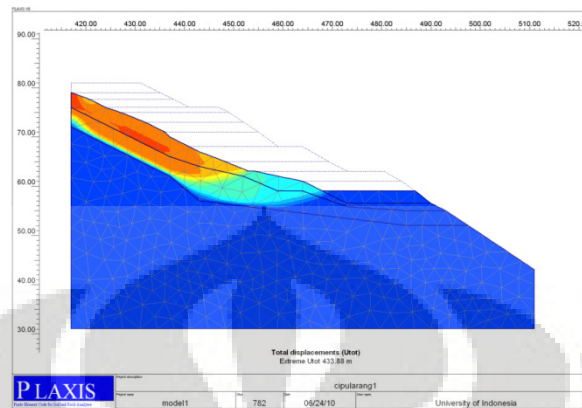


Gambar A.12 Deformasi Tahap 11 (maks -50.12×10^{-3} m)

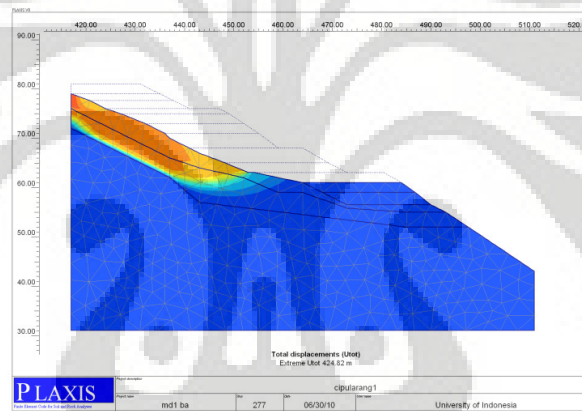


Gambar A.13 Deformasi Tahap 12 (maks -54×10^{-3} m)

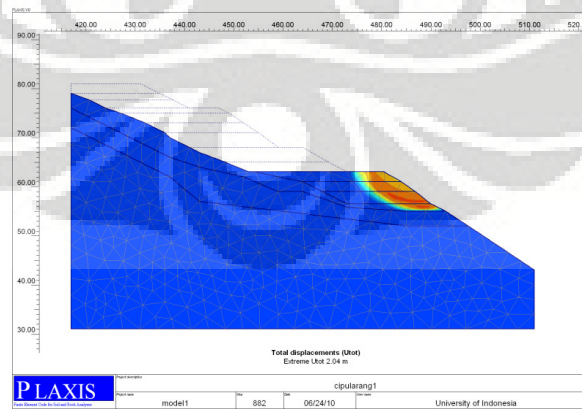
➤ Faktor Keamanan yang terjadi selama tahapan konstruksi timbunan



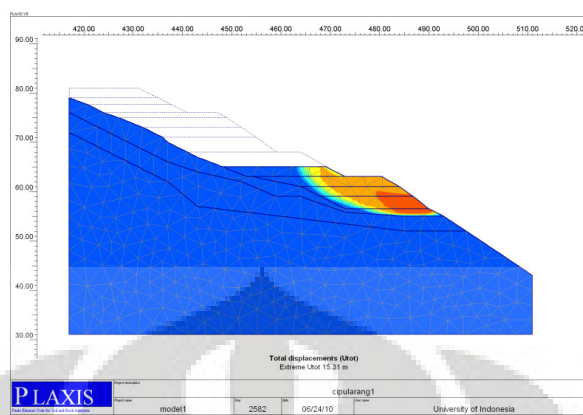
Gambar A.14 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 1 (FS= 2.972)



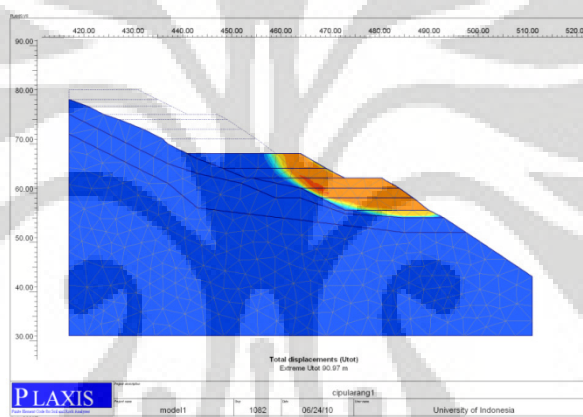
Gambar A.15 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 2 (FS= 2.983)



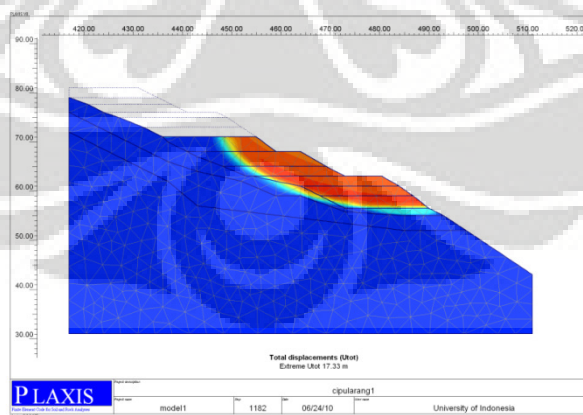
Gambar A.16 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 3 (FS= 2.92)



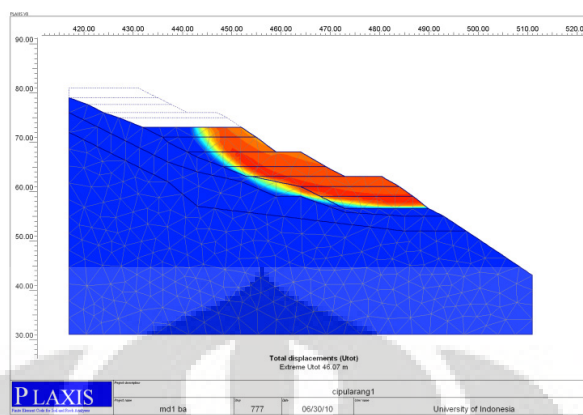
Gambar A.17 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 4 (FS= 2.875)



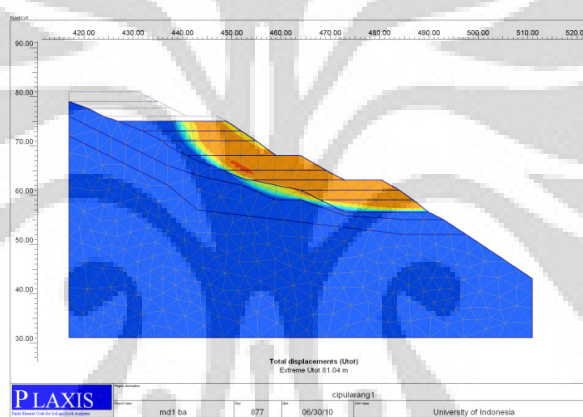
Gambar A.18 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 5 (FS= 2.345)



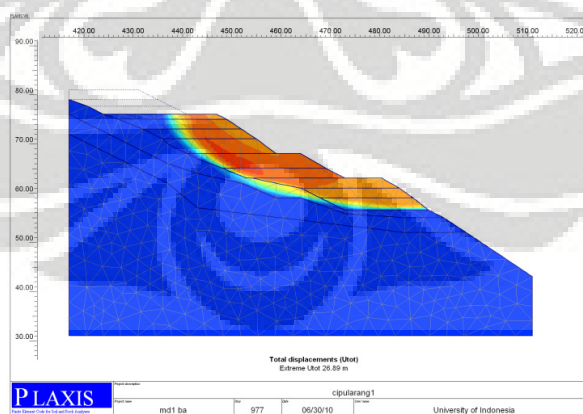
Gambar A.19 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 6 (FS= 2.167)



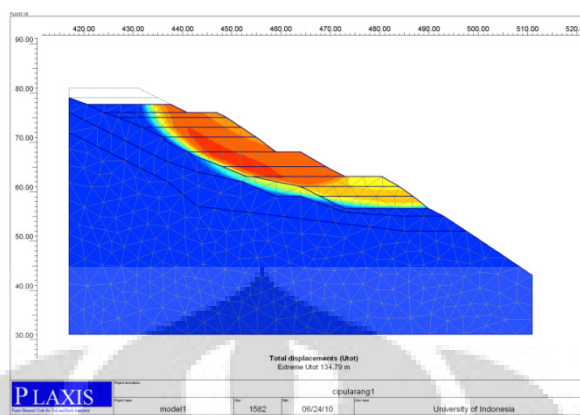
Gambar A.20 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 7 (FS= 1.939)



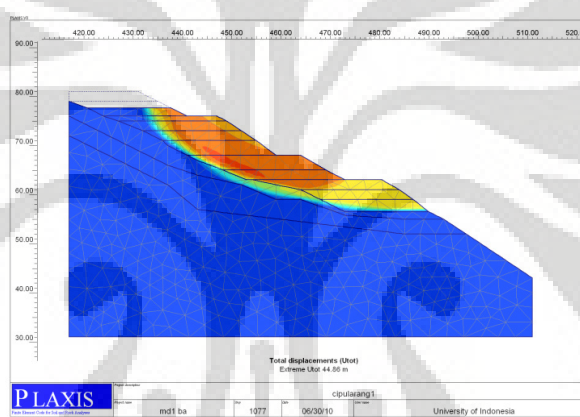
Gambar A.21 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 8 (FS= 1.74)



Gambar A.22 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 9 (FS= 1.65)



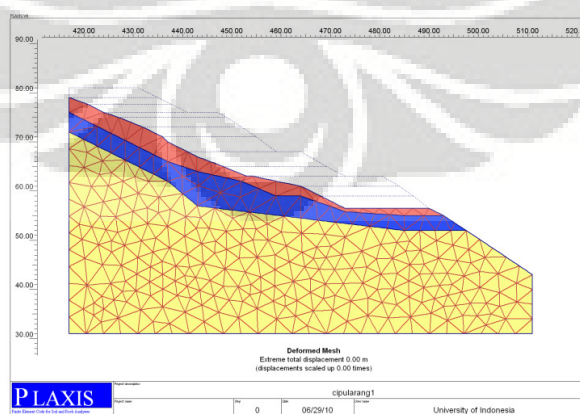
Gambar A.23 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 10 (FS= 1.61)



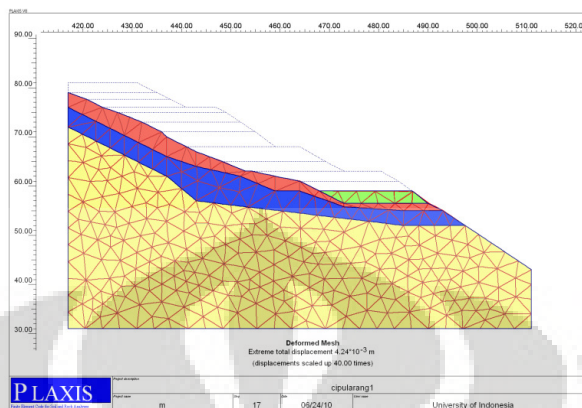
Gambar A.24 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 11 (FS= 1.575)

2. Kondisi lereng dengan beban perkerasan

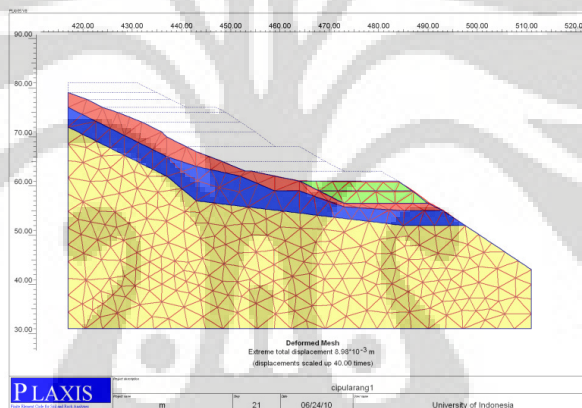
➤ Deformasi Kondisi Lereng dengan beban perkerasan



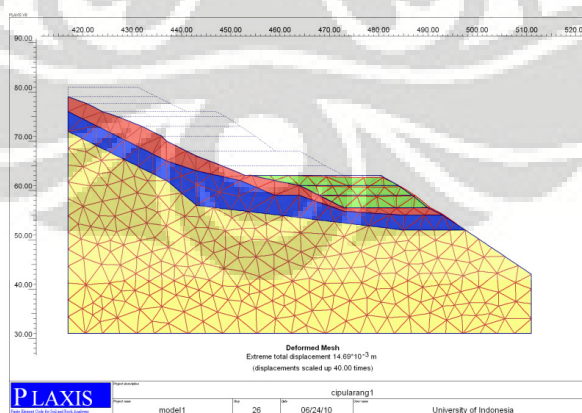
Gambar A.25 Deformasi Kondisi Awal (0 m)



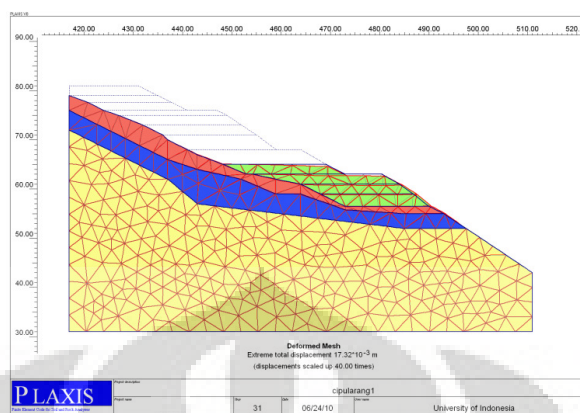
Gambar A.26 Deformasi Tahap 1 (maks -4.24×10^{-3} m)



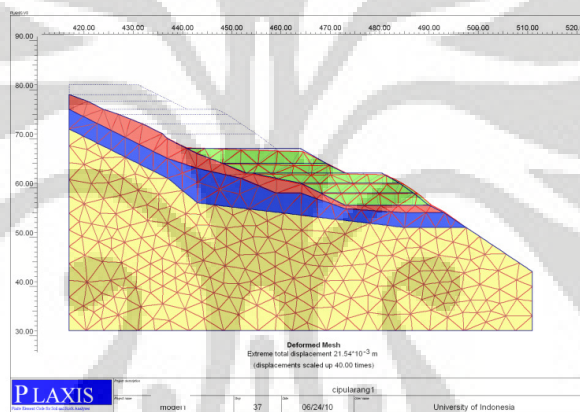
Gambar A.27 Deformasi Tahap 2 (maks -8.98×10^{-3} m)



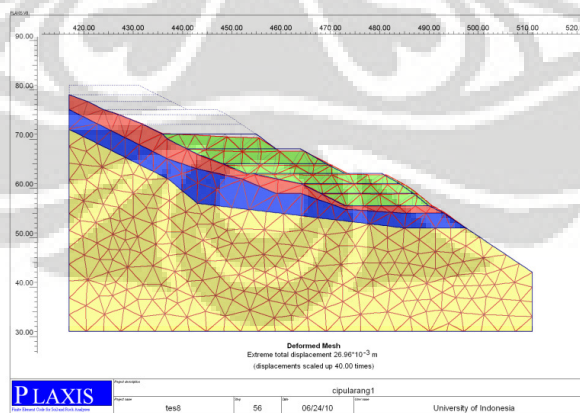
Gambar A.28 Deformasi Tahap 3 (maks -14.69×10^{-3} m)



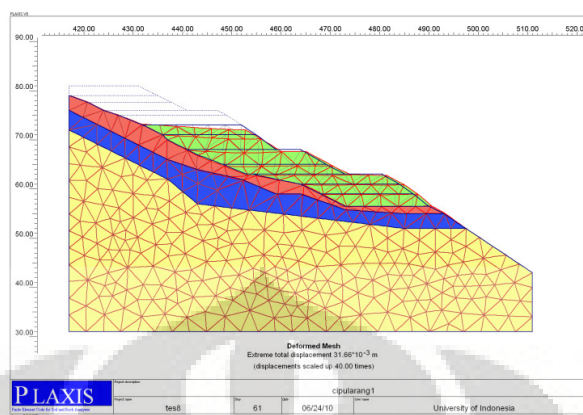
Gambar A.29 Deformasi Tahap 4 (maks -17.32×10^{-3} m)



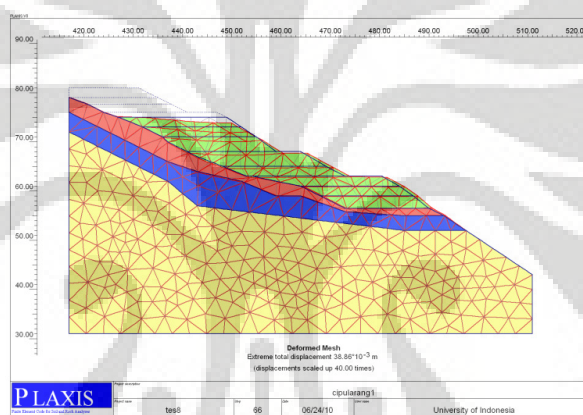
Gambar A.30 Deformasi Tahap 5 (maks -21.54×10^{-3} m)



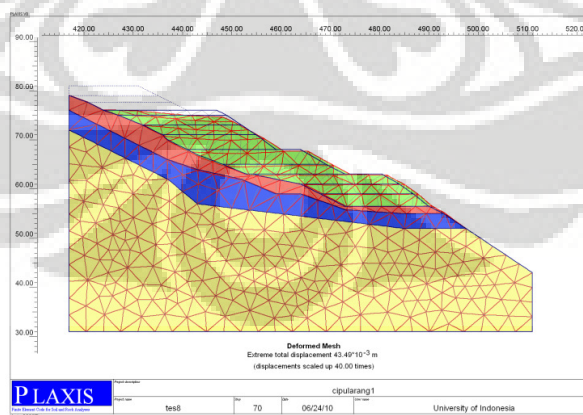
Gambar A.31 Deformasi Tahap 6 (maks -26.96×10^{-3} m)



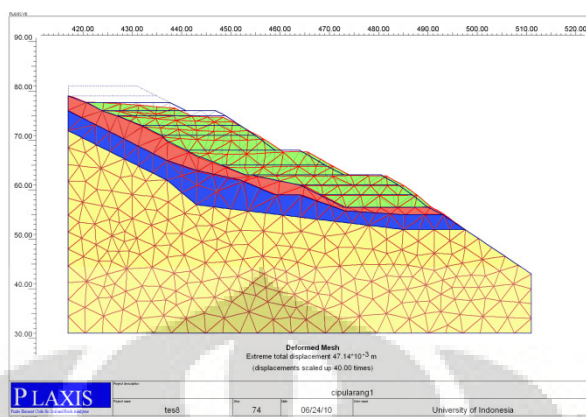
Gambar A.32 Deformasi Tahap 7 (maks -31.66×10^{-3} m)



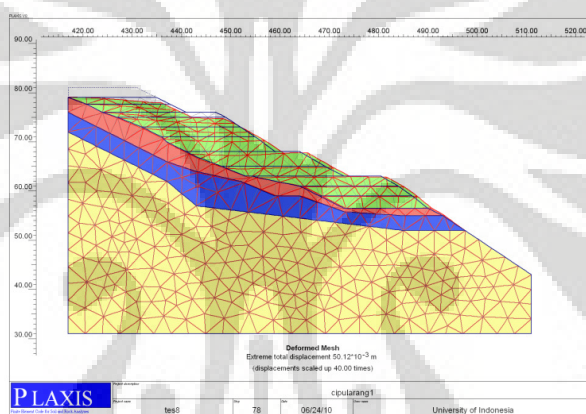
Gambar A.33 Deformasi Tahap 8 (maks -38.86×10^{-3} m)



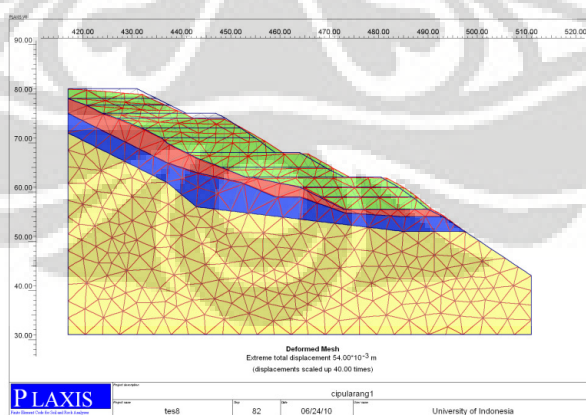
Gambar A.34 Deformasi Tahap 9 (maks -43.49×10^{-3} m)



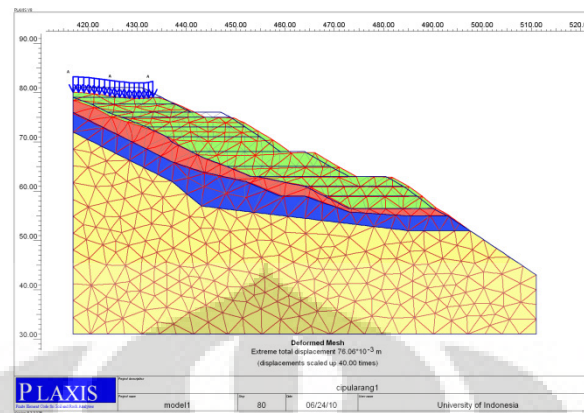
Gambar A.35 Deformasi Tahap 10 (maks -47.14×10^{-3} m)



Gambar A.36 Deformasi Tahap 11 (maks -50.12×10^{-3} m)

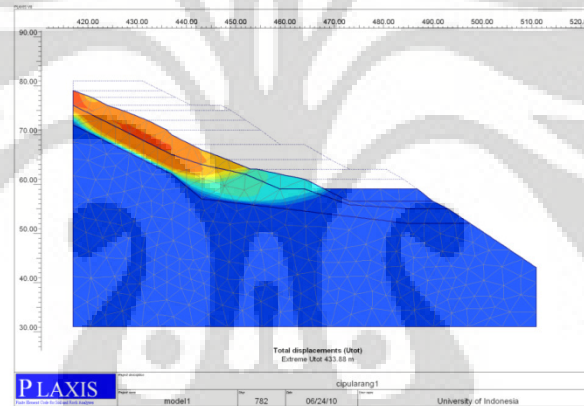


Gambar A.37 Deformasi Tahap 12 (maks -54×10^{-3} m)

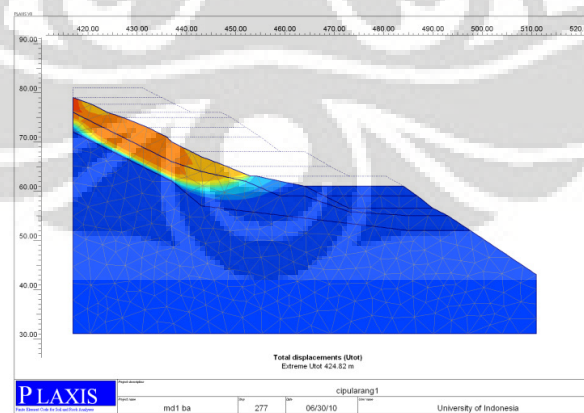


Gambar A.38 Deformasi Tahap 13 (maks -76×10^{-3} m)

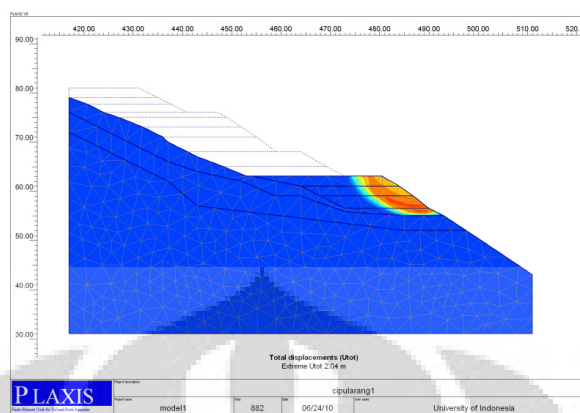
➤ **Faktor Keamanan yang terjadi selama tahapan konstruksi timbunan**



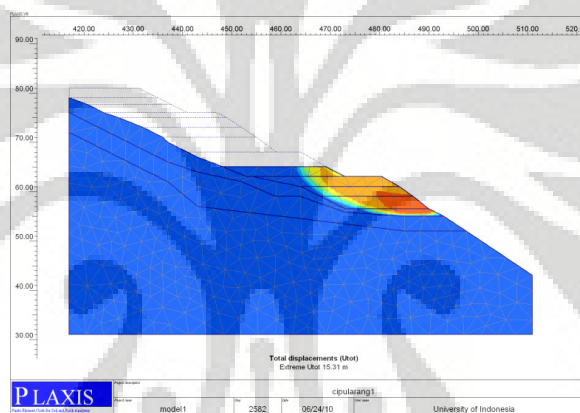
Gambar A.39 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 1 (FS= 2.972)



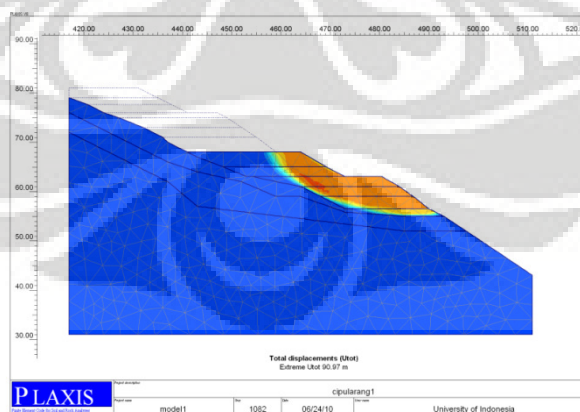
Gambar A.40 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 2 (FS= 2.983)



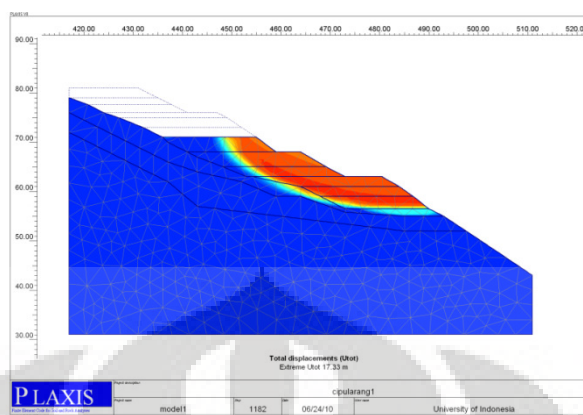
Gambar A.41 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 3 (FS= 2.92)



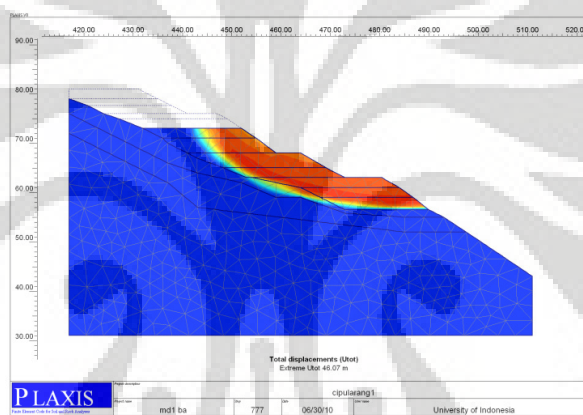
Gambar A.42 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 4 (FS= 2.875)



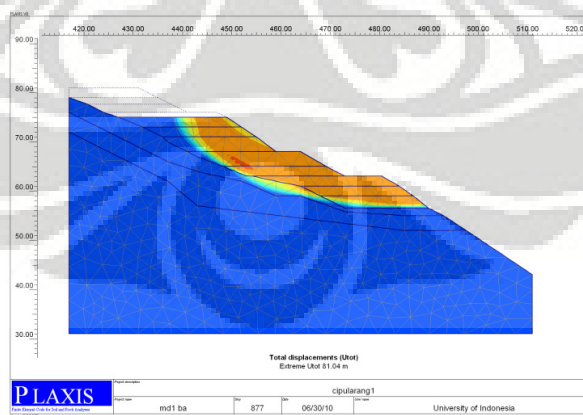
Gambar A.43 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 5 (FS= 2.345)



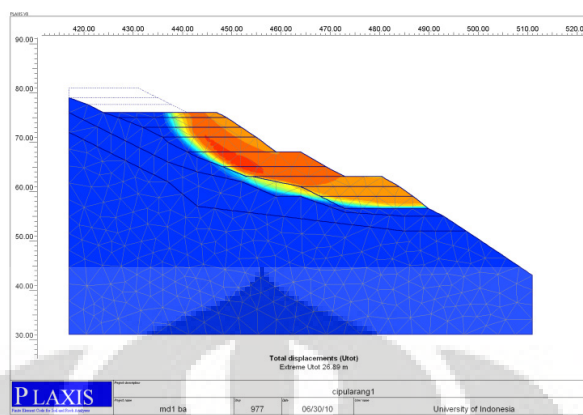
Gambar A.44 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 6 (FS= 2.167)



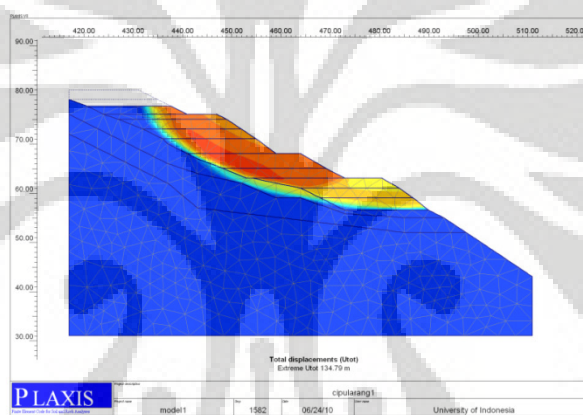
Gambar A.45 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 7 (FS= 1.939)



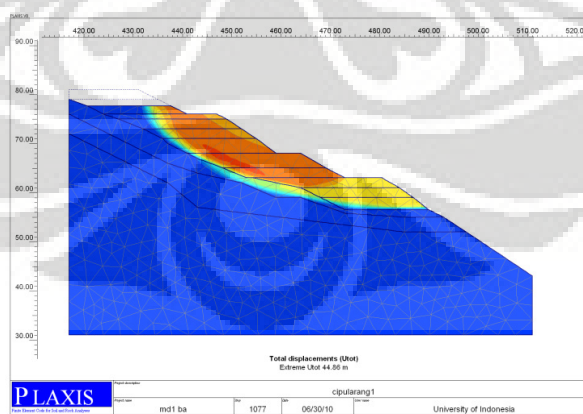
Gambar A.46 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 8 (FS= 1.74)



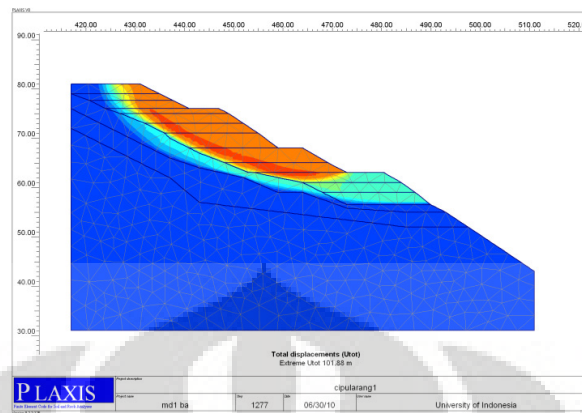
Gambar A.47 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 9 (FS= 1.65)



Gambar A.48 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 10 (FS= 1.61)



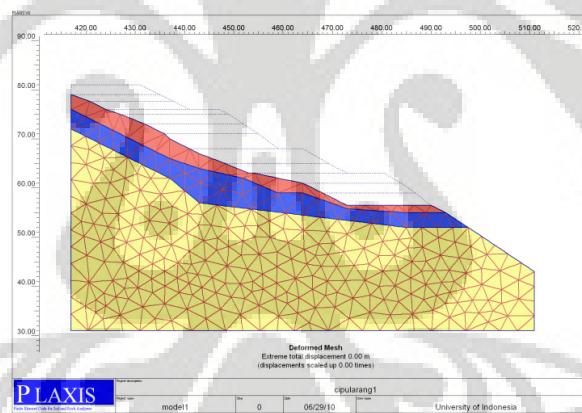
Gambar A.49 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 11 (FS= 1.575)



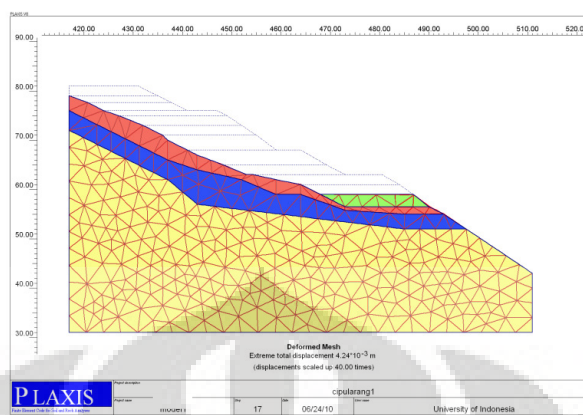
Gambar A.50 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 12 (FS= 1.518)

3. Kondisi Lereng dengan beban perkerasan+beban ekivalen

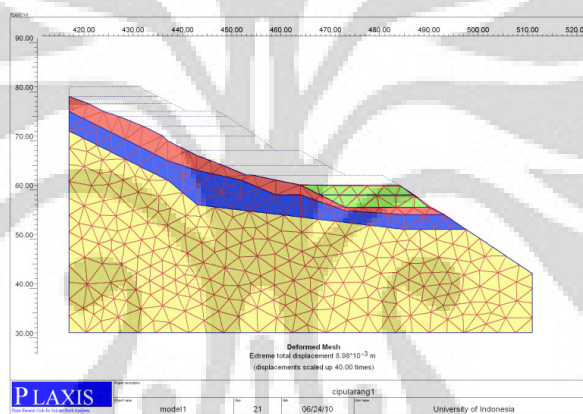
- Deformasi yang terjadi selama tahapan konstruksi timbunan



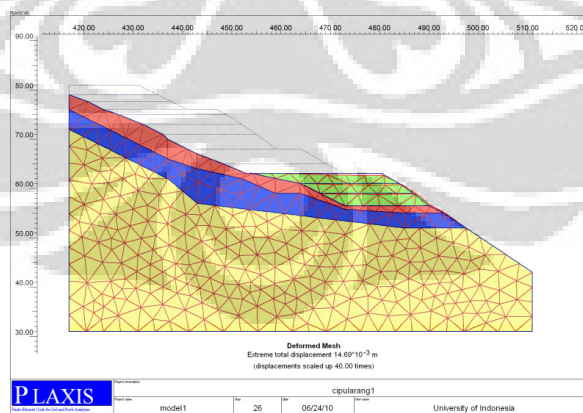
Gambar A.51 Deformasi Kondisi Awal (0 m)



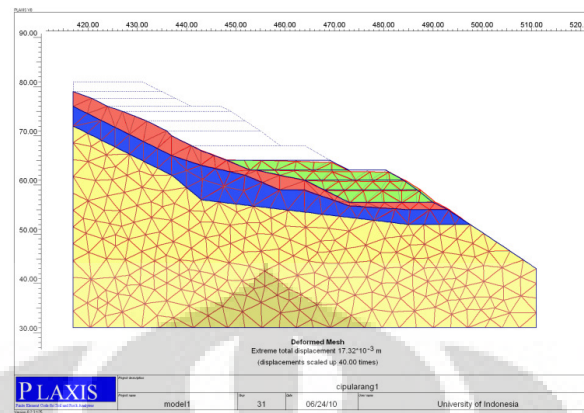
Gambar A.52 Deformasi Tahap 1 (maks -4.24×10^{-3} m)



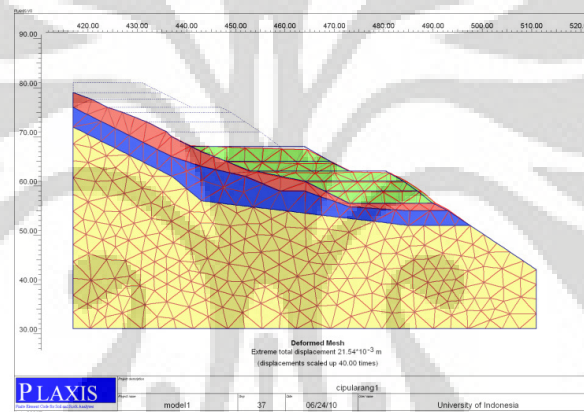
Gambar A.53 Deformasi Tahap 2 (maks -8.98×10^{-3} m)



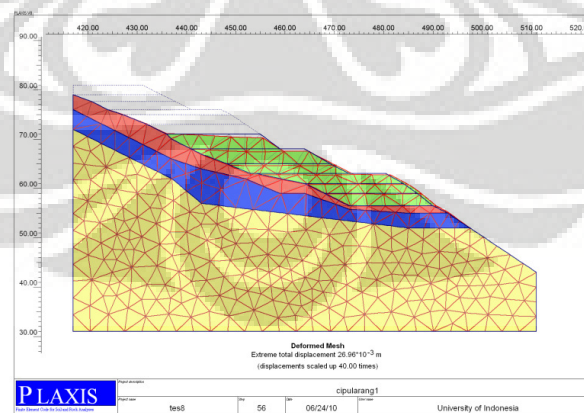
Gambar A.54 Deformasi Tahap 3 (maks -14.69×10^{-3} m)



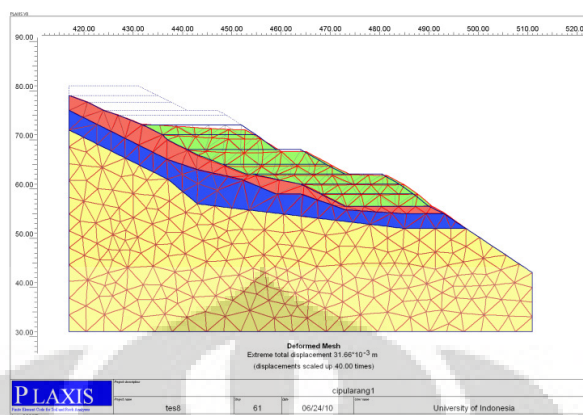
Gambar A.55 Deformasi Tahap 4 (maks -17.32×10^{-3} m)



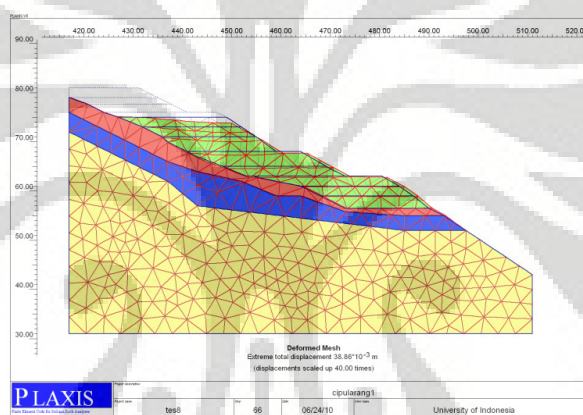
Gambar A.56 Deformasi Tahap 5 (maks -21.54×10^{-3} m)



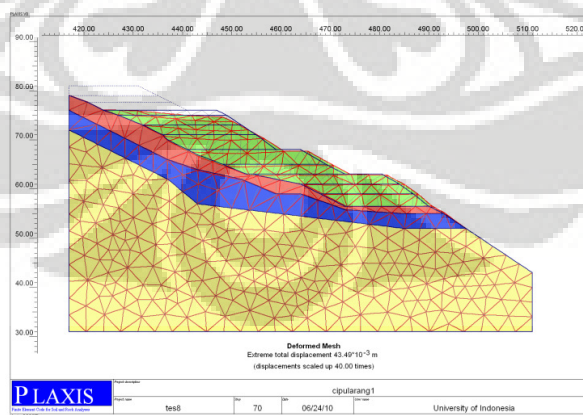
Gambar A.57 Deformasi Tahap 6 (maks -26.96×10^{-3} m)



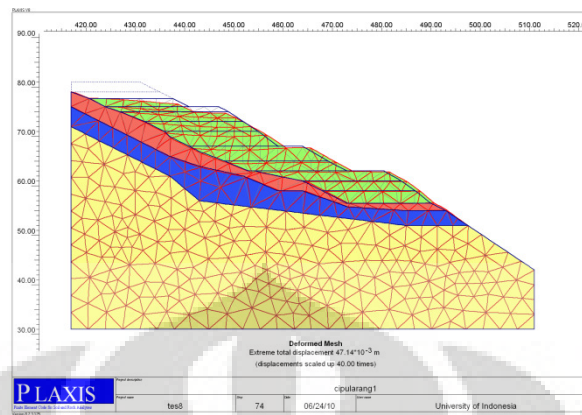
Gambar A.58 Deformasi Tahap 7 (maks -31.66×10^{-3} m)



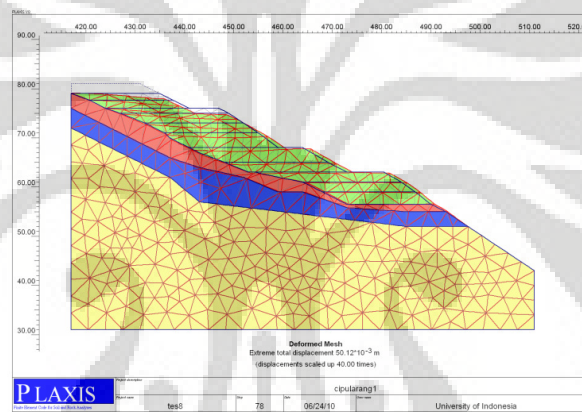
Gambar A.59 Deformasi Tahap 8 (maks -38.86×10^{-3} m)



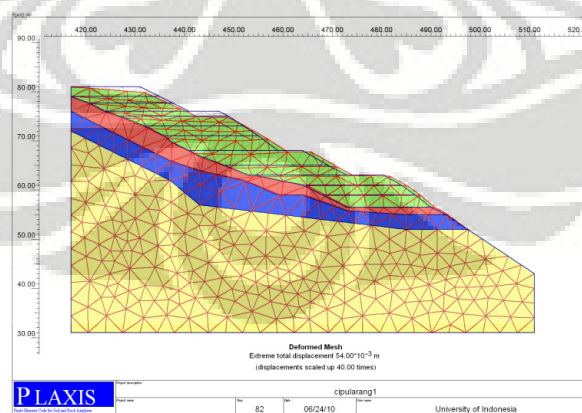
Gambar A.60 Deformasi Tahap 9 (maks -43.49×10^{-3} m)



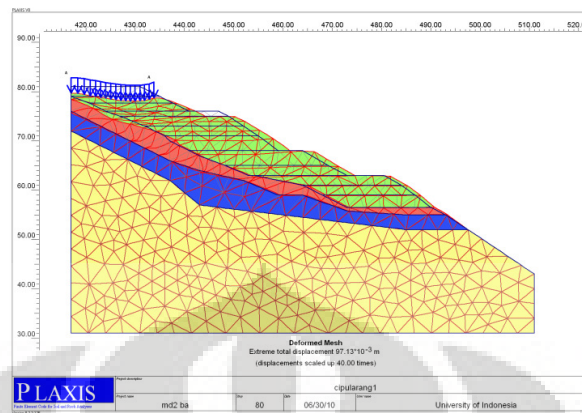
Gambar A.61 Deformasi Tahap 10 (maks -47.14×10^{-3} m)



Gambar A.62 Deformasi Tahap 11 (maks -50.12×10^{-3} m)

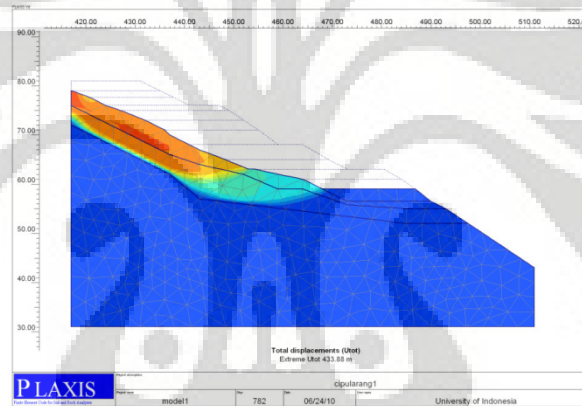


Gambar A.63 Deformasi Tahap 12 (maks -54×10^{-3} m)

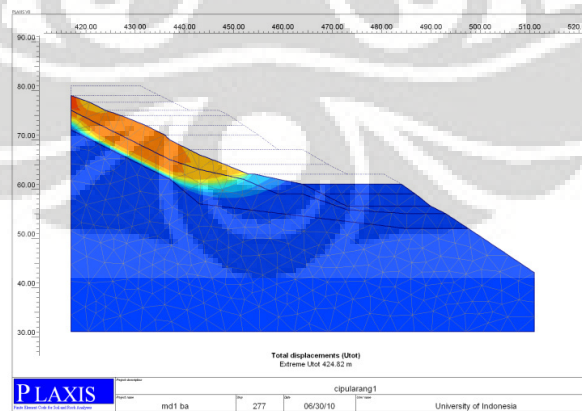


Gambar A.64 Deformasi Tahap 13 (maks -97×10^{-3} m)

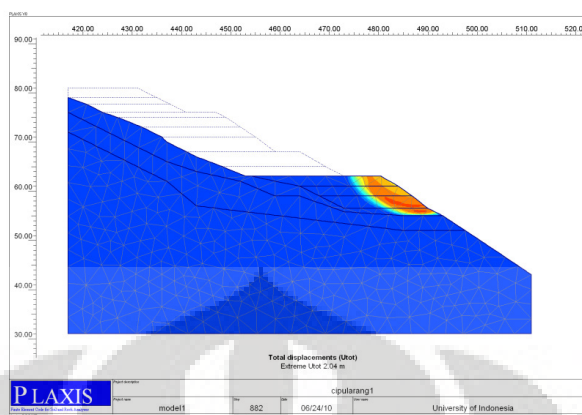
➤ **Faktor Keamanan yang terjadi selama tahapan konstruksi timbunan**



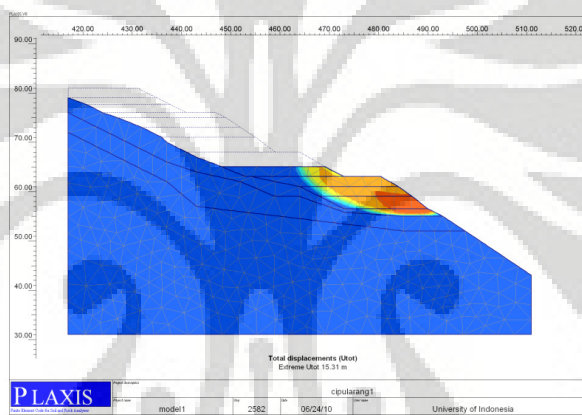
Gambar A.65 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 1 (FS= 2.972)



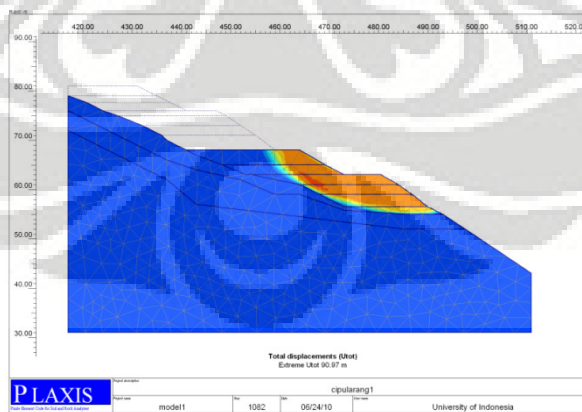
Gambar A.66 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 2 (FS= 2.983)



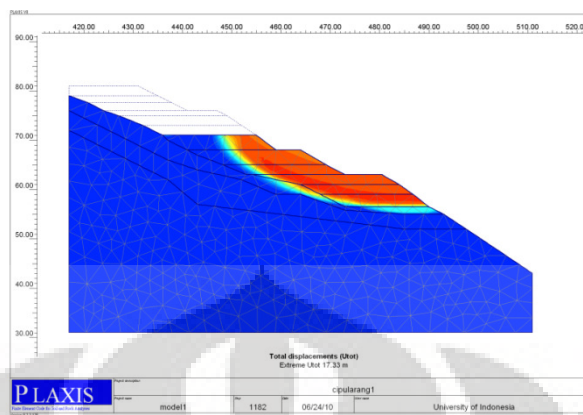
Gambar A.67 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 3 (FS= 2.92)



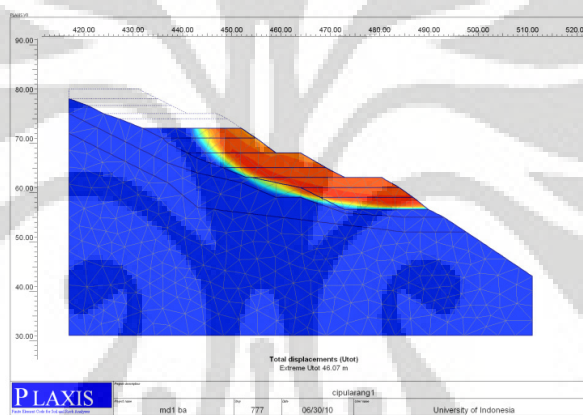
Gambar A.68 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 4 (FS= 2.875)



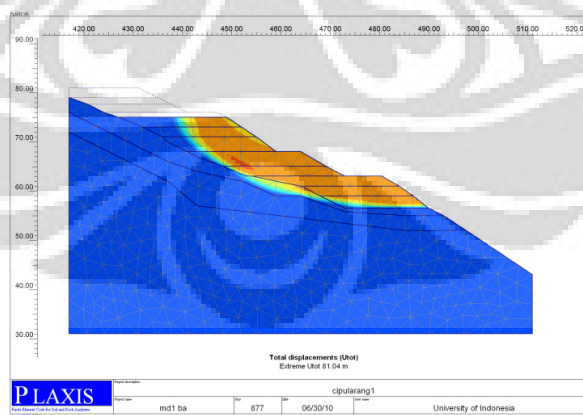
Gambar A.69 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 5 (FS= 2.345)



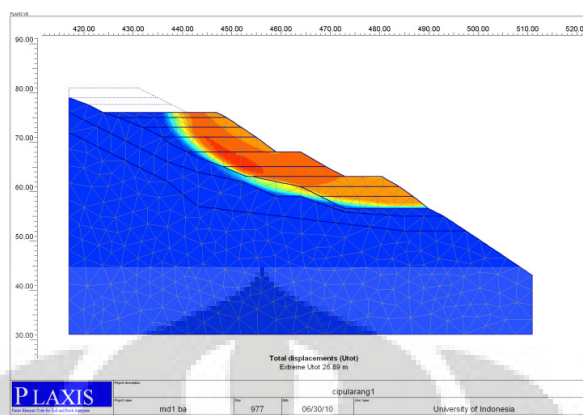
Gambar A.70 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 6 (FS= 2.167)



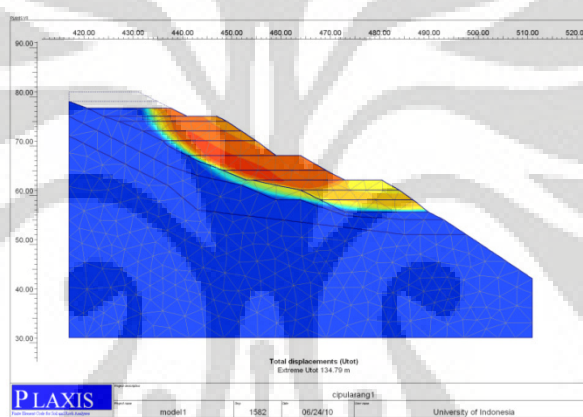
Gambar A.71 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 7 (FS= 1.939)



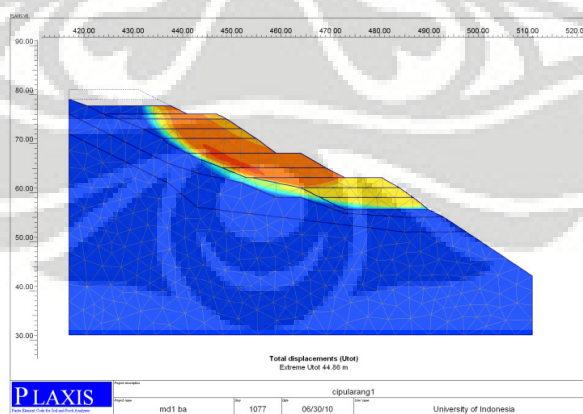
Gambar A.72 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 8 (FS= 1.74)



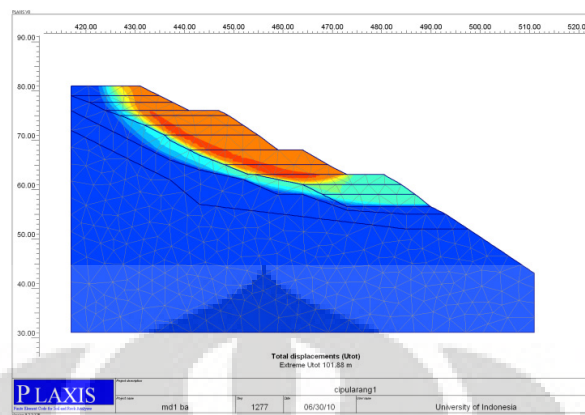
Gambar A.73 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 9 (FS= 1.65)



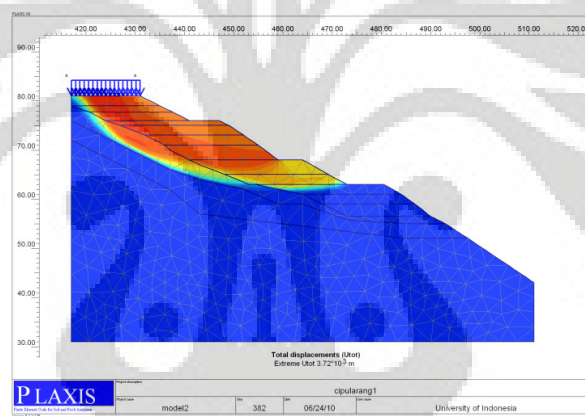
Gambar A.74 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 10 (FS= 1.61)



Gambar A.75 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 11 (FS= 1.575)



Gambar A.76 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 12 (FS= 1.518)



Gambar A.77 Bentuk Busur Kelongsoran Tahap 13 (FS= 1.06)

Foto-foto Survey Lapangan

1. Jalan Tol Cipularang arah Bandung



Gambar A.78 Jalan Tol Cipularang arah Bandung



Gambar A.79 Jalan Tol Cipularang arah Bandung



Gambar A.80 Jalan Tol Cipularang arah Bandung



Gambar A.81 Jalan Tol Cipularang arah Bandung

2. Jalan Tol Cipularang arah Jakarta



Gambar A.82 Jalan Tol Cipularang arah Jakarta