

**PENGARUH VARIASI INTENSITAS HUJAN
TERHADAP STABILITAS TIMBUNAN BADAN JALAN
PADA RUAS JALAN PATUNG SAPI GERUNG – MATARAM
MENGUNAKAN *SOFTWARE GEOSTUDIO VERSION 7***

Tugas Akhir
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S – 1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :

Shandradewi Heraningrum

F1A 011 138

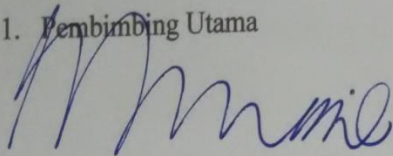
**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
JULI 2016**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI INTENSITAS HUJAN
TERHADAP STABILITAS TIMBUNAN BADAN JALAN
PADA RUAS JALAN PATUNG SAPI GERUNG-MATARAM
MENGUNAKAN *SOFTWARE GEOSTUDIO VERSION 7***

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing

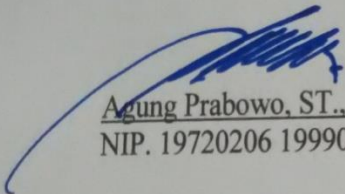
1. Pembimbing Utama



Ir. Ismail Hoesain M., MT.
NIP. 19650717 199403 1 001

Tanggal : 28 Juli 2016

2. Pembimbing Pendamping



Agung Prabowo, ST., MT.
NIP. 19720206 199903 1 002

Tanggal : 26 Juli 2016

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Mataram



Abdul Hafid, ST., MSc(Eng), Ph.D.

NIP. 19740607 199802 1 001

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI INTENSITAS HUJAN
TERHADAP STABILITAS TIMBUNAN BADAN JALAN
PADA RUAS JALAN PATUNG SAPI GERUNG-MATARAM
MENGUNAKAN *SOFTWARE GEOSTUDIO VERSION 7***

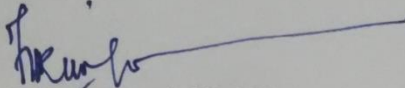
Oleh :

**Shandradewi Heraningrum
FIA 011 138**

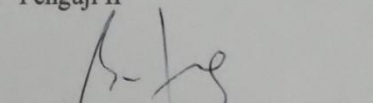
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 30 Juni 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Jurusan Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji

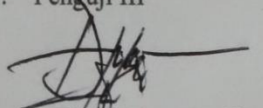
1. Penguji I


Tri Sufistyowati, ST., MT.
NIP. 19730202 199802 2 001

2. Penguji II


I A O Suwati Sideman, ST., M.Sc.
NIP. 19691011 199702 2 002

3. Penguji III


Ir. Didi S. Agustawijaya, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19620809 198912 1 001

Mataram, 29 Juli 2016
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Yusron Saadi, ST., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19661020 199403 1 003

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang karena atas segala berkat, bimbingan dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Tugas akhir ini mengambil judul "***Pengaruh Variasi Intensitas Hujan Terhadap Stabilitas Timbunan Badan Jalan Pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram Menggunakan Software GEOSTUDIO Version 7***". Dengan tujuan tugas akhir ini untuk mengetahui angka keamanan (SF) pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung - Mataram dengan pengaruh variasi intensitas hujan serta beban yang bekerja di atas lereng dengan menggunakan bantuan *software Geostudio SLOPE/W V.7*. Tugas akhir juga merupakan salah satu persyaratan wajib akademis yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Mataram untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun dari sejumlah pihak sangat diharapkan guna penyempurnaan isi dari penyusunan selanjutnya.

Mataram,

2016

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah S.W.T karena atas limpahan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Tak lupa pula penulis mengirimkan salam dan shalawat kepada Nabi Besar Muhammad S.A.W yang telah membawa umat Islam ke jalan yang diridhoi Allah S.W.T.

Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Intensitas Hujan terhadap Stabilitas Timbunan Badan Jalan pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram Menggunakan *Software Geostudio Version 7*”** merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik. Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berkat bimbingan dan dukungan ilmiah maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus – tulusnya kepada :

1. Bapak Ir. Ismail Hoesain M., MT. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini, sehingga dapat terselesaikan dengan baik,
2. Bapak Agung Prabowo, ST., MT. selaku dosen pembimbing pendamping yang juga turut memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini,
3. Ibu Tri Sulistyowati, ST., MT., ibu I A O Suwati Sideman, ST., M.Sc. dan bapak Ir. Didi S. Agustawijaya, M.Eng., Ph.D., atas segala kritik dan saran yang diperlukan dalam penyelesaian dan kesempurnaan tugas akhir ini,
4. Staf pengajar dan pegawai jurusan Fakultas Teknik Sipil Unram atas segala ilmu, masukan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis,
5. Orang tua tersayang, ayahanda Alm. Drs. H. Sukirno Bachri, SH dan ibunda Hj. Aztuti, S.Pd. yang tiada hentinya memberikan semangat kepada penulis yang tiada hentinya memberikan dukungan, doa, nasehat dan motivasi sehingga sampai detik ini penulis tetap kuat dan bersemangat dalam menyelesaikan studi,
6. Kakak – kakakku tercinta, Shanty Herawati, SE., Shanto Haryanto, SE., Sad Budi Utomo, SE., Renny Azis, A.Md., serta adik – adikku tercinta Shintadewi, Claudia, Rhensy, Calvin, dan Rizka atas keceriaan, masukan, dan dukungan yang selama ini telah diberikan kepada penulis,

7. Teman seperjuangan, Andryani Herna Budiono, ST yang telah membantu dan memberikan dukungan selama ini dalam penyelesaian tugas akhir ini,
8. Sahabat – sahabatku tersayang Ghinan Syahputri, ST., Joana Marlien L., ST., Ferry Afrizal, ST., Ahmad Rizalul H., Ajie P. Priyo Anggoro, Rengga Perdana, ST., Samsul Hariawan, ST., Rolly Topan D., Yaya', Yuyun, Sana', Nabila, Nory, Sony, Siwi, Rany, Ade, terima kasih atas kasih sayang dan dukungan yang selalu diberikan kepada penulis hingga saat ini,
9. Teman – teman angkatan 2011 terima kasih atas semangat dan kerja samanya selama ini,
10. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bimbingan dan membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis hanya dapat berdoa semoga Allah memberikan imbalan yang setimpal atas bantuan yang diberikan kepada penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
INTISARI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	4
1.6. Keaslian Penelitian	4
1.7. Sistematika	5
BAB II DASAR TEORI	7
2.1. Tinjauan Pustaka	7
2.2. Landasan Teori	10
2.2.1. Tanah	10
2.2.2. Karakteristik Fisik Tanah	12
2.2.3. Karakteristik Mekanis Tanah.....	16
2.2.4. Struktur Jalan.....	22
2.2.4.1. Beban Struktur Jalan	22
2.2.4.2. Struktur Perkerasan Lentur	24
2.2.4.3. Median.....	25
2.2.4.4. Separator	26
2.2.4.5. Kerb.....	26
2.2.4.6. Bahu Jalan	27
2.2.5. Beban Kendaraan.....	27
2.2.6. Hidrologi.....	29

2.2.7.	Lereng Alam dan Lereng Buatan.....	39
2.2.7.1.	Lereng Alam.....	39
2.2.7.2.	Lereng Buatan	39
2.2.8.	Dasar – dasar Pengertian Longsoran	42
2.2.8.1.	Pengertian Longsoran.....	42
2.2.8.2.	Penyebab Kelongsoran.....	43
2.2.8.3.	Rayapan (<i>Creep</i>)	43
2.2.8.4.	Tipe – tipe Gerakan Massa.....	44
2.2.9.	Anggapan – anggapan dalam Stabilitas Lereng.....	50
2.2.10.	Parameter Tanah untuk Stabilitas Lereng.....	50
2.2.11.	Analisa Stabilitas Lereng dengan Bidang Longsoran berbentuk Lingkaran.....	51
2.2.12.	Analisa Stabilitas Lereng secara Analitis	52
2.2.12.1.	Penentuan Variabel	52
2.2.12.2.	Analisa Stabilitas Lereng dengan Metode Irisan (<i>User Guide SLOPE/W</i> , 2008).....	55
2.2.12.3.	Analisa Stabilitas Lereng Metode Ordinary (Hardiyatmo, 2012).....	59
2.2.12.4.	Analisa Stabilitas Lereng dengan <i>Software</i>	61
BAB III	METODE STUDI	92
3.1.	Umum.....	92
3.2.	Pengumpulan Data.....	93
3.3.	Data – data masukan pada <i>Software</i>	93
3.4.	Bagan Alir Analisa	99
3.5.	Tahapan Analisa	102
3.5.1.	Analisa secara Manual	102
3.5.2.	Analisa menggunakan <i>Software</i>	102
3.6.	Langkah Pengoperasian <i>Software Geostudio V.7</i>	104
3.6.1.	<i>Software SLOPE/W</i> pada <i>Geostudio V.7</i>	104
3.6.2.	<i>Software SEEP/W</i> pada <i>Geostudio V.7</i>	110
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	115
4.1.	Bentuk Penampang dan Data Teknis Lereng	115

4.2.	Pembebanan Lereng	116
4.2.1.	Beban Konstruksi Perkerasan Jalan	116
4.2.2.	Beban Kendaraan	117
4.2.3.	Total Beban Konstruksi Perkerasan Jalan dan Kendaraan.....	119
4.2.4.	Beban Kerb.....	119
4.2.5.	Beban Median	120
4.2.6.	Beban Separator	121
4.2.7.	Beban Bahu Jalan	123
4.2.8.	Beban Hujan	124
4.2.9.	Rekapitulasi Pembebanan	125
4.3.	Analisa Stabilitas Lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram menggunakan Software Geostudio V.7	126
4.3.1.	Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban.....	126
4.3.2.	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng.....	128
4.3.3.	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang sering terjadi	130
4.3.4.	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata	134
4.3.5.	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum.....	138
4.4.	Pembahasan	143
4.5.	Analisa Stabilitas Lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram secara manual	146
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	150
5.1.	Kesimpulan.....	150
5.2.	Saran	151

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat jenis tanah (<i>specific gravity</i>)	13
Tabel 2.2	Saringan Standar Amerika	14
Tabel 2.3	Muatan Sumbu Terberat	27
Tabel 2.4	Distribusi beban sumbu dari berbagai jenis kendaraan.....	28
Tabel 2.5	Keadaan dan Intensitas Hujan.....	38
Tabel 2.6	Klasifikasi Kedalaman Longsoran.....	47
Tabel 2.7	Data Masukan dan Satuan dalam Analisa Stabilitas Lereng dengan <i>SLOPE/W</i>	62
Tabel 3.1	Hasil Pengambilan Data Hujan Jam – Jaman untuk Durasi Hujan.....	94
Tabel 3.2	Hasil Pengambilan Data Hujan Jam – Jaman untuk Intensitas Hujan.....	95
Tabel 3.3	Data Masukan Analisa Stabilitas Lereng dengan <i>SLOPE/W</i> dan <i>SEEP/W</i>	97
Tabel 4.1	Rekapitulasi Pembebanan	125
Tabel 4.2	Hasil Analisa stabilitas lereng tanpa beban	127
Tabel 4.3	Hasil Analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng	128
Tabel 4.4	Hasil Analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan yang sering terjadi durasi 8 jam.....	130
Tabel 4.5	Hasil Analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan yang sering terjadi durasi 168 jam.....	132
Tabel 4.6	Hasil Analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan rata – rata durasi 8 jam.....	134
Tabel 4.7	Hasil Analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan rata – rata durasi 120 jam.....	136
Tabel 4.8	Hasil Analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di	

	atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan maksimum durasi 8 jam	139
Tabel 4.9	Hasil Analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan maksimum durasi 10 jam	141
Tabel 4.10	Rekapitulasi Hasil Analisa Stabilitas Lereng Beban yang Bekerja di atas lereng dan variasi intensitas hujan dengan durasi 8 jam.....	143
Tabel 4.11	Rekapitulasi Hasil Analisa Stabilitas Lereng Beban yang Bekerja di atas lereng dan variasi intensitas hujan dengan Variasi durasi hujan	144
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Manual Analisa Stabilitas Lereng dengan Metode Fellinius atau Ordinary dengan Beban yang berada di atas Lereng serta Intensitas Hujan maksimum durasi 10 jam.....	148

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi butiran tanah berdasarkan <i>Unified Soil Classification System</i> , ASTM, MIT, dan <i>International Nomenclature</i>	11
Gambar 2.2	Diagram Fase Tanah	12
Gambar 2.3	Uji Saringan	14
Gambar 2.4	Alat Uji Hidrometer	15
Gambar 2.5	Analisis distribusi ukuran butiran	16
Gambar 2.6	Prinsip – prinsip pemadatan.....	18
Gambar 2.7	Kurva hubungan kadar air dan berat volume kering.....	18
Gambar 2.8	Kriteria kegagalan <i>Mohr</i> dan <i>Coloumb</i>	20
Gambar 2.9	Lingkaran <i>Mohr</i>	21
Gambar 2.10	Kondisi tegangan yang mewakili.....	22
Gambar 2.11	Potongan Melintang Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram.....	23
Gambar 2.12	Struktur Lapis Perkerasan Lentur	24
Gambar 2.13	Lapisan perkerasan Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram.....	25
Gambar 2.14a	Distribusi Beban Muatan Sumbu ke Badan Jalan.....	27
Gambar 2.14b	Distribusi Beban ke Badan Jalan	28
Gambar 2.15	Siklus Hidrologi.....	30
Gambar 2.16	Perhitungan Hujan Berdasarkan Kemiringan Lereng.....	38
Gambar 2.17	Kenampakan lereng akibat rayapan.....	44
Gambar 2.18	Gerakan Massa Tipe Jatuhan (<i>falls</i>).....	45
Gambar 2.19	Gerakan Massa Tipe Robohan (<i>topples</i>).....	45
Gambar 2.20	Gerakan Massa Tipe Longsoran (<i>slides</i>)	46
Gambar 2.21	Longsoran Rotasional	46
Gambar 2.22	Longsoran Translasional.....	47
Gambar 2.23	Gerakan Massa Tipe Sebaran (<i>spread</i>).....	47
Gambar 2.24	Gerakan Massa Tipe Aliran (<i>flow</i>).....	48
Gambar 2.25	Aliran Tanah (<i>earth flow</i>)	48
Gambar 2.26	Aliran lanau/lumpur (<i>mud flow</i>)	49
Gambar 2.27	Aliran debris (<i>debris flow</i>).....	49

Gambar 2.28	Longsoran aliran (<i>flow slide</i>)	49
Gambar 2.29	Bentuk – bentuk Bidang Longsor	52
Gambar 2.30	Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan dengan Permukaan Bidang Longsoran Tipe Lingkaran	53
Gambar 2.31	Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan dengan Permukaan Bidang Longsoran Tipe Gabungan	53
Gambar 2.32	Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan dengan Permukaan Bidang Longsoran Tipe Translasi	54
Gambar 2.33	Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan Metode <i>Ordinary</i>	56
Gambar 2.34	Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan Metode Bishop	57
Gambar 2.35	Diagram untuk Menentukan Nilai m_{α}	58
Gambar 2.36	Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan Metode Janbu	59
Gambar 2.37	Gaya yang bekerja pada irisan	60
Gambar 2.38	Tampilan <i>Software GEOSTUDIO Version 7</i>	66
Gambar 2.39	Tampilan awal <i>SLOPE/W DEFINE</i>	67
Gambar 2.40	Tampilan Menu <i>Set</i>	67
Gambar 2.41	Kotak Dialog <i>Set Page</i>	67
Gambar 2.42	Kotak Dialog <i>Set Scale</i>	68
Gambar 2.43	Kotak Dialog <i>Set Grid</i>	68
Gambar 2.44	Kotak Dialog <i>Set Zoom</i>	68
Gambar 2.45	Kotak Dialog <i>Set Axes</i>	69
Gambar 2.46	Tampilan Menu <i>Keyin</i>	69
Gambar 2.47	Kotak Dialog Submenu <i>KeyIn Analysis</i>	70
Gambar 2.48	Kotak Dialog Submenu <i>Analysis Type</i>	70
Gambar 2.49	Kotak Dialog Submenu <i>PWP</i>	71
Gambar 2.50	Kotak Dialog Submenu <i>Slip Surface</i>	71
Gambar 2.51	Kotak Dialog Submenu <i>FOS Distribution</i>	72
Gambar 2.52	Kotak Dialog Submenu <i>Advanced</i>	72
Gambar 2.53	Kotak Submenu <i>Keyin Region</i>	73
Gambar 2.54	Kotak Submenu <i>Keyin Points</i>	73

Gambar 2.55	Kotak Submenu <i>Keyin Material Properties</i>	74
Gambar 2.56	Kotak Submenu <i>Keyin Slip Surface</i>	75
Gambar 2.57	Kotak Submenu <i>Keyin Axis</i>	75
Gambar 2.58	Kotak Submenu <i>Keyin Pore Air Pressure</i>	76
Gambar 2.59	Kotak Submenu <i>Keyin Point Loads</i>	76
Gambar 2.60	Kotak Submenu <i>Keyin Surcharge Loads</i>	77
Gambar 2.61	Kotak Submenu <i>Keyin Reinforcement Loads</i>	77
Gambar 2.62	Kotak Submenu <i>Keyin Seismic Load</i>	77
Gambar 2.63	Tampilan Menu <i>Tools</i>	78
Gambar 2.64	Kotak Dialog <i>Verify</i>	78
Gambar 2.65	Kotak Dialog <i>Solve</i>	79
Gambar 2.66	Kotak Dialog <i>Save As</i>	80
Gambar 2.67	Kotak Dialog <i>SLOPE/W SOLVE</i>	80
Gambar 2.68	Tampilan Hasil Analisa pada <i>SLOPE/W CONTOUR</i>	81
Gambar 2.69	Tampilan Menu <i>Edit</i>	81
Gambar 2.70	Tampilan Menu <i>Set</i>	81
Gambar 2.71	Tampilan Menu <i>View</i>	82
Gambar 2.72	Tampilan Submenu <i>Method</i>	82
Gambar 2.73	Tampilan Submenu <i>Preferences</i>	82
Gambar 2.74	Tampilan Menu <i>Draw</i>	83
Gambar 2.75	Tampilan Submenu <i>Contour</i>	83
Gambar 2.76	Tampilan Submenu <i>Safety Map</i>	84
Gambar 2.77	Tampilan Submenu <i>Slip Surface</i>	84
Gambar 2.78	Kotak Dialog <i>Set Page</i>	85
Gambar 2.79	Kotak Dialog <i>Set Units and Scale</i>	86
Gambar 2.80	Penyimpanan file <i>SEEP/W</i>	86
Gambar 2.81	Kotak Dialog Identifikasi Masalah	87
Gambar 2.82	Kotak Dialog Tipe Analisis	87
Gambar 2.83	Kotak Dialog Kontrol	88
Gambar 2.84	Kotak Dialog input data <i>Volumetric Water Content</i>	88
Gambar 2.85	Kotak Dialog input data <i>Conductivity Functions</i>	89
Gambar 2.86	Kotak Dialog input <i>Material Properties</i>	89
Gambar 2.87	<i>Tools</i> untuk menggambar kondisi batas.....	90

Gambar 2.88	Penggambaran <i>Axes</i>	90
Gambar 2.89	Contoh verifikasi data	90
Gambar 2.90	Contoh proses <i>running</i>	91
Gambar 2.91	Contoh hasil <i>output SEEP/W</i>	91
Gambar 3.1	Lokasi Studi	92
Gambar 3.2	Sketsa Geometri Lereng dan Distribusi Pembebanan pada Lereng.....	92
Gambar 3.3	Struktur Lapis Ruas Jalan Patung Sapi Gerung–Mataram.....	93
Gambar 3.4	Bagan Alir Analisa Studi Evaluasi	99
Gambar 3.4a	Bagan Alir Analisa <i>Software SLOPE/W</i>	100
Gambar 3.4b	Bagan Alir Analisa dengan <i>Software SEEP/W</i>	101
Gambar 3.5	Kotak Dialog <i>Keyin Analyses</i> pada <i>SLOPE/W</i>	105
Gambar 3.6	Kotak Dialog <i>Keyin Analyses Slip Surface</i> pada <i>SLOPE/W</i>	105
Gambar 3.7	Kotak Dialog <i>Set Page</i>	105
Gambar 3.8	Kotak Dialog Pengaturan Skala	106
Gambar 3.9	Kotak Dialog <i>Grid</i>	106
Gambar 3.10	Kotak Dialog Penamaan <i>Axes</i>	106
Gambar 3.11	Kotak Dialog Ukuran <i>Axes</i>	107
Gambar 3.12	Tampilan Sketsa Model Lereng	107
Gambar 3.13	Kotak Dialog <i>Save As</i>	107
Gambar 3.14	Kotak Dialog <i>Keyin Materials</i>	108
Gambar 3.15	Kotak Dialog <i>Draw Materials</i>	108
Gambar 3.16	Kotak Dialog <i>Draw Surcharge Load</i>	108
Gambar 3.17	Tampilan Beban Luar yang Bekerja pada Bidang Lereng.....	109
Gambar 3.18	Kotak Dialog <i>Verify Data</i>	109
Gambar 3.19	Kotak Dialog <i>Solve Analyses</i>	109
Gambar 3.20	Kotak Dialog Hasil Angka Aman	110
Gambar 3.21	Tampilan Kontur	110
Gambar 3.22	Kotak Dialog <i>Keyin Analyses</i> pada <i>SEEP/W</i>	111
Gambar 3.23	Kotak Dialog <i>Keyin Hydraulic Conductivity Functions</i>	111
Gambar 3.24	Kotak Dialog <i>Keyin Volume Water Content Functions</i>	112
Gambar 3.25	Kotak Dialog <i>Keyin Boundary Conditions</i>	112

Gambar 3.26	Kotak Dialog <i>Verify</i>	113
Gambar 3.27	Kotak Dialog <i>Solving Problem</i>	113
Gambar 3.28	Kotak Dialog <i>PWP Conditions</i>	114
Gambar 4.1	Penampang Awal Melintang Lereng	115
Gambar 4.2	Bentuk Asli Lereng pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram	115
Gambar 4.3	Distribusi pembebanan pada lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram KM 3+900	116
Gambar 4.4	Lapis Perkerasan Lentur Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram	116
Gambar 4.5	Distribusi Beban Muatan Sumbu ke Badan Jalan.....	117
Gambar 4.6	Dimensi pada Kerb	119
Gambar 4.7	Dimensi pada Median	120
Gambar 4.8	Model Separator.....	121
Gambar 4.9	Dimensi Beton pada Separator	122
Gambar 4.10	Kondisi Air pada Separator.....	123
Gambar 4.11	Kondisi Bahu Jalan	123
Gambar 4.12	Beban – beban yang bekerja di atas lereng.....	126
Gambar 4.13	Distribusi Beban yang bekerja di Atas lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram.....	126
Gambar 4.14	Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban dengan Metode Ordinary	127
Gambar 4.15	Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban dengan Metode Bishop	127
Gambar 4.16	Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban dengan Metode Janbu	128
Gambar 4.17	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dengan Metode Ordinary.....	129
Gambar 4.18	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dengan Metode Bishop.....	129
Gambar 4.19	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dengan Metode Janbu.....	129
Gambar 4.20	Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas	

	Hujan yang Sering Terjadi durasi 8 jam	131
Gambar 4.21	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Ordinary durasi 8 jam	131
Gambar 4.22	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Bishop durasi 8 jam	131
Gambar 4.23	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Janbu durasi 8 jam	132
Gambar 4.24	Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi durasi 168 jam	133
Gambar 4.25	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Ordinary durasi 168 jam	133
Gambar 4.26	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Bishop durasi 168 jam	133
Gambar 4.27	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Janbu durasi 168 jam	134
Gambar 4.28	Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Rata – rata durasi 8 jam.....	135
Gambar 4.29	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Ordinary durasi 8 jam	135
Gambar 4.30	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di	

	Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Bishop durasi 8 jam	136
Gambar 4.31	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Janbu durasi 8 jam	136
Gambar 4.32	Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Rata – rata durasi 120 jam.....	137
Gambar 4.33	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Ordinary durasi 120 jam	137
Gambar 4.34	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Bishop durasi 120 jam	138
Gambar 4.35	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Janbu durasi 120 jam	138
Gambar 4.36	Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Maksimum durasi 8 jam	139
Gambar 4.37	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Ordinary durasi 8 jam	140
Gambar 4.38	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Bishop durasi 8 jam	140
Gambar 4.39	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Janbu durasi 8 jam	140
Gambar 4.40	Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Maksimum durasi 10 jam	141
Gambar 4.41	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Ordinary durasi 10 jam	142
Gambar 4.42	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di	

	Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Bishop durasi 10 jam	142
Gambar 4.43	Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Janbu durasi 10 jam	142
Gambar 4.44	Grafik Hubungan Variasi Beban Durasi 8 jam dengan Angka Keamanan	143
Gambar 4.45	Grafik Hubungan Variasi Beban dan Variasi Durasi Hujan dengan Angka Keamanan	144
Gambar 4.46	Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan Metode <i>Ordinary</i>	146
Gambar 4.47	Pembagian irisan pada lereng menggunakan metode <i>Fellinius</i> atau <i>Ordinary</i>	147

INTISARI

Longsor adalah peristiwa yang sering terjadi pada suatu lereng. Salah satu faktor penting yang menyebabkan terjadinya tanah longsor selain adanya beban yang berada di atas lereng adalah infiltrasi air hujan. Pada data curah hujan di daerah Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram juga memiliki intensitas hujan dengan keadaan curah hujan lebat. Tidak menutup kemungkinan akan terjadi longsor pada timbunan Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis besarnya angka keamanan pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram akibat adanya pengaruh dari variasi beban hujan dan variasi durasi hujan.

Analisis kestabilan lereng timbunan badan jalan pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram KM 3+900 ditinjau dalam kondisi tanpa beban, dengan beban yang bekerja di atas lereng, serta kondisi dengan adanya pengaruh intensitas hujan dan durasi hujan. Beban hujan dilakukan dengan tiga variasi yaitu intensitas hujan yang sering terjadi sebesar 0,1 mm/jam, intensitas hujan rata - rata sebesar 2,126 mm/jam, dan intensitas hujan maksimum sebesar 70 mm/jam. Perhitungan kestabilan lereng dilakukan menggunakan metode *Ordinary*, *Bishop's Simplified*, dan *Janbu's Simplified* dengan bantuan *software GEOSTUDIO V.7* yaitu *SLOPE/W* dan *SEEP/W*.

Hasil analisis tanpa adanya beban yang bekerja di atas lereng diperoleh faktor keamanan terendah yaitu 2,029. Faktor keamanan terendah untuk setelah adanya beban yang bekerja di atas lereng adalah 1,955. Tahapan analisis selanjutnya pada kondisi adanya pengaruh intensitas hujan dengan intensitas hujan yang sering terjadi, intensitas rata – rata dan intensitas maksimum durasi 8 jam diperoleh faktor keamanan terendah berturut – turut adalah 1,903, 1,873 dan 1,570. Analisis untuk pengaruh variasi intensitas hujan dan variasi durasi hujan sebesar 168 jam untuk 0,1 mm/jam, 120 jam untuk 2,768 mm/ jam dan 10 jam untuk 70 mm/jam diperoleh faktor aman terendah berturut – turut adalah 1,837, 1,347 dan 1,036. Berdasarkan dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa lereng berpotensi longsor, ketika adanya pengaruh dari beban hujan. Tipe hujan yang sangat berpengaruh untuk menyebabkan longsor pada lereng adalah intensitas tinggi yaitu 70 mm/jam dibandingkan dengan intensitas rata – rata dan intensitas hujan yang sering terjadi.

Kata kunci : Longsor, Stabilitas lereng, Intensitas Hujan, Durasi Hujan, *GEOSTUDIO V.7*.

ABSTRACT

Landslide is one of the most often occur of slope. An important things make of slope landslide except the load is on the slope is rainfall infiltration. On rainfall data in area of Patung Sapi Gerung – Mataram street also have high intensity. It will probably going a landslide on embankment Patung Sapi Gerung – Mataram street. The purpose of this research is to analyze of safety factor Patung Sapi Gerung – Mataram street with the effect of variation of rainfall load and variation of rainfall duration.

Analysis of embankment slope stability at KM 3+900 of Patung Sapi Gerung – Mataram street analyzed without load, with load on the slope and with condition when slope with the effect of rainfall intensity and rainfall duration. Rainfall load carried by three variations of intensity, the first is rainfall often going at 0.1 mm / hour, average rainfall intensity - average of 2,126 mm / hour, and maximum rainfall intensity of 70 mm / hour. Calculation of slope stability using Ordinary, Bishop's Simplified and Janbu's Simplified with software GEOSTUDIO V.7 software.

The results of the analysis without load on the slope obtained the lowest safety factor is 2,029. And the lowest safety factor with load on the slope is 1,955. The next analysis when slope with rainfall often going, average rainfall intensity, and maximum rainfall intensity with the duration of rainfall is 8 hours get the lowest safety factor are 1,903, 1,873 and 1,570. The effect of rainfall variation and rainfall duration variation for 168 hours to 0.1 mm / hour, 120 hours to 2,768 mm / hour and 10 hours to 70 mm / hour obtained lowest safety factor are 1,837, 1,347 and 1,036. Based on the results of the analysis that slope will be prone to landslide when there is effect of rainfall load. Type of rain very influential to make slope landslide with high intensity of 70 mm / hour compared with average intensity and rainfall intensity that often going.

Keyword : *Landslide, Slope Stability, Rainfall intensity, Rainfall Duration, GEOSTUDIO V.7.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya era pembangunan, keadaan ini berhubungan dengan bermacam – macam jenis pembangunan dalam bidang sipil. Salah satu contohnya adalah pembangunan pada konstruksi jalan raya yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah. Timbunan pada konstruksi jalan raya akan membentuk suatu lereng. Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Peristiwa yang sering terjadi pada suatu lereng adalah longsor. Longsoran tanah adalah proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah miring dari kedudukan semula karena pengaruh gravitasi. Longsoran juga dapat terjadi dengan berbagai cara, secara perlahan – lahan atau mendadak dengan atau tanpa tanda – tanda yang terlihat.

Meningkatnya kendaraan yang melintas di Jalan Kota Mataram mengakibatkan beban lalu lintas bertambah. Seperti halnya pembangunan akses jalan baru Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram yang dibangun untuk mengurangi beban lalu lintas dari jalan yang sudah ada. Jalan ini digunakan untuk akses dari Mataram menuju bandara dan begitupun sebaliknya. Pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram ini terdiri dari beberapa macam komponen struktur sehingga memiliki timbunan yang cukup tinggi. Masalah kegagalan lereng sering terjadi disebabkan karena keadaan geografi dan topografi yang berbeda. Beberapa tempat juga memiliki intensitas hujan dengan keadaan curah hujan lebat, sehingga dianggap sebagai faktor utama kelongsoran dan tekanan air pori yang akan mengurangi kekuatan geser tanah. Pada data curah hujan di daerah Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram juga memiliki intensitas hujan dengan keadaan curah hujan lebat. Tidak menutup kemungkinan akan terjadi longsor pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram, dikarenakan memiliki timbunan dan intensitas hujan yang cukup tinggi.

Menurut Trisatya (2015), beban hujan periode ulang menyebabkan longsor dilihat dari adanya penurunan pada angka keamanan lereng. Hujan yang sangat berpotensi menyebabkan longsor adalah tipe hujan dengan intensitas tinggi (Martini, 2005). Ramdhani (2013), intensitas hujan yang semakin besar, akan didapatkan nilai

angka aman semakin kecil atau dengan kata lain semakin besar intensitas hujan akan berbanding terbalik dengan nilai stabilitas lereng.

Subiyanti (2007), hujan normal diikuti hujan deras lebih berpengaruh terhadap perubahan tekanan air pori. Ketika *suction* turun seiring dengan meningkatnya kadar air dalam tanah, maka kuat geser berkurang sehingga kemungkinan akan terjadi longsor. Ikhsan (2013), penambahan durasi akibat adanya hujan berbanding terbalik dengan nilai angka keamanan pada lereng. Dengan kata lain, menurunnya nilai angka keamanan lereng seiring bertambahnya durasi hujan.

Muntohar (2014), posisi muka air tanah yang lebih dekat dengan permukaan lereng menyebabkan penurunan *suction* yang lebih cepat akibat hujan dan faktor aman awal yang diperoleh semakin rendah. Ramadhani (2011), perubahan kondisi hidrologi lereng akibat hujan berpengaruh terhadap penurunan kestabilan lereng karena terjadi penurunan angka aman oleh hilangnya *suction*, peningkatan kejenuhan lereng serta penurunan kuat geser tanah.

Semakin besar infiltrasi air hujan akan menyebabkan semakin tebal lapisan tanah jenuh yang terbentuk dan berakibat pada bertambahnya beban pada lereng sehingga longsor (Arrozi, 2015). Infiltrasi air hujan mengakibatkan stabilitas lereng menurun ditunjukkan dengan nilai faktor keamanan yang berkurang seiring dengan lama hujan yang terjadi (Taufiq dan Dewantanu, 2011).

Tinggi timbunan dan posisi beban pada puncak lereng juga mempengaruhi stabilitas suatu lereng. Penambahan serta posisi beban pada tanah timbunan lereng akan memberikan tegangan geser yang apabila tegangan geser tersebut melebihi tahanan geser tanahnya, maka akan menyebabkan terjadinya kelongsoran (Asta, 2012).

Perkembangan teknologi saat ini yang terus berkembang, banyak perangkat lunak (*software*) yang telah digunakan untuk menganalisa stabilitas lereng. Salah satu perangkat lunak (*software*) tersebut adalah *SLOPE/W Version 7*. Penggunaan dari perangkat lunak (*software*) dapat memberikan kepraktisan, kecepatan dan ketelitian lebih akurat dengan berbagai metode analisa yang ada dibandingkan dengan perhitungan manual.

Berdasarkan pemaparan di atas tinggi lereng timbunan cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan analisa stabilitas lereng pada lereng tersebut. Lereng yang dianalisa adalah lereng buatan dimana terdapat beban – beban yang bekerja di atas lereng. Beberapa kajian di atas yang mengkaji tentang stabilitas lereng mengatakan salah satu

pemicu longsor adalah karena adanya pengaruh hujan, oleh karena itu analisa stabilitas lereng ini juga memperhitungkan pengaruh dari beberapa variasi intensitas hujan yang terjadi. Sehingga permasalahan di atas cukup menarik untuk dijadikan tugas akhir dengan judul “*Pengaruh Variasi Intensitas Hujan Terhadap Stabilitas Timbunan Badan Jalan Pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram Menggunakan Software GEOSTUDIO Version 7*”.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan uraian di atas maka dari itu permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah variasi intensitas hujan dan variasi durasi hujan berpengaruh terhadap nilai angka keamanan suatu lereng timbunan badan jalan pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari ruang lingkup studi yang terlalu luas, maka dari itu perlu adanya batasan dalam ruang lingkup permasalahan yang diambil. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Lereng yang dianalisis adalah lereng timbunan pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram pada KM 3+900,
2. Data tanah untuk material timbunan yang digunakan merupakan data Laporan laboratorium dan lapangan pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram,
3. Data geometrik jalan yang digunakan adalah gambar *Asbuilt Drawing (cross section)* Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram,
4. Data hujan didapat dari BISDA (Balai Informasi Sumber Daya Air).

1.4 Tujuan

Tujuan dalam tugas akhir yang berjudul “*Pengaruh Variasi Intensitas Hujan Terhadap Stabilitas Timbunan Badan Jalan Pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram Menggunakan Software GEOSTUDIO Version 7*” adalah:

1. Mengetahui besar angka keamanan lereng pada ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram dengan adanya beban yang bekerja di atas lereng dan variasi intensitas hujan yang terjadi.

2. Mengetahui berapa lama durasi yang dibutuhkan untuk lereng longsor dan besar angka keamanannya pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram dengan adanya beban yang bekerja di atas lereng serta variasi intensitas hujan yang terjadi.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mampu mengenali dan menganalisa stabilitas lereng.
2. Mampu mengaplikasikan *software GEOSTUDIO V.7* dalam menganalisa stabilitas lereng.
3. Sebagai bahan masukan terhadap penelitian – penelitian maupun analisa stabilitas lereng dengan menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*) *GEOSTUDIO SLOPE/W dan SEEP/W Version 7*.

1.6 Keaslian Penelitian

Analisa stabilitas dari suatu lereng telah banyak dilakukan sebelumnya dengan cakupan dan ruang lingkup yang berbeda. Beberapa analisa stabilitas suatu lereng yang terdahulu adalah sebagai berikut:

1. Ikhsan (2013), melakukan analisa stabilitas lereng dengan pengaruh variasi durasi hujan pada lereng Jalan Raya Sesaot di Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Analisa yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dari variasi durasi hujan terhadap angka keamanan pada lereng tersebut. *Software Geostudio V.6* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk analisa stabilitas lereng.
2. Martini (2005), melakukan analisa stabilitas lereng pada Jalan Tawaeli-Toboli di Provinsi Sulawesi Tengah. Jalan ini melalui daerah pegunungan dengan kemiringan lereng yang curam. Lereng yang dianalisa adalah lereng alam.
3. Subiyanti (2007), melakukan analisa kelongsoran suatu lereng akibat dari pengaruh tekanan air pori di saluran induk Kalibawang di Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta khususnya KM 15,9 dengan data hujan otentik atau melakukan pengamatan data hujan dan pengolahan data hujan menggunakan analisis frekuensi.

4. Asta (2012), melakukan kajian stabilitas suatu lereng pada jalan akses Jembatan Tayan di Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat, dengan mempertimbangkan beban di atas lereng yaitu beban kendaraan dan beban konstruksi jalan (beban perkerasan jalan).

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan menunjukkan bahwa masih sangat luas dan berkembangnya kajian mengenai stabilitas dari suatu lereng. Sepanjang pengetahuan penulis, kajian mengenai kelongsoran lereng yang berlokasi di Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram dengan KM 3+900 belum pernah dilakukan sebelumnya.

Analisa yang dilakukan pada lereng timbunan badan jalan yang mempertimbangkan adanya pengaruh durasi hujan, intensitas hujan, beban kendaraan dan beban struktur pada jalan tersebut. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menganalisa hanya dengan beban kendaraan dan beban konstruksi saja. Selain tinjauan analisis di atas, sejauh ini belum ada kajian dengan tinjauan yang serupa dan lokasi yang sama di lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

1.7 Sistematika

Tugas akhir dengan judul *“Pengaruh Variasi Intensitas Hujan Terhadap Stabilitas Timbunan Badan Jalan Pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram Menggunakan Software GEOSTUDIO Version 7”* terdiri dari lima bab, yaitu:

1. Bab I Pendahuluan

Bab pertama berisi uraian singkat tentang latar belakang, penjelasan singkat diambilnya judul, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sub bab sistematika.

2. Bab II Dasar Teori

Bab kedua terdiri dari tinjauan pustaka dan landasan teori. Bab ini memuat tinjauan terhadap keterangan atau teori yang terdapat dalam pustaka yang berkaitan dengan topik tugas akhir yang diangkat. Bab ini juga memuat dasar – dasar teori dalam analisa stabilitas lereng dan penjelasan secara umum penggunaan dari perangkat lunak (*software*) *GEOSTUDIO SEEP/W dan SLOPE/W Version 7*.

3. Bab III Metode Analisa

Bab ketiga berisi pengumpulan data dan analisa stabilitas lereng. Bab ketiga juga dilengkapi dengan bagan alir (*flow chart*) yang berisi gambaran secara umum tentang pelaksanaan analisa stabilitas lereng yang dilakukan.

4. Bab IV Analisa dan Pembahasan

Bab keempat berisi analisa stabilitas lereng yang dilakukan dan pembahasan hasil dari analisa.

5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab kelima merupakan bab terakhir yang berisi tentang kesimpulan dari hasil analisa dan saran – saran yang berkaitan dengan analisa stabilitas lereng. Bagian akhir dari penyusunan Tugas Akhir ini, dilengkapi dengan daftar pustaka dan lampiran – lampiran yang diperlukan atau yang digunakan dalam Tugas Akhir ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Taufiq dan Dewantanu (2011), menganalisis stabilitas lereng pada Jalan Lingkar Kudus (Pati) dimana terdapat banyak faktor – faktor yang menyebabkan ketidakstabilan suatu lereng. Hasil perhitungan didapat bahwa infiltrasi air hujan sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Faktor keamanan atau SF (*Safety Factor*) lereng menurun seiring dengan lamanya infiltrasi air hujan yang terjadi di daerah tersebut terutama saat proses penimbunan tanah. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis yang menunjukkan berkurangnya faktor keamanan lereng. Tanpa adanya hujan angka keamanan adalah 1,626, dengan hujan 1 jam angka keamanan adalah 1,242, dengan hujan 740 jam angka keamanan adalah 1,179, dan hujan 1440 jam angka keamanan adalah 0,607.

Arrozi (2015), infiltrasi air hujan yang tinggi adalah faktor penyebab terjadinya tanah longsor. Berat volume tanah menjadi bertambah, beban lereng makin bertambah dan berpengaruh terhadap penurunan nilai angka keamanan. Untuk mengetahui pengaruh hujan bulanan maksimum terhadap stabilitas lereng di Dusun Pagah, Desa Hargantoro, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri dilakukan penelitian dengan beberapa variasi kemiringan (30° , 45° dan 60°). Hasil analisis menunjukkan bahwa infiltrasi berpengaruh terhadap penurunan SF. Kemiringan 30° dari 2,72 menjadi 2,18, kemiringan 45° dari 1,55 menjadi 1,23 dan kemiringan 60° dari 1,29 menjadi 0,87. Kemiringan lereng berpengaruh cukup besar terhadap penurunan nilai angka keamanan, dapat dikatakan jika suatu lereng semakin curam maka akan semakin besar potensi terjadinya longsor terlepas dari pengaruh infiltrasi air hujan.

Ikhsan (2013), akibat adanya hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah dengan penambahan lamanya hujan 1 jam, 2,5 jam dan 8 jam atau dalam waktu yang relatif lama dengan intensitas tetap mengakibatkan nilai faktor keamanan lereng menurun. Tingkat kejenuhan tanah yang meningkat disebabkan karena naiknya muka air tanah sehingga nilai faktor keamanan pada lereng mengalami penurunan. Metode yang digunakan Ordinary, Bishop dan Janbu untuk menganalisa stabilitas lereng alam yang berada pada Jalan Raya Sesaot, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara

Barat. Angka keamanan tanpa hujan berturut – turut 1,114, 1,025 dan 1,181. Hujan maksimum durasi 1 jam adalah 1,112, 1,013 dan 1,181. Hujan maksimum 2,5 jam adalah 1,101, 1,006 dan 1,171. Hujan maksimum dengan durasi 8 jam adalah 1,078, 0,979 dan 1,147. Adanya penambahan durasi akibat adanya hujan berbanding terbalik dengan nilai angka keamanan pada lereng, dengan kata lain menurunnya nilai angka keamanan lereng seiring dengan bertambahnya durasi hujan.

Martini (2005), secara umum terdapat dua tipe hujan pemicu longsoran di Indonesia, yaitu tipe hujan deras dan tipe hujan normal. Hujan deras adalah hujan yang dapat mencapai 70 mm/jam atau lebih dari 100 mm/hari. Hujan normal adalah hujan yang kurang dari 20 mm/hari. Untuk membuktikan bahwa karakteristik hujan dapat memicu terjadinya longsor maka dilakukan suatu studi pada ruas jalan di Tawaeli – Toboli Sulawesi Tengah. Hasilnya yaitu jika dimodelkan suatu hujan dengan intensitas 70 mm/jam yang berlangsung selama 12 jam, lereng longsor setelah hujan berlangsung 10 jam. Faktor keamanan sebelum hujan 2,7942 kemudian turun menjadi 0,94. Permodelan hujan dengan intensitas 50 mm/jam dan 30 mm/jam yang berlangsung selama 12 jam, lereng tersebut masih dalam keadaan stabil. Permodelan hujan dengan intensitas 50 mm/jam maka lereng akan longsor setelah 18 jam dengan faktor keamanan yang turun menjadi 0,98, sedangkan untuk hujan 30 mm/jam yang berlangsung selama 24 jam kondisi lereng masih stabil. Terlihat bahwa jika terjadi hujan deras tetapi dalam waktu singkat, akan sangat berpengaruh dalam angka keamanan stabilitas lereng.

Ramadhani (2011), menganalisa stabilitas lereng pada ruas jalan di Tawaeli, Sulawesi Tengah yang menghasilkan hujan 70 mm/jam yang berlangsung selama 12 jam, lereng longsor setelah hujan 10 jam. Hujan intensitas 30 mm/jam dan 50 mm/jam yang berlangsung selama 12 jam, kondisi lereng masih stabil dimana nilai SF masih lebih besar dari 1. Hujan 20 mm/hari (0,833 mm/jam) yang berlangsung selama 2 hari, lereng masih stabil dimana faktor keamanan turun menjadi 2,03. Hal ini menunjukkan bahwa setelah hujan berhenti, lereng akan menjadi stabil kembali. Semakin rendah intensitas hujan maka penurunan faktor keamanan semakin kecil.

Subiyanti (2007), menggunakan enam model pada lereng untuk mengetahui karakteristik hujan yang sering terjadi di Talang Bawong, saluran induk Kalibawang, Kabupaten Kulonprogo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Analisis yang dilakukan juga untuk mengetahui pengaruh terhadap perubahan tekanan air pori serta terhadap kelongsoran lereng. Simulasi meliputi kondisi sebelum hujan (model I), hujan deras

berdurasi pendek (model II), hujan normal 25 mm dan 40 mm berdurasi panjang (model III), hujan normal 20 mm berdurasi panjang (model IV), hujan deras diikuti hujan normal 20 mm (model V) dan hujan normal 20 mm diikuti hujan deras (model VI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *suction* pada lereng sebesar -74,8 kPa sebelum hujan. Hujan model II dan model VI menyebabkan *suction* turun menjadi -72 kPa dan -41,8 kPa. Hujan model III, model IV dan model V menyebabkan *suction* berubah menjadi tekanan air pori positif sebesar 140,2 kPa, 568,7 kPa dan 7,9 kPa. Angka aman pada lereng sebelum hujan sebesar 1,44; hujan model II sebesar 1,42; hujan model III sebesar 1,21; hujan model IV sebesar 1,39; hujan model V 0,98 sebesar dan hujan model VI sebesar 1,4. Terlihat bahwa hujan normal diikuti hujan deras merupakan hujan paling berpengaruh terhadap perubahan tekanan air pori dan stabilitas lereng.

Trisatya (2015), menganalisis kondisi lereng sebelum hujan, kemudian dibandingkan dengan hasil analisis lereng setelah hujan yang berada di dusun Simpangan, Desa Hargantoro, Kecamatan Tirtomoyo, Wonogiri. Tinggi hujan periode ulang berpengaruh terhadap nilai SF lereng. Semakin tinggi hujan periode ulang, maka nilai SF yang didapat semakin kecil. Sudut kemiringan lereng juga memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kestabilan lereng dimana semakin curam sudut lereng, maka semakin kecil nilai SF.

Kestabilan dari suatu lereng dipengaruhi oleh besarnya intensitas hujan yang terjadi, maka dari itu semakin besar intensitas hujan akan berbanding terbalik dengan faktor aman dari stabilitas lerengnya. Dapat dilihat dari hasil analisa stabilitas lereng pada Jalan Raya Sesaot, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat sebelum hujan angka keamanan masing – masing 1,114, 1,025 dan 1,181. Pada lereng yang diberikan hujan minimum dengan durasi 3 jam dengan angka keamanan yaitu 1,096, 1,012 dan 1,157. Pada lereng dengan hujan rata – rata durasi 3 jam didapatkan hasil angka keamanan adalah 1,096, 1,012 dan 1,157, dan lereng dengan hujan maksimum durasi 3 jam didapatkan angka keamanan 1,094, 0,995 dan 1,157 (Ramdhani, 2013).

Muntohar (2014), asumsi kedalaman muka air tanah yang sangat dalam atau terlalu dangkal pada simulasi numerik dapat memberikan hasil analisis yang tidak realistis. Untuk itu dilakukan kajian pengaruh kedalaman muka air tanah awal terhadap stabilitas lereng pada saluran induk Kalibawang di KM 15+9, Kulonpogo, D.I. Yogyakarta. Hasilnya menunjukkan posisi muka air tanah yang lebih dekat dengan

permukaan lereng menyebabkan penurunan *suction* dan faktor aman lereng yang lebih cepat akibat hujan. Kedalaman muka air tanah berkisar 3-4 meter atau *suction* sebesar 68 kPa merupakan batas nilai *initial suction* di permukaan lereng.

Asta (2012), perubahan tinggi lereng dan beban yang bekerja pada puncak lereng jalan akses Jembatan Tayan, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat mempengaruhi kestabilan lereng tersebut. Hal itu dibuktikan dengan nilai angka keamanan yang aman setelah menurunkan tinggi timbunan dari 18 meter menjadi 12 meter dan menunjukkan kondisi stabil tanpa perlu adanya perkuatan. Ketinggian lereng apabila dipertahankan dengan tinggi 18 meter, dimana memiliki angka aman yang kurang dari 1,5 maka alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan cara memberikan perkuatan pada kaki ataupun badan lereng. Perkuatan dapat berupa penulangan tanah seperti: tulangan jalur, *geogrid*, geotekstil atau tulangan dengan sistem anker untuk lereng timbunan; serta *soil nailing* untuk lereng alami. Pemilihan perlakuan pada lereng diantaranya dengan menurunkan tinggi lereng atau memberikan perkuatan pada lereng untuk mencapai ketabilan lereng yang aman tentulah harus dilakukan sesuai dengan kaidah-kaidah ekonomis.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Tanah

Menurut Hardiyatmo (2010) tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Tanah juga didefinisikan sebagai sedimen atau akumulasi material padat yang terkonsolidasi sebagai hasil disintegrasi batu secara kimia dan fisika dengan atau tanpa kandungan organik (SK SNI M-23-1990-F). Sedangkan tanah ditinjau dari bidang teknik sipil merupakan pecahan dari kerak bumi yang tidak tersedimentasi termasuk material ukuran besar (batu, pasir dan kerikil) serta dalam ukuran kecil (lanau dan lempung).

Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel – partikel yang lebih kecil terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu ataupun cuaca. Partikel – partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk – bentuk diantaranya.

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, istilah

yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

	1,7 mm	0,38	0,075								
Unified Class System	kasar	sedang	halus	butiran halus (lanau dan lempung)							
	2,0 mm	0,420	0,075	0,005	0,001						
ASTM	pasir sedang	pasir halus		lanau		lempung	lempung koloidal				
	2,0 mm										
MIT nomenclature	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus		
	2,0 mm	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm
International nomenclature	sangat kasar	kasar	sedang	halus	kasar	halus	kasar	halus	kasar	halus	sangat halus
	pasir			Mo		lanau		lempung			

Gambar 2.1 Klasifikasi butiran tanah berdasarkan *Unified Soil Classification System*, *ASTM*, *MIT*, dan *International Nomenclature* (Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Beberapa sifat – sifat dari tanah menurut Sunggono (2000), yaitu :

1. Permeabilitas (*Permeability*)

Sifat ini untuk mengukur atau menentukan kemampuan tanah untuk dilewati air melalui pori – porinya. Sifat ini sangat penting dalam konstruksi bendung tanah urugan dan persoalan drainase.

2. Konsolidasi (*Consolidation*)

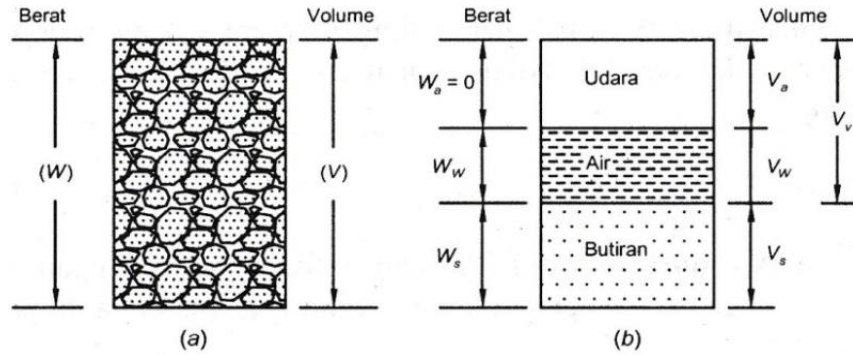
Pada konsolidasi dihitung dari perubahan isi pori tanah akibat beban. Sifat ini digunakan untuk menentukan penurunan bangunan.

3. Tegangan Geser (*Shear Strength*)

Untuk menentukan kemampuan tanah untuk menahan tekanan –tekanan tanpa mengalami keruntuhan. Sifat ini dibutuhkan dalam perhitungan stabilitas pondasi, stabilitas tanah isian di belakang bangunan penahan tanah dan stabilitas timbunan tanah.

2.2.2 Karakteristik Fisik Tanah

Dalam tanah yang kering, maka tanah hanya terdiri dari dua bagian, yaitu butir – butir tanah dan pori – pori udara. Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat (butiran), pori – pori udara, dan air pori.



Gambar 2.2 Diagram Fase Tanah
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Dari memperhatikan **Gambar 2.2** dapat dibentuk persamaan :

$$W = W_s + W_w \quad (2-1)$$

dan,

$$V = V_s + V_w + V_a \quad (2-2)$$

$$V_v = V_w + V_a \quad (2-3)$$

dengan :

W_s = berat butiran padat,

W_w = berat air,

V_s = volume butiran padat,

V_w = volume air,

V_a = volume udara.

A. Kadar Air (w)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s), dinyatakan dalam persen.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (2-4)$$

B. Angka Pori (e)

Angka pori didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s), biasanya dinyatakan dalam desimal.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (2-5)$$

C. Berat volume lembab atau basah (γ_b)

Berat volume basah adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total tanah (V).

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad (2-6)$$

dengan $W = W_w + W_s + W_a$ (dengan $W_a = 0$). Bila ruang udara terisi oleh air seluruhnya ($V_a = 0$), maka tanah menjadi jenuh.

D. Berat volume kering (γ_d)

Berat volume kering adalah perbandingan antara berat butiran (W_s) dengan volume total (V) tanah.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad (2-7)$$

E. Berat volume butiran padat (γ_s)

Berat volume butiran padat adalah perbandingan antara berat butiran padat (W_s) dengan volume butiran padat (V_s).

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \quad (2-8)$$

F. Berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) (G_s)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s), dengan berat volume air (γ_w) pada temperatur 4° C.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2-9)$$

Tabel 2.1 Berat jenis tanah (*specific gravity*)

Macam tanah	Berat jenis (G_s)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber : Hardiyatmo (2010)

G. Derajat kejenuhan (S)

Derajat kejenuhan adalah perbandingan volume air (V_w) dengan volume total rongga pori tanah (V_v), biasanya dinyatakan dalam persen.

$$S(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \quad (2-10)$$

Bila tanah dalam keadaan jenuh air, maka $S = 100\%$.

Berat volume jenuh air ($S = 100\%$):

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w (G_s + e)}{1 + e} \quad (2-11)$$

H. Analisis Ukuran Butiran

Sifat – sifat tanah sangat bergantung pada ukuran butirannya. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Oleh karena itu, analisis butiran ini merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan. Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu.

Distribusi ukuran butir untuk tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan cara menyaring. Caranya, tanah benda uji disaring lewat satu unit saringan standar. Berat tanah yang tinggal pada masing – masing saringan ditimbang, lalu persentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung. Contoh nomor – nomor saringan dan diameter lubang dari standar Amerika dapat dilihat dalam **Tabel 2.2**, dan susunan saringan saat pengujian ditunjukkan dalam **Gambar 2.3**.

Tabel 2.2 Saringan Standar Amerika

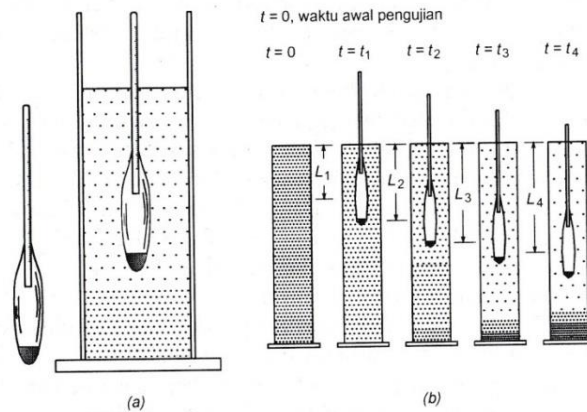
No. saringan	Diameter lubang (mm)	No. saringan	Diameter lubang (mm)
3	6,35	40	0,42
4	4,75	50	0,30
6	3,35	60	0,25
8	2,36	70	0,21
10	2,00	100	0,15
16	1,18	140	0,106
20	0,85	200	0,075
30	0,60	270	0,053

Sumber : Hardiyatmo (2010)



Gambar 2.3 Uji Saringan
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

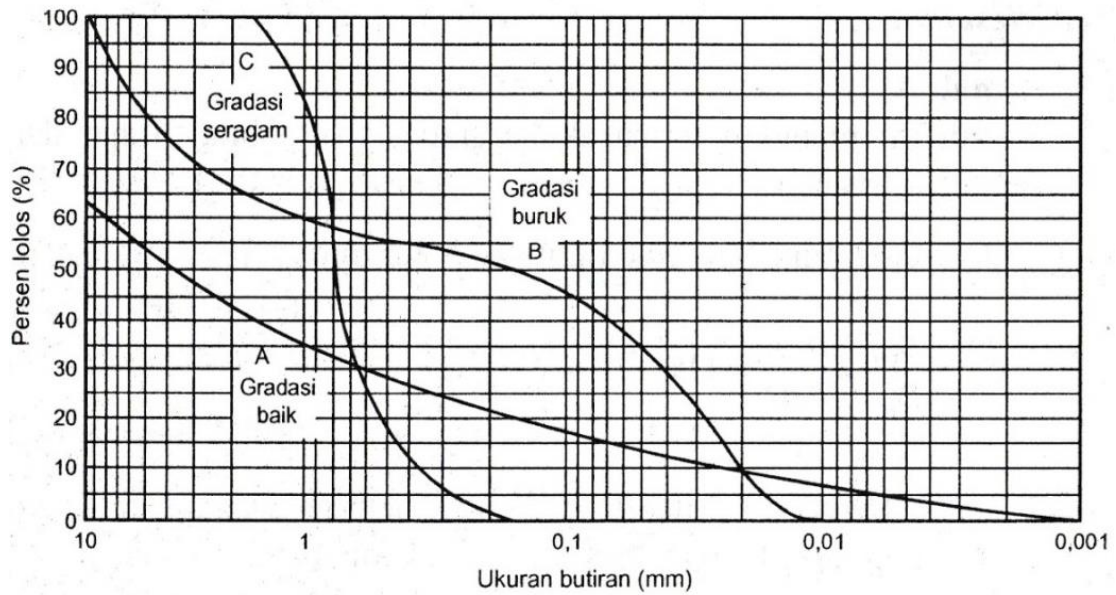
Distribusi ukuran butir tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar, dapat ditentukan dengan cara sedimentasi yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**. Metode ini didasarkan pada hukum Stokes, yang berkenaan dengan kecepatan mengendap butiran pada larutan suspensi.



Gambar 2.4 Alat Uji Hidromenter
 (a) Hidrometer dan Gelas Ukuran
 (b) Posisi Hidrometer saat pengendapan berlangsung
 (Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Untuk tanah yang terdiri dari campuran butiran halus dan kasar, gabungan antara analisis saringan dan sedimentasi dapat digunakan. Dari hasil penggambaran kurva yang ditunjukkan dalam **Gambar 2.5** diperoleh, tanah berbutir kasar digolongkan sebagai gradasi baik bila tidak ada kelebihan butiran pada sembarang ukurannya dan tidak ada yang kurang pada ukuran butiran sedang. Umumnya tanah bergradasi baik jika distribusi ukuran butirannya tersebar meluas (pada ukuran butirannya). Tanah berbutir kasar digambarkan sebagai bergradasi buruk, bila jumlah berat butiran sebagian besar mengelompok di dalam batas interval diameter butir yang sempit (disebut gradasi seragam). Tanah juga termasuk bergradasi buruk, jika butiran besar maupun kecil ada, dengan pembagian butiran yang relatif rendah pada ukuran sedang.

Notasi D_{10} didefinisikan sebagai 10% dari berat butiran total berdiameter lebih kecil dari ukuran butiran tertentu. Sebagai contoh, $D_{10} = 0,45 \text{ mm}$, artinya 10% dari berat butiran total berdiameter kurang dari 0,45 mm. Ukuran – ukuran yang lain seperti D_{30} , D_{60} didefinisikan seperti cara yang sama. Ukuran D_{10} didefinisikan sebagai ukuran efektif (*effective size*).



Gambar 2.5 Analisis distribusi ukuran butiran
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Kemiringan dan bentuk umum dari kurva distribusi butiran digambarkan oleh koefisien keseragaman (*coefficient of uniformity*), C_u , dan koefisien gradasi (*coefficient of gradation*), C_c , yang diberikan menurut persamaan:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2-12)$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} \quad (2-13)$$

Tanah bergradasi baik jika mempunyai koefisien gradasi $1 < C_c < 3$ dengan $C_u > 4$ untuk kerikil, dan $C_u > 6$ untuk pasir. Tanah disebut bergradasi sangat baik, bila $C_u > 15$.

2.2.3 Karakteristik Mekanis Tanah

Sifat mekanis tanah merupakan perilaku tanah akibat mengalami perlakuan atau gaya tertentu terhadap tanah tersebut. beberapa pengujian-pengujian karakteristik mekanis tanah, yaitu pengujian pemadatan, pengujian geser, dan pengujian permeabilitas.

A. Pemadatan

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

1. Mempertinggi kuat geser tanah,
2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas),
3. Mengurangi permeabilitas,
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lain-lainnya.

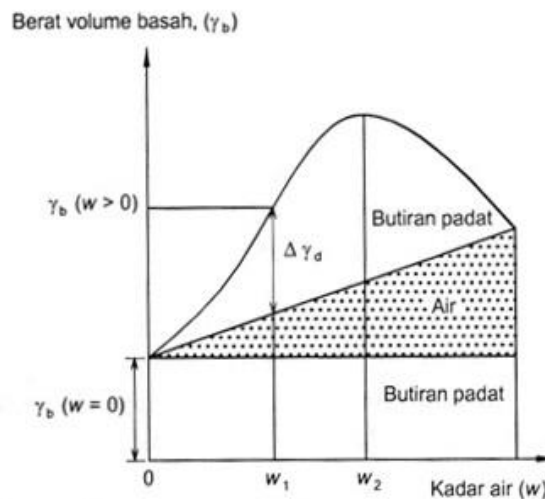
Maksud tersebut dapat tercapai dengan pemilihan tanah bahan timbunan, cara pemadatan, pemilihan mesin pemadat, dan jumlah lintasan yang sesuai.

Tingkat kepadatan tanah diukur dari nilai berat volume keringnya (γ_d). Berat volume kering tidak berubah oleh adanya kenaikan kadar air. Dengan demikian, tanah yang telah selesai dipadatkan di lapangan, dan kemudian berubah kadar airnya (misalnya oleh hujan), maka berat volume kering tetap tidak berubah, sepanjang volume total tanah tetap. Hal ini, karena kepadatan atau berat volume kering dinyatakan oleh $\gamma_d = W_s/V$, bila berat butiran (W_s) dan volume total (V) tetap, maka γ_d juga tetap.

Peristiwa bertambahnya berat volume kering oleh beban dinamis disebut pemadatan. Oleh akibat beban dinamis, butir – butir tanah merapat satu sama lain sebagai akibat berkurangnya rongga udara.

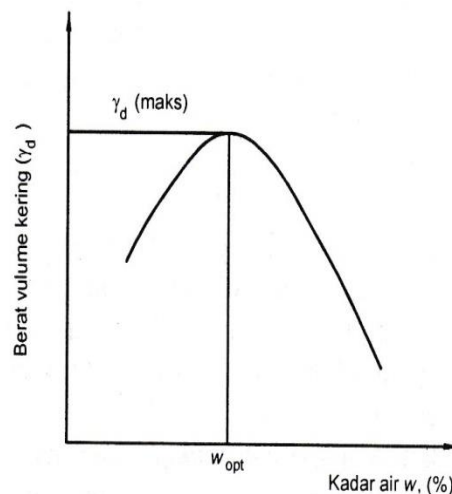
Ada perbedaan mendasar antara peristiwa pemadatan dan peristiwa konsolidasi tanah. Konsolidasi adalah pengurangan pelan – pelan volume pori yang berakibat bertambahnya berat volume kering akibat beban statis yang bekerja dalam periode tertentu.

Prinsip – prinsip pemadatan tanah, saat dilakukan uji pemadatan di laboratorium, diterangkan dalam **Gambar 2.6** (Johnson dan Sallberg, 1960) dalam Hardiyatmo (2010). Pada awal pemadatan, berat volume kering bertambah dengan ditambahnya kadar air. Pada kadar air nol ($w = 0$), berat volume tanah basah (γ_b) sama dengan berat volume kering (γ_d).



Gambar 2.6 Prinsip – prinsip pemadatan (Johnson dan Sallberg, 1960)
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Ketika kadar air berangsur – angsur ditambah (dengan usaha pemadatan yang sama), berat butiran tanah padat per volume satuan (γ_d) juga bertambah. Pada kadar air lebih besar dari kadar air tertentu, yaitu $w = w_2$ (saat kadar air optimum), kenaikan kadar air justru mengurangi berat volume keringnya. Hal ini karena, air mengisi rongga pori yang sebelumnya diisi oleh butiran padat. Kadar air saat berat volume kering mencapai maksimum (γ_{dmaks}) disebut kadar air optimum (w_{opt}).



Gambar 2.7 Kurva hubungan kadar air dan berat volume kering
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Dalam uji pemadatan, percobaan diulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Kemudian, digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya seperti ditunjukkan dalam **Gambar 2.7**. Kurva yang

dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum.

Pada nilai kadar air rendah, untuk kebanyakan tanah, tanah cenderung bersifat kaku dan sulit dipadatkan. Setelah kadar air ditambah, tanah menjadi lebih lunak. Pada kadar air yang tinggi, berat volume kering berkurang. Bila seluruh udara di dalam tanah dapat dipaksa keluar pada waktu pemadatan, tanah akan berada dalam kedudukan jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum.

B. Kuat Geser Tanah

Menurut teori Mohr (1910) dalam Hardiyatmo (2010) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dapat dinyatakan oleh persamaan:

$$\tau = f(\sigma) \quad (2-14)$$

dengan τ adalah tegangan geser saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (*failure*), dan σ adalah tegangan normal. Garis kegagalan yang didefinisikan dalam **Persamaan (2-14)**, adalah kurva yang ditunjukkan dalam **Gambar 2.8**.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir – butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser. Selain itu juga tanah ditahan oleh gesekan antara butir – butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Coloumb (1776) dalam Hardiyatmo (2010) mendefinisikan $f(\sigma)$ sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (2-15)$$

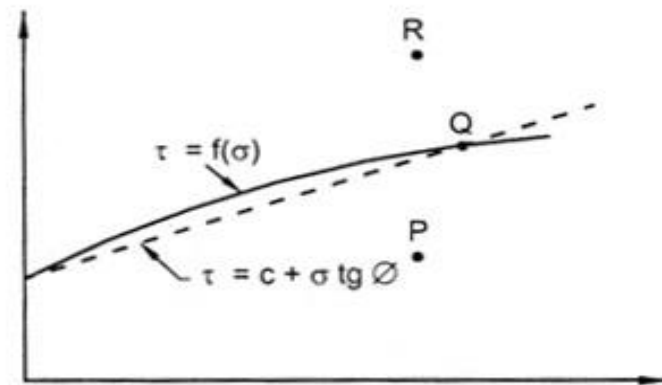
dengan :

τ = kuat geser tanah (kN/m²),

c = kohesi tanah (kN/m²),

φ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (derajat),

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²).



Gambar 2.8 Kriteria kegagalan *Mohr* dan *Coloumb*
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Persamaan (2-15) disebut kriteria keruntuhan atau kegagalan dari Mohr – Coulomb, di mana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam bentuk garis lurus dalam **Gambar 2.8**.

Jika kedudukan tegangan-tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan-tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangan yang terjadi mencapai titik R, bahan sudah mengalami keruntuhan.

Tegangan efektif yang terjadi di dalam tanah dipengaruhi oleh tekanan air pori. Terzaghi (1925) dalam Hardiyatmo (2010) mengubah persamaan Coloumb dalam bentuk tegangan efektif sebagai berikut :

$$\tau = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi' \quad (2-16)$$

karena, $\sigma = \sigma' + u$, maka

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \varphi' \quad (2-17)$$

dengan :

c' = kohesi tanah efektif (kN/m²),

σ' = tegangan normal efektif (kN/m²),

u = tekanan air pori (kN/m²),

φ' = sudut geser dalam tanah efektif (derajat).

Kuat geser tanah juga bisa dinyatakan dalam bentuk tegangan-tegangan efektif σ_1' dan σ_3' pada saat keruntuhan terjadi. σ_1' adalah tegangan utama mayor efektif dan σ_3' adalah tegangan minor efektif. Lingkaran Mohr dalam bentuk lingkaran tegangan,

dengan koordinat τ dan σ' , dilihat dalam **Gambar 2.9**. Persamaan tegangan geser (τ_f) dan tegangan normal (σ_f) yang terjadi pada bidang geser saat kegagalan, dinyatakan oleh :

$$\tau_f = \frac{1}{2} (\sigma_1' - \sigma_3') \sin 2\theta \quad (2-18)$$

$$\sigma_f = \frac{1}{2} (\sigma_1' + \sigma_3') + \frac{1}{2} (\sigma_1' - \sigma_3') \cos 2\theta \quad (2-19)$$

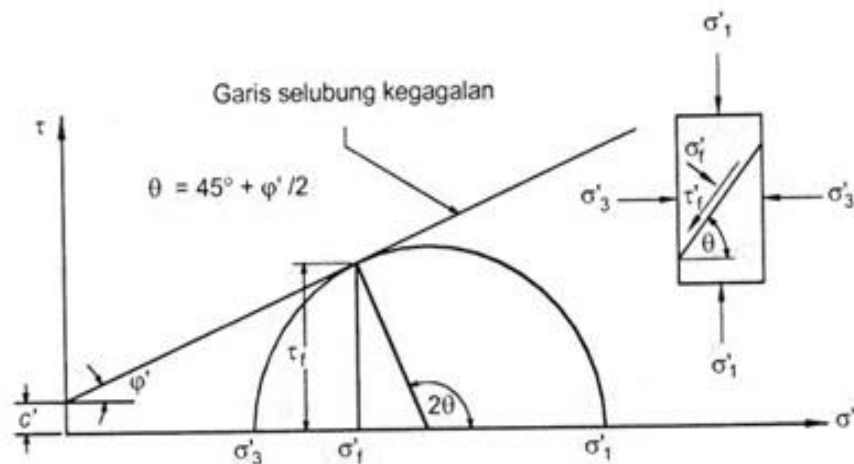
dengan σ_1' = tegangan utama mayor efektif dan σ_3' = tegangan minor efektif pada saat kegagalan. Sudut θ adalah sudut teoritis yang terbentuk antara bidang horizontal dengan bidang runtuh, yang besarnya:

$$\theta = 45^\circ + \varphi'/2 \quad (2-20)$$

Dari **gambar 2.9** hubungan antara tegangan utama efektif saat keruntuhan dan parameter kuat geser juga dapat diperoleh. Besarnya nilai parameter kuat geser, dapat ditentukan dari persamaan-persamaan :

$$\sin \varphi' = \frac{\frac{1}{2}(\sigma_1' - \sigma_3')}{c \operatorname{ctg} \varphi' + \frac{1}{2}(\sigma_1' + \sigma_3')} \quad (2-21)$$

$$(\sigma_1' - \sigma_3') = 2 c \cos \varphi' + (\sigma_1' + \sigma_3') \sin \varphi' \quad (2-22)$$



Gambar 2.9 Lingkaran Mohr
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Persamaan (2-22) digunakan untuk kriteria keruntuhan atau kegagalan menurut Mohr-Coloumb. Bila kedudukan tegangan-tegangan digambarkan dalam koordinat-koordinat $p - q$, dengan:

$$p = \frac{1}{2} (\sigma_1' + \sigma_3') \quad (2-23)$$

$$q = \frac{1}{2} (\sigma_1' - \sigma_3') \quad (2-24)$$

sembarang kedudukan tegangan dapat ditunjukkan oleh sebuah titik tegangan sebagai ganti dari lingkaran Mohr seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2.10**. Pada **Gambar 2.10**, garis selubung kegagalan ditunjukkan oleh persamaan berikut:

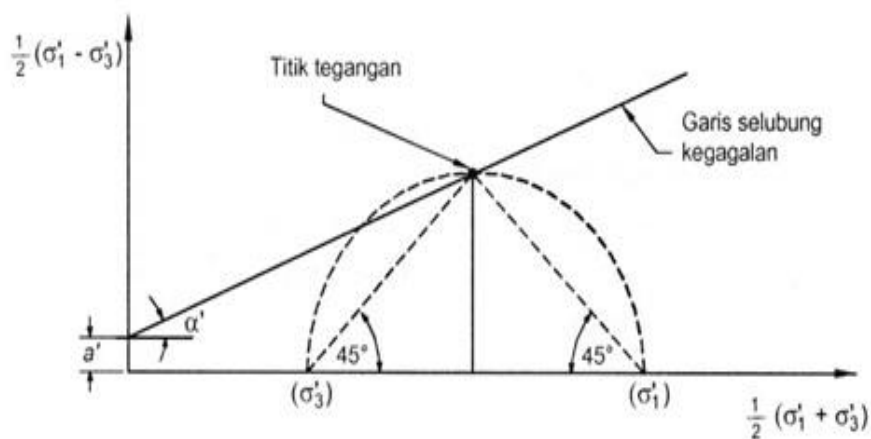
$$\frac{1}{2} (\sigma_1' - \sigma_3') = a' + \frac{1}{2} (\sigma_1' + \sigma_3') \tan \alpha' \quad (2-25)$$

dengan a' dan α' adalah parameter modifikasi dari kuat gesernya, sehingga parameter c' dan φ' diperoleh dari persamaan berikut :

$$\varphi' = \arcsin (\operatorname{tg} \alpha') \quad (2-26)$$

$$c' = \frac{a'}{\cos \varphi'} \quad (2-27)$$

Garis – garis yang menghubungkan titik – titik tegangan membuat sudut 45° dengan garis horizontal seperti pada **Gambar 2.10**, dan memotong sumbu horizontal pada titik yang mewakili tegangan – tegangan utama σ_1' dan σ_3' .

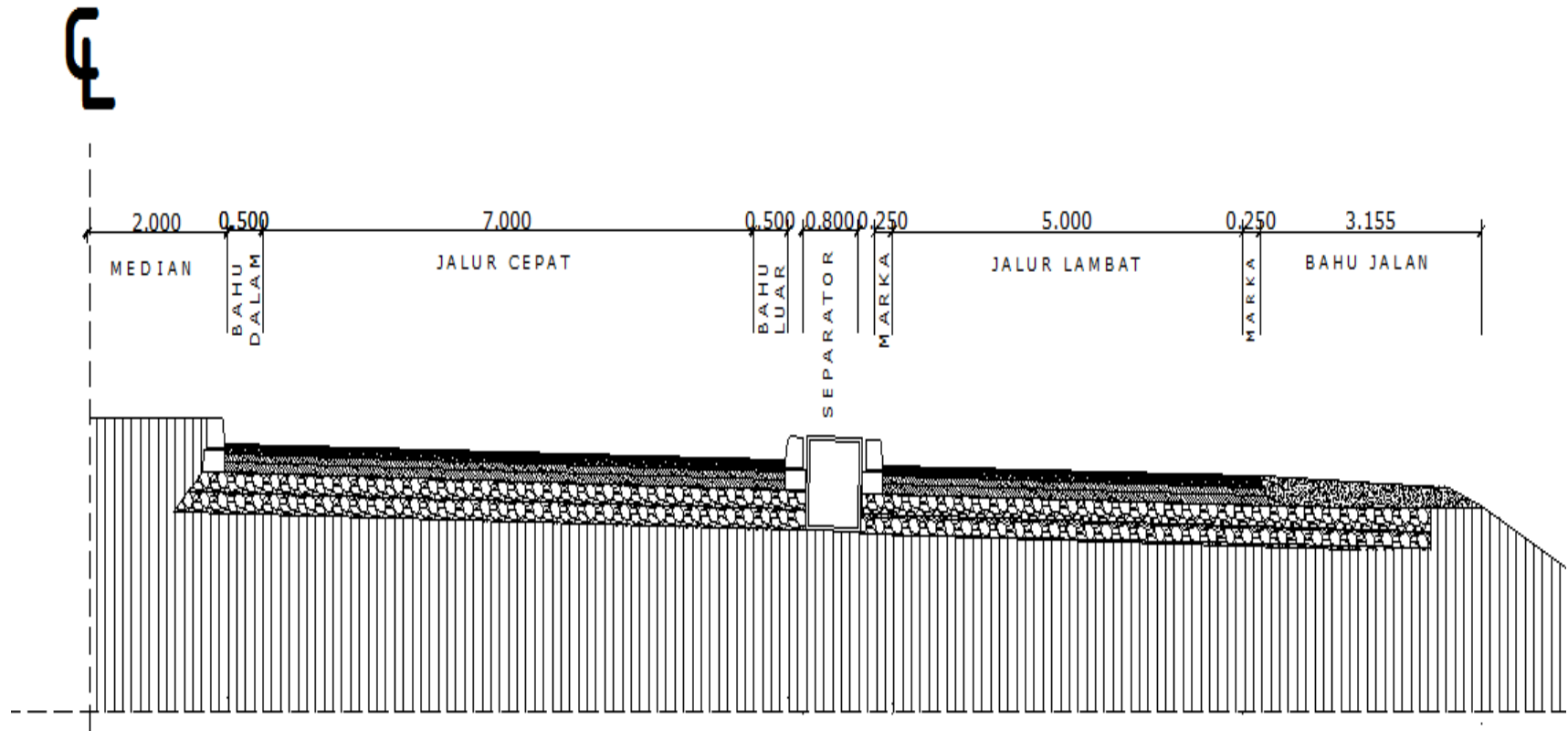


Gambar 2.10 Kondisi tegangan yang mewakili
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

2.2.4 Struktur Jalan

2.2.4.1 Beban Struktur Jalan

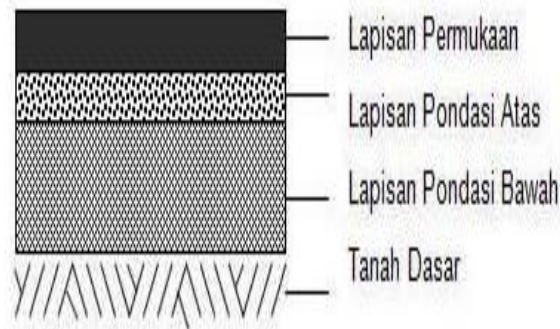
Beban struktur jalan yang akan bekerja pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung - Mataram dapat dilihat pada gambar potongan melintang jalan seperti pada **Gambar 2.11**, sehingga diketahui struktur jalan apa saja yang akan berpengaruh terhadap perhitungan pembebanannya.



Gambar 2.11 Potongan Melintang Ruas Jalan Patung Sapi Gerung - Mataram
 (Sumber : Laporan Perencanaan Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram)

2.2.4.2 Struktur Perkerasan Lentur

Struktur perkerasan jalan lentur memiliki beberapa bahan material yang menampilkan benda lentur (*flexible body structure*) yaitu komposisi gabungan agregat kasar, halus dan aspal yang memiliki sifat berbeda. Kondisi lapisan mulai dari lapisan paling atas adalah lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dan tanah dasar.



Gambar 2.12 Struktur Lapis Perkerasan Lentur
(Sumber : Saodang, 2009)

Komponen struktur perkerasan jalan lentur yaitu :

A. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakkan bagian – bagian lainnya.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat – sifat dan daya dukung tanah dasar. Pemilihan jenis tanah yang dapat dijadikan tanah dasar melalui penyelidikan tanah menjadi penting karena tanah dasar akan sangat menentukan tebal lapis perkerasannya.

B. Lapis Pondasi Bawah (LPB)

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antar lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi dari lapis pondasi bawah antara lain:

- sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda,
- mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan–lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya,
- untuk mencegah tanah dasar masuk ke lapis pondasi atas,
- sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

C. Lapis Pondasi Atas (LPA)

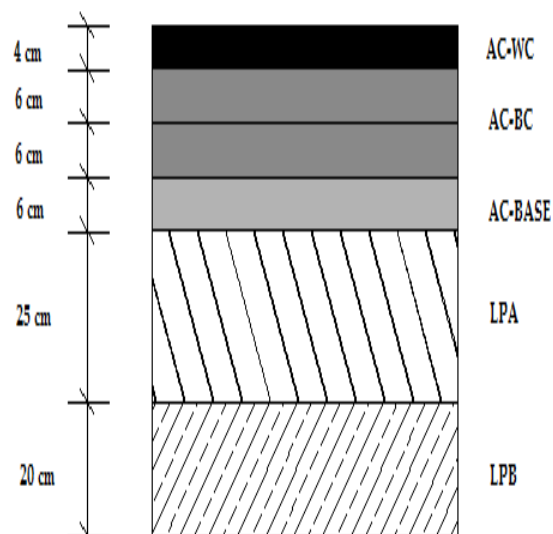
Lapis pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dengan lapis permukaan. Fungsi dari lapis pondasi atas antara lain:

- sebagai perletakan terhadap lapis permukaan,
- sebagai bagian perkerasan yang menahan beban dari lapis permukaan.

D. Lapis Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang dipasang langsung diatas tanah dasar dan merupakan bagian dari jalur lalu lintas. Bila diperhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Beban sumbu langsung terkonsentrasi pada bagian ini, dan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan. Fungsi dari lapis permukaan antara lain:

- sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda,
- sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca,
- sebagai lapis aus (*wearing course*).



Gambar 2.13 Lapisan perkerasan Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram
(Sumber : Laporan Perencanaan Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram)

2.2.4.3 Median

Median merupakan bagian jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah, guna memungkinkan kendaraan bergerak cepat dan aman. Penempatan median adalah pada sumbu jalan dua arah yang mempunyai empat jalur

lalu lintas atau lebih, seperti pada **Gambar 2.11**. Secara umum median berfungsi sebagai berikut:

- bagian dari median dapat digunakan untuk keperluan jalur perubahan kecepatan dan jalur tunggu untuk belok kanan atau putaran (*U-turn*),
- sebagai tempat untuk menempatkan peralatan pengatur lalu lintas (panel dan lampu lalu lintas), lampu penerangan jalan, rambu lalu lintas, drainase jalan, dan fasilitas jalan lainnya,
- sebagai tempat pemberhentian sementara bagi pejalan kaki saat menyebrang,
- dapat mengurangi sinar lampu kendaraan yang berlawanan arah, apabila median ditanami tumbuhan pelindung,
- dapat berguna untuk kemungkinan pelebaran jalur lalu lintas pada saat mendatang bila median cukup lebar,
- dapat menjadi sarana lansekap dengan menanami pohon peneduh, dan sarana pelindung polusi terhadap bunyi dan udara.

2.2.4.4 Separator

Separator atau pemisah jalan adalah bagian jalan yang ditinggikan pada ruang pemisah jalur. Separator ditempatkan dibagian luar dan dibatasi oleh kerb untuk mencegah kendaraan keluar dari jalur. Dapat juga digunakan untuk memisahkan jalur cepat dan jalur lambat, seperti pada **Gambar 2.11**.

2.2.4.5 Kerb

Kerb adalah perlengkapan jalan yang terletak di sisi luar Rumija (Ruang Milik Jalan) yang terdiri dari berbagai tipe yaitu:

1. Kerb peninggi (*Mountable Curb*)

Kerb yang ditempatkan pada tempat-tempat parkir dipinggir jalan. Kerb ini direncanakan agar dapat didaki kendaraan.

2. Kerb penghalang (*Barrier Curb*)

Kerb yang banyak ditempatkan pada bagian median, trotoar, dan pada jalan yang tanpa struktur pengaman. Tipe ini direncanakan untuk menghalangi atau mencegah kendaraan meninggalkan jalur lalu lintas.

3. Kerb berparit (*Gutter Curb*)

Kerb yang ditempatkan pada tepi luar dari perkerasan atau tepi dalam tikungan. Kerb ini direncanakan untuk membentuk sistem drainase perkerasan jalan.

4. Kerb penghalang berparit (*Barrier Gutter Curb*)

Kerb ini umumnya seperti kerb berparit, tetapi sekaligus juga sebagai kerb penghalang.

2.2.4.6 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang berdampingan ditepi jalur lalu lintas yang dapat diperkeras ataupun tidak. Bahu jalan berfungsi untuk jalur lalu lintas darurat, ruang bebas samping dan penyangga perkerasan terhadap beban lalu lintas, seperti pada **Gambar 2.11**.

2.2.5 Beban Kendaraan

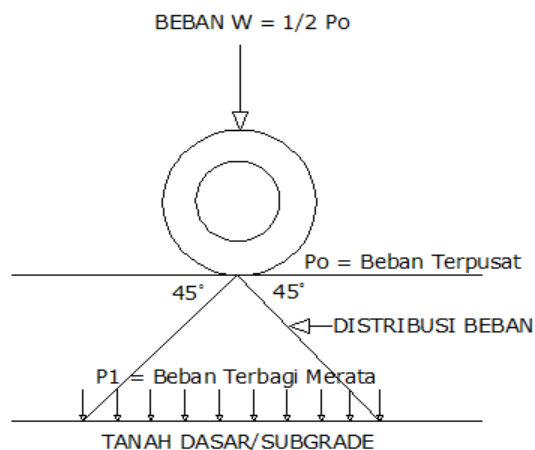
Muatan sumbu adalah jumlah tekanan roda dari satu sumbu kendaraan terhadap jalan. Beban tersebut selanjutnya didistribusikan ke pondasi jalan, bila daya dukung jalan tidak mampu menahan muatan sumbu maka jalan akan rusak. Oleh karena itu ditetapkanlah Muatan Sumbu Terberat (MST) yang dapat melalui suatu kelas jalan tertentu.

Tabel 2.3 Muatan Sumbu Terberat

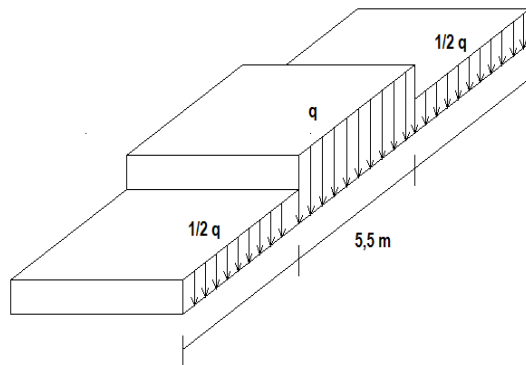
Kelas Jalan	Muatan Sumbu Terberat (MST)
I	>10 ton
II	10 ton
III	8 ton

Sumber : *PP no. 43 th 1993 pasal 11, Muatan Sumbu Terberat*

Distribusi beban muatan sumbu dimulai dari pertemuan roda kendaraan dengan permukaan jalan yang kemudian menyebar disepanjang ketebalan konstruksi jalan dengan sudut 45° seperti **Gambar 2.14a**.



Gambar 2.14a Distribusi Beban Muatan Sumbu ke Badan Jalan
(Sumber : Saodang, 2005)



Gambar 2.14b Distribusi beban ke badan jalan
(Sumber : PPPJJR, 1987)

Tabel 2.4 Distribusi beban sumbu dari berbagai jenis kendaraan

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (TON)	BERAT MUATAN MAKSIMUM (TON)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (TON)	UE 18 KSAL KOSONG	UE 18 KSAL MAKSIMUM	
1.1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,000	 S Roda tunggal pada ujung sumbu D Roda ganda pada ujung sumbu
1.2 BUS	3	6	9	0,0037	0,300	
1.2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,217	
1.2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,026	
1.22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,741	
1.2+2.2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	4,928	
1.2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,117	
1.2-22 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,18	

Sumber : Silvia Sukirman, 1999

2.2.6 Hidrologi

A. Air Tanah

Menurut Hardiyatmo (2010) air tanah didefinisikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan bumi. Sumber utamanya air hujan yang meresap ke bawah melewati ruangan pori diantara butiran tanah. Air sangat berpengaruh pada sifat – sifat teknis tanah, khususnya tanah berbutir halus. Demikian juga air merupakan faktor yang sangat penting dalam masalah – masalah seperti: penurunan, stabilitas pondasi, stabilitas lereng, dan lain – lain.

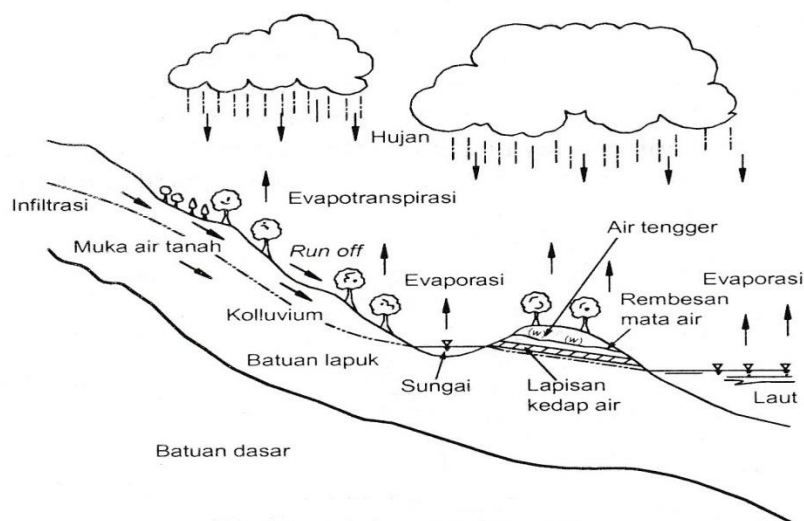
Pada lapisan tanah terdapat tiga zona penting yaitu : zona jenuh air, zona kapiler, dan zona jenuh sebagian. Pada zona jenuh atau zona di bawah muka air tanah, air mengisi seluruh rongga – rongga. Pada zona ini tanah dianggap dalam keadaan jenuh sempurna. Batas atas dari zona jenuh adalah permukaan air tanah atau *freatis*. Zona kapiler terletak di atas zona jenuh. Ketebalan zona ini tergantung dari macam tanah, akibatnya air mengalami isapan atau tekanan negatif. Zona tak jenuh yang berkedudukan paling atas adalah zona dekat permukaan tanah dimana air dipengaruhi oleh penguapan sinar matahari dan akar dari tumbuhan.

Air tanah berasal dari beberapa sumber, tapi umumnya berasal dari hujan. Sebagian air meresap ke tanah menuju ke muka air tanah, sebagian lagi mengalir di permukaan tanah. Sebagian air hujan menguap sebelum mencapai permukaan tanah; yaitu menguap ketika jatuh atau sesudah intersepsi dengan tumbuh – tumbuhan. Sebagian dari hujan yang mencapai permukaan tanah, bisa mengalir di permukaan atau masuk ke dalam tanah, atau ke duanya. Air limpasan dapat terkumpul di danau atau kolam, atau mencapai sungai yang akhirnya menuju ke laut. Penguapan air ke atmosfer terjadi di danau, kolam, sungai dan laut tersebut. Selama proses pengaliran air di permukaan biasanya terjadi erosi. Air yang masuk ke dalam tanah, dapat kembali ke atmosfer oleh evaporasi langsung, transpirasi oleh tumbuh – tumbuhan, atau evaporasi dari sungai dan laut sesudah masuk ke dalam tanah lewat air tanah. Perbedaan fase siklus hidrologi ini menunjukkan bahwa tanah sangat berperan dalam siklus hidrologi.

Sirkulasi air atau sering disebut siklus hidrologi ditunjukkan dalam **Gambar 2.15** (Abramson et al., 1996). Air tanah mengalir dari tempat yang tinggi menuju ke tempat lebih rendah, akhirnya akan mengalir ke sungai, danau atau laut. Daerah yang lebih tinggi merupakan daerah tangkapan (*recharge area*), sedang daerah yang lebih rendah merupakan area pelepasan (*disrecharge area*). Pada daerah tangkapan, muka air

tanah umumnya lebih dalam dari pada daerah pelepasan di mana air tanah berada di dekat permukaan. Air dalam zona jenuh mengalir menuju sungai, danau, laut ditempat ini air menguap, yang kemudian menjadi awan dan kembali ke tanah sebagai hujan. Istilah – istilah dalam hidrologi yang sering digunakan adalah:

1. Evaporasi: penguapan air dari sungai, danau, laut dan sebagainya.
2. Evapotranspirasi: kehilangan air dari tanah oleh penguapan dan transpirasi tanaman.
3. Perkolasi: rembesan melalui pori – pori tanah.



Gambar 2.15 Siklus Hidrologi (Abramson et al., 1996)
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

B. Permeabilitas

Menurut Hardiyatmo (2010) permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori. Untuk tanah, permeabilitas dilukiskan sebagai sifat tanah yang mengalirkan air melalui rongga pori tanah. Di dalam tanah, sifat aliran mungkin laminar atau turbulen. Tahanan terhadap aliran bergantung pada jenis tanah, ukuran butiran, bentuk butiran, rapat massa, serta bentuk geometri rongga pori. Temperatur juga sangat mempengaruhi tahanan aliran (kekentalan dan tegangan permukaan).

1. Aliran Air Dalam Tanah

Tinggi energi total (*total Head*) adalah tinggi energi elevasi atau *Elevation Head* (z) ditambah tinggi energi tekanan atau *pressure Head* (p/γ_w) yaitu sama dengan jarak vertikal yang diukur dari bidang referensi ke permukaan air dalam pipa.

Tekanan hidrostatik bergantung pada kedalaman suatu titik di bawah muka air tanah. Untuk mengetahui besar tekanan air pori, *Teorema Bernoulli* dapat diterapkan. Menurut Bernoulli, tinggi energi total (*total Head*) pada suatu titik dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} + z \quad (2-28)$$

dengan :

h = tinggi energi total (*total Head*) (m),

p/γ_w = tinggi energi tekanan (*pressure head*) (m),

p = tekanan air (t/m² ; kN/m²),

γ_w = berat volume air (t/m³ ; kN/m³),

$v^2/2g$ = tinggi energi kecepatan (*velocity head*) (m),

v = kecepatan air (m/det),

g = percepatan gravitasi (m/dt²),

z = tinggi energi elevasi (m).

Karena kecepatan rembesan di dalam tanah sangat kecil, maka tinggi energi kecepatan dalam suku persamaan *Bernoulli* dapat diabaikan. Sehingga persamaan tinggi energi total menjadi :

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + z \quad (2-29)$$

Untuk menghitung debit rembesan lewat tanah pada kondisi tertentu, ditinjau dari kondisi tanah tersebut.

Hukum Darcy

Darcy (1956), mengusulkan hubungan antara kecepatan dan gradient hidrolik sebagai berikut :

$$v = ki \quad (2-30)$$

dengan :

v = Kecepatan air (cm/det),

i = Gradien Hidrolik,

k = Koefisien permeabilitas (cm/det).

Debit rembesan (q) dinyatakan dalam persamaan :

$$q = kiA \quad (2-31)$$

Dengan A adalah luas pengaliran. Koefisien permeabilitas (k) mempunyai satuan yang sama dengan kecepatan cm/det atau mm/det, yaitu menunjukkan ukuran tahanan tanah terhadap air. Bila pengaruh sifat – sifat air dimasukkan, maka :

$$k \text{ (cm/det)} = \frac{K \rho_w g}{\mu} \quad (2-32)$$

dengan :

K = koefisien absolut (cm²), tergantung dari sifat butiran tanah,

ρ_w = rapat massa air (g/cm³),

μ = koefisien kekentalan air (g/cm.det),

g = percepatan gravitasi (cm/det²).

2. Penentuan Koefisien Permeabilitas dari Uji Konsolidasi

Koefisien permeabilitas tanah lempung dari 10⁻⁶ sampai 10⁻⁹ cm/det. Penentuan koefisien permeabilitas diperoleh dari persamaan konsolidasi sebagai berikut:

$$T_v = \frac{c_v t}{H^2} \quad (2-33)$$

dengan :

C_v = koefisien konsolidasi,

T = waktu pengaliran,

T_v = faktor waktu,

H = panjang rata – rata lintasan drainase.

Koefisien perubahan volume, dinyatakan oleh persamaan :

$$m_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma (1+e)} \quad (2-34)$$

dengan :

e = perubahan angka pori pada perubahan tekanan tertentu,

$\Delta \sigma$ = tambahan tekanan yang diterapkan.

Koefisien konsolidasi, dinyatakan oleh persamaan :

$$C_v = \frac{k}{\gamma_w m_v} \quad (2-35)$$

dengan γ_w = berat volume air.

C. Rembesan

Rembesan air dimaksudkan untuk mengukur kemampuan tanah dilewati oleh air melalui pori – porinya. Bila tanah dianggap homogen dan isotropis, maka dalam bidang x - z Hukum Darcy dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$v_x = ki_x = -k \frac{\delta h}{\delta x} \quad (2-36)$$

$$v_z = ki_z = -k \frac{\delta h}{\delta z} \quad (2-37)$$

dengan :

v_x, v_z = kecepatan aliran air masuk elemen arah x dan z (cm/det),

k = koefisien permeabilitas (cm/det),

i_x, i_z = gradien hidrolik,

δh = perubahan tinggi energi (cm),

$\delta x, \delta z$ = perubahan dimensi elemen arah x dan z (cm).

1. Jaring Arus (*Flow-net*)

Sekelompok garis aliran dan garis ekipotensial disebut jaring arus (*flow-net*). Garis ekipotensial adalah garis – garis yang mempunyai tinggi energi potensial yang sama (h konstan). Permeabilitas lapisan lolos air dianggap isotropis ($k_x = k_z = k$).

2. Tekanan Rembesan

Air pada keadaan statis di dalam tanah, akan mengakibatkan tekanan hidrostatik yang arahnya keatas (*uplift*). Akan tetapi, jika air mengalir lewat lapisan tanah, aliran air akan mendesak partikel tanah sebesar tekanan rembesan hidrodinamis yang bekerja menurut arah alirannya. Besarnya tekanan rembesan akan merupakan fungsi dari gradient hidrolik (i).

- Pengaruh Tekanan Air Terhadap Stabilitas Tanah

Menurut Hardiyatmo (2010) tekanan hidrodinamis mempunyai pengaruh yang besar pada stabilitas tanah. Tergantung pada arah aliran, tekanan hidrodinamis dapat dipengaruhi oleh berat volume tanah.

D. Infiltrasi

Menurut Triatmodjo (2010) infiltrasi adalah aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Di dalam tanah air mengalir dalam arah lateral, sebagai aliran antara (*interflow*) menuju mata air, danau dan sungai; atau secara vertikal yang dikenal dengan perkolasi (*percolation*) menuju air tanah. Gerak air di dalam tanah melalui pori – pori

tanah dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler. Gaya gravitasi menyebabkan aliran selalu menuju ke tempat lebih rendah, sedangkan gaya kapiler menyebabkan air bergerak ke segala arah.

Dalam infiltrasi dikenal dua istilah yaitu kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi, yang dinyatakan dalam mm/jam. Kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum untuk suatu jenis tanah tertentu sedangkan laju infiltrasi adalah kecepatan infiltrasi yang nilainya tergantung pada kondisi tanah dan intensitas hujan.

1. Faktor – faktor yang Mempengaruhi Infiltrasi

Laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- Kedalaman genangan dan tebal lapis jenuh

Air yang tergenang di atas permukaan tanah terinfiltrasi ke dalam tanah, yang menyebabkan suatu lapisan di bawah permukaan tanah menjadi jenuh air.

- Kelembaban tanah

Jumlah kadar air tanah mempengaruhi kapasitas infiltrasi. Ketika air jatuh pada tanah kering, permukaan atas dari tanah tersebut menjadi basah, sedang bagian bawahnya masih kering. Dengan demikian terdapat perbedaan yang besar dari gaya kapiler antara permukaan atas tanah dan yang ada di bawahnya. Karena adanya perbedaan tersebut maka gaya kapiler yang bekerja bersama – sama dengan gaya berat, sehingga air bergerak ke bawah (infiltrasi) dengan cepat.

- Pemampatan oleh hujan

Ketika hujan jatuh di atas tanah, butir tanah mengalami pemadatan oleh butiran air hujan. Pemadatan tersebut mengurangi pori – pori tanah yang berbutir halus (seperti lempung), sehingga dapat mengurangi kapasitas infiltrasi. Untuk tanah pasir, pengaruh tersebut sangat kecil.

- Penyumbatan oleh butir halus

Ketika tanah sangat kering, permukaannya sering terdapat butiran halus. Ketika hujan turun dan infiltrasi terjadi, butiran halus tersebut terbawa masuk ke dalam tanah, dan mengisi pori – pori tanah, sehingga mengurangi kapasitas infiltrasi.

- Tanaman penutup

Banyaknya tanaman yang menutupi permukaan tanah, seperti rumput atau hutan dapat menaikkan kapasitas infiltrasi tanah tersebut. Dengan adanya tanaman penutup, air hujan tidak dapat memampatkan tanah, dan juga akan terbentuk lapisan humus. Apabila terjadi hujan, lapisan humus mengembang dan menjadi sangat permeabel. Kapasitas infiltrasinya bisa lebih besar daripada tanah tanpa penutup tanaman.

- Topografi

Kondisi topografi juga mempengaruhi infiltrasi. Pada lahan yang kemiringan besar, aliran permukaan mempunyai kecepatan besar sehingga air kekurangan waktu untuk infiltrasi. Akibatnya sebagian besar air hujan menjadi aliran permukaan. Sebaliknya, pada lahan datar air menggenang sehingga memiliki waktu yang banyak untuk infiltrasi.

- Intensitas hujan

Intensitas hujan juga mempengaruhi kapasitas infiltrasi. Jika hujan lebih kecil dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi adalah sama dengan intensitas hujan. Apabila intensitas hujan lebih besar dari kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan kapasitas infiltrasi.

2. Proses Terjadinya Infiltrasi

Ketika air hujan menyentuh permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan tersebut masuk ke dalam tanah melalui pori – pori permukaan tanah. Proses masuknya air hujan ke dalam tanah ini disebabkan oleh tarikan gaya gravitasi dan kapiler tanah. Laju infiltrasi yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi dibatasi oleh besarnya diameter pori – pori tanah. Di bawah pengaruh gaya gravitasi, air hujan mengalir tegak lurus ke dalam tanah melalui profil tanah. Pada sisi yang lain, gaya kapiler bersifat mengalirkan air tersebut tegak lurus ke atas, ke bawah, dan ke arah horizontal. Gaya kapiler tanah ini bekerja nyata pada tanah dengan pori – pori yang relatif kecil. Pada tanah dengan pori – pori besar gaya ini dapat diabaikan pengaruhnya, dan air mengalir ke tanah yang lebih dalam oleh pengaruh gaya gravitasi. Dalam perjalanannya tersebut, air juga mengalami penyebaran ke arah lateral akibat tarikan gaya kapiler tanah, terutama ke arah tanah dengan pori – pori yang lebih sempit.

Proses infiltrasi yang demikian, melibatkan tiga proses yang tidak saling tergantung :

- proses masuknya air hujan melalui pori – pori permukaan tanah,
- tertampungnya air hujan tersebut di dalam tanah,
- proses mengalirnya air tersebut ke tempat lain (bawah, samping, dan atas).

Infiltrasi (peresapan) merupakan perjalanan air melalui permukaan tanah dan menembus masuk ke dalamnya. Tanah dapat ditembusi air karena adanya celah yang tak kapilar melalui mana aliran air gravitasi yang mengalir ke bawah menuju air tanah, dengan mengikuti suatu jalan berhambatan paling lemah. Gaya – gaya kapilar mengalihkan air gravitasi secara terus – menerus ke dalam rongga – rongga pori kapilar, sehingga jumlah air gravitasi yang melauai horizon – horizon yang lebih rendah secara berangsur – angsur berkurang. Hal ini menyebabkan bertambahnya tahanan pada aliran gravitasi di lapisan permukaan dan berkurangnya laju infiltrasi pada saat hujan meningkat. Air hujan yang jatuh ke tanah akan masuk ke dalam tanah dengan adanya gaya gravitasi, viskositas dan gaya kapilar dan disebut juga sebagai prose infiltrasi. Laju infiltrasi aktual tergantung dari karakteristik tanah dan jumlah air yang tersedia di permukaan tanah untuk membuat tanah lembab. Infiltrasi mempunyai arti penting terhadap :

- Proses Limpasan

Daya infiltrasi menentukan besarnya air hujan yang dapat diserap ke dalam tanah. Sekali air hujan tersebut masuk ke dalam tanah ia akan diupkan kembali atau mengalir sebagai air tanah. Aliran air tanah sangat lambat. Makin besar daya infiltrasi, maka perbedaan antara intensitas curah dengan daya infiltrasi menjadi makin kecil. Akibatnya limpasan permukaannya makin kecil sehingga debit puncaknya juga akan lebih kecil.

- Pengisian Lengan Tanah (*Soil Moisture*) dan Air Tanah

Pengisian lengan tanah dan air tanah adalah penting untuk tujuan pertanian. Akar tanaman menembus daerah tidak jenuh dan menyerap air yang diperlukan untuk evapotranspirasi dari daerah tak jenuh tadi. Pengisian kembali lengan tanah sama dengan selisih antar infiltrasi dan perkolasi (jika ada). Pada permukaan air tanah yang dangkal dalam

alipisan tanah yang berbutir tidak begitu kasar, pengisian kembali lengas tanah ini dapat pula diperoleh dari kenaikan kapiler air tanah.

E. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan, bulanan, harian dan curah hujan perjam. Curah hujan jangka pendek dinyatakan dalam intensitas perjam yang disebut intensitas curah hujan (mm/jam). Pada umumnya makin lama waktu hujan maka intensitas hujannya makin kecil. Jika tidak tersedia waktu untuk mengamati besarnya intensitas curah hujan atau disebabkan oleh karena alatnya tak ada, sehingga dapat ditempuh dengan cara empiris dengan menggunakan rumus – rumus (Subiyanti, 2007).

F. Durasi Curah Hujan

Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan (Sudjarwadi, 1987 dalam Subiyanti, 2007). Lama waktu hujan adalah lama berlangsungnya hujan, dalam hal ini dapat mewakili total curah hujan atau periode hujan yang singkat dari curah hujan yang relatif seragam. Hujan yang meliputi daerah luas, jarang sekali dengan intensitas tinggi, tetapi dapat berlangsung dalam durasi cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi panjang jarang terjadi.

G. Hujan Terhadap Mekanisme Longsoran

Air hujan yang meresap ke dalam lereng mendorong masa tanah untuk longsor. Secara umum terdapat dua tipe hujan pemicu longsoran di Indonesia, yaitu tipe hujan deras yang berlangsung singkat dan hujan normal yang berlangsung lama (Subiyanti, 2007). Tipe hujan deras adalah hujan yang dapat mencapai 70mm/jam atau lebih dari 100mm/jam. Tipe hujan deras hanya akan efektif memicu longsoran pada lereng-lereng yang tanahnya mudah menyerap air, seperti misalnya pada tanah lempung pasiran dan tanah pasir (Premchit, 1995, dalam Karnawati, 1996 dalam Subiyanti, 2007). Tipe hujan normal adalah hujan dengan intensitas 20-50mm/hari. Hujan tipe ini apabila berlangsung selama beberapa minggu hingga beberapa bulan dapat efektif memicu longsoran pada lereng yang tersusun oleh tanah yang lebih kedap air, misalnya lereng dengan tanah lempung, lanau atau lempung pasiran (Karnawati, 2001 dalam Subiyanti, 2007).

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1999), keadaan dan intensitas hujan dapat dikategorikan seperti dalam **Tabel 2.5** berikut.

Tabel 2.5 Keadaan dan Intensitas Hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)	
	1 Jam	24 Jam
Hujan sangat ringan	<1	<5
Hujan ringan	1-5	5-20
Hujan normal	5-10	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	>20	>100

Sumber : Sosrodarsono dan Takeda (1999)

H. Anggapan dalam Perhitungan Hujan Berdasarkan Kemiringan Lereng

Subiyanti (2007), hujan yang jatuh di permukaan lereng dianggap merata. Hujan yang jatuh di permukaan yang datar berbeda dengan hujan yang jatuh di permukaan miring. Sehingga perhitungan besaran hujan di hitung pada masing-masing kemiringan lereng.

Persamaan perhitungan hujan berdasarkan kemiringan lereng menurut Fredlund dan Rahardjo (1993) dalam Subiyanti (2007) sebagai berikut :

$$\bar{V}_{wi} = \frac{L_i V_{wi}}{S_i} \quad (2-38)$$

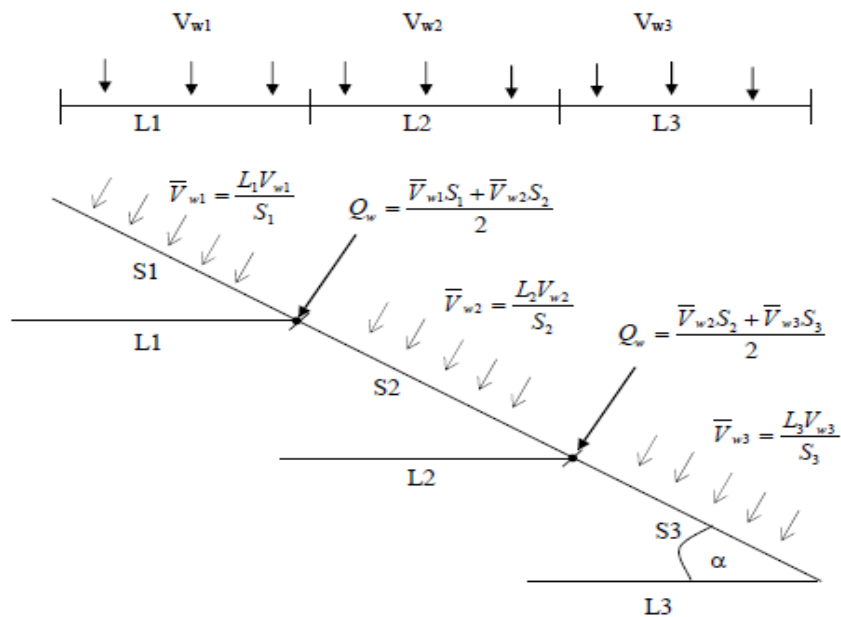
dengan :

V_{wi} = intensitas hujan (mm/jam),

L_i = jarak tegak lurus bidang vertikal (m),

S_i = jarak tegak lurus bidang lereng (m),

Q_w = beban hujan (mm/jam).



Gambar 2.16 Perhitungan Hujan Berdasarkan Kemiringan Lereng
(Sumber : Subiyanti, 2007)

2.2.7 Lereng Alam dan Lereng Buatan

Dalam analisis stabilitas lereng perlu juga mempertimbangkan faktor –faktor topografi, geologi, dan sifat–sifat material. Selain itu perlu juga dipertimbangkan apakah lereng terbentuk secara alami atau dibuat oleh manusia.

2.2.7.1 Lereng Alam

Lereng alam adalah lereng yang terbentuk secara alami. Lereng yang telah stabil beberapa tahun mungkin tiba-tiba longsor akibat perubahan topografi, aliran air tanah, gempa, kehilangan kuat geser, perubahan tegangan, dan pelapukan. Peck (1967) dalam Hardiyatmo (2012) menyatakan bahwa prediksi stabilitas lereng alam mungkin dapat dilakukan dengan baik, hanya jika yang diteliti adalah zona longsor lama yang telah dipelajari sebelumnya, yang mungkin telah berubah kondisinya akibat kegiatan manusia, seperti penggalian pada kaki lereng. Sebaliknya, hasil prediksi mekanisme pemicu longsor mungkin buruk, dikarenakan beberapa hal seperti :

- longsor terjadi pada lokasi acak yang belum diteliti sebelumnya,
- longsor adalah masalah probabilitas, seperti akibat gempa bumi.

Dengan mengetahui keberadaan bidang longsor yang lama pada lereng alam, maka lereng akan lebih mudah dipahami dan diprediksi kelakuannya. Bidang longsor ini merupakan hasil dari peristiwa longsor terdahulu. Kuat geser di sepanjang bidang longsor sering dianggap rendah, karena gerakan yang dulu pernah terjadi, telah menyebabkan tahanan geser puncak terlampaui, dan kemudian perlahan berkurang menuju ke nilai residunya.

Bukan hal yang mudah untuk memahami area longsor. Akan tetapi bila letak lapisan yang tergeser telah diketahui, evaluasi stabilitas lereng umumnya akan dapat dilakukan dengan baik.

2.2.7.2 Lereng Buatan

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

1. Timbunan

Timbunan umumnya dibangun dengan menggunakan tanah-tanah yang dipadatkan. Contohnya pada timbunan badan jalan raya, timbunan jalan rel, tanah urug, bendungan urugan dan tanggul. Umumnya, bangunan timbunan

dirancang dengan menggunakan parameter – parameter kuat geser dari uji contoh tanah yang akan dipadatkan pada rencana kepadatan tertentu.

Analisis stabilitas timbunan umumnya lebih mudah dibandingkan dengan analisis stabilitas lereng alam atau galian. Hal ini, karena material timbunan tanah yang relatif homogen dengan sifat-sifat mekanis yang sudah diketahui dari uji laboratorium.

Bahan timbunan yang terdiri dari material serpih sering mengakibatkan masalah stabilitas lereng dan penurunan. Penyebab longsor lereng timbunan dari bahan serpih, antara lain :

- akibat melunaknya serpih sesudah pembangunan,
- pemadatan yang kurang baik,
- pelunakan serpih akibat penambahan kadar air yang berlebih.

Dalam Spesifikasi Umum Divisi 3 tahun 2010 Revisi 3 timbunan yang dicakup oleh ketentuan dibagi menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu :

- Timbunan pilihan

Timbunan pilihan digunakan di atas tanah rawa atau dataran yang selalu tergenang oleh air. Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah, tanah berbatu atau batu berpasir yang memenuhi semua ketentuan. Dalam segala hal, seluruh timbunan pilihan bila diuji sesuai dengan SNI 03-1744-1989, memiliki CBR paling sedikit 10% setelah 4 (empat) hari perendaman bila dipadatkan sampai 100% kepadatan kering maksimum sesuai dengan SNI 03-1742-1989, atau 95% kepadatan kering maksimum sesuai SNI 03-1743-1989. Timbunan pilihan untuk lapis 20 cm di bawah dasar perkerasan (subgrade) ukuran butir maksimum tidak boleh lebih dari 7,5 cm. Bahan timbunan pilihan yang akan digunakan pada timbunan lereng atau pekerjaan stabilisasi timbunan atau pada situasi lainnya yang memerlukan kuat geser yang cukup, apabila dilaksanakan dengan pemadatan kering normal, maka timbunan pilihan dapat berupa timbunan batu atau kerikil lempungan bergradasi baik atau lempung pasir atau lempung berplastisitas rendah.

- Timbunan Biasa

Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan biasa harus terdiri dari bahan galian tanah atau bahan galian batu sebagai bahan yang memenuhi persyaratan. Bahan yang dipilih sebaiknya tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi. Timbunan untuk lapisan ini bila diuji dengan SNI 03-1744-1989, harus memiliki CBR tidak kurang dari karakteristik daya dukung tanah dasar yang diambil untuk rancangan dan ditunjukkan dalam gambar atau tidak kurang dari 6% jika tidak disebutkan lain (CBR setelah perendaman 4 hari bila dipadatkan 100% kepadatan kering maksimum seperti yang ditentukan oleh SNI 03-1742-1989). Bahan timbunan biasa tidak boleh dari bahan galian tanah yang memiliki sifat tanah yang mengandung organik, tanah dengan kadar air alamiah tinggi, dan tanah yang memiliki kembang susut yang sangat tinggi.

- Timbunan Pilihan Berbutir di Atas Tanah Rawa

Dan untuk keadaan di mana penghamparan dalam kondisi jenuh atau banjir tidak dapat dihindarkan haruslah batu, pasir atau kerikil atau bahan yang berbutir bersih lainnya dengan Indeks Plastisitas maksimum 6%.

2. Galian

Maksud dari perancangan lereng dengan galian adalah untuk menentukan tinggi dan kemiringan lereng yang ekonomis dan stabil. Perancangan kedalaman dan kemiringan lereng galian akan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- kondisi geologi,
- sifat-sifat material di lokasi,
- kedudukan air tanah,
- tekanan rembesan metode pembangunan,
- kondisi alam seperti banjir, erosi, gempa, dan lainnya.

Galian dengan lereng yang terjal kadang-kadang harus dilakukan jika ruangan pembebasan tanah terbatas. Untuk timbunan permanen, analisis stabilitas galian harus mempertimbangkan ukuran – ukuran yang dapat mencegah keruntuhan yang sifatnya segera dan mendadak, ataupun perlindungan kestabilan lereng untuk waktu jangka panjang. Lereng galian,

walaupun stabilitas dalam jangka pendek namun dapat longsor pada tahun – tahun sesudahnya tanpa adanya tanda – tanda yang mendahuluinya. Dalam situasi tertentu stabilitas galian pada akhir pelaksanaan mungkin menjadi paling kritis.

3. Urugan

Urugan tanah untuk pembuangan sampah, sering mengandung bahan organik, limbah pepohonan, dan lainnya yang diratakan dengan buldozer dan kemudian dipadatkan. Urugan tanah ini umumnya hanya dipadatkan dibagian atasnya saja, sehingga menghasilkan material yang tidak padat dan banyak mengandung rongga. Sampah mengalami pelapukan dengan bertambahnya waktu sehingga sifatnya selalu berubah dengan waktu.

Evaluasi stabilitas lereng tanah urugan adalah sama seperti analisis stabilitas lainnya. Kendala dalam analisis adalah sulitnya pengambilan contoh yang mewakili kondisi di lapangan dan pengujian sampah.

2.2.8 Dasar-dasar Pengertian Longsoran

2.2.8.1 Pengertian Longsoran

Menurut Hardiyatmo (2012) longsoran merupakan gerakan massa (mass movement) tanah atau batuan pada bidang longsor potensial. Gerakan massa adalah gerakan dari massa tanah yang besar di sepanjang bidang longsor kritisnya. Gerakan massa tanah ini merupakan gerakan melorot ke bawah dari material pembentuk lereng yang dapat berupa tanah, batu, tanah timbunan atau campuran dari material lain. Bila gerakan massa tanah tersebut sangat berlebihan, maka disebut tanah longsor (*landslide*).

Gerakan massa umumnya disebabkan oleh gaya – gaya gravitasi dan kadang – kadang getaran atau gempa juga menyokong kejadian tersebut. Gerakan massa yang berupa tanah longsor terjadi oleh akibat adanya keruntuhan geser di sepanjang bidang longsor yang merupakan batas Bergeraknya massa tanah atau batuan. Longsoran umumnya dianggap terjadi saat tegangan geser rata – rata di sepanjang bidang longsor sama dengan kuat geser tanah atau batuan yang dapat ditentukan dari uji laboratorium atau uji lapangan. Akan tetapi, saat terjadi keruntuhan bertahap, longsoran tanah terjadi pada tegangan geser yang kurang dari kuat geser puncaknya. Keruntuhan bertahap umumnya diikuti dengan distribusi tegangan tidak seragam di sepanjang bidang

longsor, pada tanah atau batuan berlapis, ketika bidang longsornya memotong material yang berbeda sifat tegangan – regangannya.

2.2.8.2 Penyebab Kelongsoran

Banyak faktor, seperti kondisi – kondisi geologi dan hidrologi, topografi, iklim dan perubahan cuaca mempengaruhi stabilitas lereng yang mengakibatkan terjadinya longsor. Sebab – sebab alami yang mengganggu kestabilan lereng, contohnya: pelapukan, hujan lebat atau hujan tidak begitu lebat tapi berkepanjangan, adanya lapisan lunak dan lain – lain. Sebab yang terkait dengan aktifitas manusia, contohnya: penggalian di kaki lereng, pembangunan di permukaan lereng dan lain – lain.

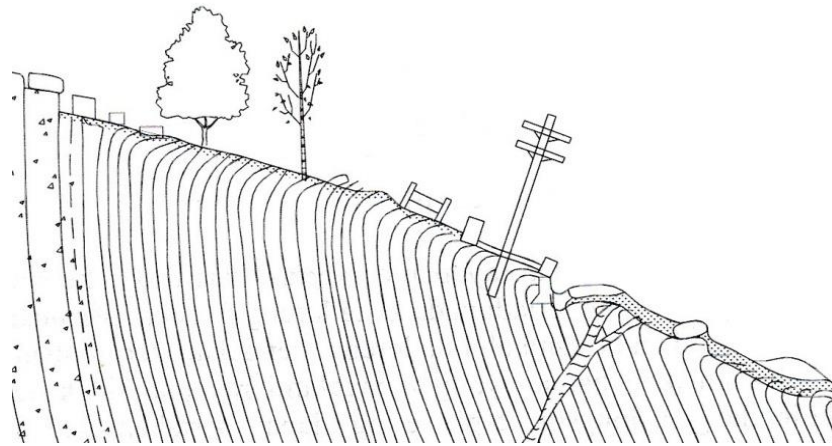
Sebab – sebab longsor lereng adalah :

1. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban oleh air yang masuk ke pori – pori tanah maupun yang menggenangi di permukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuh – tumbuhan yang tertiuip angin dan lain – lain.
2. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng yang menyebabkan tinggi lereng bertambah.
3. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng.
4. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) (pada sungai, bendungan, dan lain – lain).
5. Kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan mendorong tanah ke arah lateral).
6. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut dan lain – lain.
7. Getaran atau gempa bumi.

2.2.8.3 Rayapan (Creep)

Berbeda dengan istilah rayapan struktur pada umumnya, dalam tinjauan kestabilan lereng, rayapan (*creep*) didefinisikan sebagai gerakan tanah atau batuan pembentuk lereng yang kurang lebih kontinyu dalam arah tertentu. Rayapan lereng ini bisa terjadi di dekat permukaan maupun pada kedalaman tertentu. Proses rayapan juga sering digambarkan sebagai peristiwa geser kental (*viscous shear*) yang menyebabkan deformasi permanen, tapi tidak sampai terjadi keruntuhan tanah, seperti longsor.

Lereng yang mengalami gerakan rayapan, bergerak dengan sangat perlahan. Rayapan menerus dapat terjadi pada tegangan geser yang rendah dan terjadi pada waktu lama dengan tanpa menyebabkan keruntuhan lereng. Rayapan menerus sering terjadi pada tanah – tanah lempungan dan batuan yang kelebihan beban.



Gambar 2.17 Kenampakan lereng akibat rayapan (Taylor, 1967)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

Rayapan tanah disebabkan oleh adanya lempung yang mudah mengembang yang mengalami kembang susut, dimana material tersebut mengembang pada saat basah dan menyusut pada saat kering. Kecepatan gerakan ditentukan oleh kemiringan lereng, semakin besar kemiringan lereng, maka semakin cepat gerakannya.

Menurut Ter-Stepanian (1966) dalam Hardiyatmo (2012), deformasi lereng oleh akibat rayapan dapat dibagi menjadi tiga tipe, yaitu:

1. Rayapan Translasiional (*translational creep*)

Rayapan translasiional terjadi di sepanjang bidang yang mendekati sejajar dengan permukaan tanah. Rayapan ini terjadi pada lereng yang panjang.

2. Rayapan Rotational (*rotational creep*)

Rayapan rotational terjadi terutama pada massa batuan homogen, dan hasil rayapan ini menyebabkan massa tanah atau batuan berotasi.

3. Rayapan umum (*general creep*)

Rayapan yang tidak diklasifikasikan sebagai rayapan translasiional dan rayapan rotational, disebut rayapan umu (*general creep*).

2.2.8.4 Tipe – tipe Gerakan Massa

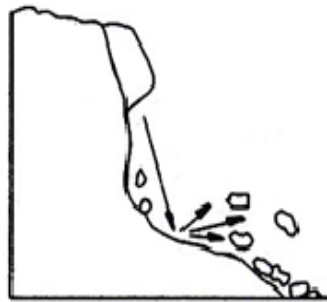
Keruntuhan terjadi, jika tegangan geser maksimum pada suatu titik di dalam tanah atau batuan melebihi kuat geser puncaknya. Pada mulanya tegangan geser maksimum terjadi di dekat kaki lereng dan pada titik di mana kuat geser tanah

terlampau. Setelah itu, keruntuhan menyebar ke atas lereng. Umumnya, bertambahnya regangan (yang menuju ke kuat geser puncaknya) bertambah dengan kenaikan tegangan normal yang menyokong berkembangnya longsoran secara bertahap.

Menurut Cruden dan Varnes (1992) dalam Hardiyatmo 2012, karakteristik gerakan massa pembentuk lereng dapat dibagi menjadi lima macam yaitu:

1. Jatuhan (*fall*)

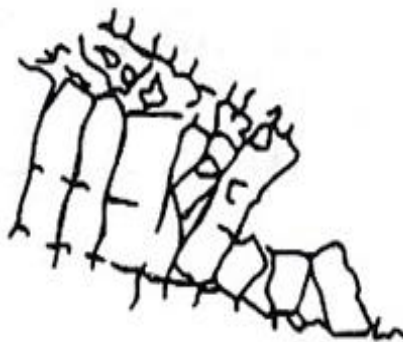
Jatuhan adalah gerakan jatuh material (batuan) pembentuk lereng yang dapat berupa tanah atau batuan di udara dengan tanpa adanya interaksi antara bagian – bagian material yang longsor (Cruden dan Varnes, 1992 dalam Hardiyatmo, 2012). Jatuhan terjadi tanpa adanya bidang longsor, dan banyak terjadi pada lereng terjal atau tegak yang terdiri dari batuan yang mempunyai bidang – bidang tidak menerus (diskontinuitas).



Gambar 2.18 Gerakan Massa Tipe Jatuhan (*falls*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

2. Robohan (*topples*)

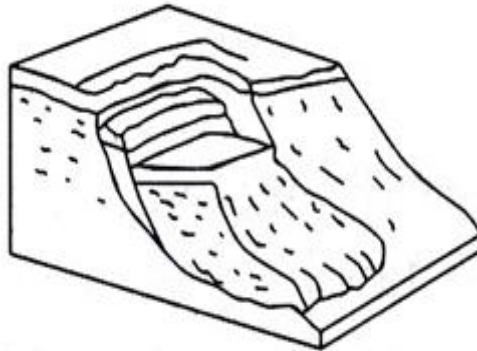
Robohan (*topples*) adalah gerakan material roboh dan biasanya terjadi pada lereng batuan yang sangat terjal sampai tegak yang mempunyai bidang – bidang ketidakterusan yang relatif vertikal.



Gambar 2.19 Gerakan Massa Tipe Robohan (*topples*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

3. Longsoran (*slides*)

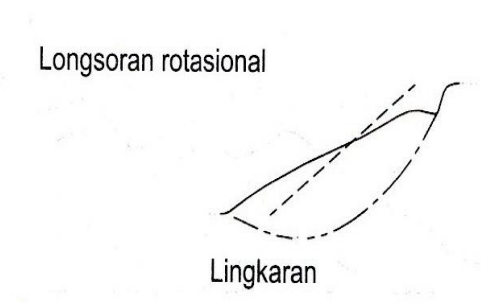
Longsoran (*slides*) adalah gerakan material pembentuk lereng yang diakibatkan oleh terjadinya keruntuhan geser di sepanjang satu atau lebih bidang longsor.



Gambar 2.20 Gerakan Massa Tipe Longsoran (*slides*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

Berdasarkan geometri bidang gelincir, terdapat dua jenis bidang longsor (Broms, 1975 dalam Hardiyatmo, 2012):

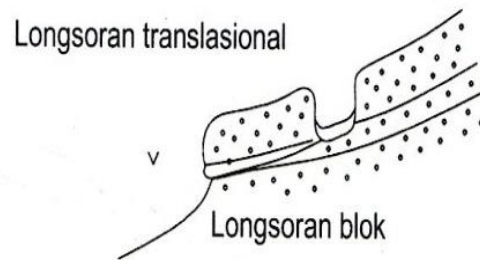
- Longsoran dengan bidang longsor lengkung atau longsoran rotasional (*rotational slides*). Longsoran rotasional memiliki bidang longsor melengkung ke atas dan sering terjadi pada massa tanah yang bergerak dalam satu kesatuan. Longsoran rotasional murni terjadi pada material yang relatif homogen, seperti timbunan buatan (tanggul) dan lereng lempung homogen.



Gambar 2.21 Longsoran Rotasional
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

- Longsoran dengan bidang gelincir datar atau longsoran translasional (*translational slides*). Longsoran translasional merupakan gerakan di sepanjang diskontinuitas atau bidang lemah yang secara pendekatan sejajar dengan permukaan lereng, sehingga gerakan tanah terjadi secara

translasi. Longsoran translasioanl terjadi bila lereng terdiri dari tanah tidak padat yang dibatasi di bagian bawahnya oleh lapisan batuan dasar yang posisinya relatif sejajar permukaan lereng. Longsoran terjadi terutama pada musim hujan, yaitu ketika beban lereng menjadi berat dan diikuti dengan berkurangnya kuat geser di bagian pertemuan antara permukaan batuan dasar dan tanah di atasnya.



Gambar 2.22 Longsoran Translasional
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

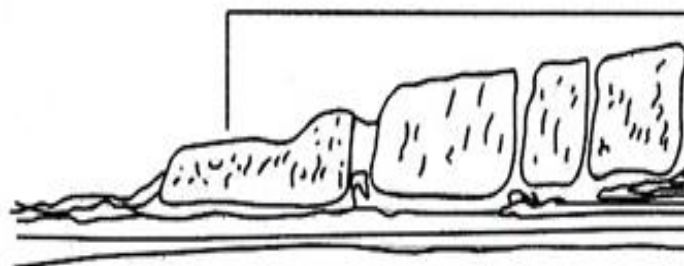
Tabel 2.6 Klasifikasi Kedalaman Longsoran

Tipe	Kedalaman (m)
Longsoran permukaan (<i>surface slide</i>)	< 1,5
Longsoran dangkal (<i>shallow slides</i>)	1,5-5,0
Longsoran dalam (<i>deep slides</i>)	5,0-20
Longsoran sangat dalam (<i>very deep slides</i>)	> 20

Sumber : Broms (1975) dalam Hardiyatmo, (2012)

4. Sebaran (*spread*)

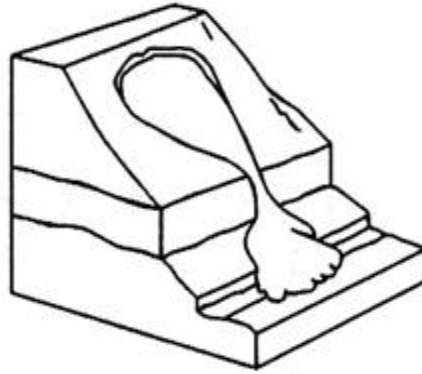
Sebaran lateral (*lateral spreading*) merupakan kombinasi dari bergeraknyanya massa tanah dan turunnya massa batuan terpecah – pecah ke dalam material lunak yang terletak di bawahnya (Cruden dan Varnes, 1992 dalam Hardiyatmo, 2012)



Gambar 2.23 Gerakan Massa Tipe Sebaran (*spread*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

5. Aliran (*flow*)

Aliran (*flow*) adalah gerakan hancuran material ke bawah lereng dan mengalir seperti cairan kental.

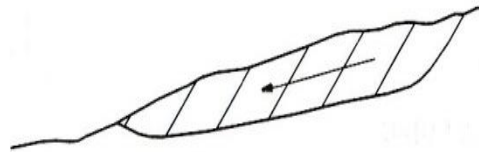


Gambar 2.24 Gerakan Massa Tipe Aliran (*flow*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

Broms (1975) dalam Hardiyatmo (2012), membagi longsoran tipe aliran menjadi empat, yaitu:

- Aliran tanah (*earth flow*)

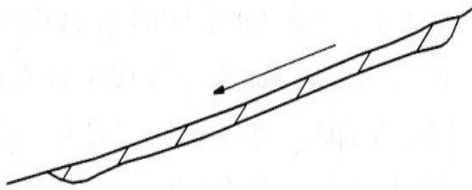
Aliran tanah (*earth flow*) sering terjadi pada tanah-tanah berlempung dan berlanau setelah hujan lebat.



Gambar 2.25 Aliran Tanah (*earth flow*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

- Aliran lanau/lumpur (*mud flow*)

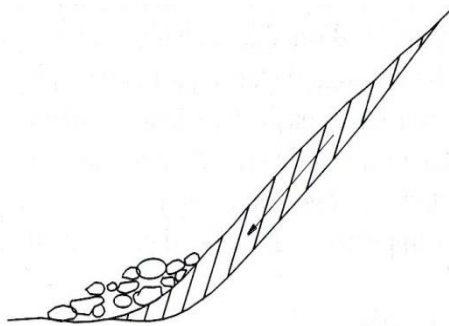
Aliran lanau/lumpur (*mud flow*) dapat terjadi pada daerah dengan kemiringan yang landai. Aliran lanau sering terjadi pada lempung retak-retak atau lempung padat yang berada di antara lapisan-lapisan pasir halus yang bertekanan air pori tinggi. Aliran lanau ini disebabkan oleh aliran erosi dalam lapisan pasir.



Gambar 2.26 Aliran lanau/lumpur (*mud flow*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

- Aliran debris (*debris flow*)

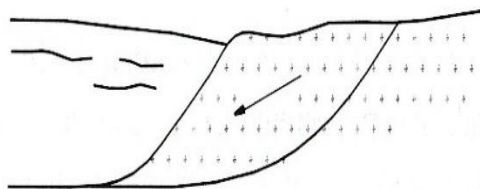
Aliran debris (*debris flow*) adalah aliran yang terjadi pada material berbutir kasar. Kejadian ini sering terjadi pada lereng di daerah kering/gersang, dimana tumbuh-tumbuhan sangat jarang atau di daerah lereng yang permukaannya tidak ada tumbuhannya atau tumbuhannya telah ditebangi.



Gambar 2.27 Aliran debris (*debris flow*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

- Longsoran aliran (*flow slide*)

Longsoran aliran (*flow slide*) adalah gerakan material pembentuk lereng akibat *liquefaction* pada lapisan pasir halus atau lanau yang tidak padat yang terendam air tanah dan terjadi umumnya pada daerah lereng bagian bawah.



Gambar 2.28 Longsoran aliran (*flow slide*)
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

2.2.9 Anggapan – anggapan dalam Stabilitas Lereng

Dalam praktek, analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*). Menurut Hardiyatmo (2010), analisis stabilitas lereng didasarkan oleh beberapa anggapan – anggapan yaitu :

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

Faktor aman didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara gaya yang menahan dengan gaya yang menggerakkan atau menggeserkan. Menurut Hardiyatmo (2010) faktor aman stabilitas lereng atau faktor aman terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2 – 1,5 , sehingga kondisi lereng kritis tidak terjadi.

2.2.10 Parameter Tanah untuk Stabilitas Lereng

Menurut Standar Konstruksi Bangunan Indonesia (SKBI, 1987) untuk analisis stabilitas lereng diperlukan parameter tanah atau batuan yaitu :

A. Kuat geser

Kuat geser terdiri dari kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Untuk analisis stabilitas lereng untuk jangka panjang digunakan harga kuat geser efektif maksimum (c' , ϕ'). Untuk lereng yang sudah mengalami gerakan atau material pembentuk lereng yang mempunyai diskontinuitas tinggi digunakan harga kuat geser sisa ($c_r = 0$; ϕ_r).

B. Tekanan air pori

Tekanan air pori diperlukan untuk perhitungan kemantapan lereng dalam jangka waktu yang panjang. Parameter ini dapat diperoleh dari “*flow net*”, tinggi muka air tanah dan secara langsung dari hasil pembacaan pisometer di lapangan.

C. Berat Isi

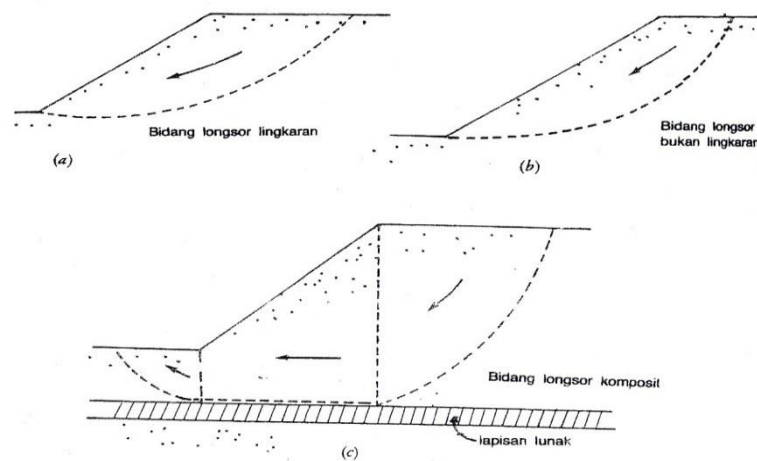
Berat isi diperlukan untuk perhitungan beban guna analisis stabilitas lereng. Berat isi dibedakan menjadi berat isi asli, berat isi jenuh, dan berat isi terendam air yang penggunaannya tergantung kondisi lapangan. Salah satu penerapan pengetahuan mengenai kekuatan geser tanah/batuan adalah untuk analisis stabilitas lereng. Keruntuhan geser pada tanah atau batuan terjadi akibat gerak relatif antar butirnya. Oleh sebab itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antar butirnya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kekuatan geser terdiri atas :

- bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah/batuan dan ikatan butirnya.
- bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

2.2.11 Analisa Stabilitas Lereng dengan Bidang Longsoran Berbentuk Lingkaran

Untuk lereng tanah homogen, kebanyakan peristiwa longsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Keruntuhan lereng dari jenis tanah kohesif banyak terjadi karena bertambahnya kadar air tanah. Sebab terjadinya longsoran adalah karena tidak tersedianya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan gerakan tanah longsor ke bawah, pada bidang longsornya.

Lengkung bidang longsor dapat berbentuk bidang lingkaran (silinder), spiral logaritmik ataupun kombinasi dari keduanya. Kadang – kadang, dijumpai pula suatu bidang longsor yang tidak berupa kurva menerus akibat perpotongan dari bidang longsor tersebut dengan lapisan tanah keras (seperti : lempung sangat kaku, pasir padat, permukaan batu) atau lapisan yang sangat lunak. Berikut ini adalah contoh bentuk – bentuk bidang longsor diperlihatkan dalam **Gambar 2.29**



Gambar 2.29 Bentuk – bentuk Bidang Longsor
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Bentuk anggapan bidang longsor berupa lingkaran dimaksudkan untuk mempermudah hitungan analisis stabilitas secara matematik, dan dipertimbangkan mendekati bentuk sebenarnya dari bidang longsor yang sering terjadi di alam. Keakuratan hasil hitungan analisis stabilitas lereng, sangat bergantung pada sifat – sifat tanah dan lokasi bidang longsor kritisnya. Penentuan sifat – sifat tanah harus dilakukan pada benda uji asli (*undisturbed*). Untuk tanah – tanah yang mengandung kerikil atau pasir, benda uji asli sangat sulit diperoleh.

2.2.12 Analisa Stabilitas Lereng Secara Analitis

2.2.12.1 Penentuan Variabel

Untuk analisa tegangan efektif, kuat geser tanah ditentukan dengan persamaan berikut:

$$s = c' + (\tau_n - \mu) \tan \phi' \quad (2-39)$$

dengan :

s = kuat geser (Ton/m²),

c' = kohesi efektif (kN/m²),

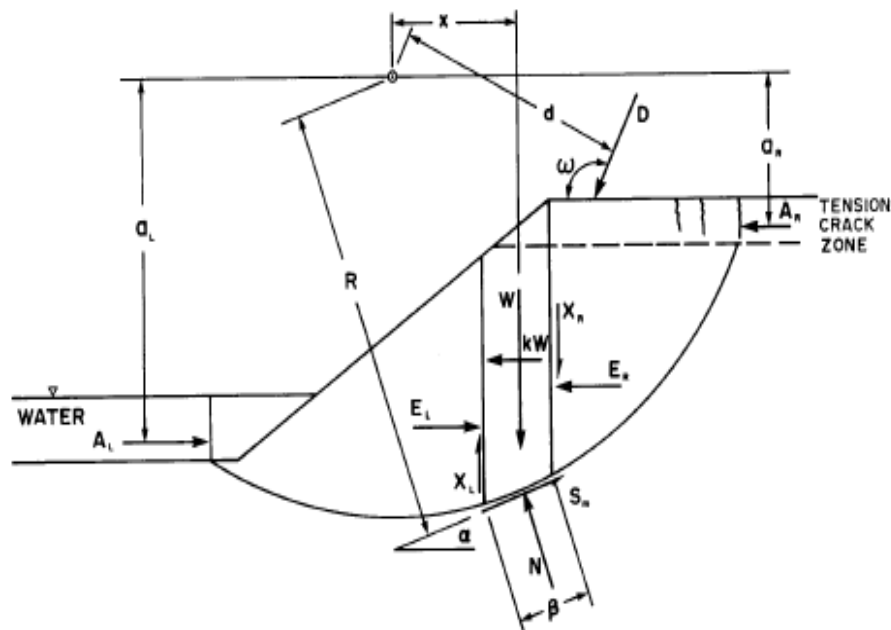
ϕ' = sudut geser dalam efektif (derajat),

τ_n = tegangan normal (kN/m²),

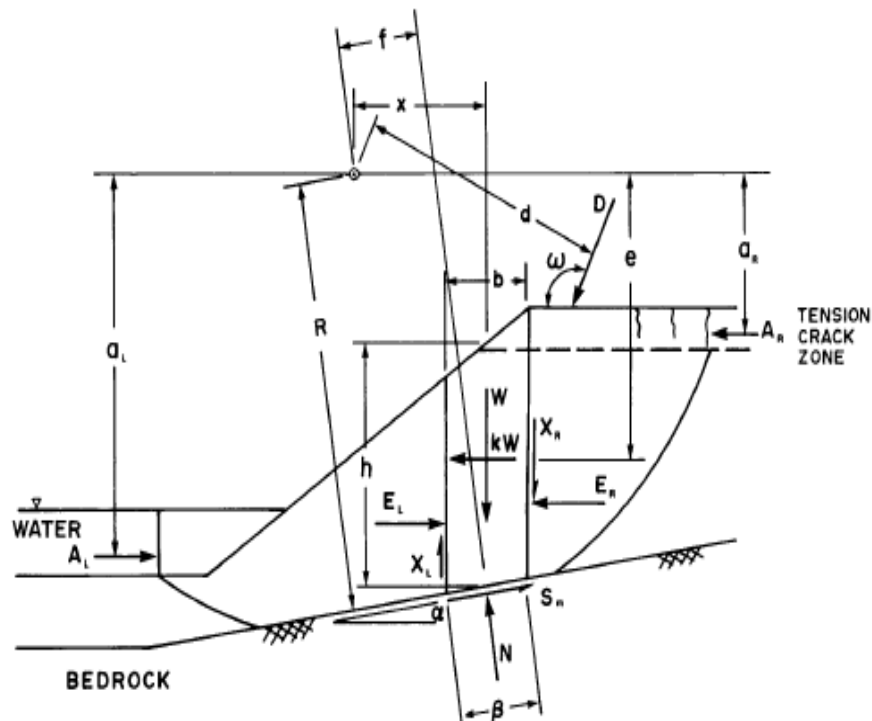
μ = tekanan air pori (kN/m²).

Gaya-gaya yang bekerja pada permukaan bidang longsor berbentuk lingkaran dan translasi diberikan dalam **Gambar 2.30** dan **Gambar 2.31**. Sedangkan **Gambar**

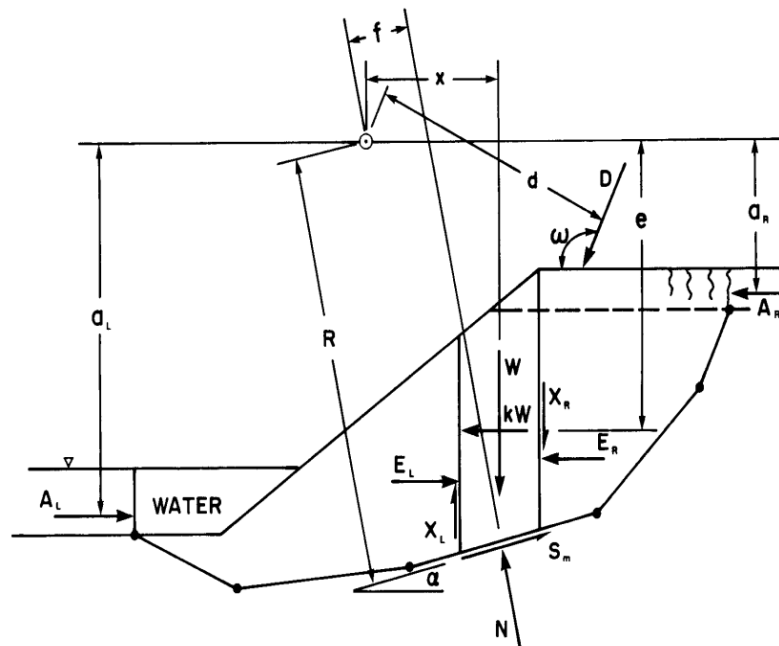
2.32 memperlihatkan gaya-gaya yang bekerja pada permukaan bidang longsor yang terbentuk dari sejumlah garis lurus (*translational slip surface*).



Gambar 2.30 Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan dengan Permukaan Bidang Longsor Tipe Lingkaran
(Sumber : Anonim, 2008)



Gambar 2.31 Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan dengan Permukaan Bidang Longsor Tipe Gabungan
(Sumber : Anonim, 2008)



Gambar 2.32 Gaya-gaya yang Bekerja pada Irisan dengan Permukaan Bidang Longsoran Tipe Translasi
(Sumber : Anonim, 2008)

Variabel-variabel yang berpengaruh dijelaskan sebagai berikut:

- W = berat total pias dengan lebar b dan tinggi h (kN),
- N = gaya normal total pada dasar pias (kN),
- S = gaya geser yang menggerakkan pada dasar tiap pias (kN),
- E = gaya normal horisontal antar pias, tanda L dan R menunjukkan sisi kiri dan kanan pias (kN),
- X = gaya geser vertikal antar pias, tanda L dan R menunjukkan sisi kiri dan kanan pias (kN),
- D = beban garis (kN),
- kW = beban gempa horisontal yang diterapkan pada pusat tiap pias (kN),
- R = radius untuk bidang longsor lingkaran atau lengan momen dalam hubungannya dengan gaya geser yang terjadi (τ_m) untuk berbagai bentuk bidang longsor (m),
- f = jarak tegak lurus gaya normal dari pusat rotasi atau pusat momen, jarak f dianggap negatif apabila berada disebelah kanan pusat rotasi lereng negatif (lereng yang menghadap kanan) dan sebaliknya (m),
- x = jarak horisontal antara garis pusat tiap pias dengan pusat rotasi atau pusat momen (m),

- e = jarak vertikal antara pusat tiap pias dengan pusat rotasi atau pusat momen (m),
- d = jarak antara pusat beban garis dengan pusat rotasi atau pusat momen (m),
- h = jarak vertikal antara dasar tiap pias dengan sisi atasnya (m),
- a = jarak tegak lurus tekanan air dengan pusat rotasi atau pusat momen, tanda L dan R berturut-turut menunjukkan arah sisi kiri dan kanan lereng (m),
- A = resultan tekanan air dengan pusat rotasi atau pusat momen, tanda L dan R berturut-turut menunjukkan arah sisi kiri dan kanan lereng,
- ω = sudut antara beban garis dengan horisontal, sudut ini diukur berlawanan arah jarum jam dari sumbu x positif (derajat),
- α = sudut singgung antara pusat dasar tiap pias dengan horisontal, positif jika sama dengan sudut geometri lereng keseluruhan (derajat).

Dalam analisa stabilitas lereng, biasanya dihitung dua persamaan faktor keamanan yaitu persamaan keseimbangan gaya-gaya dan momen yang bekerja pada setiap bidang irisan. Faktor keamanan didefinisikan sebagai suatu faktor dimana gaya geser tanah dikurangi untuk membuat massa tanah ke dalam kondisi keseimbangan batas sepanjang bidang longsor. Untuk memenuhi kondisi keseimbangan batas, besarnya gaya geser (S_m) yang harus dikerahkan adalah:

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

$$S_m = \frac{(c'\beta + (N - u\beta)\tan \phi')}{F} \tag{2-40}$$

dengan $\sigma_n = N / \beta$

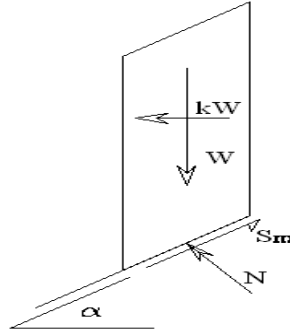
- σ_n = rata-rata tegangan normal pada dasar tiap pias (kN/m²),
- F = faktor aman,
- β = panjang dasar tiap pias (m).

2.2.12.2 Analisa Stabilitas Lereng dengan Metode Irisan (*User Guide SLOPE/W, 2008*)

A. Metode Fellenius (*Ordinary*)

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana diantara beberapa metode irisan. Metode ini juga dinamakan sebagai metode lingkaran Swedia. Asumsi yang digunakan dalam metode ini adalah resultan gaya antar irisan sama dengan nol dan

bekerja sejajar dengan permukaan bidang runtuh, serta bidang runtuh berupa sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini hanya kesetimbangan momen untuk semua irisan pada pusat lingkaran runtuh.



Gambar 2.33 Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan Metode *Ordinary*
(Sumber : *Anonim* , 2008)

Untuk memulai perhitungan faktor keamanan, Fellenius (1936) mengabaikan gaya geser dan gaya normal yang bekerja pada tiap-tiap pias. Dengan menjumlahkan gaya-gaya arah tegak lurus dengan dasar irisan diperoleh persamaan gaya normal (N) yaitu:

$$N = W \cos \alpha - kW \sin \alpha + [D \cos (\omega + \alpha - 90)] \quad (2-41)$$

Dari **Gambar 2.30**, **Gambar 2.31** dan **Gambar 2.32** dapat ditentukan persamaan keseimbangan momen untuk menghitung faktor aman. Dengan meninjau resultan momen dari setiap pias yang bekerja di pusat rotasi sama dengan nol, dapat ditulis persamaan sebagai berikut:

$$\sum Wx - \sum S_m R - \sum Nf + \sum kWe \pm [Dd] \pm Aa = 0 \quad (2-42)$$

dengan mensubstitusikan **Persamaan 2-40** ke dalam **Persamaan 2-42**, diperoleh persamaan faktor aman dengan keseimbangan momen (F_m) :

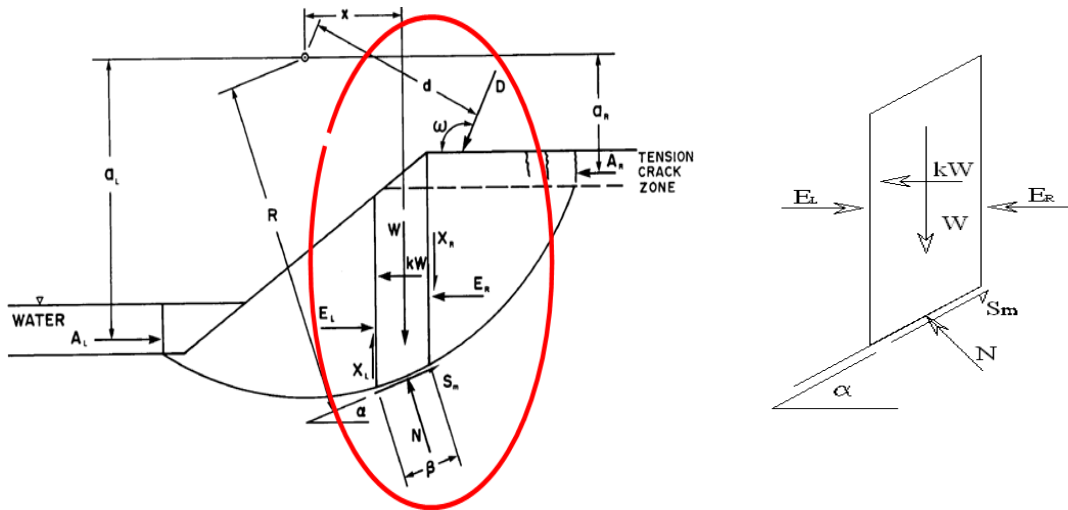
$$F_m = \frac{\sum (c' \beta R + (N - u \beta) R \tan \phi')}{\sum Wx - \sum Nf + \sum kWe \pm [Dd] \pm Aa} \quad (2-43)$$

Persamaan dalam tanda kurung [] menunjukkan bahwa gaya tersebut dipertimbangkan hanya pada pias yang mempunyai gaya luar.

B. Metode Bishop yang Disederhanakan (*Simplified Bishop Method*)

Metode Bishop disederhanakan (1995), memperkenalkan suatu penyelesaian yang lebih teliti daripada metode irisan yang sederhana. Dalam metode ini, pengaruh gaya – gaya pada sisi tepi tiap irisan diperhitungkan. Selain itu pada metode ini, lereng

yang terdiri dari berlapis-lapis tanah dapat dianalisis. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu besarnya gaya geser antar-irisan sama dengan nol ($X=0$) dan bidang runtuh berbentuk sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini adalah kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan momen pada pusat lingkaran runtuh untuk semua irisan, sedangkan kesetimbangan gaya dalam arah horisontal tidak dapat dipenuhi.



Gambar 2.34 Gaya-Gaya yang Bekerja pada tiap Irisan Metode Bishop
(Sumber : *Anonim, 2008*)

Kesetimbangan gaya dalam arah vertikal menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$(X_L - X_R) - W + N \cos \alpha - S_m \sin \alpha - [D \sin \omega] = 0 \quad (2-44)$$

Substitusi **Persamaan 2-40** ke **Persamaan 2-44** akan menghasilkan persamaan untuk gaya normal total (N) sebagai berikut:

$$N = \frac{W + (X_L - X_R) - \frac{c' \beta \sin \alpha + u \beta \sin \alpha \tan \phi'}{F} + [D \sin \omega]}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi'}{F}} \quad (2-45)$$

Selanjutnya dengan menganggap gaya geser antar pias pada **Persamaan 2-45** sama dengan nol, maka gaya normal menjadi:

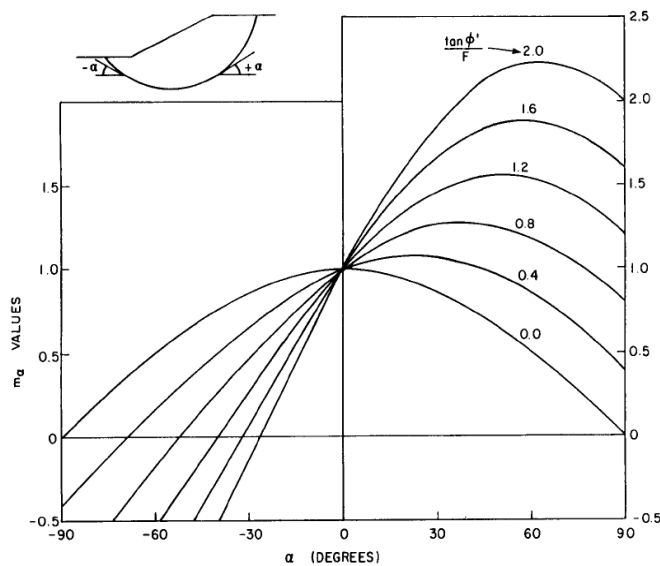
$$N = \frac{W - \frac{c' \beta \sin \alpha + u \beta \sin \alpha \tan \phi'}{F} + [D \sin \omega]}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi'}{F}} \quad (2-46)$$

Apabila **Persamaan 2-45** digunakan untuk menyelesaikan faktor aman pada **Persamaan 2-40**, maka akan diperoleh faktor aman metode Bishop yang disederhanakan (*Bishop's simplified method*). Kadangkala, nilai gaya normal pada bidang runtuh untuk irisan tertentu mempunyai nilai yang tidak realistik karena nilainya yang sangat besar atau kadang-kadang bernilai negatif. Hal tersebut disebabkan karena dalam perhitungan gaya normal digunakan persamaan sebagai berikut:

$$N = \frac{W + (X_L - X_R) - \frac{c' \beta \sin \alpha + u \beta \sin \alpha \tan \phi'}{F} + [D \sin \omega]}{m_\alpha} \quad (2-47)$$

dengan $\sin \alpha = \cos \alpha \tan \alpha$ dan $m_\alpha = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi'}{F} \right)$ (2-48)

Grafik nilai m_α untuk beberapa nilai sudut kemiringan (α), sudut gesek (ϕ), dan faktor keamanan (SF) diperlihatkan pada **Gambar 2.35**. Dari gambar tersebut terlihat bahwa suatu kondisi tertentu m_α dapat mempunyai nilai yang kecil sekali atau bahkan bernilai nol sehingga menyebabkan gaya normal nilainya menjadi besar sekali atau bahkan tak terhingga.

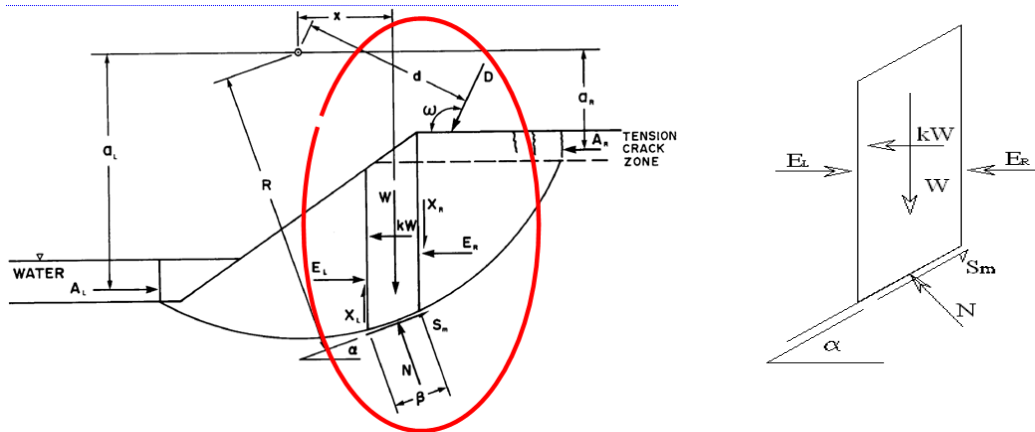


Gambar 2.35 Diagram untuk Menentukan Nilai m_α
(Sumber : Anonim, 2008)

C. Metode Janbu yang Disederhanakan (*Simplified Janbu Method*)

Metode Janbu yang disederhanakan (1954) mengembangkan suatu cara analisis stabilitas lereng yang dapat diterapkan untuk semua bidang longsoran. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu gaya geser antar irisan sama dengan nol. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan

kesetimbangan gaya dalam arah horisontal untuk semua irisan, namun kesetimbangan momen tidak dapat dipenuhi. Sembarang bentuk bidang runtuh dapat dianalisis dengan metode ini.



Gambar 2.36 Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan Metode Janbu
(Sumber : Anonim, 2008)

Dari **Gambar 2.30**, **Gambar 2.31** dan **Gambar 2.32** dapat ditentukan persamaan keseimbangan gaya untuk menghitung faktor aman. Dengan meninjau resultan gaya-gaya horisontal yang bekerja dari tiap-tiap pias, didapat persamaan keseimbangan gaya sebagai berikut:

$$\sum(E_L - E_R) - \sum(N \sin \alpha) + \sum(S_m \cos \alpha) - \sum(kW) + [D \cos \omega] \pm A = 0 \quad (2-49)$$

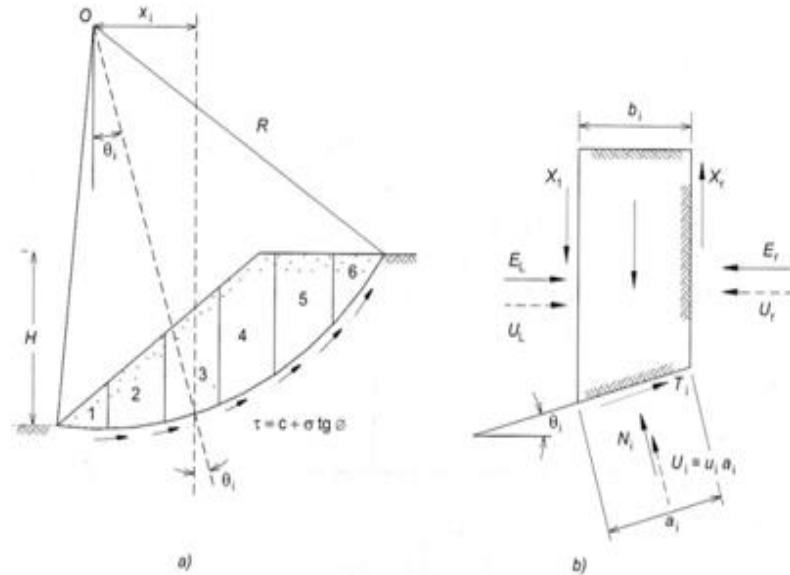
dengan $\sum(E_L - E_R) = 0$ apabila seluruh gaya pada pias diseluruh massa tanah yang longsor dijumlahkan. Dengan mensubstitusikan **Persamaan 2-40** ke dalam **Persamaan 2-49**, maka persamaan faktor aman dengan keseimbangan gaya (F_f) tanpa faktor koreksi (f_o) adalah sebagai berikut:

$$F_f = \frac{\sum(c' \beta \cos \alpha + (N - u \beta) \tan \phi' \cos \alpha)}{\sum N \sin \alpha + \sum kW - [D \cos \omega] \pm A} \quad (2-50)$$

2.2.12.3 Analisa Stabilitas Lereng Metode Ordinary (Hardiyatmo, 2012)

Gaya normal yang bekerja pada suatu titik di lingkaran bidang longsor, dipengaruhi oleh berat tanah di atas titik tersebut. Dalam metode irisan, massa tanah yang longsor dipecah – pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Kemudian keseimbangan dari tiap – tiap irisan diperhatikan. **Gambar 2.37** memperlihatkan satu irisan dengan gaya-gaya yang bekerja padanya. Gaya – gaya yang terdiri dari gaya geser (X_r dan X_l), gaya normal efektif (E_r dan E_l) di sepanjang sisi irisannya, resultan gaya

geser efektif (T_i), dan resultan gaya normal efektif (N_i) yang bekerja sepanjang dasar irisan. Tekanan air pori U_l dan U_r bekerja di kedua sisi irisan dan tekanan air pori U_i bekerja pada dasarnya. Dianggap tekanan air pori sudah diketahui sebelumnya.



Gambar 2.37 Gaya yang bekerja pada irisan
(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

Analisis stabilitas dengan metode Fellenius (1936) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan dan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dan gaya – gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori adalah :

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

atau

$$\begin{aligned} N_i &= W_i \cos \theta_i - U_i \\ &= W_i \cos \theta_i - u_i a_i \end{aligned} \tag{2-51}$$

Faktor aman didefinisikan sebagai :

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}} \\ F &= \frac{\sum M_r}{\sum M_d} \end{aligned} \tag{2-52}$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \Theta$, maka :

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i \tag{2-53}$$

dengan :

R = Jari-jari lingkaran bidang longsor,

N = Jumlah irisan,

W_i = Berat massa tanah irisan ke-i,

θ_i = Sudut yang didefinisikan pada **Gambar 2.37**.

dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah yang akan longsor, adalah :

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i tg \varphi) \quad (2-54)$$

sehingga persamaan untuk faktor aman menjadi :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i tg \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (2-55)$$

Bila terdapat air pada lereng, tekanan air pori pada bidang longsor tidak menambah momen akibat tanah yang akan longsor (M_d), karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran. Substitusi **Persamaan 2.51** ke **Persamaan 2.55**, diperoleh :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) tg \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (2-56)$$

dengan :

F = Faktor aman,

c = Kohesi tanah (kN/m^2),

φ = Sudut gesek dalam tanah (derajat),

a_i = Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m),

W_i = Berat irisan tanah ke-i (kN),

u_i = Tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m^2),

θ_i = Sudut yang didefinisikan dalam **Gambar 2.37** (derajat).

Jika terdapat gaya-gaya selain berat tanahnya sendiri, seperti beban bangunan di atas lereng, maka momen akibat beban ini diperhitungkan menjadi M_d .

Metode Fellenius menghasilkan faktor aman yang lebih rendah dari cara hitungan lainnya. Besar nilai kesalahan dapat tergantung dari faktor aman, sudut pusat lingkaran yang dipilih dan besar tekanan air pori. Walaupun analisis ditinjau dari tegangan total, namun cara ini telah banyak digunakan dalam praktek, karena cara hitungan yang sederhana dan kesalahan hitungan yang dihasilkan masih pada sisi yang aman.

2.2.12.4 Analisa Stabilitas Lereng dengan *Software*

A. *Software Geostudio V.7*

Software SLOPE/W Version 7 adalah produk perangkat lunak dari *GEOSTUDIO Office International Ltd.* Calgary, Alberta, Canada. Program ini

merupakan program integrasi dari sederetan *software – software* yang disediakan untuk menangani permasalahan – permasalahan rancang bangun di bidang geoteknik. Adapun *software – software* yang terintegrasi ke dalam *software GEOSTUDIO V.7* adalah sebagai berikut :

1. *SLOPE/W* untuk analisa stabilitas lereng,

SLOPE/W adalah stabilitas lereng produk *software CAD* terkemuka untuk menghitung faktor keamanan bumi dan batu lereng. *SLOPE/W* secara efektif dapat menganalisis masalah sederhana dan kompleks untuk berbagai bentuk busur, kondisi tekanan air pori, sifat tanah, metode analisis dan kondisi pembebanan. Menggunakan batas keseimbangan, *SLOPE/W* dapat memodelkan jenis heterogen tanah, kompleks geometri permukaan stratigrafi dan slip, dan kondisi tekanan air pori variabel menggunakan pilihan model tanah. Analisis stabilitas lereng dapat dilakukan dengan menggunakan deterministik atau probabilistik parameter masukan. Tekanan dihitung dengan analisa tegangan elemen hingga sehingga dapat digunakan selain untuk perhitungan batas keseimbangan. Dengan berbagai komprehensif dari fitur, *SLOPE/W* dapat digunakan untuk menganalisis hampir semua masalah stabilitas lereng yang akan dihadapi dalam geoteknik, proyek sipil, dan teknik pertambangan.

Pemilihan satuan dalam *SLOPE/W* ditetapkan untuk panjang, gaya, dan berat satuan. Satuan Internasional (SI) maupun satuan imperial dapat digunakan asalkan digunakan secara konsisten. Berat satuan air dipilih berdasarkan satuan panjang yang digunakan. **Tabel 2.7** menunjukkan contoh paket satuan konsisten yang sering digunakan.

Tabel 2.7 Data Masukan dan Satuan dalam Analisa Stabilitas Lereng dengan *SLOPE/W*

No.	Parameter	Dimensi	Satuan Internasional	Satuan Imperial
1.	Geometri	L	Meter	Feet
2.	Berat Satuan Air	F/L ³	kN/m ³	Pcf.
3.	Berat Satuan Tanah	F/L ³	kN/m ³	Pcf
4.	Kohesi	F/L ²	kN/m ²	Psf
5.	Tekanan Air	F/L ²	kN/m ²	Psf
6.	Tinggi Tekanan	L	meter	Feet
7.	Beban Garis	F/L	kN/m	Lb/ft
8.	Beban Terpusat	F	kN	Lb

Sumber : *Anonim, 2008*

2. **SEEP/W** untuk analisa rembesan,

SEEP/W merupakan elemen *CAD* dari produk perangkat lunak yang terbatas untuk menganalisis rembesan air tanah dan kelebihan air pori. Seperti masalah tekanan di dalam bahan berpori seperti tanah dan batu. Formulasi komprehensif memungkinkan untuk mempertimbangkan analisis mulai dari masalah sederhana. *SEEP/W* dapat diterapkan pada analisis dan desain geoteknik, sipil, hidrogeologi, dan pertambangan proyek rekayasa.

SEEP/W dapat memodelkan baik jenuh dan tak jenuh aliran. Ini sebuah fitur yang dapat menganalisis berbagai masalah untuk dapat dianalisis. *SEEP/W* juga memungkinkan untuk menganalisis rembesan sebagai fungsi waktu dan untuk mempertimbangkan proses seperti infiltrasi curah hujan.

3. **SIGMA/W** untuk analisa deformasi dan tegangan,

SIGMA/W adalah elemen *CAD* dari produk perangkat lunak yang terbatas yang dapat digunakan untuk analisis tegangan dan deformasi analisis struktur bumi. Formulasi komprehensif memungkinkan untuk menganalisa masalah sederhana dan sangat kompleks. *SIGMA/W* dapat melakukan analisis deformasi sederhana linear elastis atau nonlinier elastis-plastik. Banyak model tanah konstitutif memungkinkan untuk mewakili berbagai jenis tanah atau bahan struktural. Selain itu, *SIGMA/W* dapat memodelkan generasi tekanan air pori dan struktur tanah dalam menanggapi beban eksternal. Fitur ini memungkinkan *SIGMA/W* untuk menganalisis hampir semua tegangan atau deformasi masalah yang akan dihadapi dalam geoteknik, sipil, dan pertambangan proyek rekayasa.

4. **QUAKE/W** untuk analisa tekanan dinamis dan deformasi,

QUAKE/W adalah elemen *CAD* dari produk perangkat lunak yang terbatas geoteknik untuk menganalisis dinamis struktur bumi yang mengalami gempa mengguncang, atau titik kekuatan dinamis dari ledakan atau beban dampak yang secara tiba-tiba. *QUAKE/W* menentukan gerak dan tekanan air pori yang kelebihan air kemudian timbul karena gemetar. Formulasi komprehensif membuat *QUAKE/W* juga cocok untuk menganalisis berbagai masalah. Fungsi properti materi umum memungkinkan untuk menggunakan laboratorium atau data yang dipublikasikan. Tiga model konstitutif yang didukung adalah model Linear-elastis, model Linear Setara, dan tegangan yang efektif Model Non-Linear. *QUAKE/W* menggunakan Metode Integrasi

langsung untuk menghitung gerak dan kelebihan air pori tekanan yang timbul dari gaya inersia. *QUAKE/W* dapat digunakan untuk menganalisis hampir semua masalah gempa dinamis yang akan dihadapi dalam geoteknik, proyek sipil, dan teknik pertambangan Anda.

5. ***TEMP/W*** untuk analisa *geothermal*,

TEMP/W adalah elemen *CAD* dari produk perangkat lunak yang terbatas untuk menganalisis perubahan termal di tanah karena faktor lingkungan atau pembangunan fasilitas seperti bangunan atau pipa. Formulasi yang luas memungkinkan untuk menganalisis kedua masalah panas bumi sederhana dan sangat kompleks. *TEMP/W* dapat diterapkan pada analisis panas bumi dan desain geoteknik, sipil, dan pertambangan proyek rekayasa, termasuk fasilitas dikenai pembekuan dan pencairan perubahan suhu. *TEMP/W* diformulasikan untuk memperhitungkan panas terkait dengan air berubah menjadi es dan es berubah menjadi air. Tingkat di mana panas diserap atau dilepaskan dan dikendalikan oleh fungsi kadar air beku. Atas fase perubahan suhu, semua air membeku. Karena suhu turun di bawah titik perubahan fase, porsi air yang tersisa berkurang dicairkan. Fleksibilitas lengkap dalam mendefinisikan dicairkan fungsi kandungan air memungkinkan untuk menganalisis berbagai kondisi tanah. Ketika dihubungkan dengan *SEEP/W* atau *AIR/W* dapat mempertimbangkan perpindahan panas yang disebabkan oleh air yang mengalir atau bergerak udara.

6. ***CTRAN/W*** untuk analisa pengangkutan zat – zat pencemar (*contaminant transport*),

CTRAN/W adalah elemen *CAD* dari produk perangkat lunak yang terbatas yang dapat digunakan untuk model pergerakan kontaminan melalui bahan berpori seperti tanah dan batu. Perumusan komprehensif *CTRAN/W* memungkinkan untuk menganalisis masalah yang bervariasi dari pelacakan partikel sederhana dalam menanggapi gerakan air, untuk proses kompleks yang melibatkan difusi, dispersi, adsorpsi, peluruhan radioaktif dan dependensi kepadatan. *CTRAN/W* dapat diterapkan pada analisis dan desain geoteknik, sipil, hidrogeologi, dan pertambangan proyek rekayasa. *CTRAN/W* dirancang untuk digunakan bersama-sama dengan analisis rembesan seperti *SEEP/W*

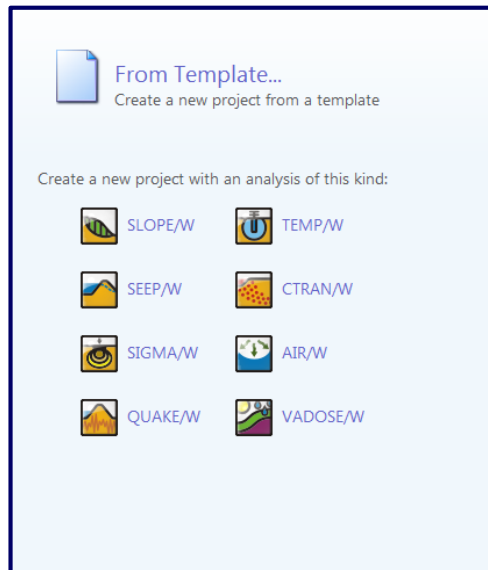
untuk menganalisis transportasi kontaminan. *SEEP/W* menghitung kecepatan aliran air, kadar air volumetrik, dan perubahan air secara terus – menerus.

7. *AIR/W* untuk analisa aliran udara melalui tanah,

AIR/W adalah elemen *CAD* dari produk perangkat lunak yang terbatas untuk menganalisis masalah interaksi tanah udara di dalam bahan berpori seperti tanah dan batu. Formulasi komprehensif memungkinkan untuk mempertimbangkan analisis mulai dari masalah sederhana. *AIR/W* dapat diterapkan pada analisis dan desain geoteknik, sipil, hidrogeologi, dan pertambangan proyek rekayasa. *AIR/W* dapat diterapkan untuk kedua zona jenuh dan tak jenuh, sebuah fitur yang sangat luas dalam menganalisis berbagai masalah yang dapat dianalisis. Selain asumsi aliran air di mana isi udara tetap, *AIR/W* memungkinkan untuk menganalisis aliran udara dan rembesan sebagai fungsi waktu dan untuk mempertimbangkan proses seperti mengubah udara dan air. Ketika dihubungkan dengan *TEMP/W*, itu dapat menjelaskan aliran udara dan air di pembekuan dan pencairan tanah di mana perubahan kerapatan udara karena perubahan suhu.

8. *VADOSE/W* untuk analisa perubahan penguapan secara terus – menerus.

VADOSE/W adalah elemen *CAD* dari produk perangkat lunak yang terbatas untuk menganalisis aliran dari lingkungan, di permukaan tanah, melalui zona vadose tak jenuh dan ke rezim air tanah lokal. Formulasi komprehensif memungkinkan analisis kedua masalah sederhana dan kompleks, dari analisis sederhana dari tanah infiltrasi karena hujan, untuk model canggih mengingat salju mencair dan akar transpirasi serta penguapan permukaan, limpasan, genangan, dan difusi gas. *VADOSE/W* dapat diterapkan pada analisis dan desain geoteknik, pertambangan, hidrogeologi, pertanian, dan proyek-proyek teknik sipil. Dampak lingkungan pada kondisi tanah memahami mekanika tanah jenuh sekarang penting untuk insinyur geoteknik melakukan analisis stabilitas lereng, merancang tanah meliputi untuk tambang atau fasilitas sampah kota, atau menentukan efek proyek pertanian atau irigasi pada aliran air tanah. Kondisi lingkungan di permukaan tanah, seperti curah hujan, evaporasi dan transpirasi, telah semakin diakui memiliki dampak yang signifikan terhadap perilaku tanah di zona tak jenuh atau vadose.

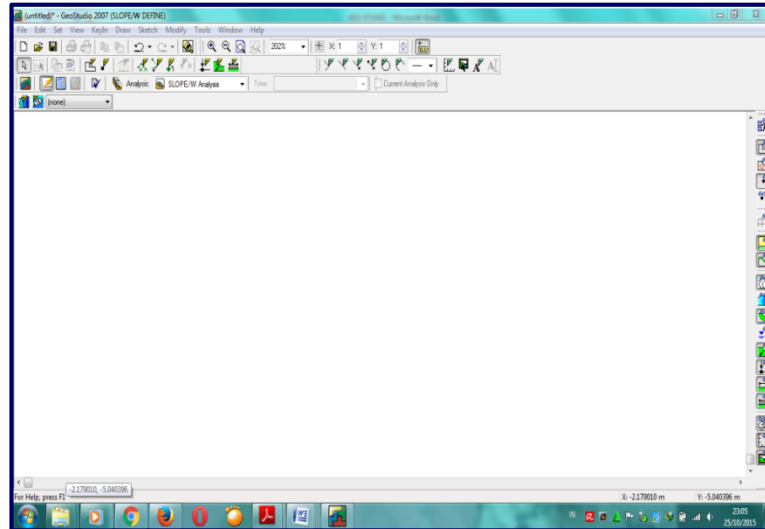


Gambar 2.38 Tampilan *Software GEOSTUDIO Version 7*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

B. *Software GEOSTUDIO - SLOPE/W*

1. SLOPE/W DEFINE

Langkah pertama dalam analisis stabilitas lereng dengan software *SLOPE/W* adalah penggambaran model beserta data-data teknis analisis melalui *SLOPE/W DEFINE*. *SLOPE/W DEFINE* merupakan fungsi grafis yang menggunakan paket *software Computer Aided Drafting (CAD)* dalam penggambaran model yang akan dianalisis. Untuk menggambar model, dimulai dengan pengaturan bidang kerja yang meliputi ukuran kertas, skala, koordinat bidang kerja, satuan, dan lain sebagainya yang tersedia pada menu *DEFINE*. Langkah selanjutnya adalah membuat sketsa lereng yang akan dianalisis baik bentuk geometri, karakteristik material, parameter-parameter analisa maupun metoda yang akan digunakan dalam analisa. Setelah semua parameter-parameter analisa dimasukkan melalui *SLOPE/W DEFINE*, langkah selanjutnya adalah menghitung faktor aman dengan *SLOPE/W SOLVE*. Tampilan *SLOPE/W DEFINE* diperlihatkan dalam **Gambar 2.39** berikut ini.

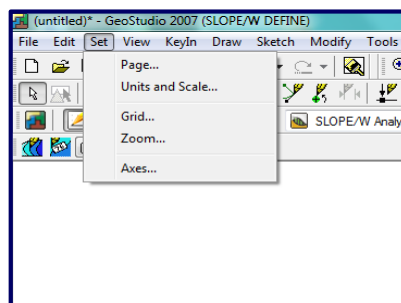


Gambar 2.39 Tampilan awal *SLOPE/W DEFINE*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

Beberapa menu utama pada *SLOPE/W DEFINE* dan fungsinya akan dijabarkan dalam penjelasan berikut ini :

1) Menu *Set*

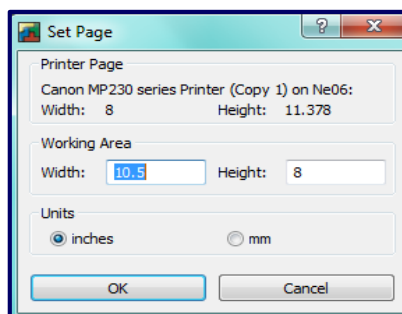
Menu *Set* digunakan untuk menentukan ukuran halaman, ruang kerja, ukuran tampilan pada layar dan skala yang digunakan.



Gambar 2.40 Tampilan Menu *Set*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

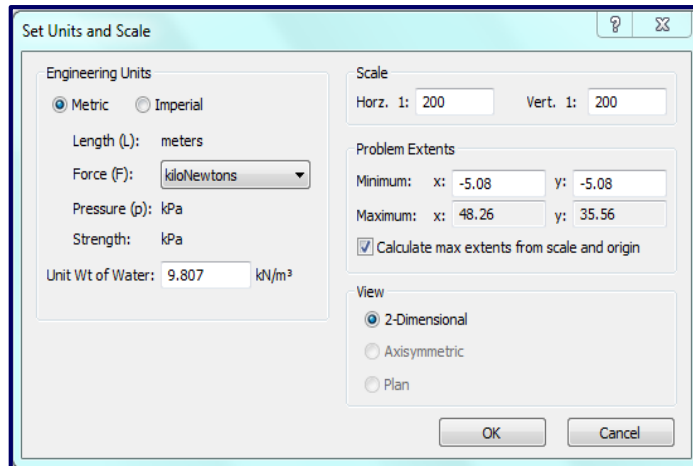
Menu *Set* terdiri atas perintah :

- *Page*, untuk mengatur ruang kerja



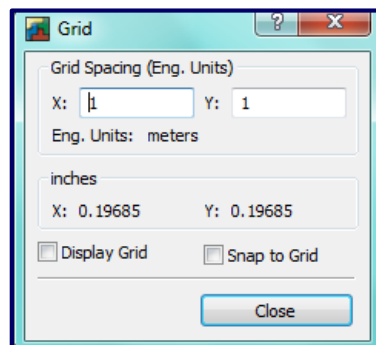
Gambar 2.41 Kotak Dialog *Set Page*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- **Scale**, untuk mengatur skala.



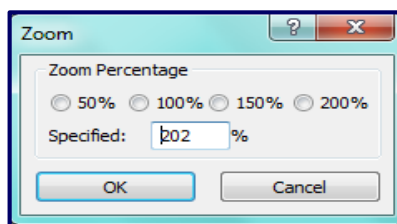
Gambar 2.42 Kotak Dialog Set Scale
(Sumber : Anonim, 2008)

- **Grid**, untuk mengatur dan menampilkan titik-titik grid sebagai titik acuan dalam penggambaran problem (sket problem).



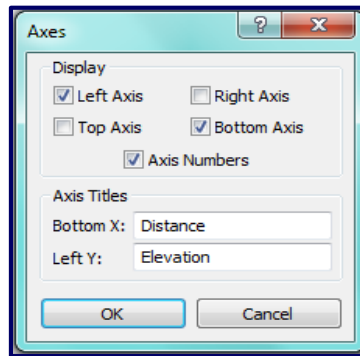
Gambar 2.43 Kotak Dialog Set Grid
(Sumber : Anonim, 2008)

- **Zoom**, untuk mengatur ukuran tampilan pada layar komputer.



Gambar 2.44 Kotak Dialog Set Zoom
(Sumber : Anonim, 2008)

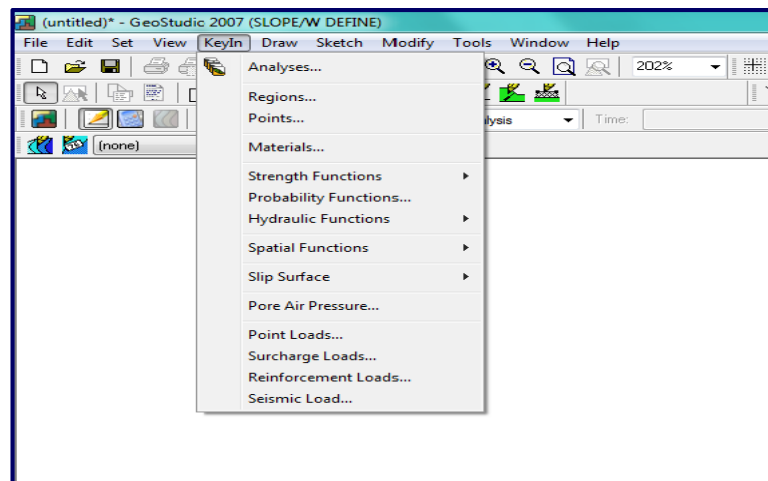
- **Axis**, untuk mendefinisikan garis skala referensi.



Gambar 2.45 Kotak Dialog Set Axes
(Sumber : *Anonim, 2008*)

2) Menu **KeyIn**

Menu **KeyIn** terdiri atas beberapa submenu untuk menggambarkan permasalahan lereng yang akan dianalisis.

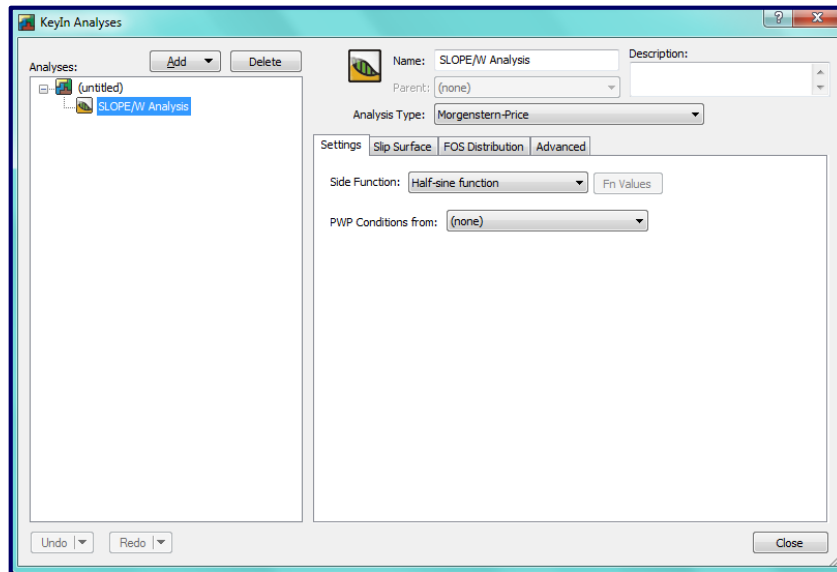


Gambar 2.46 Tampilan Menu **KeyIn**
(Sumber : *Anonim, 2008*)

Menu **KeyIn** terdiri atas perintah :

- Submenu **KeyIn Analysis**

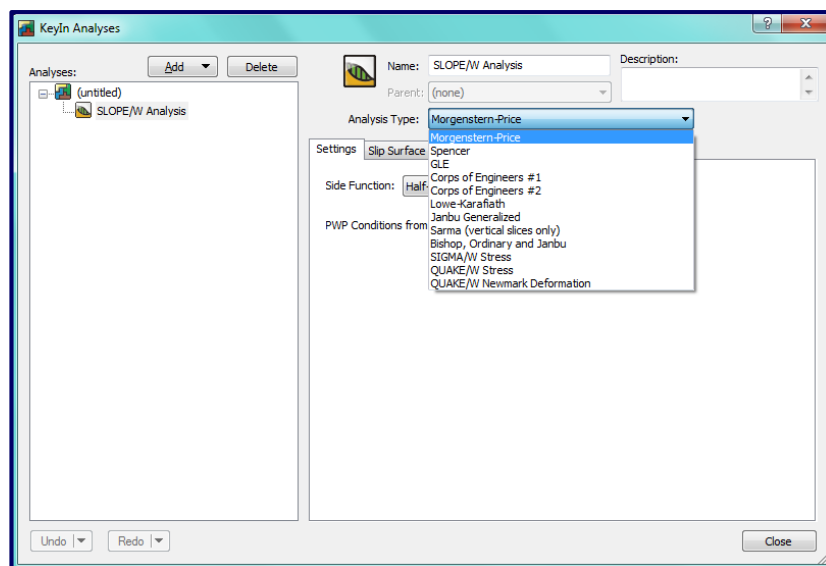
KeyIn Analysis untuk menentukan identitas permasalahan.



Gambar 2.47 Kotak Dialog Submenu *KeyIn Analysis*
(Sumber : Anonim, 2008)

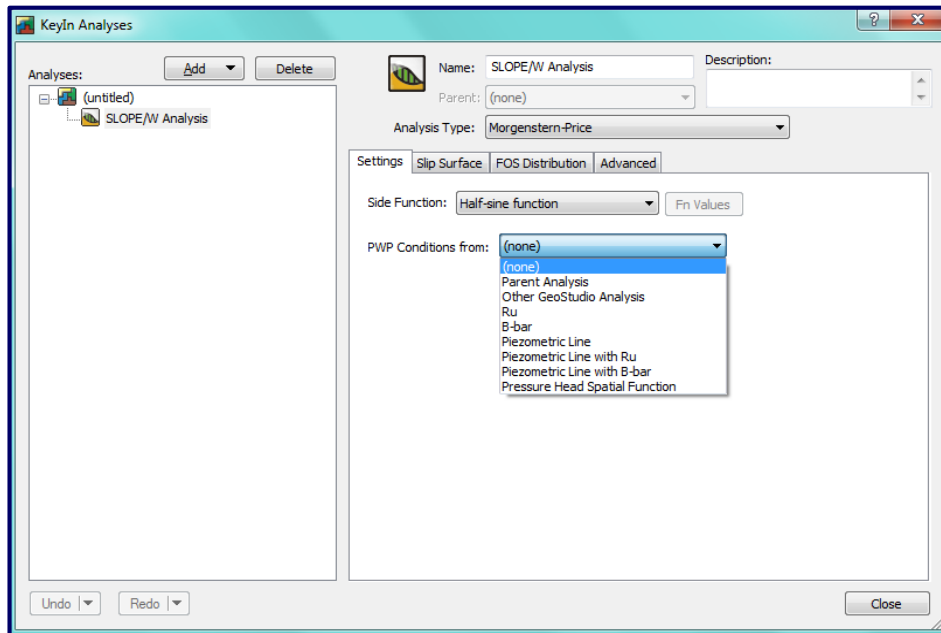
Menu dalam *Keyin Analysis* terdiri dari :

- *Analysis Type*, untuk analisa tipe yang akan digunakan.



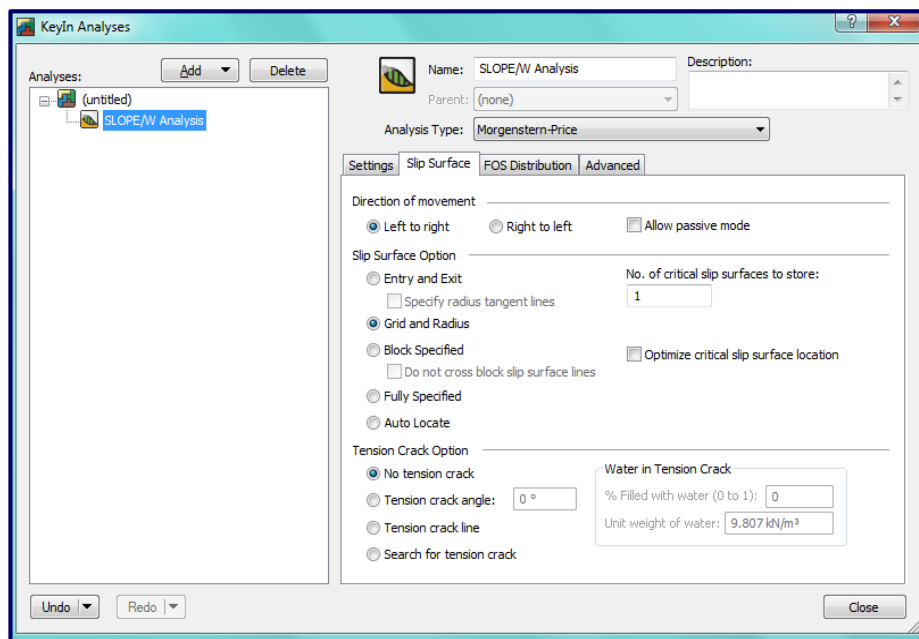
Gambar 2.48 Kotak Dialog Submenu *Analysis Type*
(Sumber : Anonim, 2008)

- *PWP*, untuk menentukan kondisi tekanan air pori.



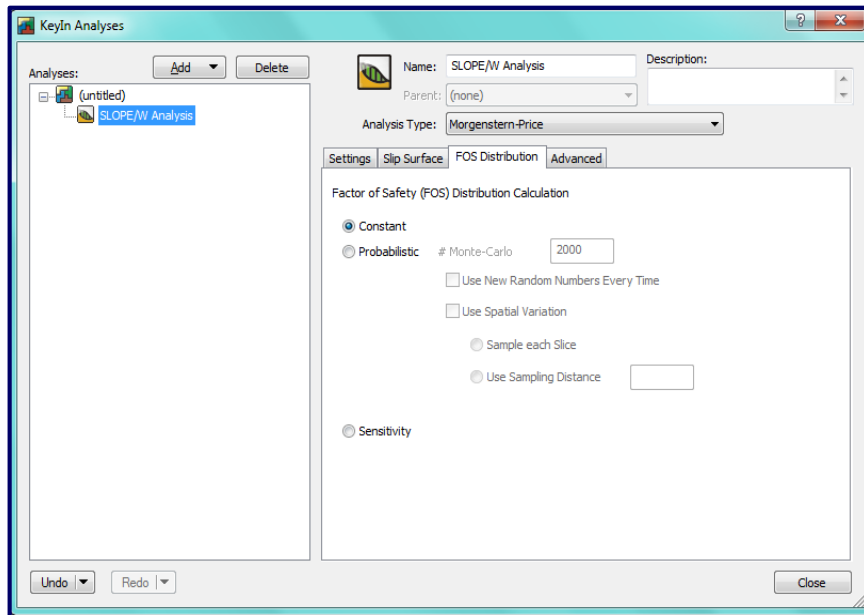
Gambar 2.49 Kotak Dialog Submenu *PWP*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- *Slip Surface*, untuk mendefinisikan bentuk dan kondisi permukaan bidang longsor.



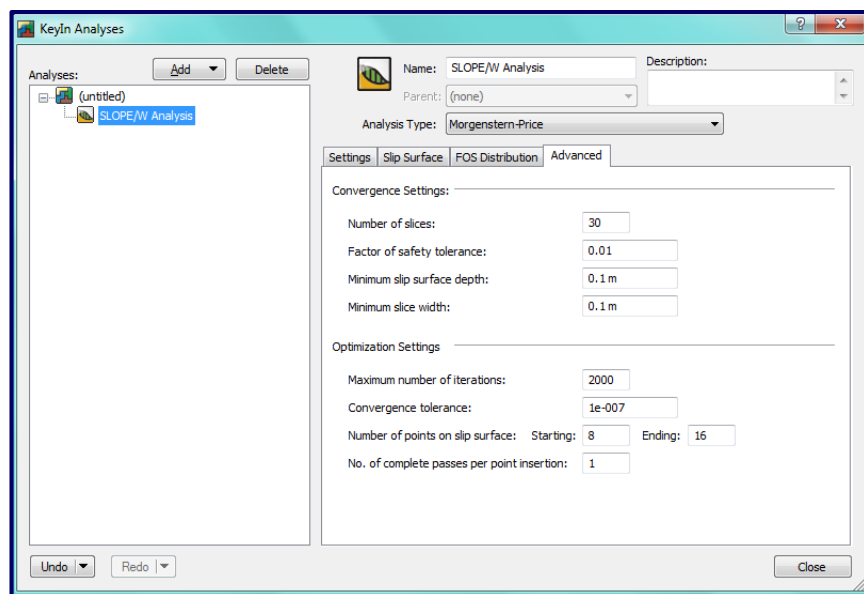
Gambar 2.50 Kotak Dialog Submenu *Slip Surface*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- *FOS Distribution*, untuk menentukan probabilitas faktor keamanan.



Gambar 2.51 Kotak Dialog Submenu *FOS Distribution*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

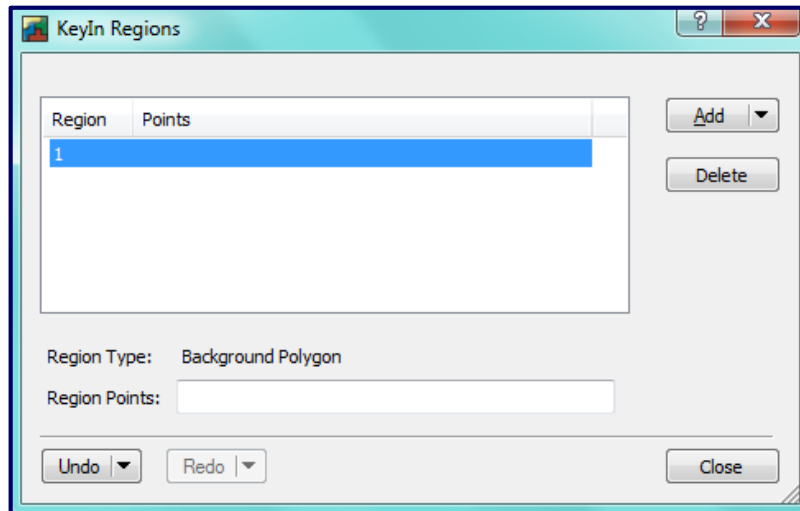
- *Advance*, untuk menentukan jumlah irisan bidang dalam analisa.



Gambar 2.52 Kotak Dialog Submenu *Advanced*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- Submenu *KeyIn Region*

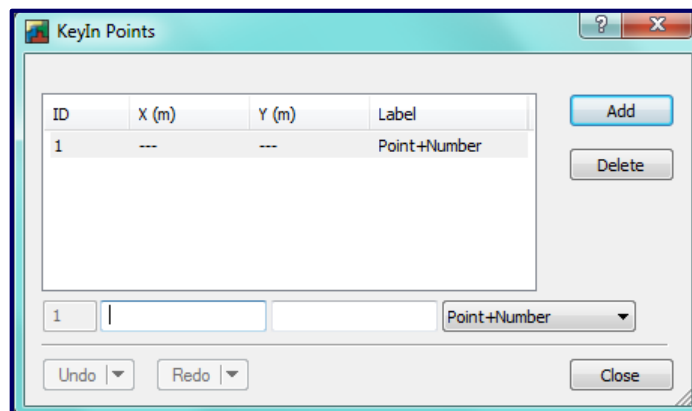
Sub menu *KeyIn Region* digunakan untuk mendefinisikan batas material penyusun lereng.



Gambar 2.53 Kotak Submenu *Keyin Region*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- Submenu ***Keyin Points***

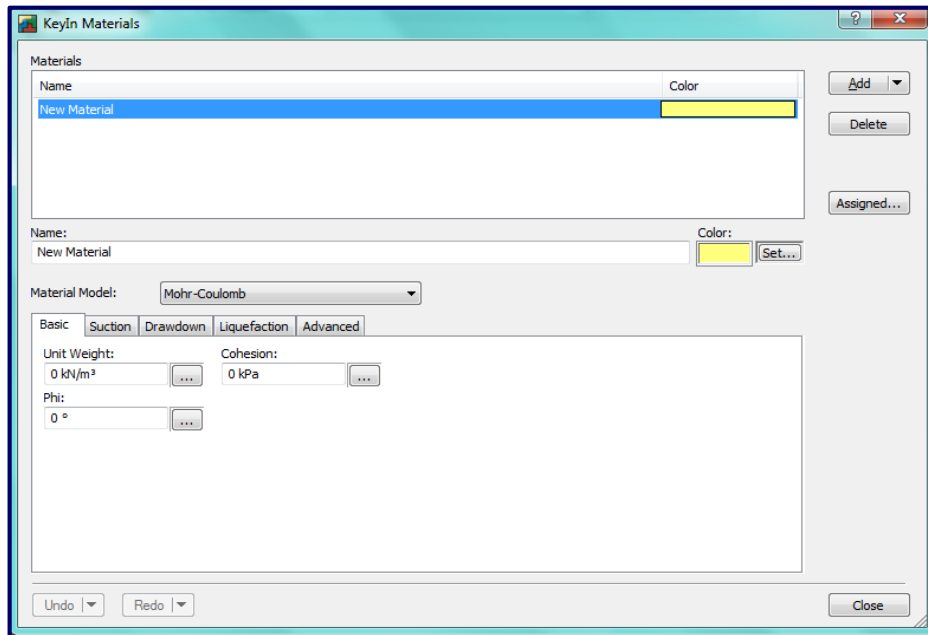
Digunakan untuk membuat titik-titik (*points*) yang digunakan sebagai acuan untuk menghubungkan garis-garis dalam menggambar bentuk geometri permasalahan yang akan dianalisa.



Gambar 2.54 Kotak Submenu *Keyin Points*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- Submenu ***Keyin Material Properties***

Menu ini berfungsi untuk memasukkan karakteristik material-material pembentuk lereng.

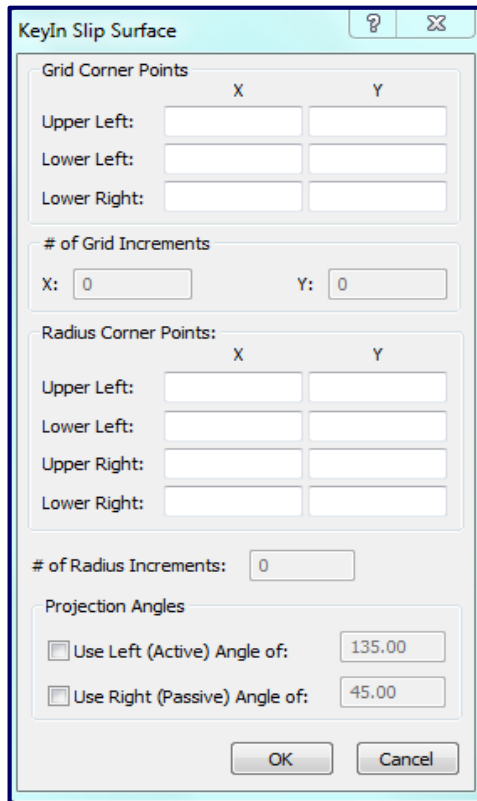


Gambar 2.55 Kotak Submenu *Keyin Material Properties*
(Sumber : Anonim, 2008)

- Submenu *Slip Surface*

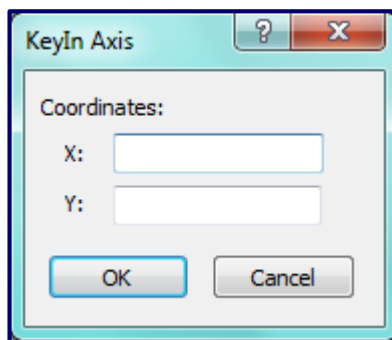
Dipakai untuk menentukan acuan bidang gelincir yang akan digunakan dalam analisis. Metode yang terdapat dalam penentuan acuan bidang gelincir, yaitu :

- *Grid and Radius Slip Surface*, untuk memberikan acuan bidang gelincir yang berbentuk lingkarang maupun komposit.
- *Fully Specified Slip Surface*, untuk memberikan acuan bidang gelincir tertentu.
- *Block Specified Slip Surface*, untuk memberikan acuan berupa dua blok.



Gambar 2.56 Kotak Submenu *Keyin Slip Surface*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

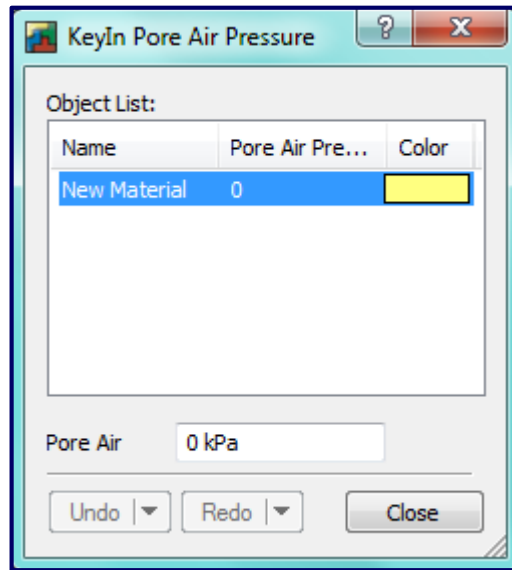
- *Axis Points*, untuk sketsa sumbu pada gambar



Gambar 2.57 Kotak Submenu *Keyin Axis*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- Submenu *Pore Air Pressure*

Submenu *Pore Air Pressure* digunakan untuk mendefinisikan tekanan pori udara pada tanah, seperti yang ditetapkan dalam menu *Analysis Setting*.

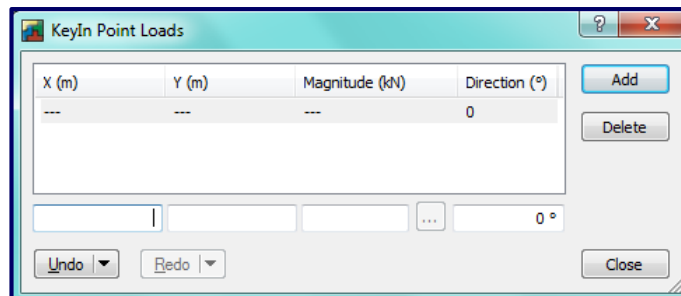


Gambar 2.58 Kotak Submenu *Keyin Pore Air Pressure*
(Sumber : Anonim, 2008)

- Submenu **Load**

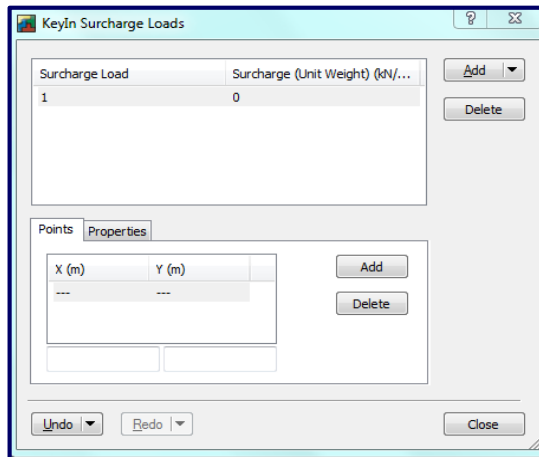
Submenu **Load**, digunakan untuk mendefinisikan jenis pembebanan yang diterapkan pada lereng. Jenis pembebanan yang dapat diterapkan yaitu :

- Beban Garis (*Point Loads*).



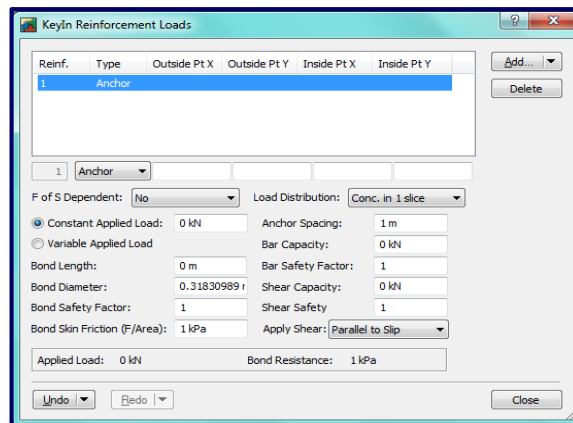
Gambar 2.59 Kotak Submenu *Keyin Point Loads*
(Sumber : Anonim, 2008)

- Beban Tambahan (*Surcharge Loads*).



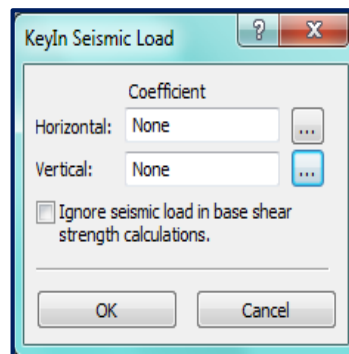
Gambar 2.60 Kotak Submenu *Keyin Surcharge Loads*
(Sumber : Anonim, 2008)

- Beban Perkuatan (*Reinforcement Loads*).



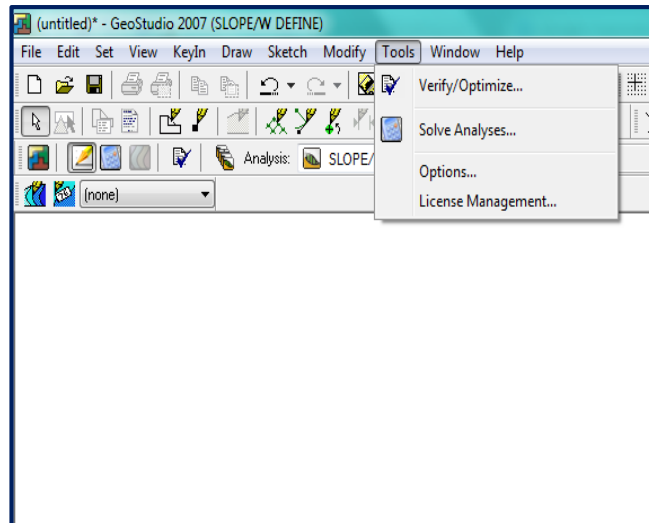
Gambar 2.61 Kotak Submenu *Keyin Reinforcement Loads*
(Sumber : Anonim, 2008)

- Beban Gempa (*Seismic Load*).



Gambar 2.62 Kotak Submenu *Keyin Seismic Load*
(Sumber : Anonim, 2008)

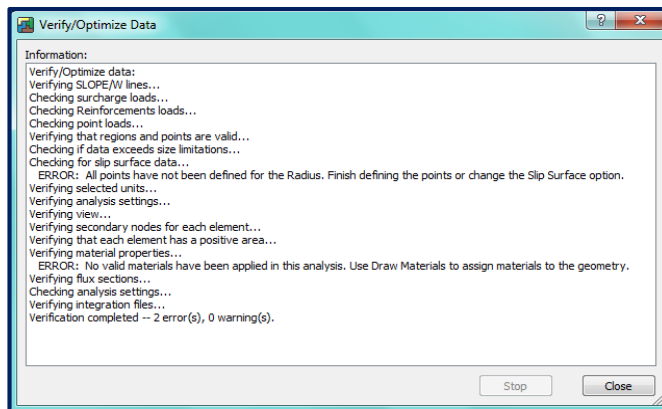
3) Menu *Tools*



Gambar 2.63 Tampilan Menu *Tools*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

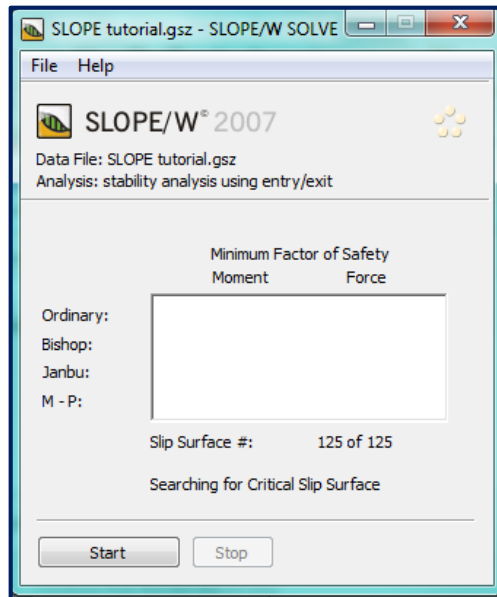
Menu tools terdiri atas perintah :

- Submenu *Verify*, digunakan untuk mengecek hasil dari *SLOPE/W DEFINE* untuk mengetahui kemungkinan adanya kesalahan dalam memasukkan data-data ke dalam program, sebelum dilakukan perhitungan angka keamanannya (*solving*).



Gambar 2.64 Kotak Dialog *Verify*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

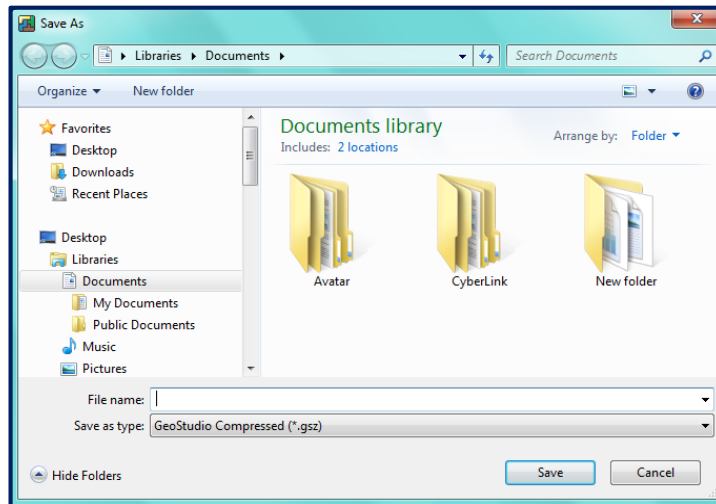
- Submenu *Solve*, digunakan untuk menghitung (*solving*) faktor aman stabilitas lereng.



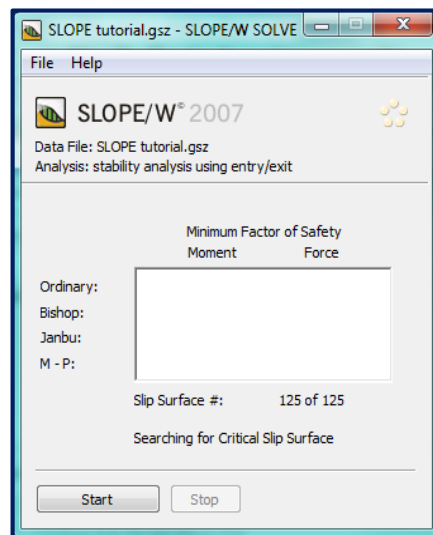
Gambar 2.65 Kotak Dialog *Solve*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

2. *SLOPE/W SOLVE*

SLOPE/W SOLVE digunakan untuk menghitung (*solve*) faktor aman stabilitas lereng. Sebelum melakukan *SOLVE*, file pada *DEFINE* disimpan dengan file dengan type *GeoStudio compressed (*.Gsz)* *geoStudio file (*.xml)* atau *GeoStudio compressed excluding solution (*.Gsz)*. Data-data permasalahan yang akan dianalisis dan telah dimasukkan ke dalam program melalui *SLOPE/W DEFINE*, kemudian dianalisis dengan menggunakan *SLOPE/W SOLVE*. Untuk melihat seluruh output dari analisa yang dilakukan, baik data geometri lereng, data input, data analisa, berikut angka keamanan dari keseluruhan permukaan runtuh coba-coba, maka *SLOPE/W DEFINE* harus disimpan dengan dengan type file *GeoStudio file (*.xml)*. Hasil keseluruhan dari analisa dapat dibuka melalui aplikasi lain seperti Notepad dengan nama file berakhiran FAC, FCR, dan PRO. FAC untuk faktor keamanan, FCR untuk gaya-gaya yang bekerja pada tiap-tiap irisan, dan PRO untuk analisa propabilitas. Karena yang dibutuhkan hanya nilai angka keamanan minimum, biasanya yang digunakan dalam menyimpan file *SLOPE/W* adalah file dengan type *GeoStudio compressed (*.Gsz)*.



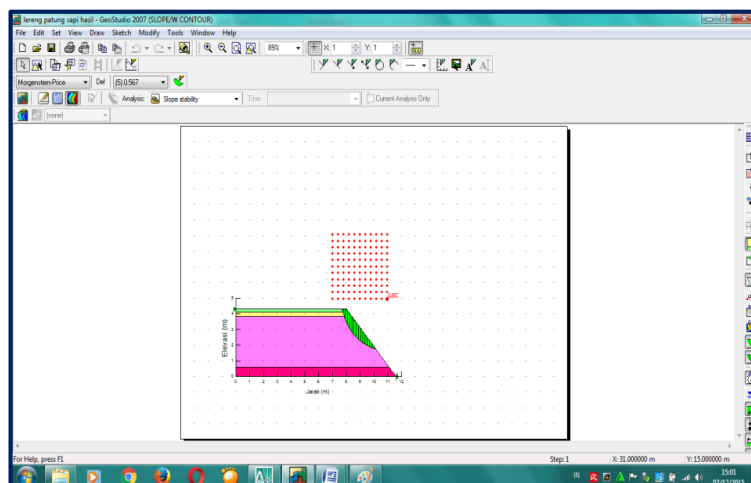
Gambar 2.66 Kotak Dialog *Save As*
(Sumber : *Anonim, 2008*)



Gambar 2.67 Kotak Dialog *SLOPE/W SOLVE*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

3. *SLOPE/W CONTOUR*

SLOPE/W CONTOUR, memberikan output berupa faktor keamanan, hasil trial and error perhitungan faktor keamanan, grafik, dan diagram kekuatan geser masing-masing irisan yang dihitung dengan *SLOPE/W SOLVE*. Cara menjalankan program *CONTOUR* adalah dengan mengaktifkan menu *CONTOUR* dari *SLOPE/W DEFINE*. **Gambar 2.68** merupakan tampilan salah satu hasil analisa *SLOPE/CONTOUR*.

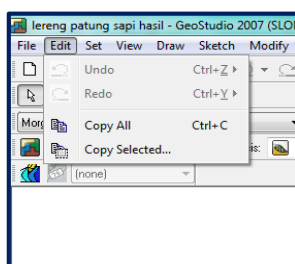


Gambar 2.68 Tampilan Hasil Analisa pada *SLOPE/W CONTOUR*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

Beberapa menu utama pada *SLOPE/W CONTOUR* beserta fungsinya adalah sebagai berikut :

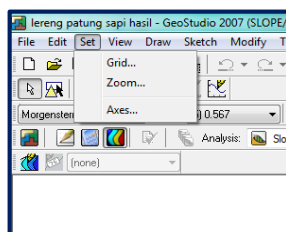
1. Menu *Edit*

Menu *Edit* digunakan untuk mengcopy file ke aplikasi program yang lain untuk kebutuhan presentasi hasil analisa.



Gambar 2.69 Tampilan Menu *Edit*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

2. Menu *Set*

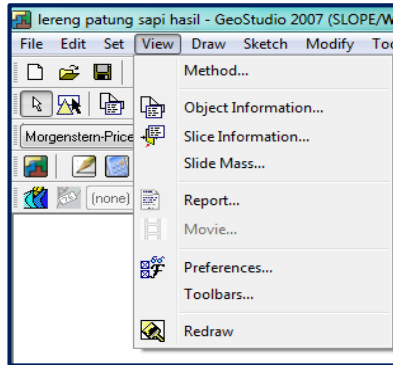


Gambar 2.70 Tampilan Menu *Set*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

Sama halnya dengan *Set* pada *SLOPE/W DEFINE*, menu *Set* pada *SLOPE/W CONTOUR* digunakan untuk menampilkan *grid*, mengatur tampilan pada layar dan untuk membuat sumbu koordinat problem yang dianalisa. Menu *Set* terdiri atas perintah :

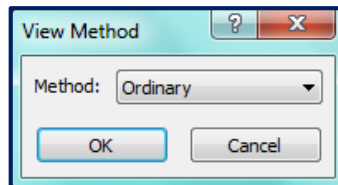
- **Grid**, untuk menampilkan dan mengatur titik-titik grid sebagai titik acuan dalam penggambaran problem (sket problem).
- **Zoom**, untuk mengatur ukuran tampilan pada layar komputer.
- **Axes**, untuk mendefinisikan garis skala referensi (koordinat gambar).

3. Menu *View*

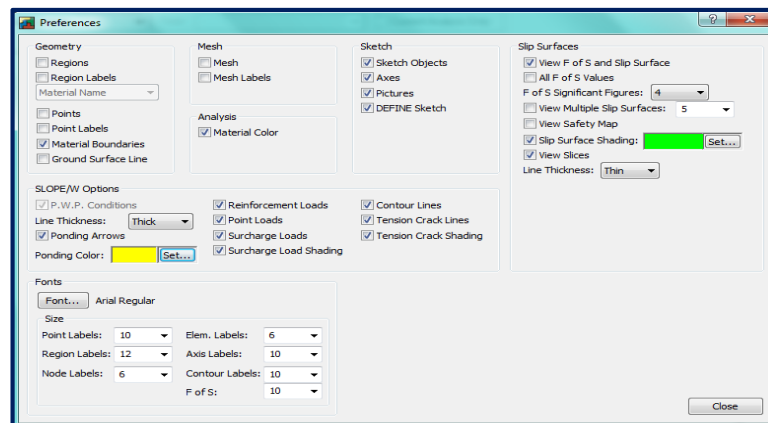


Gambar 2.71 Tampilan Menu *View*
(Sumber : Anonim, 2008)

Menu *View* digunakan untuk menampilkan keterangan dari problem yang dianalisa seperti koordinat titik, garis, properties material penyusun lereng, gaya-gaya yang bekerja serta untuk mengatur ukuran huruf, garis, titik dan kontur angka keamanan serta metode yang digunakan dalam analisa stabilitas lereng.



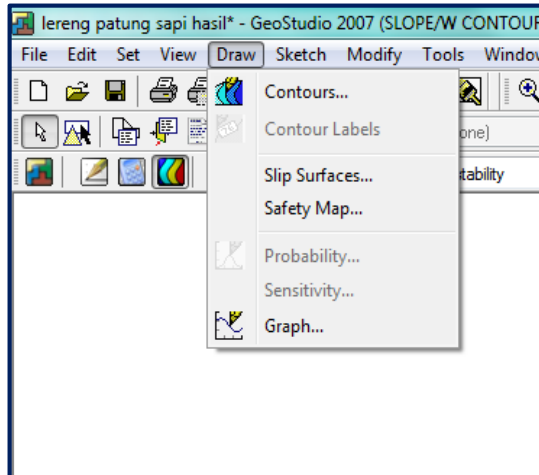
Gambar 2.72 Tampilan Submenu *Method*
(Sumber : Anonim, 2008)



Gambar 2.73 Tampilan Submenu *Preferences*
(Sumber : Anonim, 2008)

4. Menu *Draw*

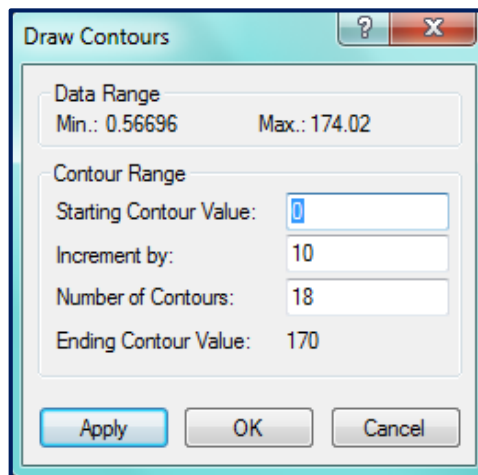
Menu *Draw* berfungsi untuk menggambar kontur keamanan, membuat label kontur dan menampilkan seluruh angka keamanan dari permukaan longsor coba-coba.



Gambar 2.74 Tampilan Menu *Draw*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

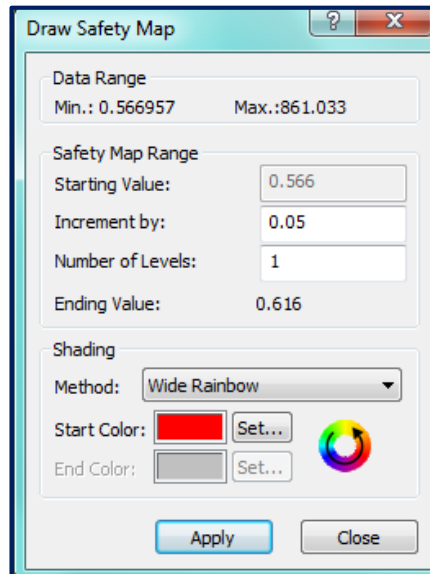
Menu *Draw* terdiri atas sub menu :

- *Contours*, untuk menampilkan dan mengatur jarak tiap-tiap garis kontur.



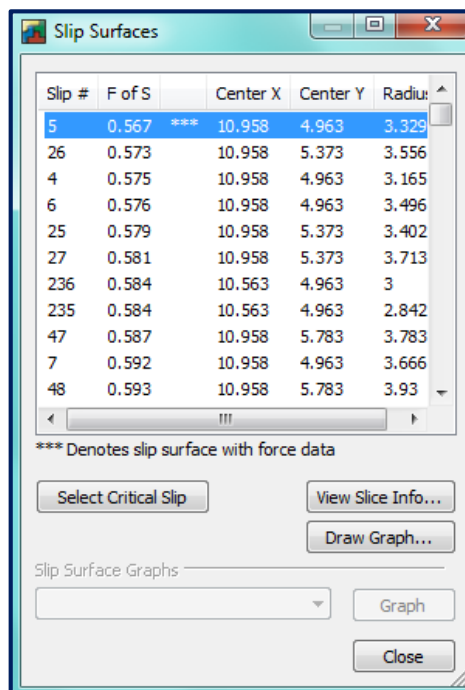
Gambar 2.75 Tampilan Submenu *Contour*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- *Contours Labels*, untuk memberikan penomoran pada kontur yang ada.
- *Safety Map*, memberikan sketsa bidang longsor berupa warna.



Gambar 2.76 Tampilan Submenu *Safety Map*
(Sumber : Anonim, 2008)

- *Slip Surface*, untuk mendefinisikan titik keberapa angka keamanan minimum yang terjadi.



Gambar 2.77 Tampilan Submenu *Slip Surface*
(Sumber : Anonim, 2008)

Pada perhitungan stabilitas lereng pada program *SLOPE/W* digunakan alat bantu berupa program *SEEP/W* untuk menganalisa perubahan tekanan air pori pada lereng serta model rembesan air yang terjadi pada lereng. Setelah distribusi tekanan air pori didapat, maka

dilakukan analisis, dengan memasukkan output dari *SEEP/W* kedalam program *SLOPE/W*, ditambah dengan parameter-parameter lain yang dibutuhkan, maka akan didapat angka keamanan lereng.

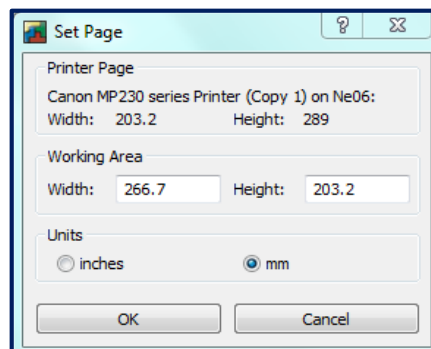
C. *Software GEOSTUDIO - SEEP/W*

SEEP/W adalah *software finite element* yang dapat digunakan untuk memodelkan pergerakan air dan distribusi tekanan air pori pada material – material porus seperti tanah dan batuan. Formula yang disediakan memungkinkan untuk menganalisa keduanya dengan mudah dan juga dapat menganalisa masalah *seepage* (aliran air tanah) yang mempunyai tingkat kompleksitas tinggi. *SEEP/W* dapat diaplikasikan untuk analisa dan desain pada bidang geoteknik, sipil, hidrogeologi, dan teknik pertambangan. Ada tiga tahap yang dilakukan untuk menganalisa suatu masalah menggunakan *software SEEP/W*.

1. Tahap pendefinisian masalah (*defining problem*)

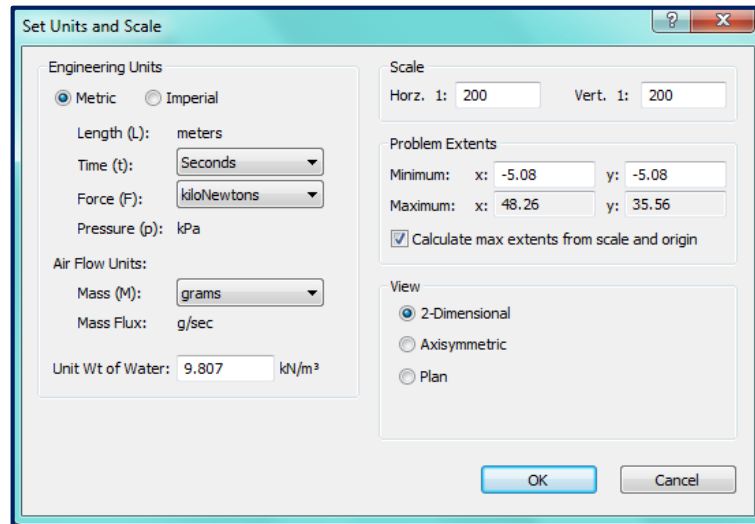
Hal – hal yang dilakukan dalam mendefinisikan masalah, seperti berikut :

- a. Pengaturan wilayah kerja, yaitu ukuran ruang atau halaman yang tersedia dalam mendefinisikan masalah. Pengaturan wilayah kerja dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.78**.



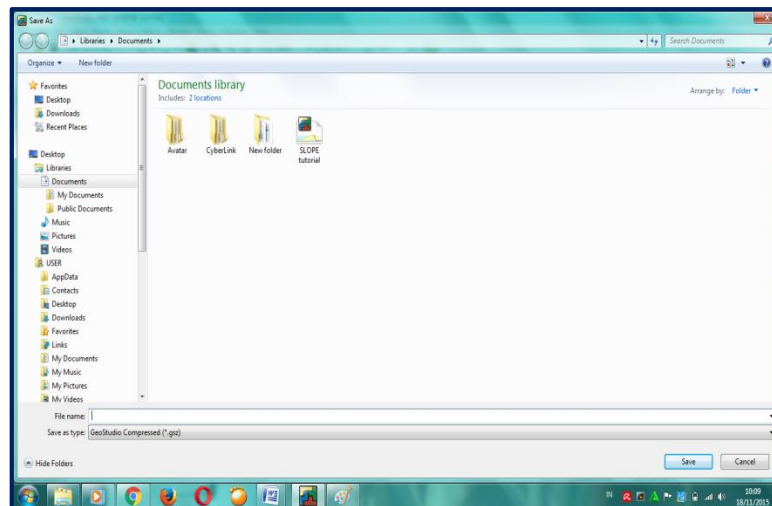
Gambar 2.78 Kotak Dialog *Set Page*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- b. Pengaturan skala, skala yang digunakan H 1 : x dan V 1 : y dalam satuan meter (m), berat volume air yang digunakan (unit weight of water) 9,807 kN/m³, dan dalam *SEEP/W* disediakan tiga buah view, yaitu : 2-dimensi, axisymetri dan plan. Pengaturan skala ditunjukkan pada **Gambar 2.79**.



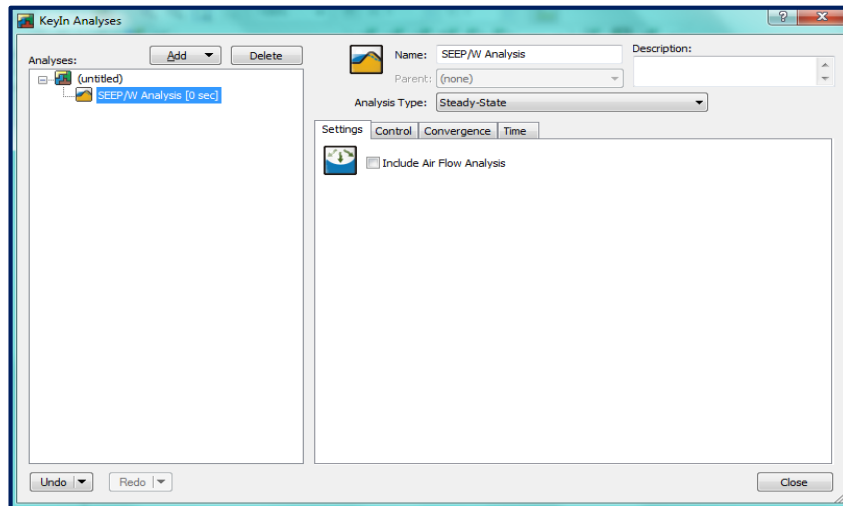
Gambar 2.79 Kotak Dialog *Set Units and Scale*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- c. Menyimpan file, penyimpanan file dilakukan sama seperti pada *Software Office*, seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.80**.



Gambar 2.80 Penyimpanan file *SEEP/W*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

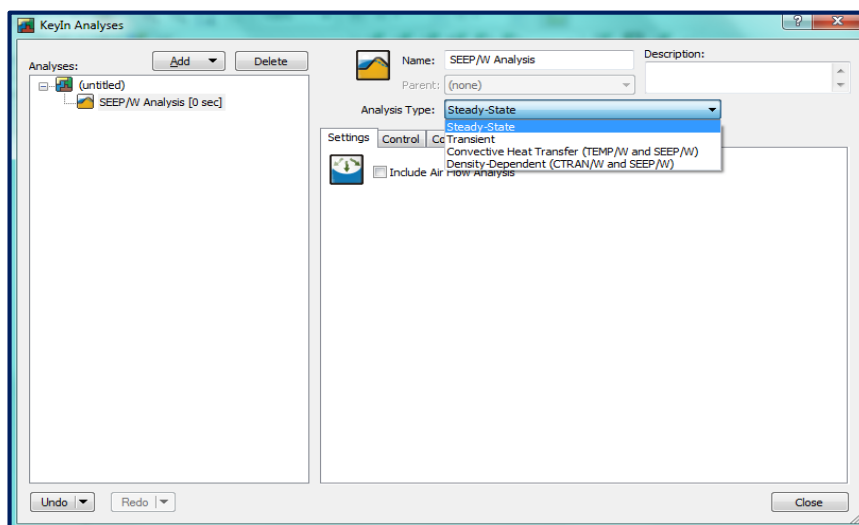
- d. Identifikasi masalah, memberikan judul dan komentar pada masing – masing file seperti pada **Gambar 2.81**.



Gambar 2.81 Kotak Dialog Identifikasi Masalah
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- e. Menentukan tipe analisis, dalam *SEEP/W* ada empat tipe analisis yang diberikan, yaitu :
- *Steady State*, kondisi *steady* atau tetap maksudnya analisis pada kondisi awal (*initial condition*),
 - *Transient*, kondisi tidak tetap maksudnya analisis dengan adanya perubahan *seepage* terhadap fungsi waktu adanya hujan,
 - *SIGMA/W Consolidation*, tipe ini tidak dipakai dalam penelitian ini,
 - *CTRAN/W Density Dependent*, tipe ini tidak dipakai dalam penelitian ini,

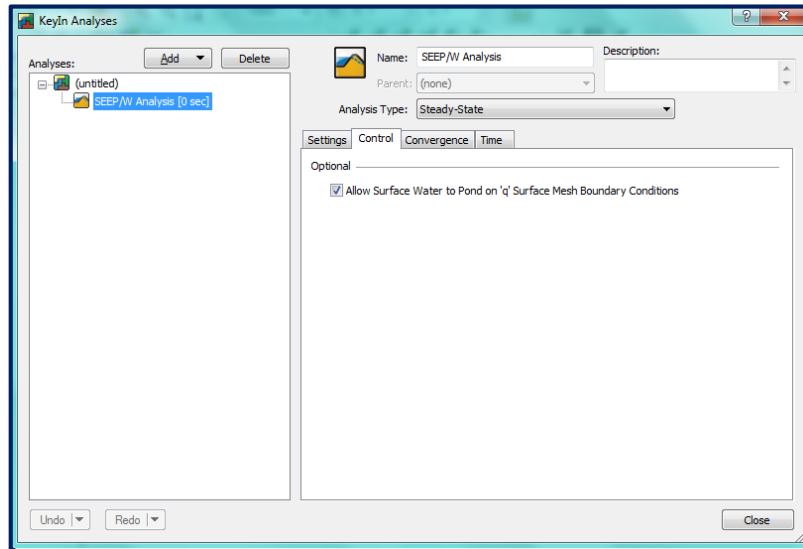
Halaman untuk memilih tipe analisis ditunjukkan dalam **Gambar 2.82**.



Gambar 2.82 Kotak Dialog Tipe Analisis
(Sumber : *Anonim, 2008*)

f. Menentukan kontrol

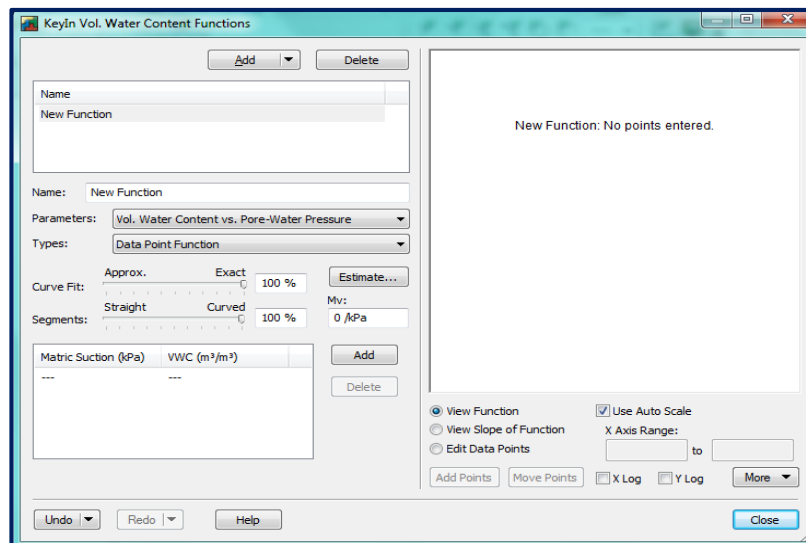
Contoh pengaturan kontrol, seperti ditunjukkan dalam **Gambar 2.83**.



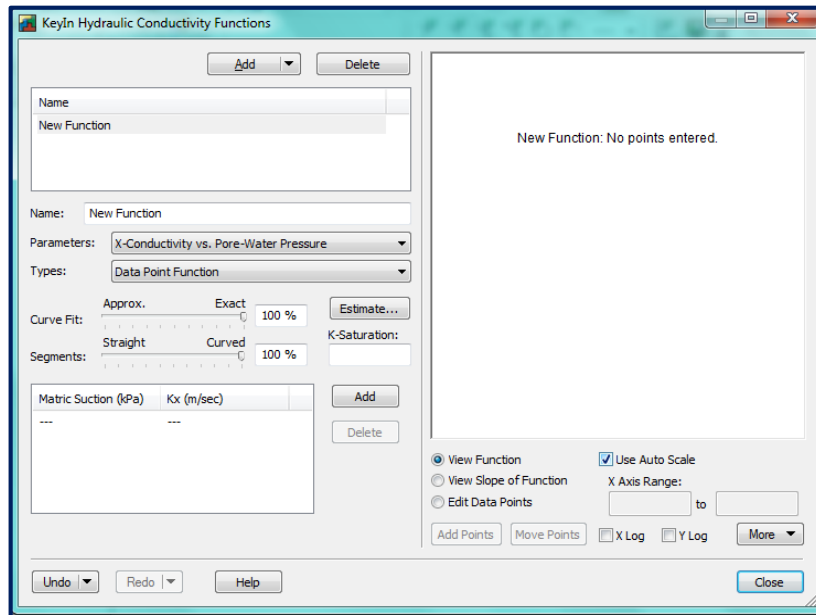
Gambar 2.83 Kotak Dialog Kontrol
(Sumber : Anonim, 2008)

g. Menentukan fungsi *hydraulic conductivity*

Untuk menentukan fungsi *hydraulic conductivity*, terlebih dahulu ditentukan metode yang digunakan. Pada fungsi *hydraulic conductivity* terdapat dua fungsi yaitu *grain size* dan *sample function*. Input data untuk *volumetric water content* dan *hydraulic conductivity* akan dijelaskan pada sub bab input data / data masukan. Berturut – turut kotak dialog input data *volumetric water content* dan *hydraulic conductivity*.

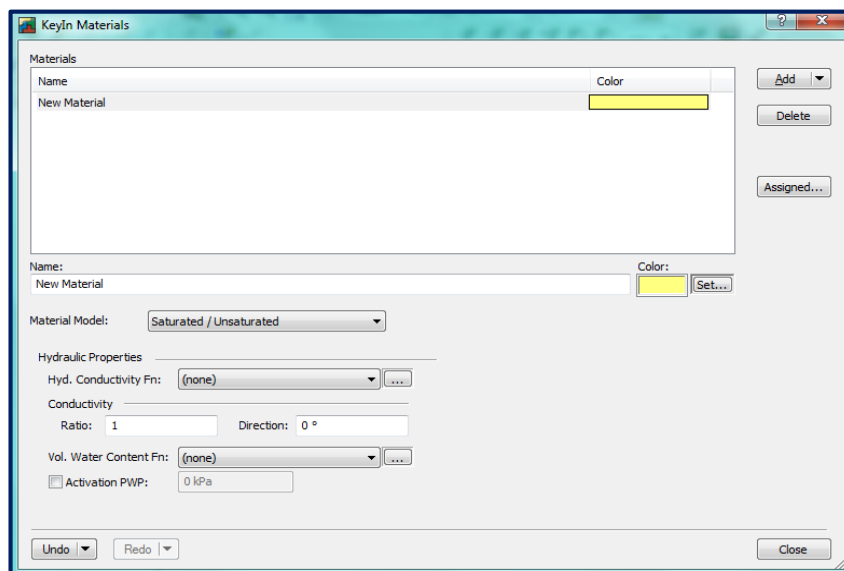


Gambar 2.84 Kotak Dialog input data *Volumetric Water Content*
(Sumber : Anonim, 2008)



Gambar 2.85 Kotak Dialog input data *Conductivity Functions*
(Sumber : Anonim, 2008)

- h. Menentukan material properties, dalam kotak ini dimasukkan fungsi K_{Fn} yang merupakan fungsi *conductivity* dan $W-C - F_n$ merupakan fungsi *volumetric water content (VWC)*. Input material properties ditunjukkan pada **Gambar 2.86**.



Gambar 2.86 Kotak Dialog input *Material Properties*
(Sumber : Anonim, 2008)

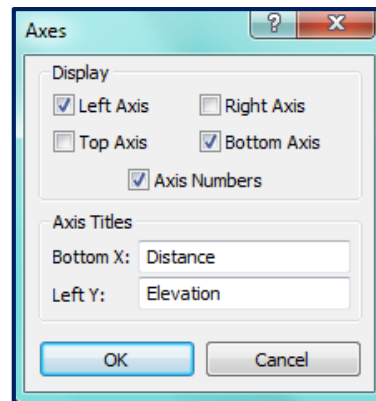
- i. Menentukan kondisi batas dan penggambaran *flux sections*

Bagian ini akan dijelaskan dalam sub bab kondisi batas (*boundary condition*). *Tools* untuk menggambarkan kondisi batas, seperti ditunjukkan dalam **Gambar 2.87**.



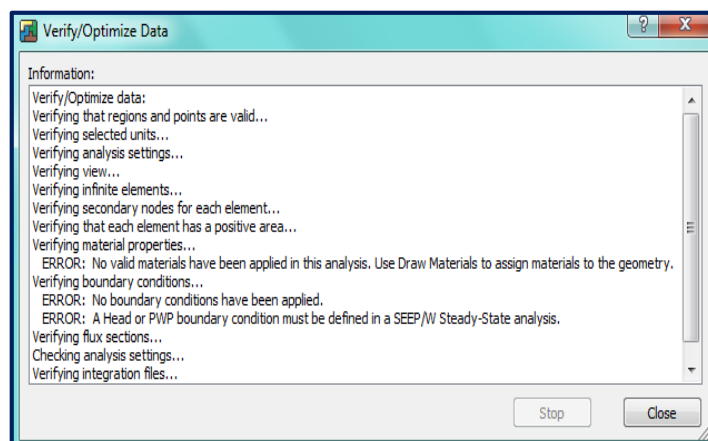
Gambar 2.87 *Tools* untuk menggambar kondisi batas
(Sumber : *Anonim, 2008*)

- j. Penggambaran *axes*, sumbu x adalah jarak yang digunakan dalam pemodelan dan sumbu y adalah elevasi yang digunakan dalam pemodelan. Penggambaran *axes* ditunjukkan seperti **Gambar 2.88**.



Gambar 2.88 Penggambaran *Axes*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

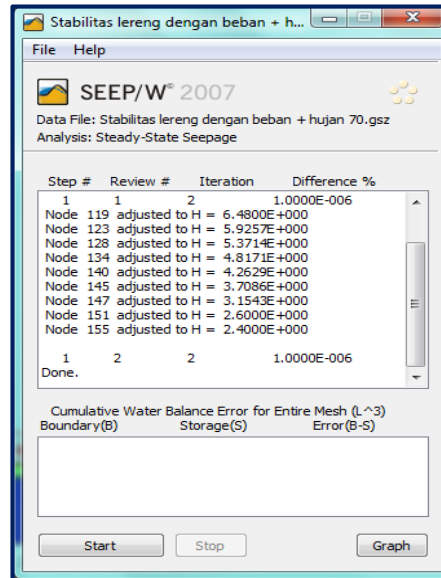
- k. Verifikasi, yaitu dilakukan pengecekan data titik (*node*) dan elemen, dan juga dilakukan pengecekan terhadap posisi nomer *node* dan nomer elemen pada posisi vertikal maupun horizontal. Verifikasi data ditunjukkan dalam **Gambar 2.89**.



Gambar 2.89 Contoh verifikasi data
(Sumber : *Anonim, 2008*)

2. Tahap penyelesaian (*solving problem*)

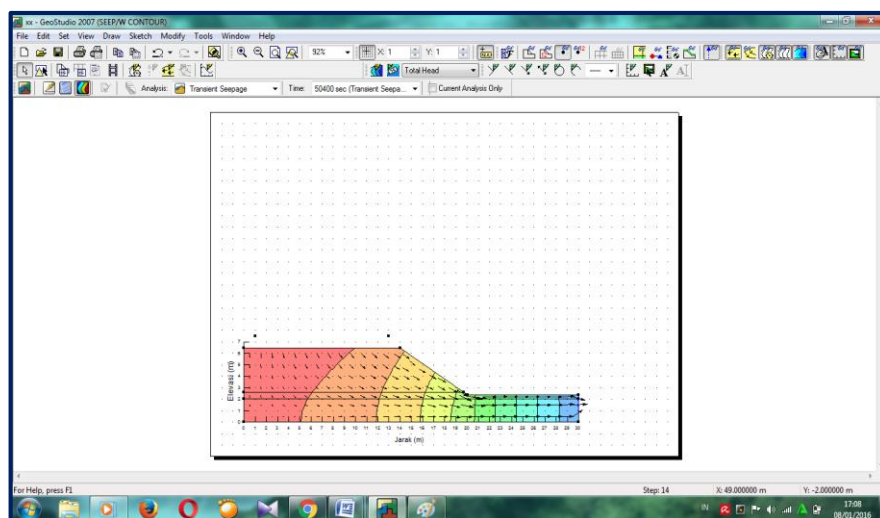
Pada tahap ini dilakukan *running* program terhadap model yang sudah dibuat. Proses *running* seperti ditunjukkan dalam **Gambar 2.90**.



Gambar 2.90 Contoh proses *running*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

3. Tahap Terakhir (*counting and graphing result*)

Tahap ini menampilkan output dari *SEEP/W*, meliputi kontur dan grafik. Parameter yang dapat ditampilkan lewat kontur adalah sebagai berikut : *total head, pressure, pressure head, X-velocity, Y- velocity, XY- velocity, X-gradient, Y-gradient, XY-gradient, X-conductivity, Y- conductivity, volumetric water content*. Dalam penelitian ini hanya akan dibahas tekanan air porinya. Contoh hasil output *SEEP/W* ditunjukkan pada **Gambar 2.91**.



Gambar 2.91 Contoh hasil *output SEEP/W*
(Sumber : *Anonim, 2008*)

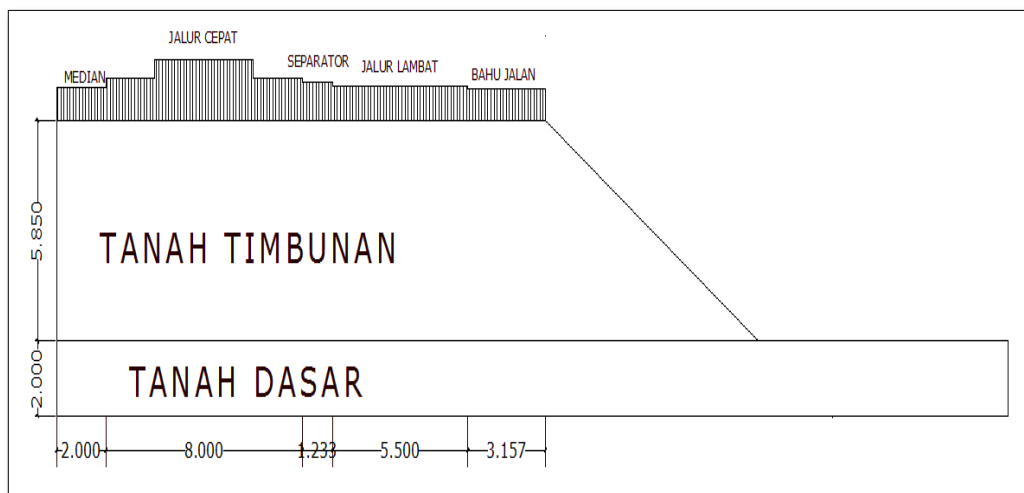
BAB III METODE STUDI

3.1 Umum

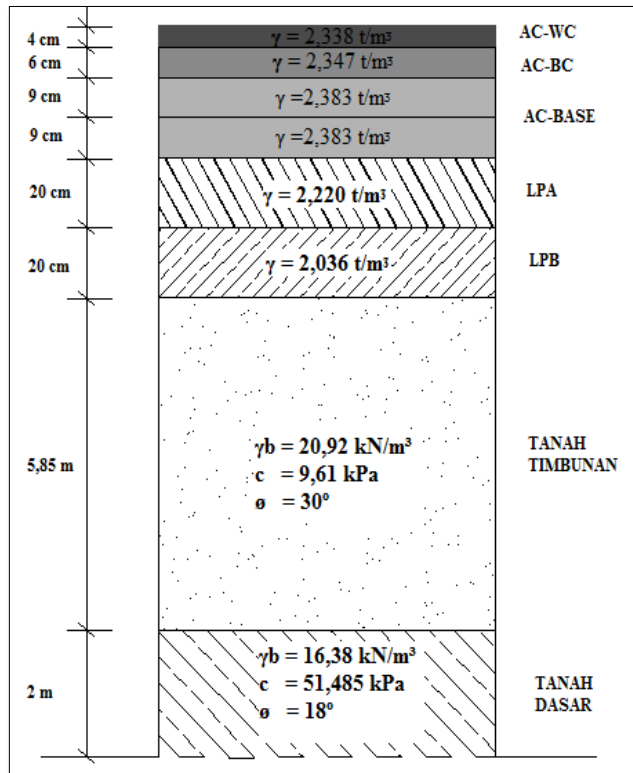
Lereng yang menjadi obyek untuk analisa adalah lereng timbunan pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram di jalan Parampuan kota Mataram dengan tinggi timbunan 5,85 meter pada KM 3+900.



Gambar 3.1 Lokasi Studi



Gambar 3.2 Sketsa Geometri Lereng dan Distribusi Pembebanan pada Lereng



Gambar 3.3 Struktur Lapis Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram

3.2 Pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder, yang merupakan data pendukung. Data sekunder yang digunakan pada analisa stabilitas lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram adalah:

1. Data hujan yang diperoleh dari BISDA (Balai Informasi Sumber Daya Air) pada stasiun hujan yang berada di Kuripan,
2. Laporan Perencanaan berupa data geometrik jalan,
3. Laporan Laboratorium dan Lapangan untuk data material timbunan.

3.3 Data – data masukan pada *Software*

Data masukan untuk durasi hujan dan intensitas hujan menggunakan data curah hujan dari Balai Informasi Sumber Daya Air yang disesuaikan dengan karakteristik hujan pada daerah Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram, dimana stasiun hujan berada di Kuripan. Dari **Tabel 3.1**, durasi hujan maksimum diketahui sebesar 8 jam dan pada **Tabel 3.2** diketahui intensitas hujan yang sering terjadi adalah 0,1 mm/jam, intensitas hujan rata – rata adalah 2,768 mm/jam serta intensitas hujan maksimum adalah 70 mm/jam.

Tabel 3.1 Hasil Pengambilan Data Hujan Jam – Jaman untuk Durasi Hujan

Stasiun	Tahun	Bulan	Tanggal	Jumlah Hujan Jam – Jaman (mm)									
				6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
Kuripan	2010	Juli	26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	2,1	14,9
Kuripan	2011	Januari	19	2	1,6	1,5	8,4	2,6	2,5	0,4	0,0	0,0	2
Kuripan	2013	Maret	5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	7,8	0,0	10,6	3	10
Kuripan	2014	Januari	23	2,6	5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Jumlah Hujan Jam – Jaman (mm)													
16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
0,1	0,9	2,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,5	0,0
0,9	0,3	3,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	4,2	7,2	0,1	0,5	0,2	0,1

Sumber : Balai Informasi Sumber Daya Air

Tabel 3.2 Hasil Pengambilan Data Hujan Jam – Jaman untuk Intensitas Hujan

Stasiun	Tahun	Bulan	Intensitas	Intensitas Hujan Jam – Jaman (mm)										
				6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	
Kuripan	2010	Juli	Min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
			Max	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	18,8	39,5	21,5	
			Rata - rata	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	2,3	1,6	
Kuripan	2011	Mei	Min	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			Max	2	1,8	1,6	0,9	0,2	0,0	0,0	0,4	19,5	7	
			Rata - rata	0,084	0,058	0,052	0,029	0,006	0,0	0,0	0,035	1,158	0,252	
Kuripan	2013	Desember	Min	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	
			Max	3,6	4,4	0,9	12	47,3	38,2	8,3	38	6	2	
			Rata - rata	0,116	0,184	0,035	0,594	2,768	2,297	0,974	2,435	0,729	0,184	
Kuripan	2014	Desember	Min	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
			Max	1,3	5,3	0,2	0,1	6,9	1	4,9	11,7	13,1	57	
			Rata - rata	0,042	0,174	0,016	0,003	0,297	0,068	0,4	0,597	1,271	2,126	

Intensitas Hujan Jam – Jaman (mm)													
16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12,7	3,3	6,2	1,5	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3
0,4	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
23,4	35,3	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	9	14,4	5,9	3,6	3,9
0,887	1,358	0,313	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,11	0,329	0,655	0,206	0,119	0,139
0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
1,6	8,1	1,9	5	6,4	5	0,8	0,1	70	30	5	8,9	9,6	4,5
0,168	0,342	0,1	0,387	0,439	0,277	0,026	0,003	2,465	0,971	0,165	0,432	0,516	0,174
0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
38	37,6	17,8	3	2,2	3,3	46,4	3,9	1,5	0,9	3,4	2,3	8	0,7
2,59	1,706	0,681	0,21	0,087	0,139	1,819	0,174	0,065	0,045	0,11	0,09	0,261	0,042

Sumber : Balai Informasi Sumber Daya Air

Tabel 3.3 Data Masukan Analisa Stabilitas Lereng dengan *SLOPE/W* dan *SEEP/W*

Data Masukan Analisa Stabilitas Lereng	
<i>Analysis Method</i>	Bishop, Ordinary, dan Janbu
<i>Direction of Slip Movement</i>	<i>Left to Right</i>
<i>Slip Surface Option</i>	<i>Grid of Centres and Radius Tangent Lines</i>
<i>P.W.P Option</i>	<i>Other GeoStudio Analysis</i>
<i>Tension Crack Option</i>	(none)
<i>Seismic Coefficient</i>	(none)
Soil Model	Mohr-Coulumb
Berat Volume Basah (γ_b)	
- Timbunan	2,092 t/m ³ = 20,92 kN/m ³
- Tanah Dasar	1,638 t/m ³ = 16,38 kN/m ³
Berat Volume Aspal (γ)	
- AC-WC	2,338 t/m ³ = 23,38 kN/m ³
- AC-BC	2,347 t/m ³ = 23,47 kN/m ³
- AC-BASE	2,383 t/m ³ = 23,83 kN/m ³
- LPA	2,220 t/m ³ = 22,20 kN/m ³
- LPB	2,036 t/m ³ = 20,36 kN/m ³
Berat Jenis (γ)	
- Beton	2200 kg/m ³ = 22 kN/m ³
- Air	1000 kg/m ³ = 10 kN/m ³
Kohesi (c)	
- Timbunan	0,098 kg/cm ² = 9,611 kPa
- Tanah Dasar	0,525 kg/cm ² = 51,487 kPa
Sudut Geser Dalam (ϕ)	
- Timbunan	30°
- Tanah Dasar	18°
Permeabilitas (K)	
- Timbunan	1,6286 x 10 ⁻⁵ m/det
- Tanah Dasar	4,6146 x 10 ⁻⁵ m/det

Data Masukan Analisa Stabilitas Lereng

Koefisien Perubahan

Volume (m_v)

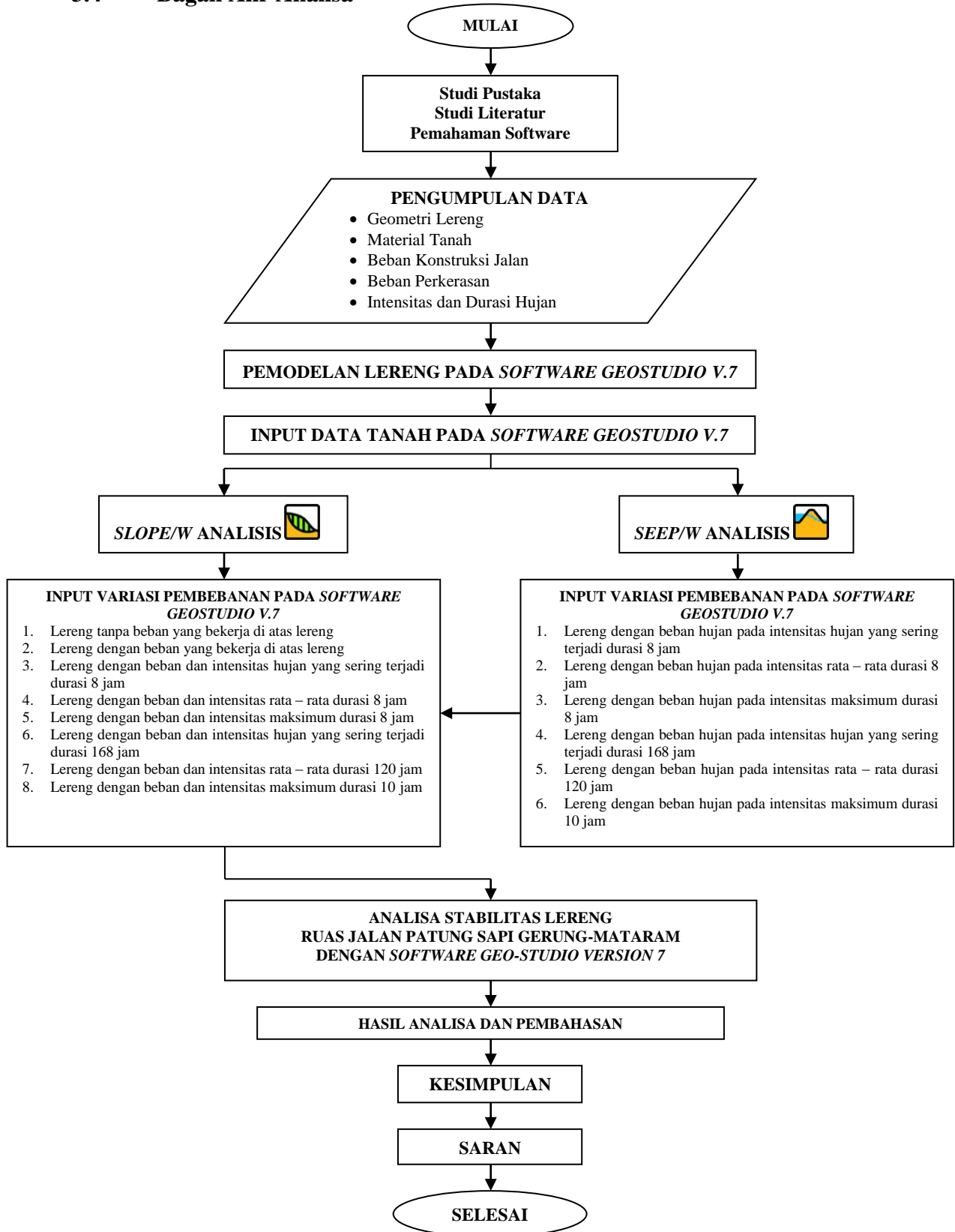
- Timbunan 0,0663 /kPa
- Tanah Dasar 0,0175 /kPa

Intensitas Hujan

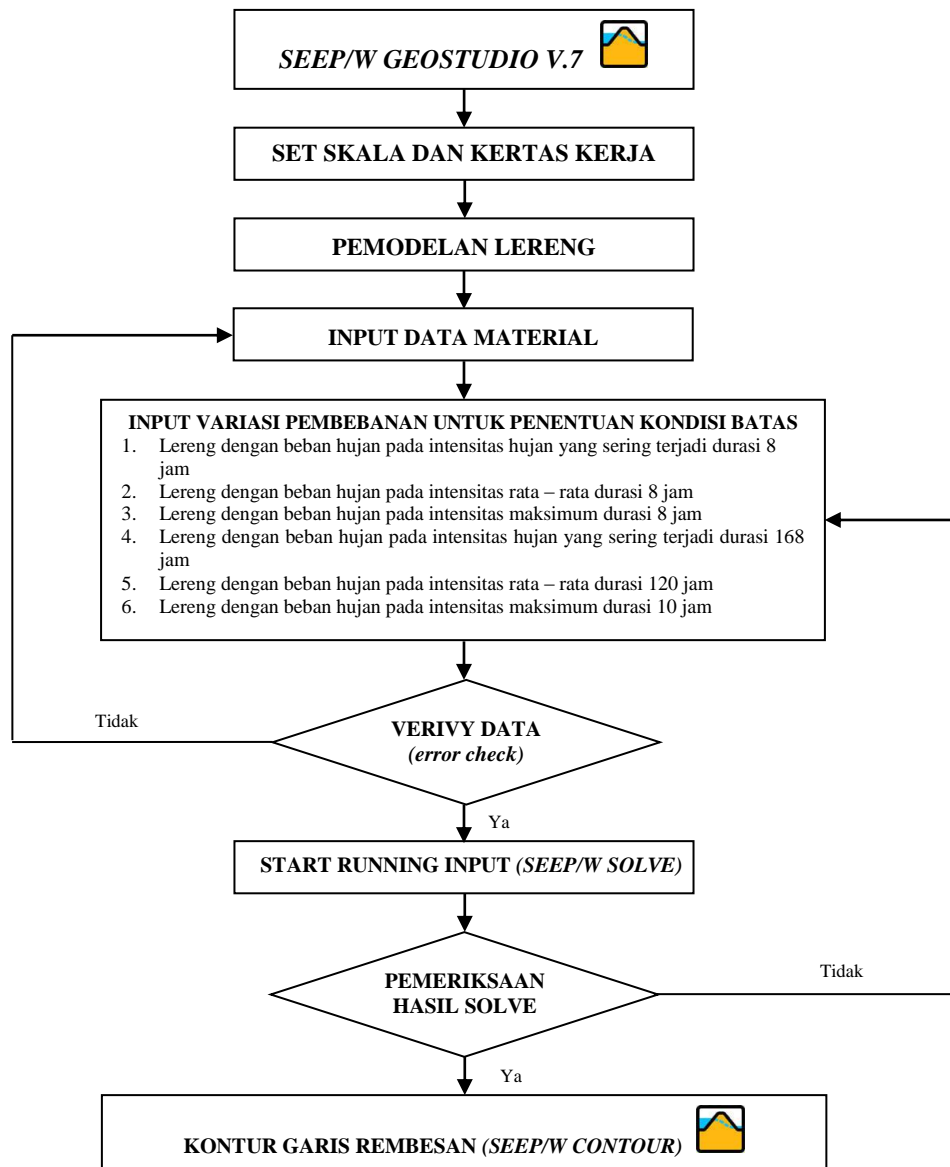
- Intensitas Hujan yang sering terjadi 0,1 mm/jam
- Intensitas Hujan Rata-rata 2,768 mm/jam
- Intensitas Hujan maksimum 70 mm/jam

Sumber : *Data Laboratorium dan Lapangan pada ruas Jalan Patung Sapi Gerung - Mataram*

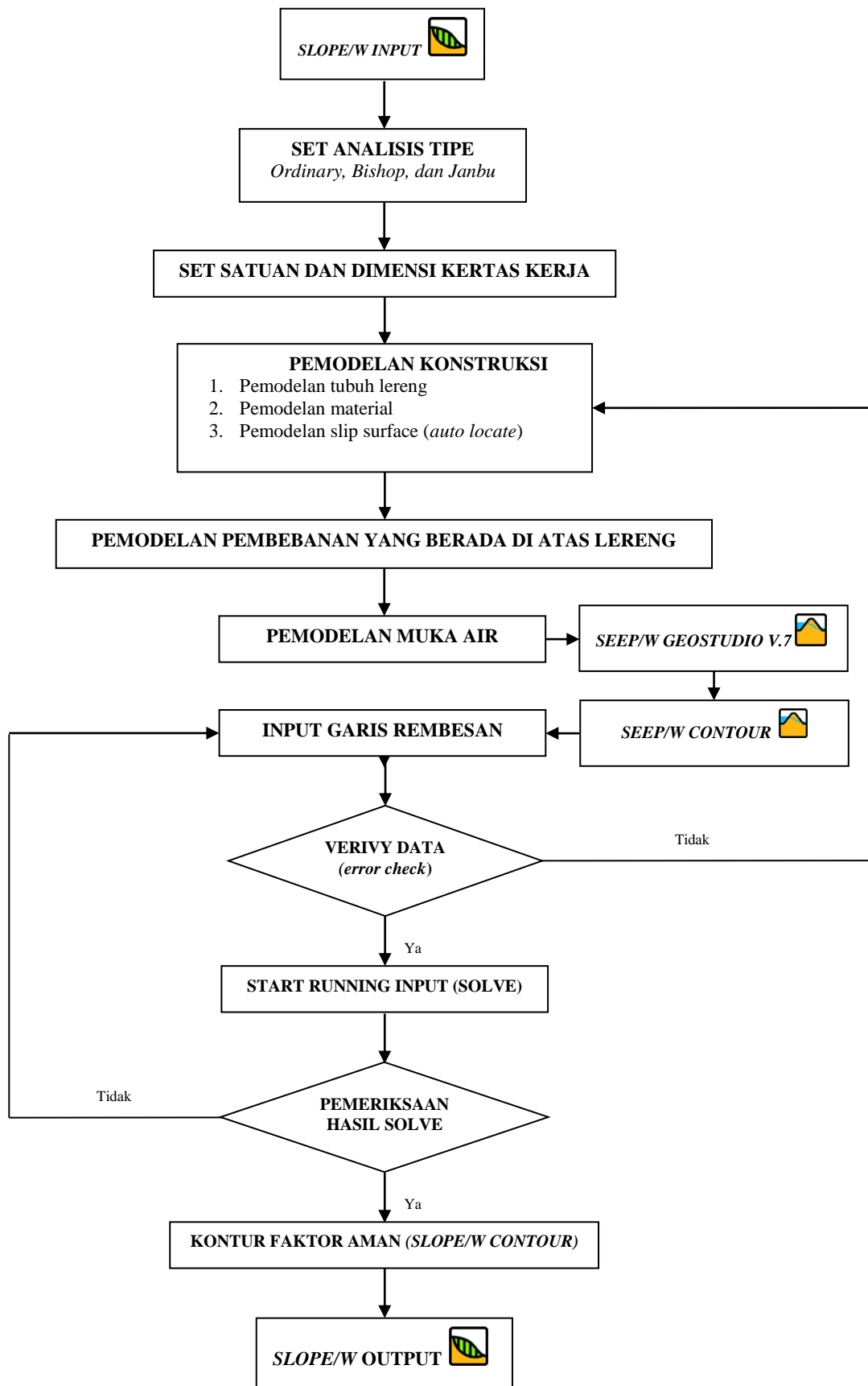
3.4 Bagan Alir Analisa



Gambar 3.4 Bagan Alir Analisa Studi Evaluasi



Gambar 3.4a Bagan Alir Analisa dengan *Software SEEP/W*



Gambar 3.4b Bagan Alir Analisa Software SLOPE/W

3.5 Tahapan Analisa

3.5.1 Analisa Secara Manual

Analisa stabilitas lereng pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram dianalisa menggunakan metode *Fellinius* sebagai kontrol dari hasil analisa menggunakan *software Geostudio V.7*. Berikut adalah tahapan analisa stabilitas lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram KM 3+900:

1. Menggambar model lereng KM 3+900 baik secara manual maupun dengan bantuan *software Autocad*.
2. Menentukan sembarang titik untuk menentukan bidang longsor berbentuk lingkaran.
3. Membagi pias pada bidang longsor arah horizontal.
4. Menentukan tinggi dan lebar tiap pias. Tinggi yang dimaksud adalah tinggi as tiap pias.
5. Menghitung berat massa tanah yang tidak jenuh per – irisan.
6. Menghitung berat massa tanah jenuh per – irisan.
7. Menghitung besar sudut.
8. Menghitung besar gaya penahan longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi dan komponen gesekan pada tanah.
9. Menghitung besar gaya penggerak yang dikerahkan oleh massa tanah dan beban luar yang bekerja.
10. Menghitung nilai angka keamanan lereng dengan membagi besar gaya yang menahan dengan besar gaya yang menggerakkan.

3.5.2 Analisa Menggunakan Software

Analisa stabilitas lereng pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram dilakukan menggunakan bantuan *software Geostudio V.7*. Berikut adalah tahapan analisa stabilitas lereng :

1. Mempelajari gambar perencanaan Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram, potongan memanjang dan potongan melintang jalan untuk pemilihan lereng dengan timbunan tertinggi sebagai lokasi studi kasus dan data material tanah penyusun timbunan lereng.
2. Menggambarkan model lereng pada *software Geostudio V.7*.

3. Melakukan perhitungan pembebanan akibat kendaraan, dan struktur jalan (lapis perkerasan, separator, bahu jalan, dan median) yang bekerja sepanjang potongan melintang jalan.

4. Pengaturan analisis dan input data pada *SEEP/W*

Menggambar model tubuh lereng di *SEEP/W* untuk pemodelan aliran rembesan ketika terjadi hujan dengan durasi yang didapat dari data hujan. Adapun tahapan – tahapan analisis pada *SEEP/W*, sebagai berikut:

- Melakukan pengaturan ukuran bidang kerja, skala gambar atau model, *grid*, serta sumbu absis dan ordinat pada menu *Set*.
- Memilih tipe analisis yang akan digunakan pada submenu *Analysis Setting – Type*, yaitu *Transient* dengan fungsi untuk analisis air rembesan berubah – ubah terhadap waktu..
- Mengisi data perubahan waktu berdasarkan detik atau hari untuk Tipe analisis *Transient* pada submenu *Keyin Analysis – Time*.
- Memasukkan data masing – masing material penyusun tubuh lereng seperti nilai permeabilitas dan kadar air volumetrik pada submenu *Hydraulic Functions*.
- Menentukan Kondisi Batas pada submenu *Boundary Conditions*, memilih tipe *Unit Flux (q)* dengan fungsi untuk beban hujan terhadap satuan waktu.
- Melakukan *running* pemodelan aliran rembesan lereng pada submenu *Solve Analysis* dan memeriksa hasil kontur aliran rembesan pada submenu *CONTOUR*.

5. Pengaturan analisis dan input data pada *SLOPE/W*

Menggambar model tubuh lereng di *SLOPE/W* untuk analisa stabilitas lereng ketika tanpa adanya beban, dengan beban serta dengan adanya variasi beban hujan. Adapun tahapan analisis pada *SLOPE/W*, sebagai berikut:

- Melakukan pengaturan ukuran bidang kerja, skala gambar atau model, *grid*, serta sumbu absis dan ordinat pada menu *Set*.
- Memilih tipe analisis yang digunakan pada menu *Keyin Analysis*. Tipe analisis yang digunakan adalah menggunakan metode *Ordinary, Bishop*, dan *Janbu*.

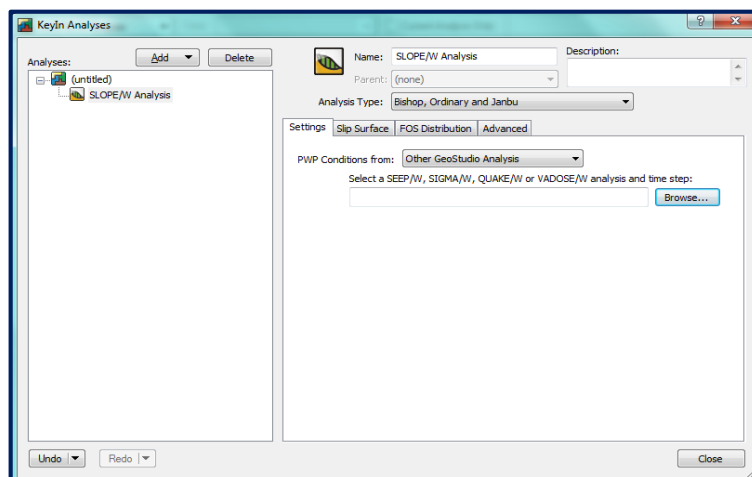
- Mengisi pengaruh tekanan air pori pada submenu **Keyin Analysis – Setting – PWP** sesuai kondisi yang ditinjau. Ketika kondisi tanpa adanya beban tidak ada pengaruh tekanan air pori. Pengaruh tekanan air pori hanya terdapat ketika ada beban. Data tekanan air pori diperoleh dengan memasukkan hasil kontur aliran rembesan pada analisis **SEEP/W** sebelumnya.
 - Melakukan pemilihan model material dengan **Mohr-Coulomb** dan pengisian data material penyusun lereng timbunan yang terdiri dari nilai berat volume tanah, kohesi, dan sudut geser dalam pada submenu **Material Properties**.
 - Menggambar point – point akibat beban pada submenu **Keyin Points**, pengisian beban luar yang bekerja dan penggambaran beban pada submenu **Draw Surcharge Load**.
 - Mengatur pemilihan bidang longsor pada submenu **Draw – Slip Surface** dimana penentuan bidang longsor dilakukan menggunakan **Auto Locate**.
 - Mengontrol data masukan pada submenu **Tools – Verify/Optimize Data**, untuk memastikan bahwa analisa data sudah siap dilakukan.
 - Melakukan analisa kestabilan lereng timbunan pada submenu **Solve Analysis** dan memeriksa hasil kontur keamanan pada submenu **CONTOUR**.
6. Melakukan interpretasi hasil analisa dan menarik kesimpulan dari hasil analisa.

3.6 Langkah Pengoperasian Software Geostudio V.7

3.6.1 Software SLOPE/W pada Geostudio V.7

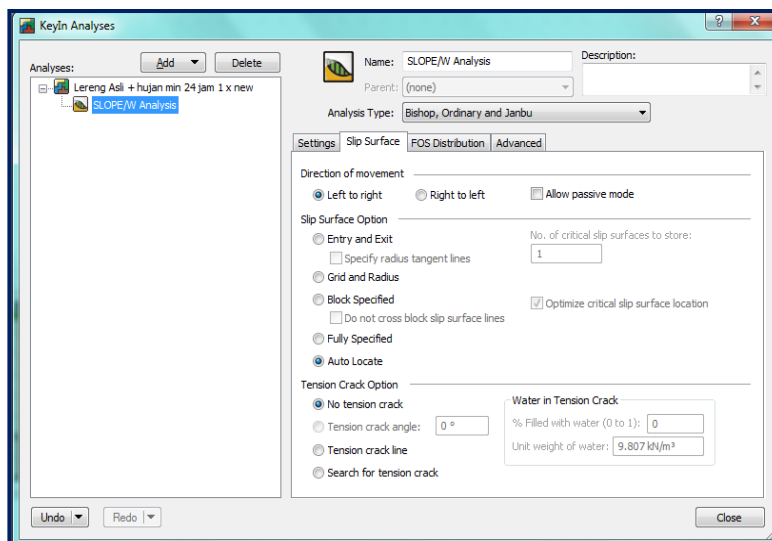
Langkah pertama untuk pengoperasian *software Geostudio V.7* adalah memilih analisis *SLOPE/W* pada tampilan utama *Software Geostudio V.7* yang membantu untuk menganalisa stabilitas lerengnya. Langkah – langkah analisa stabilitas lereng *software Slope/W pada Geostudio V.7* adalah sebagai berikut :

- 1.) Pemilihan Tipe Analisis



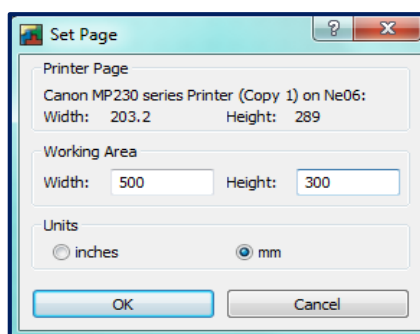
Gambar 3.5 Kotak Dialog *Keyin Analyses* pada *SLOPE/W*

2.) Penentuan bidang Longsor



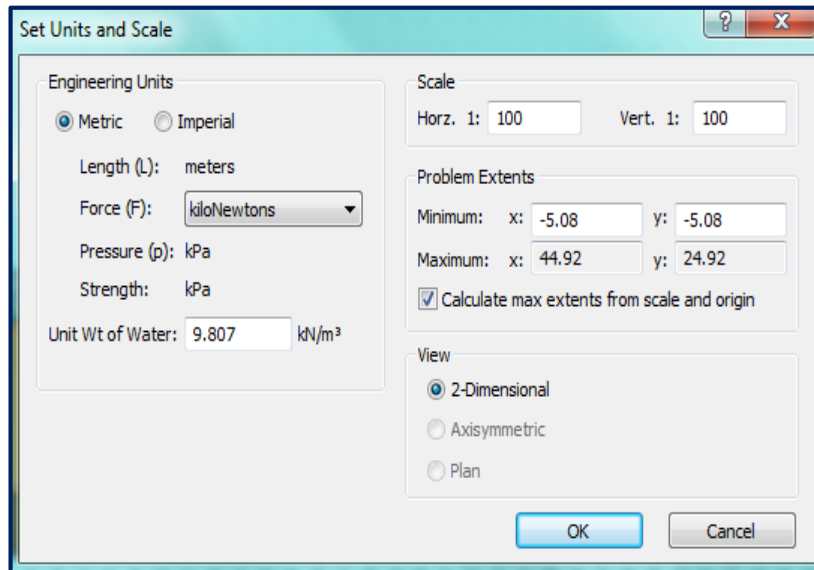
Gambar 3.6 Kotak Dialog *Keyin Analyses Slip Surface* pada *SLOPE/W*

3.) Pengaturan Bidang Kerja



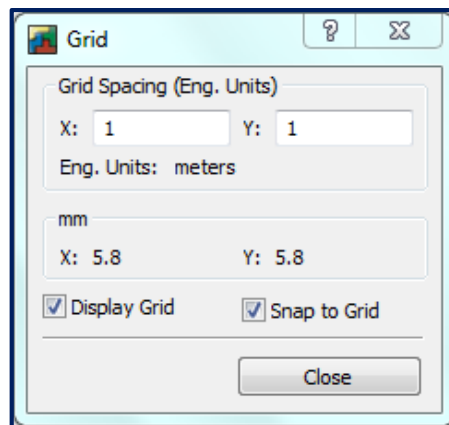
Gambar 3.7 Kotak Dialog *Set Page*

4.) Pengaturan Skala Gambar



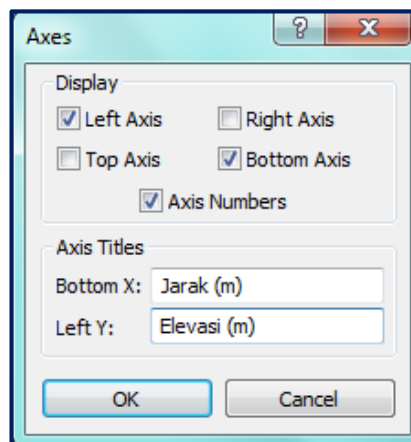
Gambar 3.8 Kotak Dialog Pengaturan Skala

5.) Pengaturan *Grid*

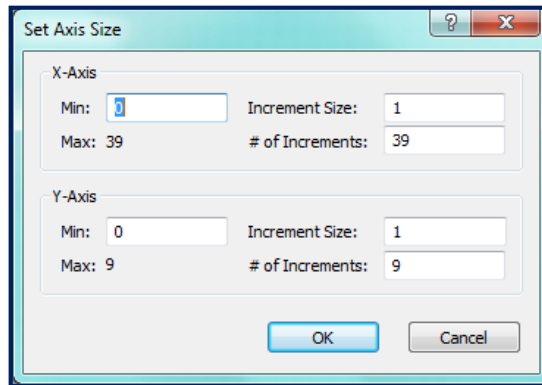


Gambar 3.9 Kotak Dialog *Grid*

6.) Sketch *Axes*

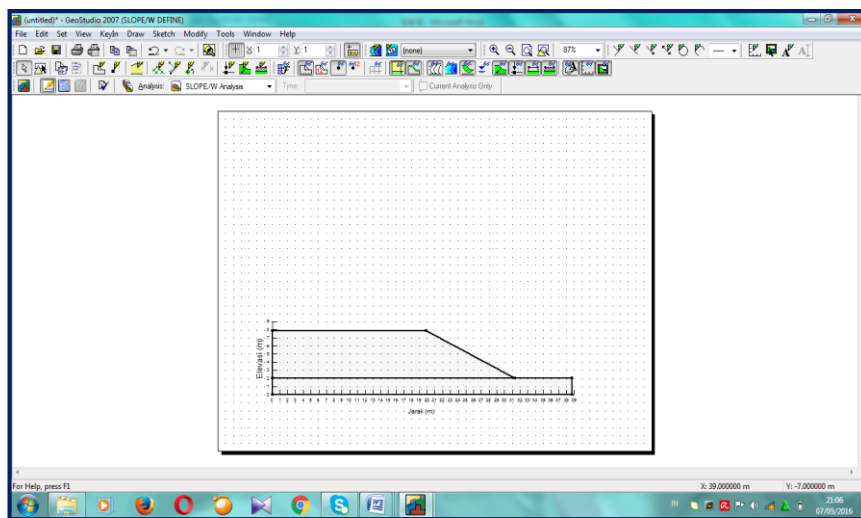


Gambar 3.10 Kotak Dialog Penamaan *Axes*



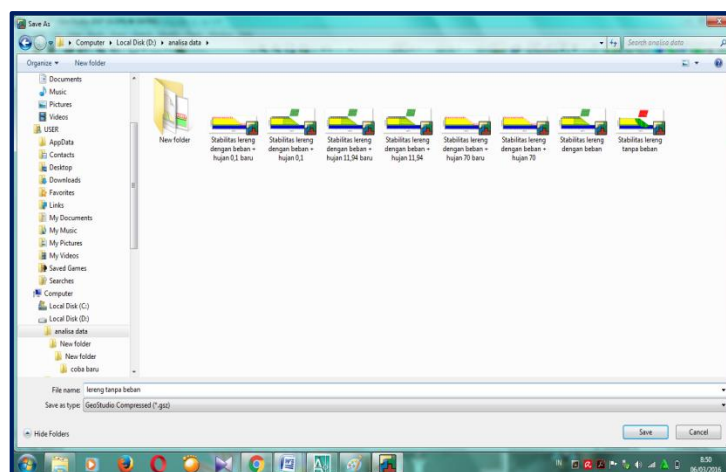
Gambar 3.11 Kotak Dialog Ukuran Axes

7.) Penggambaran Model Lereng



Gambar 3.12 Tampilan Sketsa Model Lereng

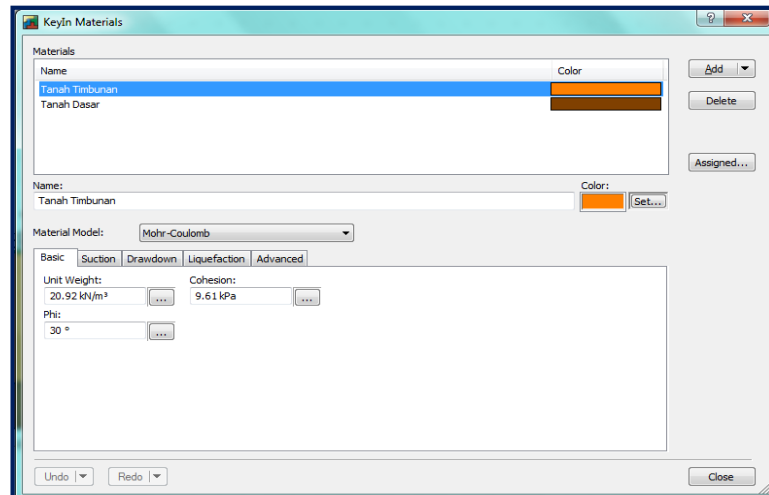
8.) Menyimpan File



Gambar 3.13 Kotak Dialog Save As

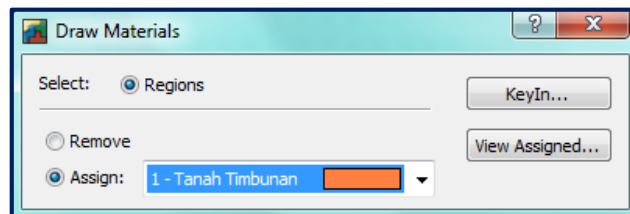
9.) Data Material Tanah

- Input Data Material



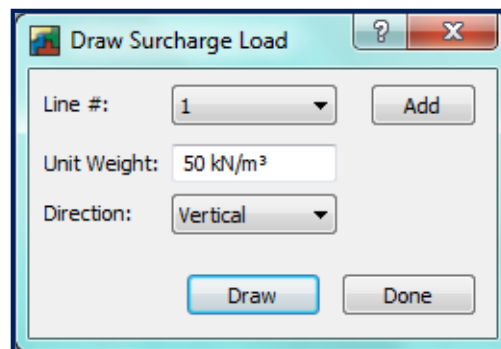
Gambar 3.14 Kotak Dialog *Keyin Materials*

- Draw Material Timbunan pada Gambar Bidang Lereng

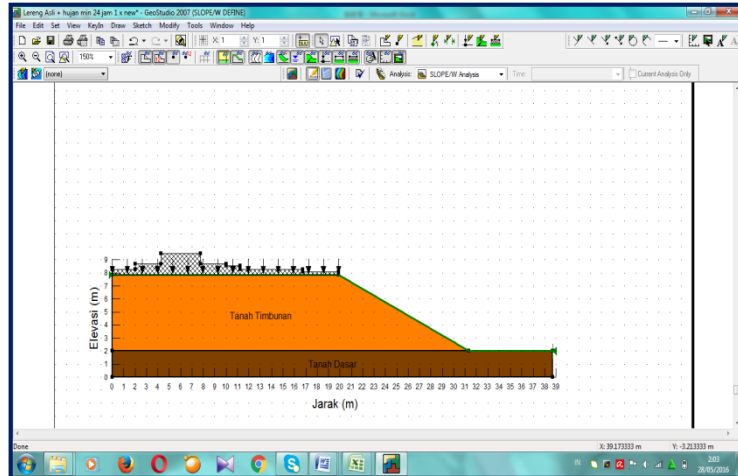


Gambar 3.15 Kotak Dialog *Draw Materials*

10.) Input Beban Luar

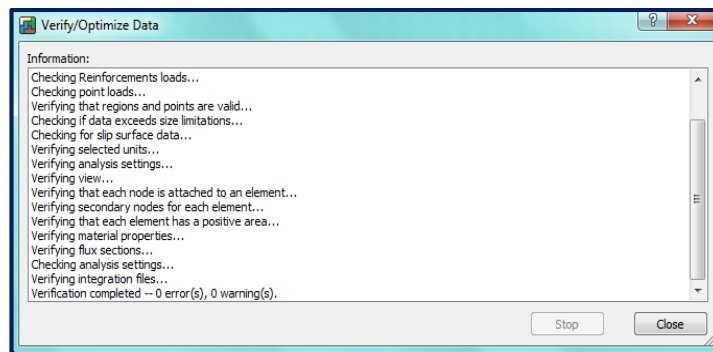


Gambar 3.16 Kotak Dialog *Draw Surcharge Load*



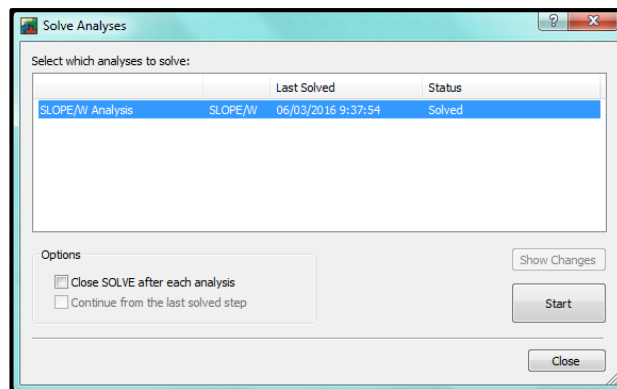
Gambar 3.17 Tampilan Beban Luar yang Bekerja pada Bidang Lereng

11.) Kontrol Data Masukan

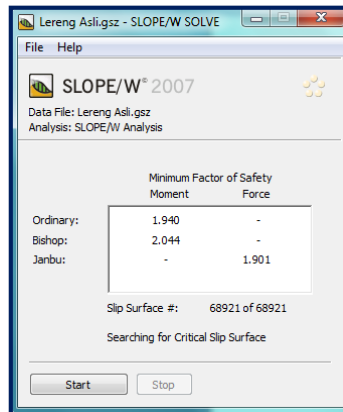


Gambar 3.18 Kotak Dialog *Verify Data*

12.) Menghitung Angka Keamanan

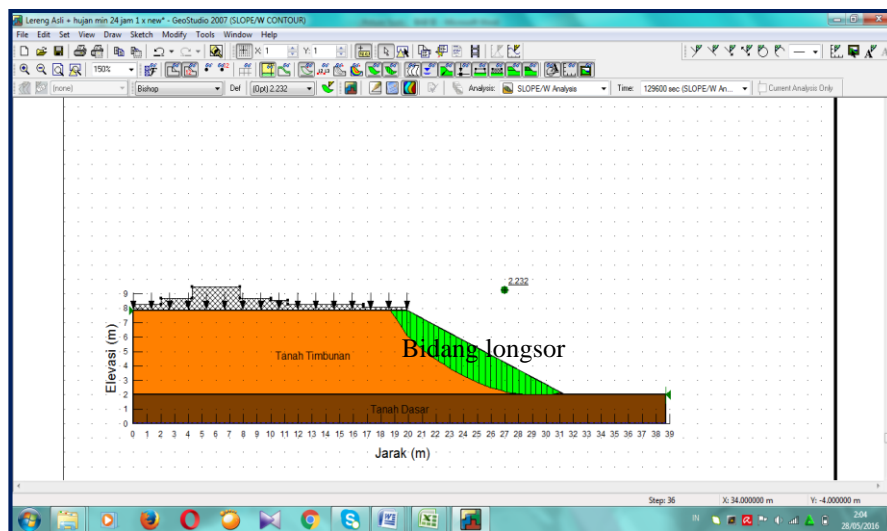


Gambar 3.19 Kotak Dialog *Solve Analyses*



Gambar 3.20 Kotak Dialog Hasil Angka Aman

13.) Kontur Angka Keamanan



Gambar 3.21 Tampilan Kontur

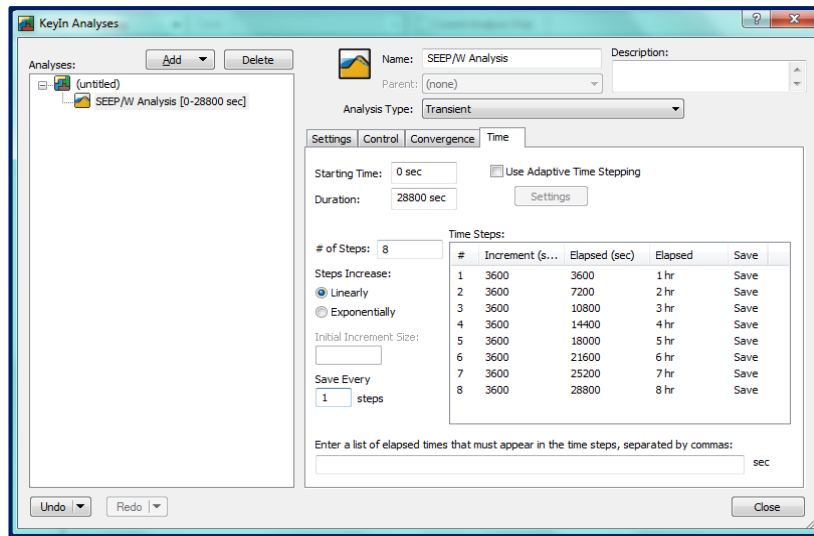
3.6.2 Software SEEP/W pada Geostudio V.7

Langkah – langkah awal pada pengaturan wilayah kerja yaitu ukuran ruang atau halaman kerja, serta pengaturan skala dan entry data material penyusun lereng sama seperti input data pada SLOPE/W. Langkah selanjutnya adalah sebagai berikut :

1.) Menentukan identifikasi masalah

Untuk menentukan identifikasi masalah yang digunakan dalam analisa, dilakukan dengan memilih submenu *Analysis Settings* pada menu *KeyIn*. Kotak dialog dari *Analysis Settings* terdiri dari *Setting*, *Control*, *Convergence* dan *Time*. Untuk *Setting* pada kolom *PWP Conditions* pilih *none*. Sedangkan untuk *Time* disesuaikan dengan waktu kejadian pada lokasi penelitian. Dan pada *Control Convergence*, software SEEP/W memiliki default besaran.

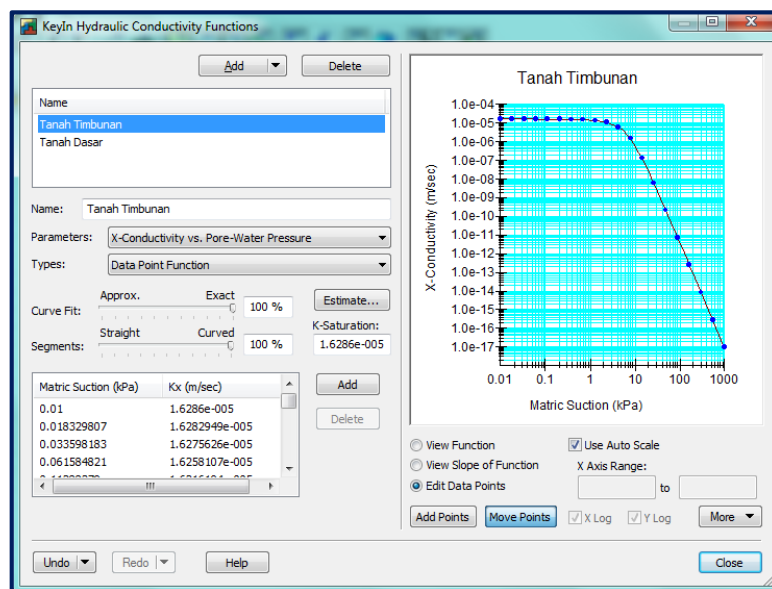
Untuk *Type* yang digunakan adalah *Transient* (analisa tergantung pada waktu), seperti terlihat pada **Gambar 3.22** berikut.



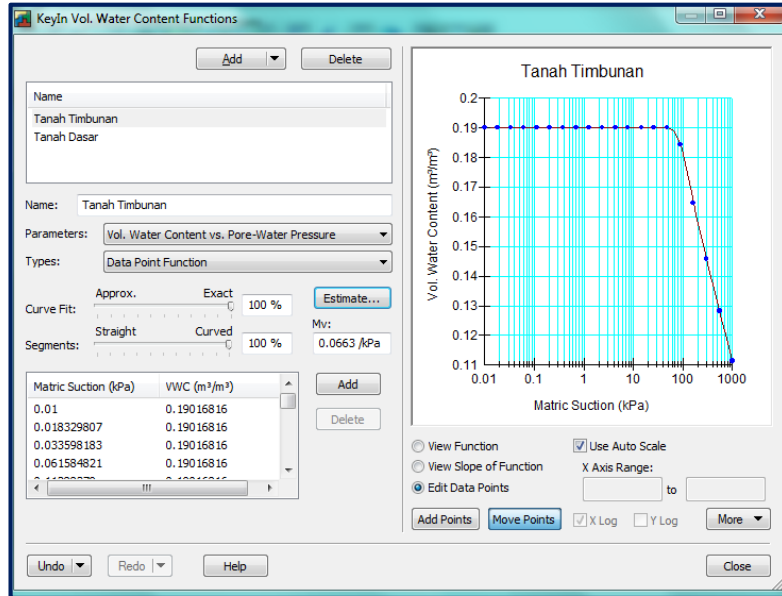
Gambar 3.22 Kotak Dialog *Keyin Analyses* pada *SEEP/W*

2.) Menentukan Fungsi *Hydraulic Conductivity*

Sebelum dapat mengisi *Material Properties*, terlebih dahulu mengisi nilai Permeabilitas pada Fungsi *Hydraulic Conductivity* dan Koefisien Volume Kompresibilitas (*Mv*) pada Fungsi *Volume Water Content*. Berturut – turut input data pada *VWC* dan *Hydraulic Conductivity* seperti ditunjukkan dalam **Gambar 3.23** dan **Gambar 3.24**.



Gambar 3.23 Kotak Dialog *Keyin Hydraulic Conductivity Functions*

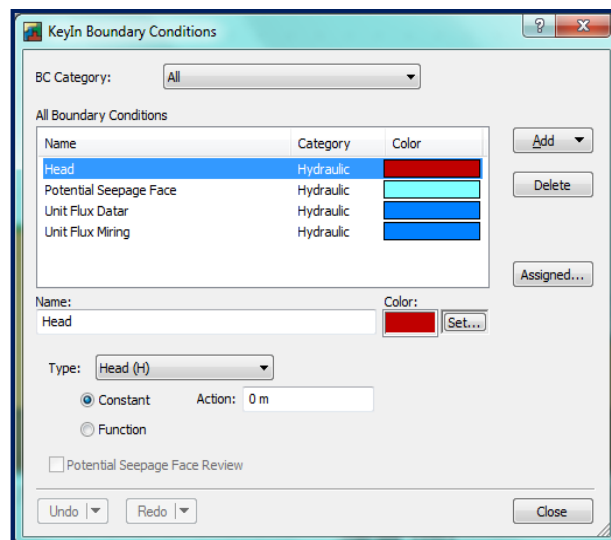


Gambar 3.24 Kotak Dialog *Keyin Volume Water Content Functions*

3.) Penentuan Kondisi Batas

Langkah – langkah penggambaran kondisi batas pada tipikal analisa antara lain :

1. Pilih *Boundary Conditions* pada menu *Draw*,
2. Pilih tipe *Unit Flux* (q) yang merupakan fungsi dari beban hujan terhadap satuan waktu,
3. Klik *Done*.

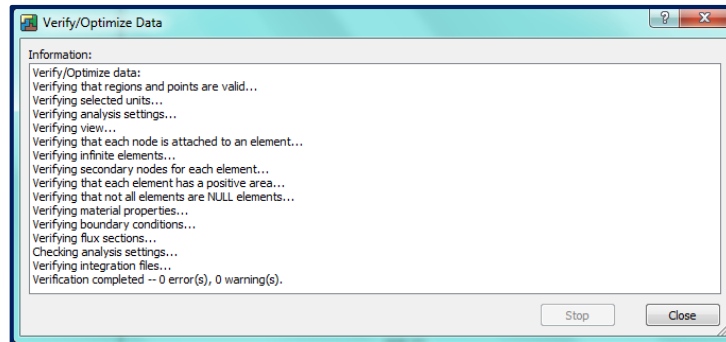


Gambar 3.25 Kotak Dialog *Keyin Boundary Conditions*

4.) Kontrol data masukan (Eksekusi Data)

Langkah – langkah untuk mengontrol data masukan dilakukan dengan cara :

1. Pilih *Verify* pada menu *Tools*,
2. Klik *Verify*,
3. Klik *Done* untuk mengakhiri verifikasi data masukan.

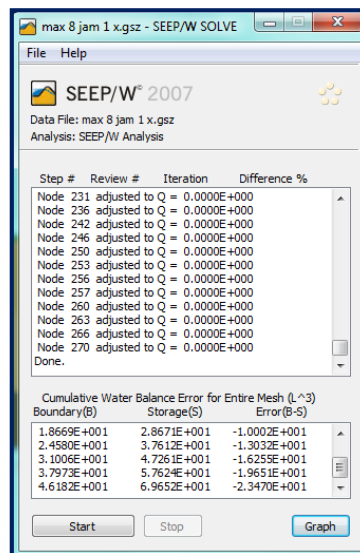


Gambar 3.26 Kotak Dialog *Verify*

5.) Menghitung kapasitas aliran rembesan

Setelah data – data dimasukkan ke dalam program, langkah selanjutnya adalah menghitung kapasitas aliran rembesan (*solving problem*). *Solving problem* dilakukan dengan cara :

1. Pilih *Solve* pada menu *Tools*,
2. Klik *Start*.

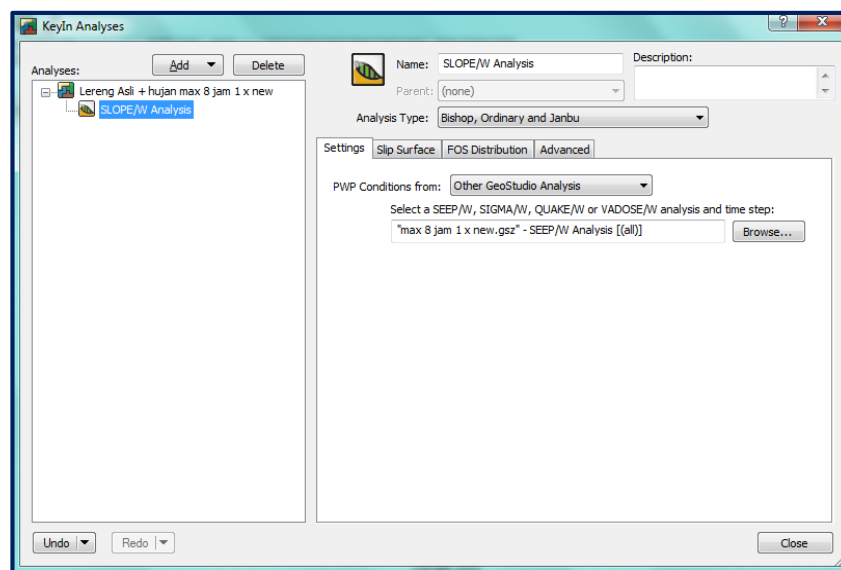


Gambar 3.27 Kotak Dialog *Solving Problem*

Setelah beberapa waktu terjadi hujan pada lereng, terdapat rembesan. Sama halnya dengan analisa pada kondisi tidak terjadi hujan, analisa stabilitas lereng pada kondisi hujan maksimum durasi maksimum yaitu dengan menambah data air.

Untuk analisa rembesan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software SEEP/W*, kemudian data hasil analisa rembesan ini digunakan untuk analisa stabilitas lereng dengan *Software SLOPE/W*. Langkah – langkah menggunakan analisa *SEEP/W* dalam *Software SLOPE/W* adalah sebagai berikut :

1. Pilih *Analysis Setting* pada menu *KeyIn*,
2. Pilih *Settings*,
3. Pada Kolom *PWP Conditions* pilih *Other Geostudio Analysis*,
4. Kemudian klik *Browse*, cari file *SEEP/W* yang dikehendaki sesuai dengan analisis yang dibutuhkan.

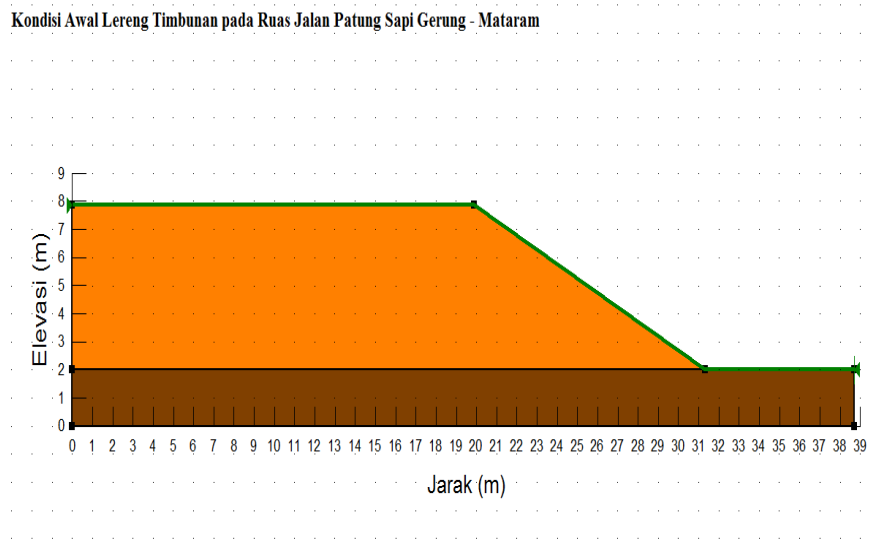


Gambar 3.28 Kotak Dialog *PWP Conditions*

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Bentuk Penampang dan Data Teknis Lereng

Lereng timbunan KM 3+900 pada ruas Jalan Patung sapi Gerung – Mataram merupakan lereng buatan tertinggi dengan tinggi timbunan 5,85 meter dan sudut lereng 27°, adapun bentuk penampang dan data teknis lereng adalah sebagai berikut :



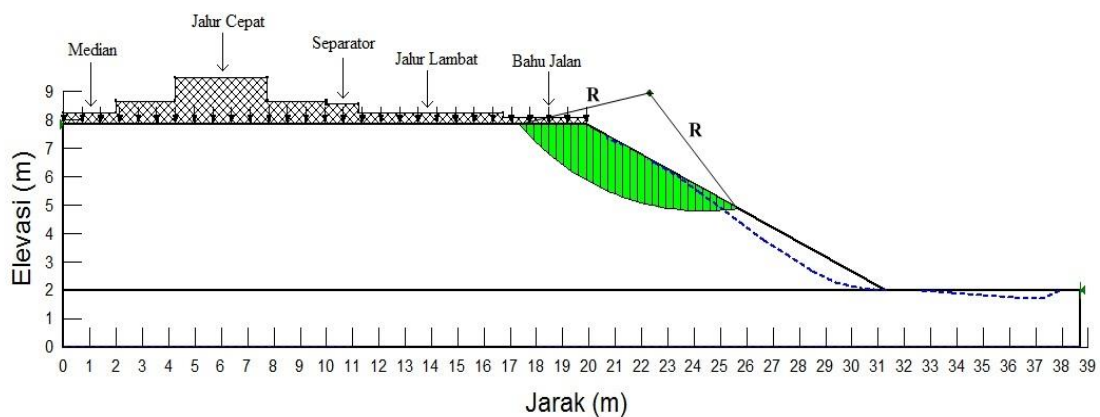
Gambar 4.1 Penampang Awal Melintang Lereng



Gambar 4.2 Bentuk Asli Lereng pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram

4.2 Pembebanan Lereng

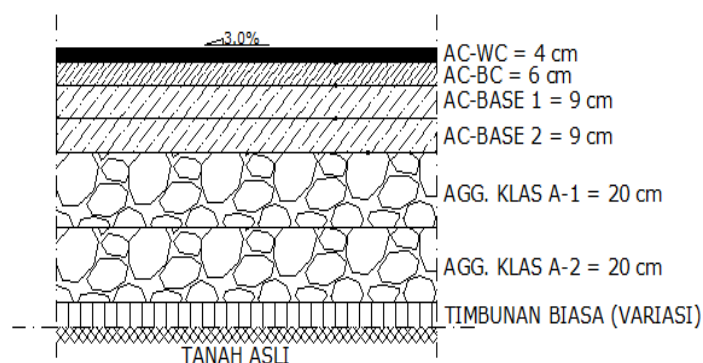
Pembebanan yang terjadi pada lereng harus diperhitungkan. Terutama beban yang terletak pada bagian atas lereng, karena beban tersebut akan berpengaruh terhadap kestabilan suatu lereng. Lereng yang dianalisa adalah lereng timbunan pada konstruksi jalan. Beban yang akan bekerja pada lereng tersebut adalah beban konstruksi perkerasan jalan, beban kendaraan, beban kerb, beban median, beban separator, beban bahu jalan, dimana beban – beban tersebut bekerja pada bagian atas lereng dan untuk beban yang jatuh pada permukaan lereng atau bidang miring lereng adalah beban hujan. Adapun distribusi beban yang berada pada lereng adalah sebagai berikut:



Gambar 4.3 Distribusi pembebanan pada lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram KM 3+900

4.2.1 Beban Konstruksi Perkerasan Jalan

Dalam perencanaannya, Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram memiliki tebal perkerasan 68 cm dengan jenis lapisan perkerasan lentur seperti pada **Gambar 4.4** berikut.



Gambar 4.4 Lapis Perkerasan Lentur Ruas Jalan Patung Sapi Gerung - Mataram (Sumber : *Asbuilt Drawing*, 2016)

Perhitungan beban akibat konstruksi lapis perkerasan jalan Patung Sapi Gerung – Mataram sebagai berikut :

$$\text{Beban Akibat Konstruksi Jalan} = \text{Tebal Lapis Perkerasan} \times \text{Bj Aspal}$$

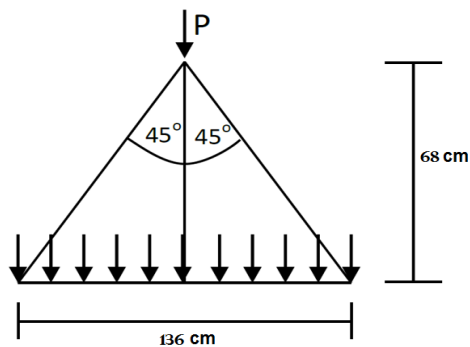
Lapis AC-WC	= 0,04m x 2,338 T/m ³	= 0,0935 T/m ²
Lapis AC-BC	= 0,06m x 2,347 T/m ³	= 0,1408 T/m ²
Lapis AC-BASE (1)	= 0,09m x 2,383 T/m ³	= 0,2145 T/m ²
Lapis AC-BASE (2)	= 0,09m x 2,383 T/m ³	= 0,2145 T/m ²
Lapis LPA	= 0,20m x 2,220 T/m ³	= 0,4440 T/m ²
Lapis LPB	= 0,20m x 2,036 T/m ³	= 0,4072 T/m ²
		= 1,5145 T/m ² +
		= 15,145 kN/m ²

Maka beban yang bekerja akibat beban adanya konstruksi perkerasan pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram adalah sebesar 15,145 kN/m².

4.2.2 Beban Kendaraan

Dalam perencanaannya, Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram termasuk dalam klasifikasi Jalan Arteri (Jalan Nasional). Berdasarkan PP no.43 tahun 1993 pasal 11, Muatan Sumbu Terberat (MST) kendaraan yang diizinkan melewati jalan kelas 1 (jalan arteri) adalah sebesar >10 ton.

Distribusi beban muatan sumbu dimulai dari pertemuan roda kendaraan yang kemudian menyebar sepanjang ketebalan konstruksi jalan dengan sudut 45°. Beban muatan sumbu terberat merupakan beban terpusat yang dibagi menjadi dua untuk masing-masing roda dan dialihkan menjadi beban terbagi merata yang tersebar dibawah perkerasan seperti **Gambar 4.5** berikut.



Gambar 4.5 Distribusi Beban Muatan Sumbu ke Badan Jalan

Pada Ruas Jalan Patung sapi Gerung – Mataram terdapat dua jenis jalur yang berbeda yaitu jalur cepat dan jalur lambat dimana setiap jalur memikul beban yang berbeda dikarenakan adanya perbedaan jenis kendaraan yang akan melintas pada setiap jalurnya. Sehingga perhitungannya dibedakan menjadi dua, seperti berikut :

a. Jalur Cepat

Asumsi jenis kendaraan yang melintas : Truk

Beban Muatan Sumbu Terberat rencana jalur cepat : 25 ton

Perhitungan beban terbagi merata akibat distribusi muatan sumbu kendaraan ke badan jalan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Beban Kendaraan} &= \frac{MSTrencana : 2}{(\text{Lebar Distribusi Beban})^2} \\ &= \frac{25 \text{ Ton} : 2}{(1,36)^2 \text{ m}} \\ &= 6,7582 \text{ T/m}^2 \\ &= 67,582 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Jadi, beban yang bekerja pada lereng akibat beban kendaraan untuk jalur cepat adalah sebesar 67,582 kN/m².

b. Jalur Lambat

Asumsi jenis kendaraan yang melintas : Mobil Penumpang

Beban Muatan Sumbu Terberat rencana jalur lambat: 2 ton

Perhitungan beban terbagi merata akibat distribusi muatan sumbu kendaraan ke badan jalan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Beban Kendaraan} &= \frac{MSTrencana : 2}{(\text{Lebar Distribusi Beban})^2} \\ &= \frac{2 \text{ Ton} : 2}{(1,36)^2 \text{ m}} \\ &= 0,5407 \text{ T/m}^2 \\ &= 5,407 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Jadi, beban yang bekerja pada lereng akibat beban kendaraan untuk jalur lambat adalah sebesar 5,407 kN/m².

4.2.3 Total Beban Konstruksi Perkerasan Jalan dan Kendaraan

Setelah didapatkan pembebanan konstruksi perkerasan jalan dan beban kendaraan, maka kedua beban tersebut dijumlah untuk mendapatkan total pembebanan yang akan diterima oleh tanah timbunan.

a. Jalur Cepat

$$\begin{array}{rcl} \text{Beban Kendaraan} & = & 67,582 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Beban Konstruksi Jalan} & = & 15,145 \text{ kN/m}^2 \\ \hline \text{Total Beban} & = & 82,727 \text{ kN/m}^2 \end{array} +$$

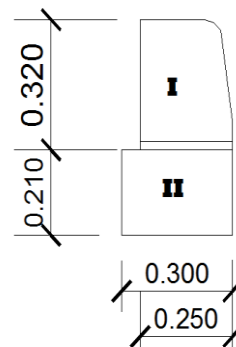
Maka total beban yang bekerja akibat beban kendaraan dan beban perkerasan pada jalur cepat Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram adalah sebesar 82,727 kN/m².

b. Jalur Lambat

$$\begin{array}{rcl} \text{Beban Kendaraan} & = & 5,407 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Beban Konstruksi Jalan} & = & 15,145 \text{ kN/m}^2 \\ \hline \text{Total Beban} & = & 20,552 \text{ kN/m}^2 \end{array} +$$

Maka total beban yang bekerja akibat beban kendaraan dan beban perkerasan pada jalur lambat Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram adalah sebesar 20,552 kN/m².

4.2.4 Beban Kerb



Gambar 4.6 Dimensi pada Kerb
(Sumber : *Asbuilt Drawing*, 2016)

a. Kerb I

$$\begin{array}{rcl} \text{Luas Kerb I} & = & 0,32 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} = 0,08 \text{ m}^2 \\ \text{Berat Kerb I} & = & \text{Luas} \times 1 \text{ m} \text{ Bj Beton} \\ & = & 0,08 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 \\ & = & 176 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Air per Satuan Luas} &= \frac{\text{Berat Kerb I}}{\text{Lebar} \times 1 \text{ m}} \\ &= \frac{176 \text{ kg}}{0,25 \times 1 \text{ m}} \\ &= 704,0 \text{ kg/m}^2 \\ &= 0,704 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

b. Kerb II

$$\begin{aligned} \text{Luas Kerb II} &= 0,3 \text{ m} \times 0,21 \text{ m} = 0,62 \text{ m}^2 \\ \text{Berat Kerb II} &= \text{Luas} \times 1 \text{ m} \text{ Bj Beton} \\ &= 0,62 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 \\ &= 138,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

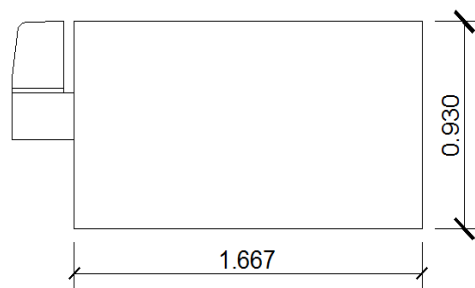
$$\begin{aligned} \text{Berat Air per Satuan Luas} &= \frac{\text{Berat Kerb II}}{\text{Lebar} \times 1 \text{ m}} \\ &= \frac{138,6 \text{ kg}}{0,3 \times 1 \text{ m}} \\ &= 462,0 \text{ kg/m}^2 \\ &= 0,462 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

c. Total Berat Kerb

$$\begin{aligned} \text{Berat Kerb Total} &= \text{Kerb I} + \text{Kerb II} \\ &= 0,704 + 0,462 \\ &= 1,166 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total beban yang bekerja akibat beban kerb pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram adalah sebesar 1,166 T/m².

4.2.5 Beban Median



Gambar 4.7 Dimensi pada Median
(Sumber : *Asbuilt Drawing*, 2016)

$$\begin{aligned} \text{Luas Median} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ &= 1,667 \text{ m} \times 0,93 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,55 \text{ m}^2 \\
 \text{Berat Median} &= \text{Luas} \times 1 \text{ m} \times \text{Bj Timbunan} \\
 &= 1,55 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2092 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 3243,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

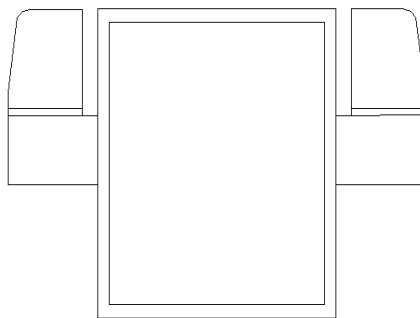
$$\begin{aligned}
 \text{Berat Median per Satuan Luas} &= \frac{\text{Berat Median}}{\text{Lebar} \times 1 \text{ m}} \\
 &= \frac{3243,25}{1,667 \text{ m} \times 1 \text{ m}} \\
 &= 833,573 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 0,834 \text{ T/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Median dan Kerb} &= \text{B. Median} + \text{B. Kerb} \\
 &= 0,834 \text{ T/m}^2 + 1,166 \text{ T/m}^2 \\
 &= 2 \text{ T/m}^2 \\
 &= 20 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka total beban yang bekerja akibat adanya median pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram adalah sebesar 20 kN/m².

4.2.6 Beban Separator

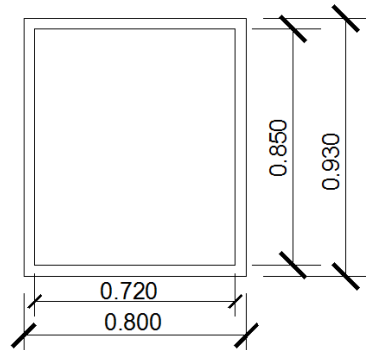
Pada pembangunannya Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram ini dilengkapi dengan bangunan pelengkap berupa separator dengan bentuk memanjang sejajar jalan yang berfungsi untuk memisahkan antara jalur cepat dan jalur lambat. Dapat dilihat pada **Gambar 4.8** berikut.



Gambar 4.8 Model Separator
(Sumber : *Asbuilt Drawing*, 2016)

Perhitungan pembebanan pada separator sebagai berikut :

a. Beban Beton

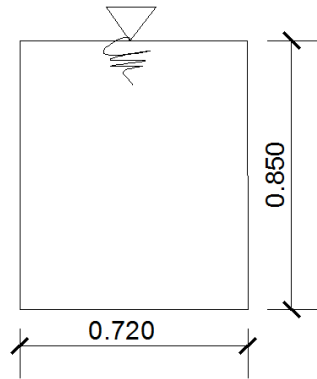


Gambar 4.9 Dimensi Beton pada Separator
(Sumber : *Asbuilt Drawing*, 2016)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\
 \text{Luas Luar} &= 0,8 \text{ m} \times 0,93 \text{ m} = 0,744 \text{ m}^2 \\
 \text{Luas Dalam} &= 0,72 \text{ m} \times 0,85 \text{ m} = 0,612 \text{ m}^2 \\
 \text{Luas Beton} &= \text{Luas Luar} - \text{Luas Dalam} \\
 &= 0,744\text{m}^2 - 0,612\text{m}^2 \\
 &= 0,132 \text{ m}^2 \\
 \text{Berat Beton} &= \text{Luas} \times 1 \text{ m} \times \text{Bj Beton} \\
 &= 0,132 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 290,4 \text{ kg} \\
 \text{Berat Beton per Satuan Luas} &= \frac{\text{Berat Beton}}{\text{Lebar} \times 1 \text{ m}} \\
 &= \frac{290,4 \text{ kg}}{0,8 \text{ m} \times 1 \text{ m}} \\
 &= 363,0 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 0,363 \text{ T/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Beban Air

Beban air pada separator juga diperhitungkan. Dan pada perhitungan ini separator dianggap dalam kondisi air penuh. Dapat dilihat pada **Gambar 4.10** berikut.



Gambar 4.10 Kondisi Air pada Separator
(Sumber : *Asbuilt Drawing*, 2016)

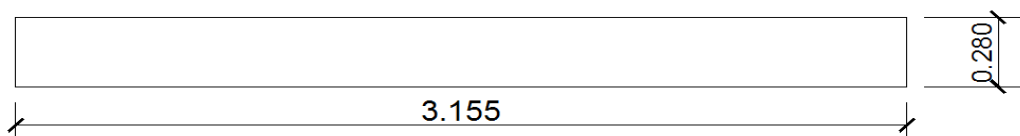
$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang} &= 0,72 \text{ m} \times 0,85 \text{ m} = 0,612 \text{ m}^2 \\ \text{Berat Air} &= \text{Luas} \times 1 \text{ m} \text{ Bj Air} \\ &= 0,612 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 612 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Air per Satuan Luas} &= \frac{\text{Berat Air}}{\text{Lebar} \times 1 \text{ m}} \\ &= \frac{612 \text{ kg}}{0,72 \times 1 \text{ m}} \\ &= 850 \text{ kg/m}^2 \\ &= 0,85 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Total Beban pada Separator} &= \text{B.Beton} + \text{B.Air} + (\text{B.Kerb} \times 2) \\ &= 0,363 + 0,85 + (1,166 \times 2) \\ &= 3,545 \text{ T/m}^2 \\ &= 35,45 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka total beban yang bekerja akibat adanya separator pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram adalah sebesar 35,45 kN/m².

4.2.7 Beban Bahu Jalan



Gambar 4.11 Kondisi Bahu Jalan
(Sumber : *Asbuilt Drawing*, 2016)

$$\begin{aligned} \text{Luas Bahu Jalan} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ &= 3,155 \text{ m} \times 0,28\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,8834 \text{ m}^2 \\
\text{Berat Bahu Jalan} &= \text{Luas} \times 1 \text{ m} \times \text{Bj Beton} \\
&= 0,8834 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 \\
&= 1943,48 \text{ kg} \\
\text{Berat Bahu Jalan per Satuan Luas} &= \frac{\text{Berat Beton}}{\text{Lebar} \times 1 \text{ m}} \\
&= \frac{1943,48 \text{ kg}}{3,155 \text{ m} \times 1 \text{ m}} \\
&= 616 \text{ kg/m}^2 \\
&= 0,616 \text{ T/m}^2 \\
&= 6,16 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Dikarenakan fungsi dari bahu jalan adalah bagian tepi jalan yang digunakan sebagai tempat untuk kendaraan yang mengalami kerusakan, sehingga kendaraan dapat berhenti sementara waktu pada bahu jalan agar tidak mengganggu lalu lintas. Yang mana jenis kendaraan yang diasumsikan dapat berhenti pada bahu jalan adalah mobil penumpang, sehingga beban yang bekerja adalah :

$$\begin{aligned}
\text{Berat Total Beban} &= \text{Berat Bahu Jalan per Satuan Luas} + \text{Berat Kendaraan} \\
&\quad \text{Jalur Lambat} \\
&= 6,16 + 5,407 \\
&= 11,567 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Maka total beban yang bekerja akibat adanya bahu jalan dan kendaraan yang berhenti sementara waktu pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram adalah sebesar 11,567 kN/m².

4.2.8 Beban Hujan

Perhitungan untuk beban hujan pada permukaan bidang miring lereng berbeda dengan hujan untuk permukaan tanah merata. Sehingga perhitungan di jabarkan sebagai berikut :

a. Perhitungan untuk beban hujan pada permukaan tanah yang rata

1. Intensitas Hujan yang sering terjadi dengan intensitas sebesar :

$$0,1 \text{ mm/jam} = \frac{0,1 \times 0,001}{3600} = 2,778 \times 10^{-8} \text{ m/sec}$$

2. Intensitas Hujan Rata-rata dengan intensitas sebesar :

$$2,768 \text{ mm/jam} = \frac{2,768 \times 0,001}{3600} = 7,689 \times 10^{-7} \text{ m/sec}$$

3. Intensitas Hujan maksimum dengan intensitas sebesar :

$$70 \text{ mm/jam} = \frac{70 \times 0,001}{3600} = 1,944 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

b. Perhitungan untuk beban hujan pada permukaan tanah yang miring

1. Intensitas Hujan yang sering terjadi dengan intensitas sebesar :

$$V_{wi} = \frac{11,48 \times 2,778 \times 10^{-8}}{12,89} = 2,474 \times 10^{-8} \text{ m/sec}$$

2. Intensitas Hujan Rata-rata dengan intensitas sebesar :

$$V_{wi} = \frac{11,48 \times 7,689 \times 10^{-7}}{12,89} = 6,848 \times 10^{-7} \text{ m/sec}$$

3. Intensitas Hujan maksimum dengan intensitas sebesar :

$$V_{wi} = \frac{11,48 \times 1,944 \times 10^{-5}}{12,89} = 1,731 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

4.2.9 Rekapitulasi Pembebanan

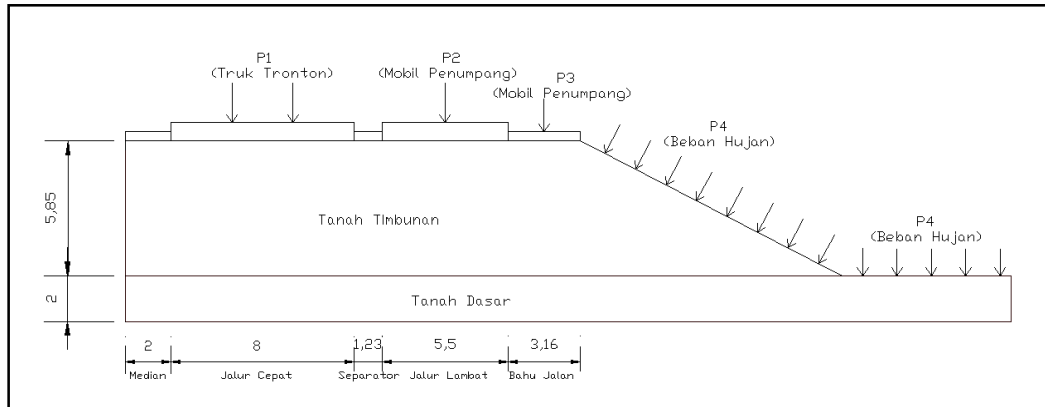
Setelah melakukan perhitungan pada setiap beban yang akan berpengaruh terhadap angka aman lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram, dilakukan rekapitulasi beban untuk mempermudah penginputan data beban seperti pada **Tabel 4.1**, untuk beban – beban yang bekerja di atas lereng diperlihatkan pada **Gambar 4.12** dan distribusi beban seperti **Gambar 4.13**.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Pembebanan

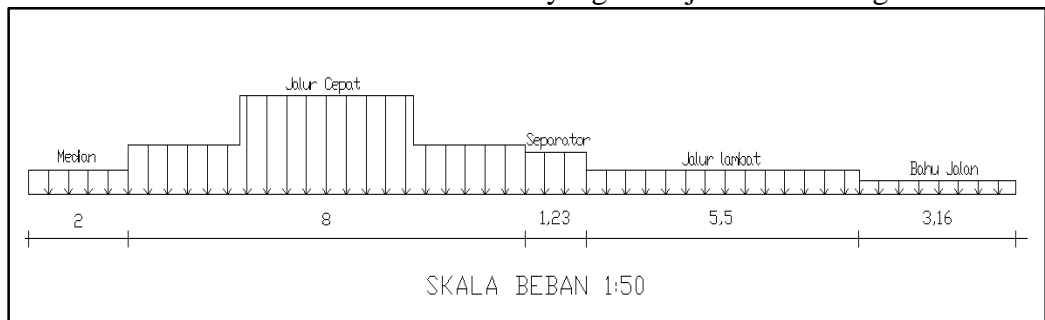
No.	Beban yang bekerja pada lereng	Besar Pembebanan yang bekerja
1	Beban Konstruksi Perkerasan Jalan	15,145 kN/m ²
2	Beban Kendaraan pada jalur cepat	82,727 kN/m ²
3	Beban Kendaraan pada jalur lambat	20,552 kN/m ²
4	Beban Median	20 kN/m ²
5	Beban Separator	35,45 kN/m ²
6	Beban Bahu Jalan	11,567 kN/m ²
7	Intensitas Hujan yang sering terjadi	
	- Permukaan merata	2,778 x 10 ⁻⁸ m/sec
	- Permukaan miring	2,474 x 10 ⁻⁸ m/sec
8	Intensitas Hujan Rata-rata	
	- Permukaan merata	7,689 x 10 ⁻⁷ m/sec

No.	Beban yang bekerja pada lereng	Besar Pembebanan yang bekerja
	- Permukaan miring	$6,848 \times 10^{-7}$ m/sec
9	Intensitas Hujan maksimum	
	- Permukaan merata	$1,944 \times 10^{-5}$ m/sec
	- Permukaan miring	$1,731 \times 10^{-5}$ m/sec

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.12 Beban – beban yang bekerja di atas lereng



Gambar 4.13 Distribusi Beban yang bekerja di Atas lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung - Mataram

4.3 Analisa Stabilitas Lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram

menggunakan *Software Geostudio V.7*

4.3.1 Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban

Lereng yang dianalisa pada kondisi lereng asli tanpa adanya pengaruh dari beban yang berada di atas lereng seperti beban konstruksi perkerasan jalan, beban kendaraan, beban kerb, beban median, beban separator, beban bahu jalan serta adanya beban hujan. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software SLOPE/W* menggunakan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu. Dimana untuk mengetahui seberapa besar nilai angka keamanan pada lereng kondisi asli dengan input properties data tanah seperti berat volume basah lapangan (γ_b), sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) seperti pada **Tabel 4.2**.

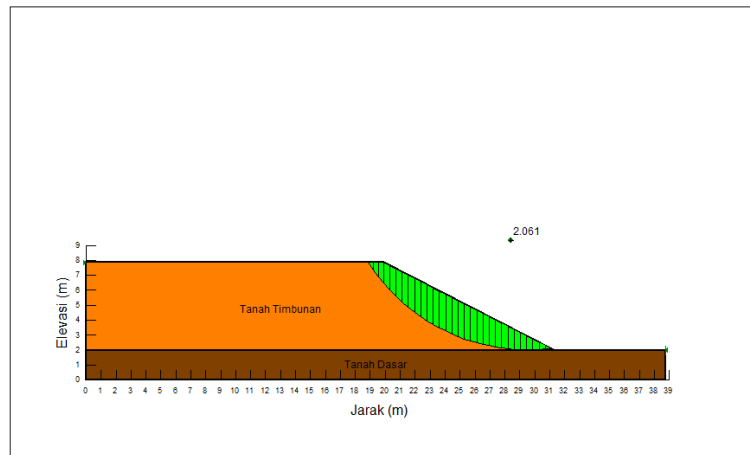
Tabel 4.2 Hasil analisa stabilitas lereng tanpa Beban

Metode Analisis	Faktor Aman Ijin (Hardiyatmo, 2010)	Faktor Aman Analisis	Keterangan
Ordinary	1,5	2,061	Aman
Bishop	1,5	2,156	Aman
Janbu	1,5	2,029	Aman

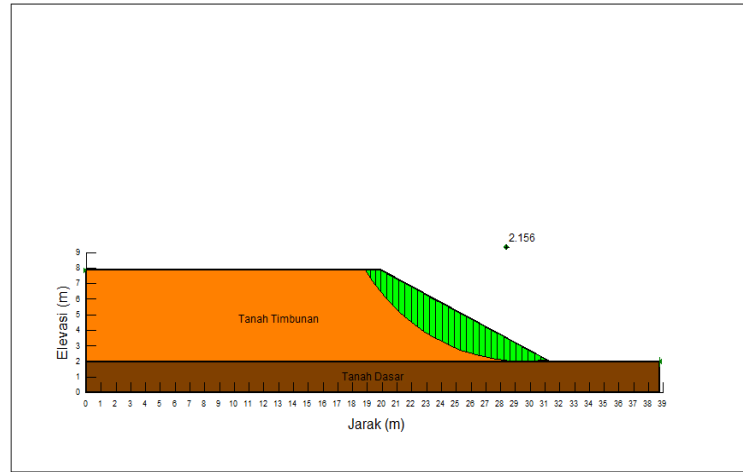
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa faktor aman lereng dengan kondisi asli tanpa beban pada Ruas Jalan Patung sapi Gerung – Mataram lebih besar daripada faktor aman yang diijinkan sehingga lereng tersebut masih dalam keadaan stabil.

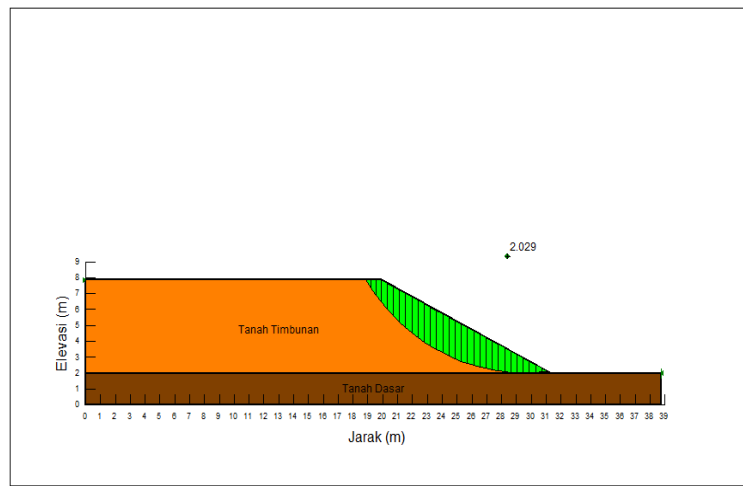
Hasil analisa lainnya yaitu berupa kontur bidang longsor dengan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu yang dapat dilihat pada **Gambar 4.14**, **Gambar 4.15**, dan **Gambar 4.16** berikut.



Gambar 4.14 Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban dengan Metode Ordinary



Gambar 4.15 Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban dengan Metode Bishop



Gambar 4.16 Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban dengan Metode Janbu

4.3.2 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng

Lereng yang dianalisa pada kondisi dimana lereng di bebani oleh beban – beban yang berada di atas lereng seperti beban konstruksi perkerasan jalan, beban kendaraan, beban kerb, beban median, beban separator, beban bahu jalan tetapi tanpa adanya beban hujan. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software SLOPE/W* menggunakan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu. Dimana untuk mengetahui seberapa besar nilai angka keamanan pada lereng dengan adanya beban – beban yang berada di atas lereng seperti pada **Tabel 4.3**.

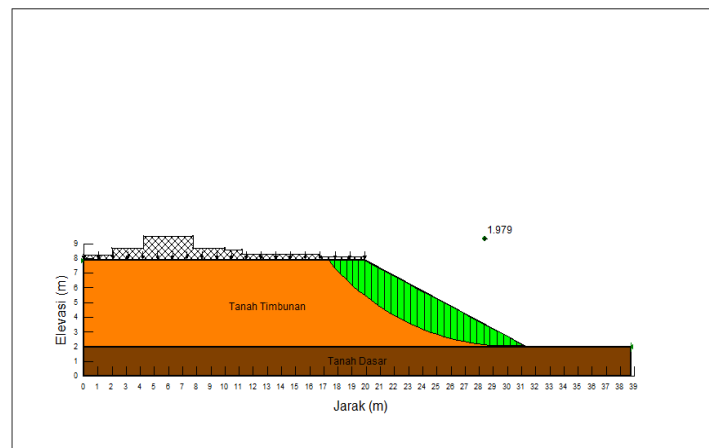
Tabel 4.3 Hasil analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng

Metode Analisis	Faktor Aman Ijin (Hardiyatmo, 2010)	Faktor Aman Analisis	Keterangan
Ordinary	1,5	1,979	Aman
Bishop	1,5	2,057	Aman
Janbu	1,5	1,955	Aman

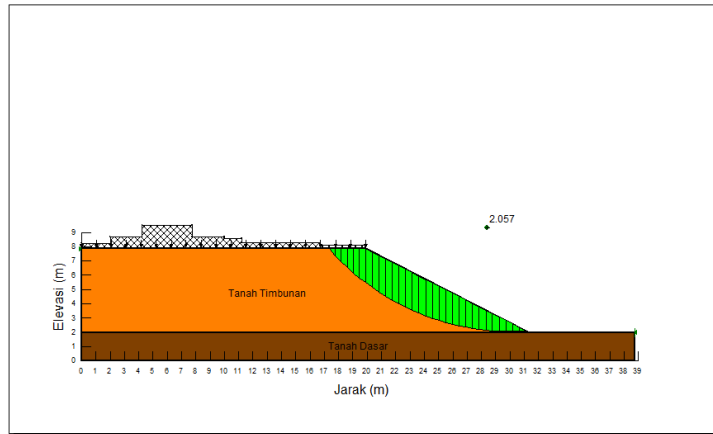
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa faktor aman lereng kondisi asli dengan beban pada Ruas Jalan Patung sapi Gerung – Mataram mengalami penurunan angka aman daripada faktor aman yang diijinkan. Sehingga lereng tersebut kemungkinan kecil terjadi longsor karena angka aman hanya menurun sedikit dari angka aman yang diijinkan.

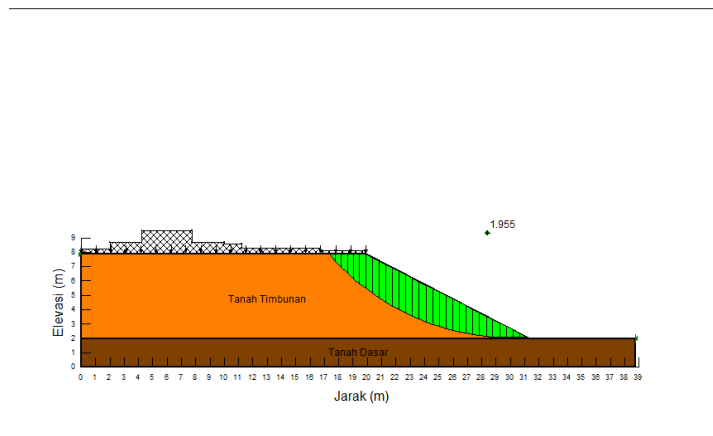
Hasil analisa lainnya yaitu berupa kontur bidang longsor dengan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu yang dapat dilihat pada **Gambar 4.17**, **Gambar 4.18**, dan **Gambar 4.19** berikut.



Gambar 4.17 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dengan Metode Ordinary



Gambar 4.18 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dengan Metode Bishop



Gambar 4.19 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dengan Metode Janbu

4.3.3 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi

Lereng yang dianalisa pada kondisi dimana lereng di bebani oleh beban – beban yang berada di atas lereng seperti beban konstruksi perkerasan jalan, beban kendaraan, beban kerb, beban median, beban separator, beban bahu jalan dan adanya beban hujan dengan intensitas hujan yang sering terjadi durasi 8 jam. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software SLOPE/W* dan *SEEP/W* menggunakan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu. Dimana untuk mengetahui seberapa besar nilai angka keamanan pada lereng dengan adanya beban – beban yang berada di atas lereng serta pengaruh dari beban hujan yang sering terjadi durasi 8 jam seperti pada **Tabel 4.4**.

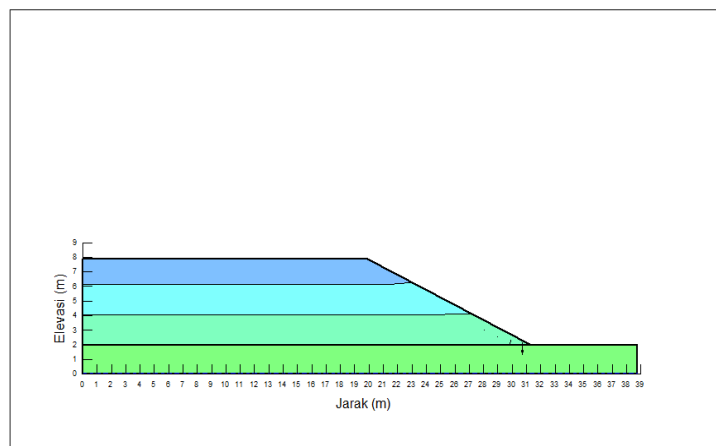
Tabel 4.4 Hasil analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan yang sering terjadi durasi 8 jam

Metode Analisis	Faktor Aman Ijin (Hardiyatmo, 2010)	Faktor Aman Analisis	Keterangan
Ordinary	1,5	1,929	Aman
Bishop	1,5	2,041	Aman
Janbu	1,5	1,903	Aman

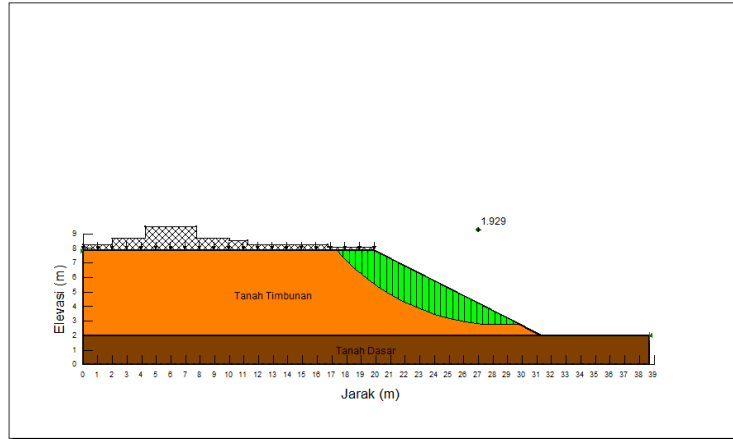
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa faktor aman lereng kondisi asli dengan beban yang berada di atas lereng serta beban hujan yang sering terjadi durasi 8 jam pada Ruas Jalan Patung sapi Gerung – Mataram tidak mengalami perubahan angka aman, seperti hasil analisa sebelumnya pada lereng kondisi asli dengan beban yang berada di atas lereng tanpa adanya beban hujan. Sehingga dengan adanya beban hujan berdurasi 8 jam yang intensitasnya rendah tidak berpengaruh dalam menurunkan angka aman pada stabilitas lereng.

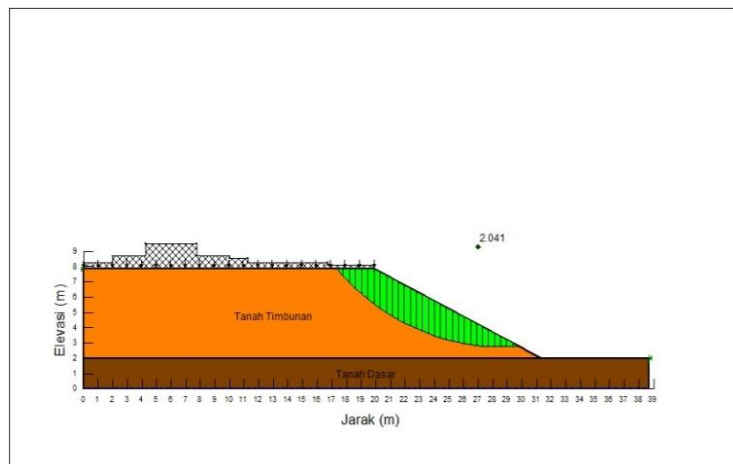
Hasil analisa lainnya yaitu berupa kontur rembesan air dengan intensitas rendah dan bidang longsor dengan adanya beban hujan yang intensitas rendah dengan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu yang dapat dilihat pada **Gambar 4.20**, **Gambar 4.21**, **Gambar 4.22**, dan **Gambar 4.23** berikut.



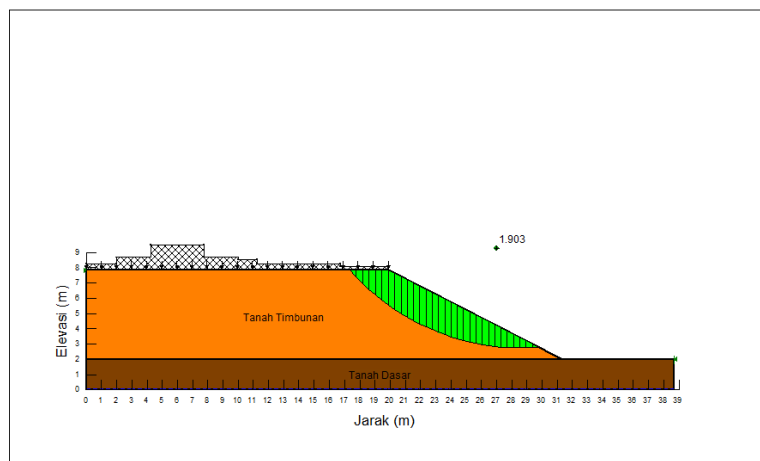
Gambar 4.20 Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi durasi 8 jam



Gambar 4.21 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Ordinary durasi 8 jam



Gambar 4.22 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Bishop durasi 8 jam



Gambar 4.23 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Janbu durasi 8 jam

Dari hasil dapat dilihat, lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dengan intensitas hujan yang terjadi pada durasi 8 jam lereng tersebut masih dalam keadaan stabil. Setelah dilakukan *running* program *SLOPE/W* dan *SEEP/W* pada intensitas yang sering terjadi dengan durasi 168 jam ternyata lereng mengalami penurunan angka aman sangat sedikit seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 4.5**.

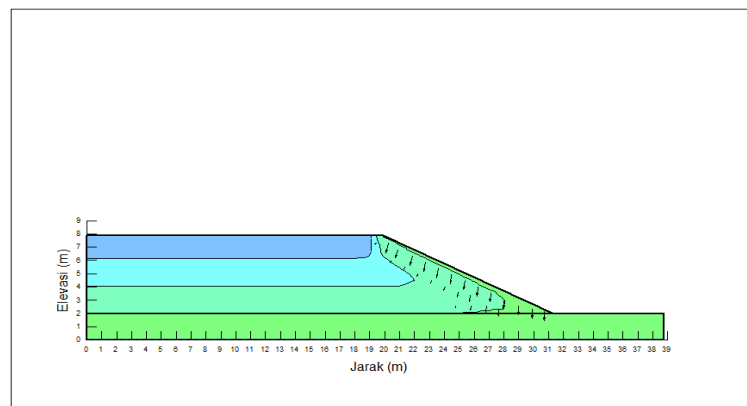
Tabel 4.5 Hasil analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan yang sering terjadi durasi 168 jam

Metode Analisis	Faktor Aman Ijin (Hardiyatmo, 2010)	Faktor Aman Analisis	Keterangan
Ordinary	1,5	1,856	Aman
Bishop	1,5	1,934	Aman
Janbu	1,5	1,837	Aman

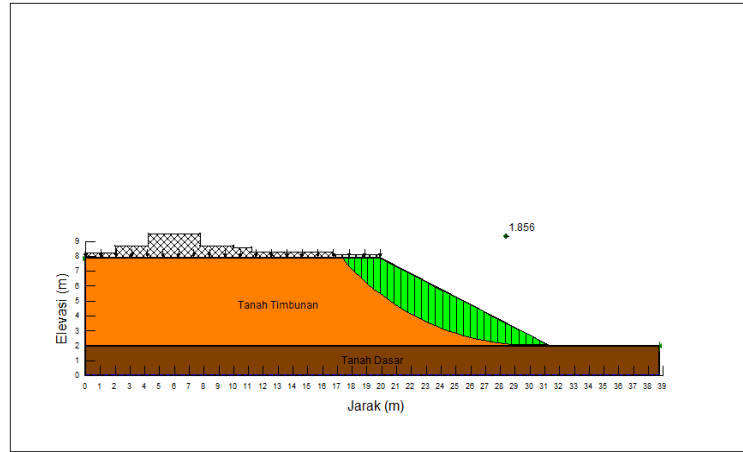
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa faktor aman lereng pada kondisi lereng dengan beban yang berada di atasnya, serta intensitas hujan yang sering terjadi durasi 168 jam mengalami perubahan angka aman. Dapat dikatakan, adanya beban hujan tersebut dengan intensitas 0,1 mm/jam tidak begitu berpengaruh dalam menurunkan angka aman pada stabilitas lereng. Bahkan durasi mencapai 168 jam, lereng tersebut tidak mengalami longsor dengan intensitas rendah yaitu 0,1 mm/jam.

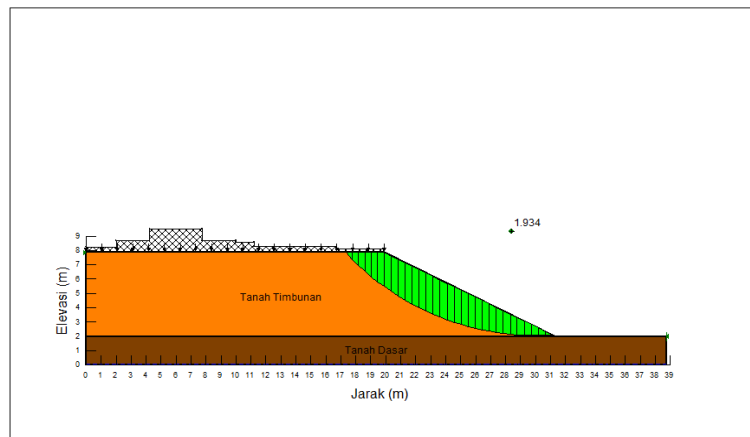
Hasil analisa kontur rembesan air dengan intensitas rendah serta bidang longsor dengan adanya beban hujan yang intensitas rendah durasi 168 jam dengan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu yang dapat dilihat pada **Gambar 4.24**, **Gambar 4.25**, **Gambar 4.26**, dan **Gambar 4.27** berikut.



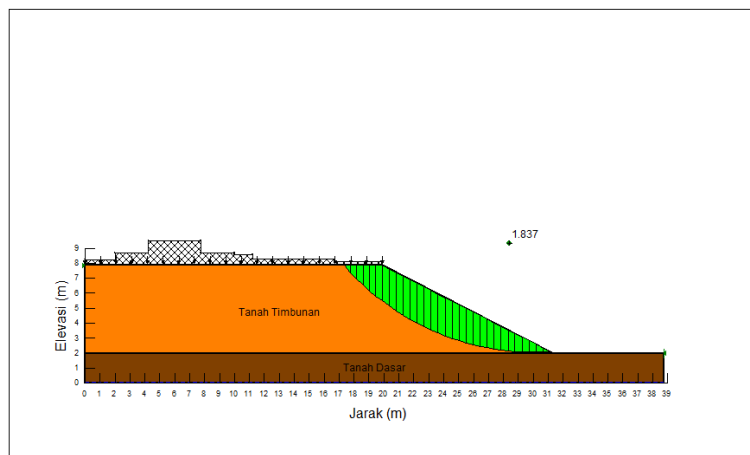
Gambar 4.24 Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi durasi 168 jam



Gambar 4.25 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Ordinary durasi 168 jam



Gambar 4.26 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Bishop durasi 168 jam



Gambar 4.27 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Janbu durasi 168 jam

4.3.4 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata-rata

Lereng yang dianalisa pada kondisi dimana lereng di bebani oleh beban – beban yang berada di atas lereng seperti beban konstruksi perkerasan jalan, beban kendaraan, beban kerb, beban median, beban separator, beban bahu jalan dan adanya beban hujan dengan intensitas hujan rata – rata durasi 8 jam. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software SLOPE/W* dan *SEEP/W* menggunakan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu. Dimana untuk mengetahui seberapa besar nilai angka keamanan pada lereng dengan adanya beban – beban yang berada di atas lereng serta pengaruh dari beban hujan rata – rata durasi 8 jam seperti pada **Tabel 4.6**.

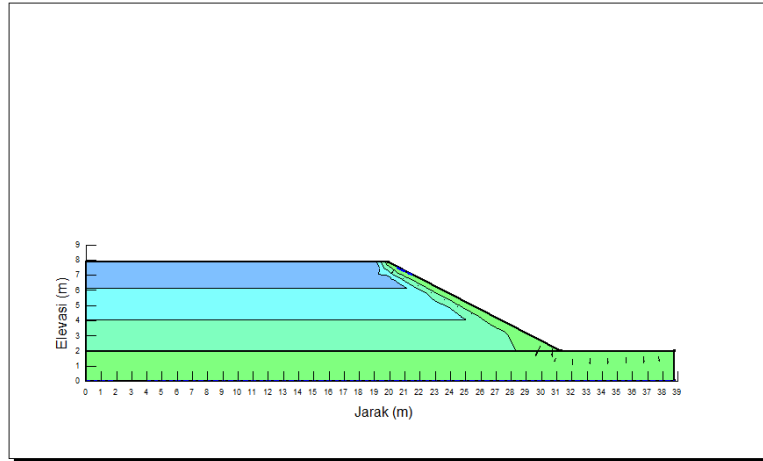
Tabel 4.6 Hasil analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan rata – rata durasi 8 jam

Metode Analisis	Faktor Aman Ijin (Hardiyatmo, 2010)	Faktor Aman Analisis	Keterangan
Ordinary	1,5	1,915	Aman
Bishop	1,5	2,030	Aman
Janbu	1,5	1,873	Aman

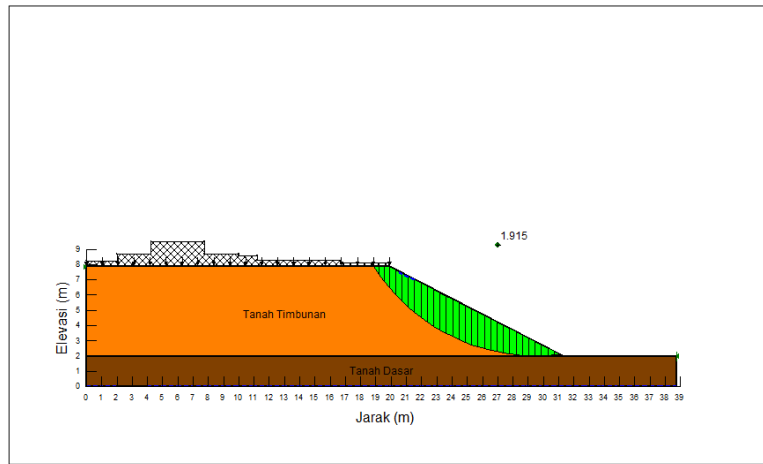
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa faktor aman lereng kondisi asli dengan beban yang berada di atas lereng serta beban hujan rata – rata durasi 8 jam pada Ruas Jalan Patung sapi Gerung – Mataram mengalami penurunan angka aman tetapi tidak begitu besar. Sehingga dengan adanya beban hujan yang intensitasnya rata-rata durasi 8 jam hanya berpengaruh sedikit untuk menurunkan angka aman stabilitas lereng.

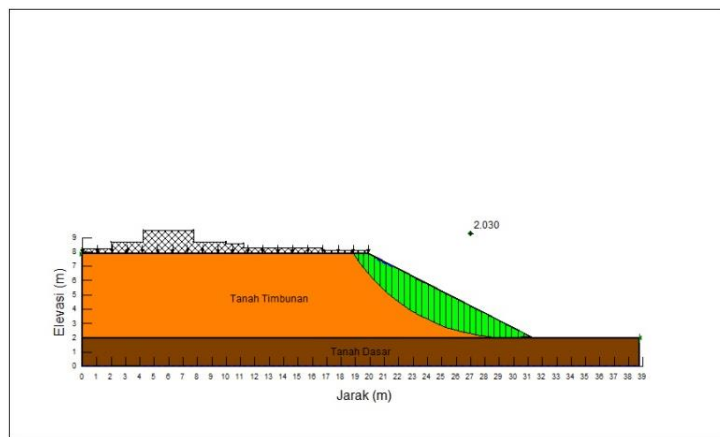
Hasil analisa lainnya yaitu berupa kontur rembesan air dengan intensitas rata-rata dan bidang longsor dengan adanya beban hujan yang intensitas rata-rata dengan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu yang dapat dilihat pada **Gambar 4.28**, **Gambar 4.29**, **Gambar 4.30**, dan **Gambar 4.31** berikut.



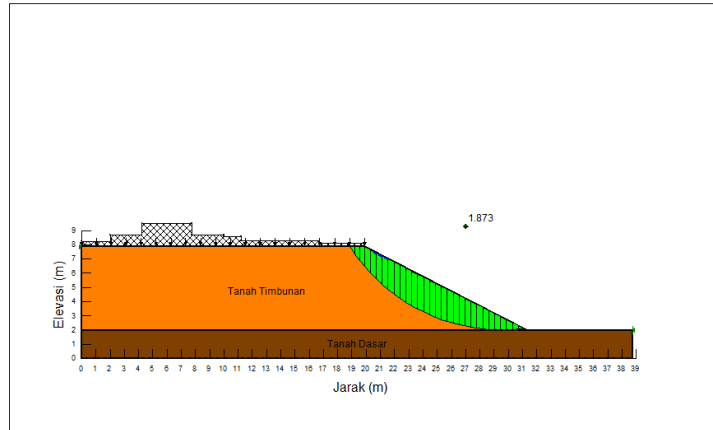
Gambar 4.28 Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Rata – rata durasi 8 jam



Gambar 4.29 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Ordinary durasi 8 jam



Gambar 4.30 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Bishop durasi 8 jam



Gambar 4.31 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Janbu durasi 8 jam

Dari hasil dapat dilihat, lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dengan intensitas hujan rata – rata pada durasi 8 jam, lereng tersebut dalam keadaan stabil tetapi mengalami penurunan angka aman. Setelah dilakukan *running* program *SLOPE/W* dan *SEEP/W* pada intensitas rata – rata dengan durasi 120 jam ternyata lereng mengalami penurunan angka aman seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Hasil analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan rata – rata durasi 120 jam

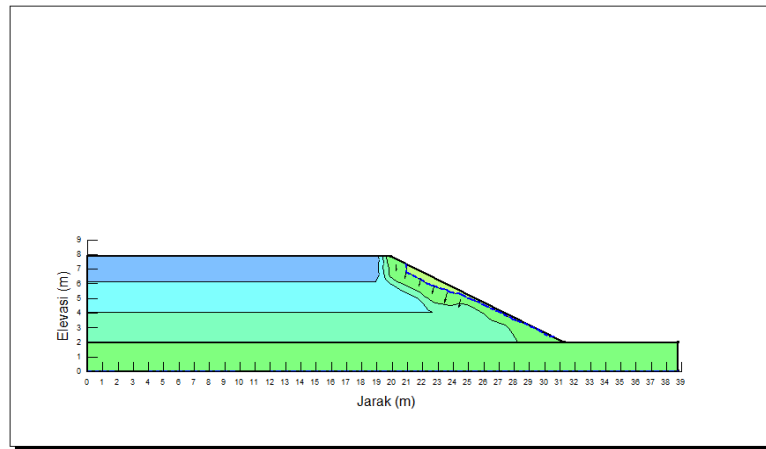
Metode Analisis	Faktor Aman Ijin (Hardiyatmo, 2010)	Faktor Aman Analisis	Keterangan
Ordinary	1,5	1,347	Tidak Aman
Bishop	1,5	1,459	Tidak Aman
Janbu	1,5	1,355	Tidak Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

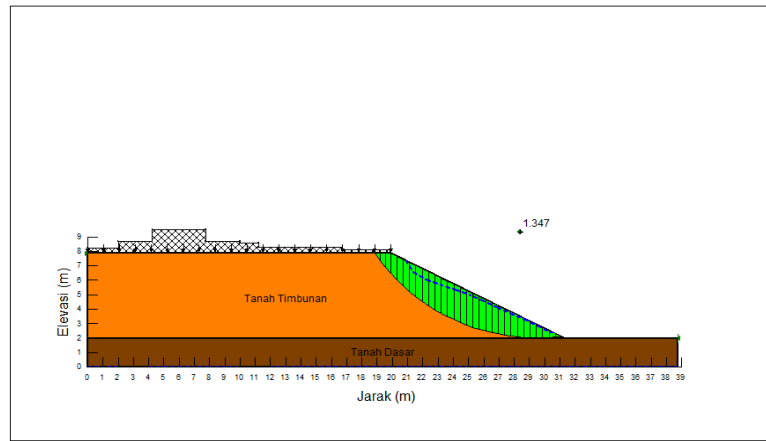
Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa faktor aman lereng pada kondisi lereng dengan beban yang berada di atasnya, serta intensitas hujan rata – rata durasi 120 jam mengalami perubahan angka aman. Dapat dikatakan, adanya beban hujan tersebut dengan intensitas 2,768 mm/jam berpengaruh dalam menurunkan angka aman pada stabilitas lereng. Dimana lereng tersebut mengalami longsor setelah hujan berlangsung selama 120 jam.

Hasil analisa kontur rembesan air dengan intensitas rata – rata serta bidang longsor dengan adanya beban hujan yang intensitas rendah durasi 120 jam dengan

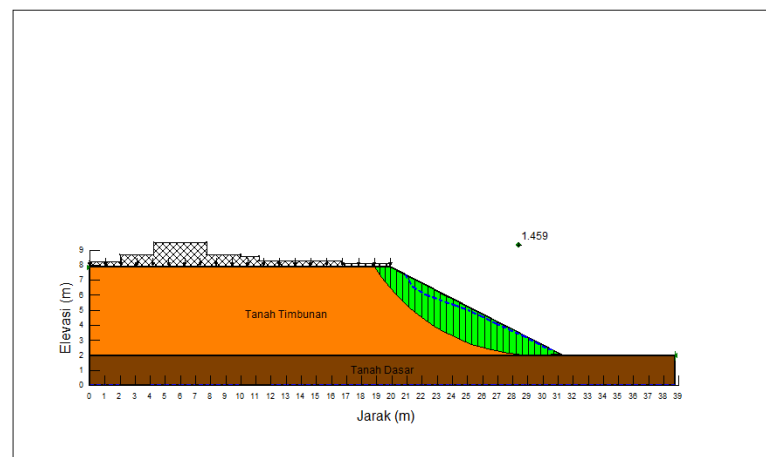
metode Ordinary, Bishop, dan Janbu yang dapat dilihat pada **Gambar 4.32**, **Gambar 4.33**, **Gambar 4.34**, dan **Gambar 4.35** berikut.



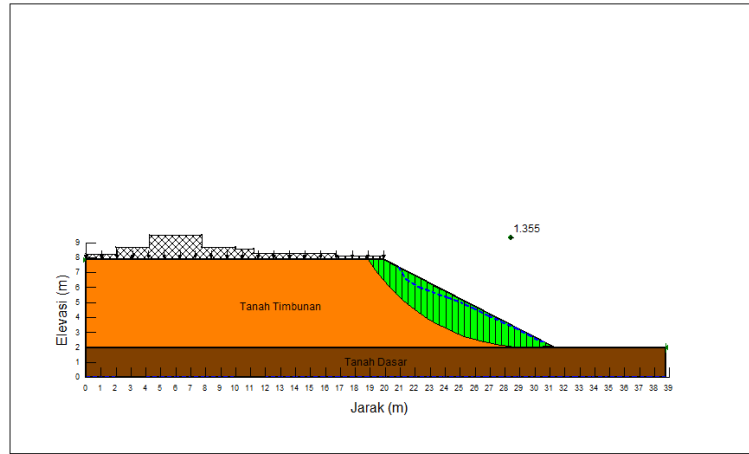
Gambar 4.32 Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Rata – rata durasi 120 jam



Gambar 4.33 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Ordinary durasi 120 jam



Gambar 4.34 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Bishop durasi 120 jam



Gambar 4.35 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Janbu durasi 120 jam

4.3.5 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum

Lereng yang dianalisa pada kondisi dimana lereng di bebani oleh beban – beban yang berada di atas lereng seperti beban konstruksi perkerasan jalan, beban kendaraan, beban kerb, beban median, beban separator, beban bahu jalan dan adanya beban hujan dengan intensitas hujan maksimum durasi 8 jam. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software SLOPE/W* dan *SEEP/W* menggunakan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu. Dimana untuk mengetahui seberapa besar nilai angka keamanan pada lereng dengan adanya beban – beban yang berada di atas lereng serta pengaruh dari beban hujan maksimum durasi 8 jam seperti pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Hasil analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan maksimum durasi 8 jam

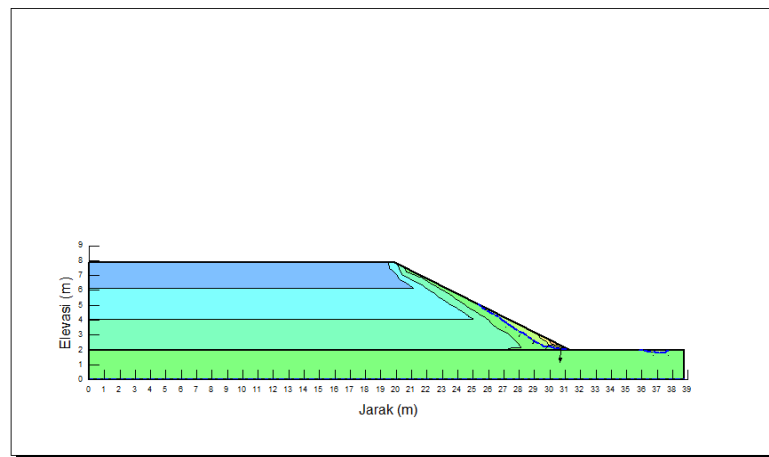
Metode Analisis	Faktor Aman Ijin (Hardiyatmo, 2010)	Faktor Aman Analisis	Keterangan
Ordinary	1,5	1,582	Aman
Bishop	1,5	1,865	Aman
Janbu	1,5	1,570	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

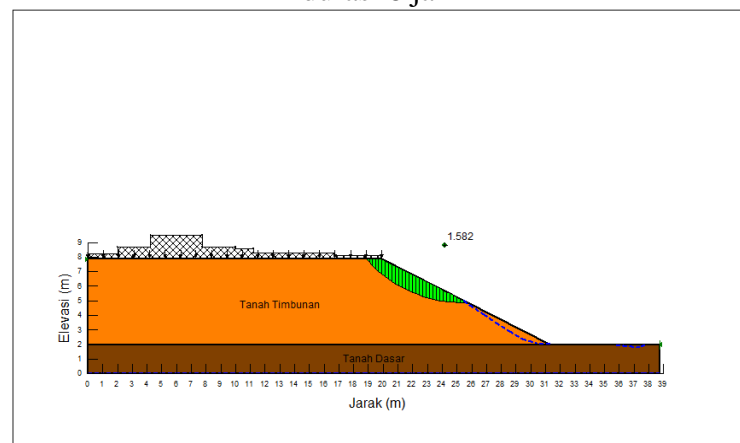
Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa faktor aman lereng kondisi asli dengan beban yang berada di atas lereng serta beban hujan maksimum durasi 8 jam pada Ruas

Jalan Patung sapi Gerung – Mataram mengalami penurunan angka aman. Sehingga lereng tersebut dengan adanya beban hujan yang intensitasnya maksimum durasi 8 jam akan berpengaruh dalam menurunkan angka aman pada stabilitas lereng dan akan terjadi longsor pada lereng tersebut.

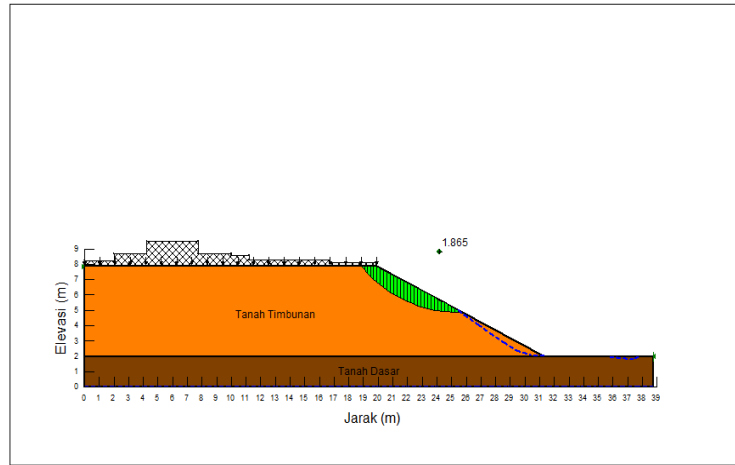
Hasil analisa lainnya yaitu berupa kontur rembesan air dengan intensitas maksimum dan bidang longsor dengan adanya beban hujan yang intensitas maksimum dengan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu yang dapat dilihat pada **Gambar 4.36**, **Gambar 4.37**, **Gambar 4.38**, dan **Gambar 4.39** berikut.



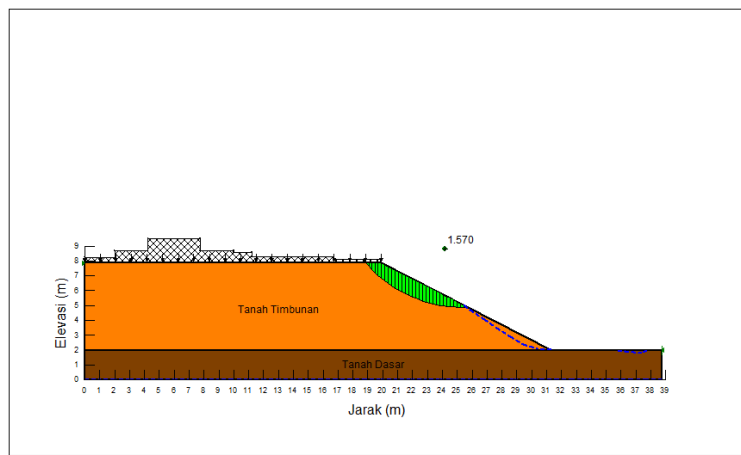
Gambar 4.36 Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Maksimum durasi 8 jam



Gambar 4.37 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Ordinary durasi 8 jam



Gambar 4.38 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Bishop durasi 8 jam



Gambar 4.39 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Janbu durasi 8 jam

Dari hasil dapat dilihat, lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dengan intensitas hujan maksimum pada durasi 8 jam, lereng tersebut dalam keadaan stabil tetapi mengalami penurunan angka aman. Setelah dilakukan *running* program *SLOPE/W* dan *SEEP/W* pada intensitas maksimum dengan durasi 10 jam ternyata lereng mengalami penurunan angka aman seperti yang ditunjukkan dalam **Tabel 4.9**.

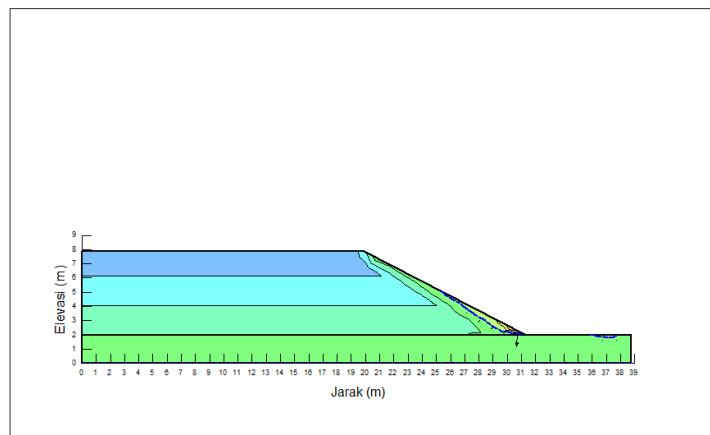
Tabel 4.9 Hasil analisa stabilitas lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan maksimum durasi 10 jam

Metode Analisis	Faktor Aman Ijin (Hardiyatmo, 2010)	Faktor Aman Analisis	Keterangan
Ordinary	1,5	1,036	Tidak Aman
Bishop	1,5	1,432	Tidak Aman
Janbu	1,5	1,123	Tidak Aman

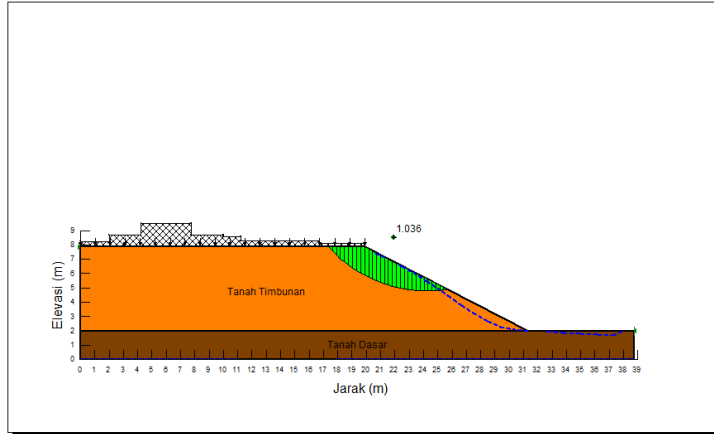
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa faktor aman lereng pada kondisi lereng dengan beban yang berada di atasnya, serta intensitas hujan maksimum durasi 10 jam mengalami perubahan angka aman. Dapat dikatakan, adanya beban hujan tersebut dengan intensitas 70 mm/jam sangat berpengaruh dalam menurunkan angka aman pada stabilitas lereng. Dimana lereng tersebut mengalami longsor setelah hujan berlangsung selama 10 jam.

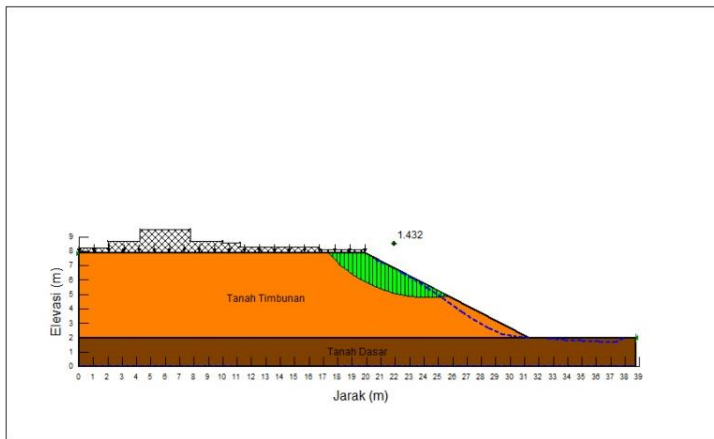
Hasil analisa kontur rembesan air dengan intensitas maksimum serta bidang longsor dengan adanya beban hujan yang intensitas maksimum durasi 10 jam dengan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu yang dapat dilihat pada **Gambar 4.40**, **Gambar 4.41**, **Gambar 4.42**, dan **Gambar 4.43** berikut.



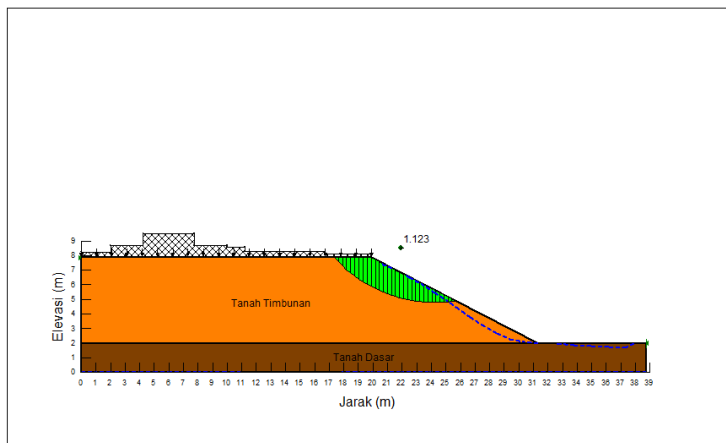
Gambar 4.40 Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Maksimum durasi 10 jam



Gambar 4.41 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Ordinary durasi 10 jam



Gambar 4.42 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Bishop durasi 10 jam



Gambar 4.43 Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Janbu durasi 10 jam

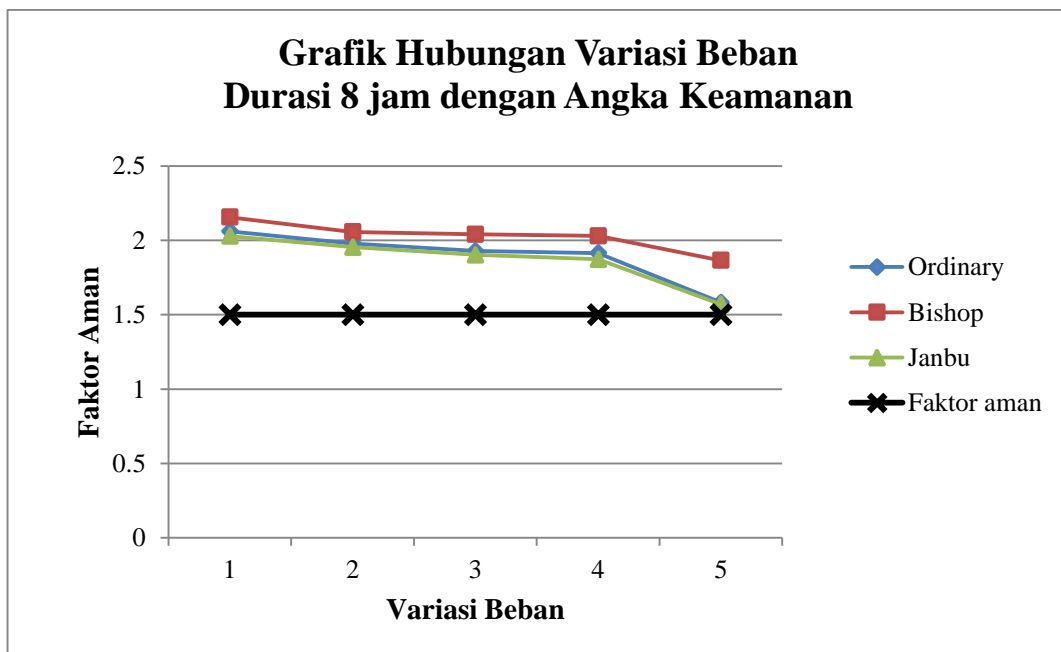
4.4 Pembahasan

Setelah melakukan analisa stabilitas lereng secara komputerisasi dengan menggunakan *software GeoStudio V.7* diperoleh angka aman dari setiap beban yang berada di atas lereng dan variasi beban hujan dengan durasi tetap yaitu 8 jam seperti pada **Tabel 4.10**. Dan pada **Tabel 4.11** memperlihatkan besar angka aman yang diperoleh setiap adanya adanya beban yang bekerja di atas lereng dan variasi beban hujan dengan variasi durasi hujan.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Analisa Stabilitas Lereng Beban yang bekerja di atas lereng dan variasi intensitas hujan dengan durasi 8 jam
Variasi Beban

SF Analisa	Tanpa	Dengan	Dengan Beban	Dengan Beban	Dengan Beban
	Beban	Beban	dan Intensitas	dan Intensitas	dan Intensitas
	(1)	(2)	Mininimum	Rata – rata	Maksimum
			durasi 8 jam	Durasi 8 jam	Durasi 8 jam
			(3)	(4)	(5)
Ordinary	2,061	1,979	1,929	1,915	1,582
Bishop	2,156	2,057	2,041	2,030	1,865
Janbu	2,029	1,955	1,903	1,873	1,570

Sumber : Hasil Analisa

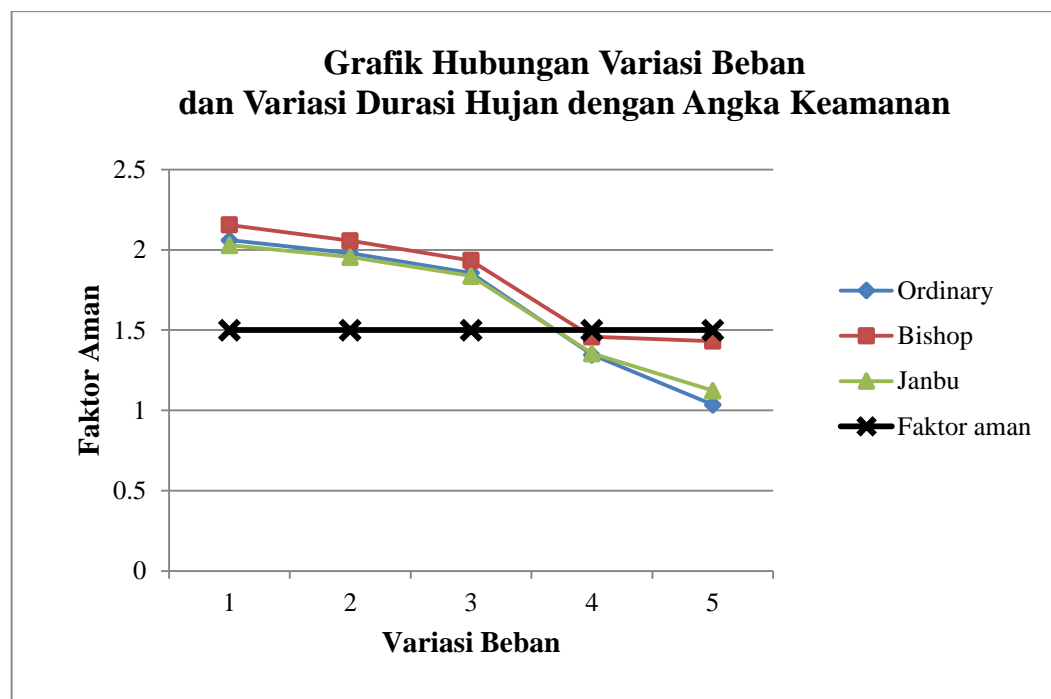


Gambar 4.44 Grafik Hubungan Variasi Beban Durasi 8 jam dengan Angka Keamanan

Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Analisa Stabilitas Lereng Beban yang bekerja di atas lereng dan variasi intensitas hujan dengan variasi durasi hujan
Variasi Beban

SF Analisa	Tanpa Beban (1)	Dengan Beban (2)	Dengan Beban dan Intensitas Minimum durasi 168 jam (3)	Dengan Beban dan Intensitas Rata – rata Durasi 120 jam (4)	Dengan Beban dan Intensitas Maksimum Durasi 10 jam (5)
			Ordinary	2,061	1,979
Metode Bishop	2,156	2,057	1,934	1,459	1,432
Janbu	2,029	1,955	1,837	1,355	1,123

Sumber : Hasil Analisa



Gambar 4.45 Grafik Hubungan Variasi Beban dan Variasi Durasi Hujan dengan Angka Keamanan

Berdasarkan **Gambar 4.44** dan **Gambar 4.45** di atas dapat dilihat bahwa adanya penurunan angka keamanan pada lereng. Kemiringan sudut asli dari lereng adalah sebesar 27° dan terdapat berbagai macam beban yang bekerja pada lereng seperti beban konstruksi perkerasan jalan, beban kendaraan, beban kerb, beban median, beban separator, beban bahu jalan serta adanya variasi beban hujan dengan intensitas hujan

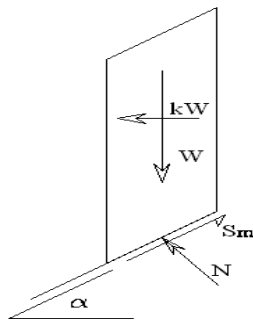
yang sering terjadi, intensitas hujan rata – rata dan intensitas hujan maksimum yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor pada lereng.

Metode yang digunakan untuk analisa stabilitas lereng adalah metode Ordinary, Bishop, dan Janbu. Hasil analisa stabilitas lereng dengan ketiga metode tersebut adalah dengan semakin bertambahnya beban yang bekerja pada bagian atas lereng serta adanya peranan hujan, sangatlah berpengaruh dalam penurunan angka keamanan dari suatu lereng. Jenis tanah lereng timbunan pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram juga diketahui mengandung lempung. Yang mana kestabilan lereng pada tanah berlempung dipengaruhi oleh banyaknya air yang meresap ke dalam lereng pada saat hujan. Dengan kondisi awal lereng, air yang berinfiltrasi ke dalam tanah menyebabkan tanah di sekitar lereng semula tidak jenuh berangsur – angsur menjadi jenuh. Hal ini menyebabkan kuat geser tanah menjadi turun dikarenakan pada tanah yang berbutir halus atau lempung memiliki permukaan spesifik yang sangat besar dan variasi kadar air yang mempengaruhi plastisitas tanah. Dan akibat dari infiltrasi air hujan berat tanah pembentuk lereng akan bertambah juga. Hal ini ditunjukkan dengan nilai faktor aman, seperti ditunjukkan dalam **Tabel 4.10** dan **Tabel 4.11**.

Akibat dari intensitas hujan yang berbeda – beda maka besarnya penurunan dari kestabilan lereng juga berbeda. Semakin rendah intensitas hujan maka penurunan faktor aman semakin kecil. Dilihat dari **Gambar 4.44** dan **Gambar 4.45**, dimana hujan dengan intensitas maksimum sebesar 70 mm/jam durasi 8 jam cenderung paling berpengaruh dalam menurunkan angka aman dari lereng dan memicu terjadinya longsor yang mana intensitas tersebut termasuk dalam kategori hujan lebat dibandingkan dengan hujan yang intensitasnya 0,1 mm/jam dan 2,768 mm/jam durasi 8 jam. Hasil analisa menunjukkan bahwa lereng tidak sanggup menahan dari beban yang bekerja pada lereng dikarenakan juga dengan adanya pengaruh dari beban hujan. Selain pengaruh dari intensitas hujan, durasi hujan juga mempengaruhi penurunan angka keamanan. Dapat dilihat pada hasil angka aman dengan intensitas maksimum yaitu 70 mm/jam yang berlangsung selama 10 jam lereng tersebut longsor. Berbeda dengan intensitas yang lebih rendah yaitu 2,768 mm/jam membutuhkan durasi 120 jam hingga longsor, dan hasil analisa pada intensitas minimum yaitu 0,1 mm/jam yang berlangsung hingga 168 jam lereng tersebut masih dalam keadaan stabil.

Pada gambar hasil analisa dari *software SEEP/W* terlihat pula bahwa perubahan tinggi resapan air hujan berbeda-beda pada setiap intensitas hujan. Semakin besar intensitas hujan maka resapan air pada lereng akan semakin dalam.

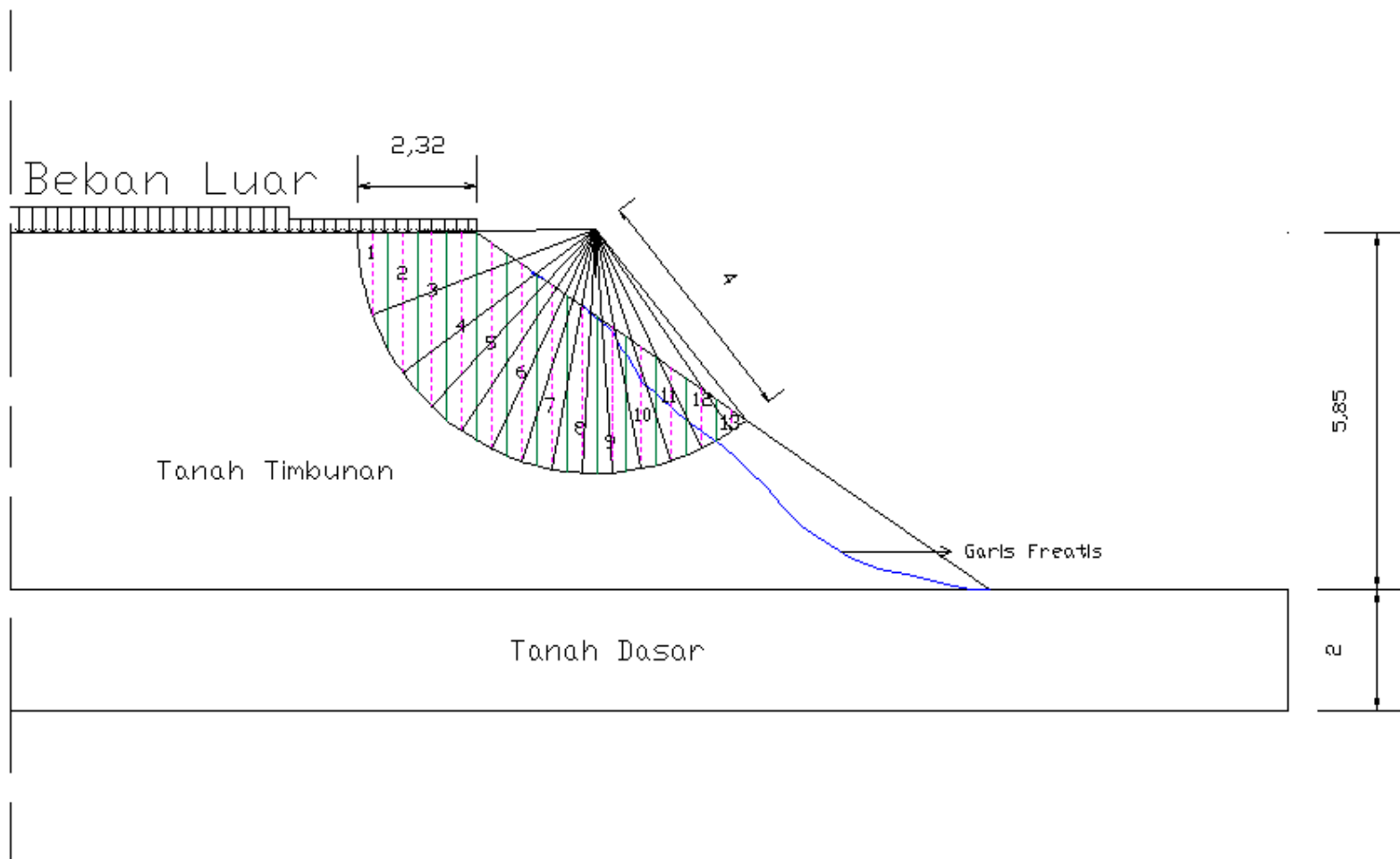
Gaya – gaya yang bekerja pada bidang longsor seperti gaya normal dan gaya geser yang sangat dipengaruhi oleh berat tanah dan tekanan air pori pada lereng tersebut. Dapat dilihat pada **Gambar 4.46** bahwa berat tanah berpengaruh pada Gaya Normal efektif (N) yang bekerja sepanjang dasar irisan.



Gambar 4.46 Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan Metode *Ordinary*
(Sumber : *Anonim* , 2008)

4.5 Analisa Stabilitas Lereng Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram Secara Manual

Perhitungan secara manual perlu dilakukan untuk mengontrol hasil analisa dari program yang digunakan. Seperti hasil analisa dari *Geostudio V.7* yang di kontrol dengan perhitungan manual menggunakan metode *Fellinius* (Ordinary). Untuk garis freatis didapat dari analisis menggunakan *Seep/w* dan dipilih garis longsor dengan nilai angka aman paling kritis dari *Slope/w*. Perhitungan manual yang dihitung adalah kondisi lereng dengan beban yang bekerja di atas lereng dan beban hujan dengan intensitas hujan maksimum durasi 10 jam.



Gambar 4.47 Pembagian irisan pada lereng menggunakan metode *Fellenius* atau Ordinary

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Manual Analisa Stabilitas Lereng dengan Metode *Fellinius* atau Ordinary dengan Beban yang berada di atas Lereng serta Intensitas Hujan Maksimum durasi 10 jam

No. Irisan	Lebar Irisan	Tinggi Irisan y tanah				Berat W_i	θ_i	Cos α	Sin α	$W_i \cos \theta_i$	$W_i \sin \theta_i$	$u_i a_i$	$W_i \cos \theta_i - u_i a_i$	
		h_1	h_2	y_b	y_{sat}									
1	0,5000	1,8922	0,0000	20,9200	16,5300	19,7924	70	0,342	0,940	6,7690	18,5989	0,0000	6,7690	
2	0,5000	2,9311	0,0000	20,9200	16,5300	30,6593	54	0,588	0,809	18,0215	24,8034	0,0000	18,0215	
3	0,5000	3,8034	0,0000	20,9200	16,5300	39,7836	45	0,707	0,707	28,1310	28,1310	0,0000	28,1310	
4	0,5000	3,9054	0,0000	20,9200	16,5300	40,8505	35	0,819	0,574	33,4647	23,4318	0,0000	33,4647	
5	0,5000	3,7562	0,0000	20,9200	16,5300	39,2899	27	0,899	0,438	35,3137	17,2247	0,0000	35,3137	
6	0,5000	2,9367	0,0000	20,9200	16,5300	30,7179	18	0,951	0,309	29,2158	9,4918	0,0000	29,2158	
7	0,5000	2,5238	0,0000	20,9200	16,5300	26,3989	11	0,982	0,191	25,9132	5,0369	0,0000	25,9132	
8	0,5000	2,4446	0,0000	20,9200	16,5300	25,5705	4	0,998	0,070	25,5091	1,7848	0,0000	25,5091	
9	0,5000	2,0199	0,1012	20,9200	16,5300	21,9646	4	0,988	0,070	21,9119	1,5331	0,5162	21,3956	
10	0,5000	1,1732	0,6635	20,9200	16,5300	17,7555	11	0,982	0,191	17,4288	3,3877	3,4497	13,9791	
11	0,5000	0,8821	0,7425	20,9200	16,5300	15,3625	18	0,951	0,309	14,6113	4,7470	4,0062	10,6051	
12	0,5000	0,3941	0,9851	20,9200	16,5300	12,2633	27	0,899	0,438	11,0223	5,3762	5,6045	5,4178	
13	0,4932	0,0000	0,5464	20,9200	16,5300	4,4546	35	0,819	0,574	3,6492	2,5551	3,4841	0,1651	
										146,1026				253,9007

Sumber : Hasil Perhitungan

Bidang longsor dibagi menjadi 13 irisan, dengan panjang total dari bidang longsor (arah horizontal) sebesar 6,4932 meter. Maka untuk 12 irisan pertama memiliki lebar arah horizontal sebesar 0,50 meter dan irisan ke-13 memiliki lebar 0,4932 meter.

Dengan memperhatikan jari-jari dan sudut yang diapit, diketahui panjang garis lengkung bidang longsor adalah sebesar 5,620 meter.

Tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi

$$\begin{aligned}\sum c \cdot a &= 9,6105 \text{ kN/m}^3 \times 5,620 \text{ m} \\ &= 54,011 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tahanan terhadap longsor oleh komponen gesekan pada tanah

$$\begin{aligned}\sum W_i \cos \theta_i - u_i a_i \times \tan \varphi &= 253,9007 \text{ kN} \times \tan(30) \\ &= 146,5896 \text{ kN}\end{aligned}$$

Beban konstruksi yang berpengaruh pada lereng sepanjang 2,32 meter yaitu sebesar $11,567 \times 2,32 = 38,402 \text{ kN}$

$$SF = \frac{\text{Momen yang menahan}}{\text{Momen yang menggerakkan}}$$

$$SF = \frac{54,011 + 146,5896}{146,1026 + 38,402} = 1,087$$

Sehingga diperoleh SF (*Safety Factor*) hitungan manual dengan metode Fellinius sebesar 1,087.

Dari hasil di atas terdapat perbedaan angka yang relatif lebih besar sebesar 0,051 dengan tingkat akurasi sebesar 4,691 % dari hasil analisa stabilitas lereng menggunakan *software Geostudio V.7*, dimana hasil analisa stabilitas lereng menggunakan *software Geostudio V.7* dengan metode *Fellinius* atau *Ordinary* sebesar 1,036.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil variasi intensitas hujan terhadap analisa stabilitas lereng pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram dengan menggunakan *software Geostudio V.7*, yaitu *SLOPE/W* dan *SEEP/W* diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Hasil analisis stabilitas lereng tanpa adanya beban dengan metode *Ordinary*, *Bishop's Simplified*, dan *Janbu's Simplified* antara lain berturut – turut 2,061; 2,156; 2,029. Faktor keamanan dengan ketiga metode tersebut menunjukkan lereng tanpa adanya beban dikategorikan aman.
2. Hasil analisis stabilitas lereng setelah adanya pembebanan yang bekerja di atas lereng seperti beban konstruksi perkerasan jalan, beban kendaraan, beban kerb, beban median, beban separator dan beban bahu jalan terbesar 2,057 dengan metode *Bishop* dan yang terkecil 1,955 dengan metode *Janbu*, dimana adanya beban pada lereng tersebut dikategorikan aman.
3. Analisis stabilitas pada lereng dengan adanya pembebanan di atas lereng dan divariasikan dengan intensitas hujan serta durasi hujan. Hasil dari analisis adalah:
 - Hujan yang sering terjadi sebesar 0,1 mm/jam yang berlangsung selama 8 jam hingga 168 jam kondisi lereng masih dalam keadaan stabil dan dikategorikan aman dengan angka keamanan 1,856. Hasil analisa juga dapat dilihat dengan intensitas yang rendah seperti ini tidak berpengaruh terhadap penurunan angka keamanan.
 - Hujan rata – rata sebesar 2,768 mm/jam yang berlangsung selama 120 jam menyebabkan lereng longsor, dimana faktor keamanan turun menjadi 1,347 sehingga lereng dikategorikan tidak aman. Dan Hujan rata – rata dengan durasi 8 jam, lereng dikategorikan aman dimana angka aman sebesar 1,915 yang tidak jauh berbeda dengan angka aman sebelum hujan yaitu 1,979.
 - Hujan maksimum sebesar 70 mm/jam durasi 8 jam yang mana angka keamanan juga mengalami penurunan menjadi 1,582 dan lereng dikategorikan aman. Hasil analisa pada intensitas ini akan terjadi longsor

setelah hujan berlangsung selama 10 jam. Faktor keamanan turun menjadi 1,036 dan dikategorikan tidak aman.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa hujan yang sangat berpotensi menyebabkan longsor adalah tipe hujan intensitas maksimum yaitu 70 mm/jam. Selain dari akibat adanya pengaruh intensitas hujan dan durasi hujan, perubahan dari kestabilan suatu lereng dipengaruhi juga oleh parameter – parameter kuat geser yaitu kohesi dan sudut geser dalam, koefisien permeabilitas serta letak muka air tanah.

5.2 Saran

Lereng pada Ruas Jalan Patung Sapi Gerung – Mataram KM 3+900 berada pada kondisi yang tidak stabil, dimana dengan adanya pengaruh beban hujan dan durasi hujan pada intensitas maksimum. Hal itu dapat menyebabkan lereng berpotensi longsor sehingga dapat menimbulkan kerugian serta membahayakan penduduk disekitarnya. Perlu diadakan upaya perbaikan lereng, salah satu perbaikan lereng dengan cara memberikan perkuatan untuk mencegah terjadinya longsor. Dengan memberikan perkuatan pada lereng dapat memperkecil potensi untuk terjadinya longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Subiyanti, H., 2007, *Analisa Kelongsoran Lereng Akibat Pengaruh Tekanan Air Pori Di Saluran Induk Kalibawang Kulonprogo*, Tesis, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ramdhani G., 2013, *Analisa Stabilitas Lereng Dipengaruhi Oleh Variasi Intensitas Hujan Menggunakan Software SLOPE/W Dan SEEP/W GEOSTUDIO V.6*, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.
- Ikhsan M., 2013, *Pengaruh Variasi Hujan Terhadap Stabilitas Lereng Pada Jalan Raya Sesaot Menggunakan Software Geostudio V.6*, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram.
- Martini., 2005, *Studi Karakteristik Hujan Pemicu Longsoran Pada Ruas Jalan Tawaeli – Toboli Sulawesi Tengah*, Jurnal, Majalah Ilmiah Mektek.
- Asta, R., 2012, *Kajian Stabilitas Lereng pada Jalan Akses Jembatan Tayan dan Penanggulangannya*, Jurnal, Fakultas Teknik Universitas Tanjung Pura, Pontianak.
- Ramadhani, S., 2011, *Analisis Perubahan Hidrologi Lereng Akibat Hujan Terhadap Kestabilan Lereng*, Jurnal, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Palu.
- Arrozi, M.F., 2015, *Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Pengaruh Hujan Bulanan Maksimum Di Das Tirtomoyo Wonogiri Menggunakan Metode Bishop Disederhanakan (studi kasus di dusun pagah, hargantoro, tirtomoyo, wonogiri)*, Jurnal, Fakultas Teknik Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Trisatya, F.R., 2015, *Analisis Stabilitas Lereng di Das Tirtomoyo Wonogiri dengan Metode Simplified Bishop akibat Hujan Periode Ulang*, Jurnal, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Muntohar, A.S., 2014, *Pengaruh Kedalaman Muka Air Awal Terhadap Analisis Stabilitas Lereng Tak Jenuh*, Jurnal, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Taufiq, M., dan Dewantanu, P., 2011, *Analisis Pengaruh Infiltrasi Air Hujan Terhadap Kestabilan Lereng Pada Kontruksi Timbunan Tanah*, Tesis, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Semarang.
- Hardiyatmo, C. H., 2010, *Mekanika Tanah I*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, C. H., 2010, *Mekanika Tanah II*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

- Hardiyatmo, C. H., 2006, *Penanggulangan Tanah Longsor dan Erosi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang., 2010, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset Yogyakarta, Yogyakarta.
- Saodang, H., 2005, *Konstruksi Jalan Raya, Buku 2, Perancangan Perkerasan Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Saodang, H., 2009, *Konstruksi Jalan Raya, Buku 3, Struktur dan Konstruksi Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Sukirman, S., 1999, *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Nova, Bandung.
- Sunggono, K,H., 2000, *Mekanika Tanah*, Nova, Bandung.
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K., 1999, *Hidrologi untuk Pengairan*, PT. Pradnya Pramita, Jakarta.
- Anonim, 2007, *User Guide SLOPE/W for Slope Stability Analisis Version.7*, Geo-Slope International Ltd., Canada.
- DPU, 1990, SNI M-23-1990-F, *Sifat dan Karakteristik Tanah*, Yayasan LPMB, Jakarta.
- Republik Indonesia, 1993, Undang-Undang No. 43 Tahun 1993, tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, Sekretariat Negara, Jakarta.
- SKBI, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.

LAMPIRAN

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 11
Date: 03/05/2016
Time: 11:34:03
File Name: Lereng Asli tanpa beban.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Lereng\
Last Solved Date: 03/05/2016
Last Solved Time: 11:58:05

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Bishop, Ordinary and Janbu
Settings
 PWP Conditions Source: (none)
SlipSurface
 Direction of movement: Left to Right
 Allow Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Auto-Search
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
 Tension Crack
 Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
 FOS Calculation Option: Constant
Advanced
 Number of Slices: 30
 Optimization Tolerance: 0.01
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Minimum Slice Width: 0.1 m
 Optimization Maximum Iterations: 2000
 Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8
 Ending Optimization Points: 16
 Complete Passes per Insertion: 1

Materials

Tanah Timbunan

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.92 kN/m³
 Cohesion: 9.61 kPa
 Phi: 30 °
 Phi-B: 0 °

Tanah Dasar

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 16.38 kN/m³
 Cohesion: 51.485 kPa
 Phi: 18 °
 Phi-B: 0 °

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 7.85) m
 Right Coordinate: (38.718, 2) m

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Timbunan	4,5,6,7	149.80686
Region 2	Tanah Dasar	1,4,7,3,2	77.436

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	38.718	0
Point 3	38.718	2
Point 4	0	2
Point 5	0	7.85
Point 6	19.887	7.85
Point 7	31.329019	2

Critical Slip Surfaces

	Number	FOS	Center (m)	Radius (m)	Entry (m)	Exit (m)
1	Optimized	2.156	(29.597, 14.813)	12.7974	(18.8596, 7.85)	(31.1197, 2.10702)
2	545	2.156	(29.597, 14.813)	12.797	(18.8596, 7.85)	(31.1197, 2.10702)

Slices of Slip Surface: Optimized

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PW P (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	Optimized	19.03081	7.59921	0	- 0.9206583 4	- 0.5315423 4	9.61
2	Optimized	19.37328 5	7.120849	0	6.8809727	3.9727315	9.61
3	Optimized	19.71576	6.685121	0	14.296773	8.2542456	9.61
4	Optimized	20.09501 5	6.2462645	0	20.340851	11.743796	9.61
5	Optimized	20.51104	5.8057545	0	24.875752	14.362022	9.61
6	Optimized	20.92706 5	5.404283	0	28.821088	16.639863	9.61
7	Optimized	21.34309	5.037013	0	32.224868	18.605036	9.61
8	Optimized	21.75911 5	4.7002005	0	35.126218	20.280132	9.61
9	Optimized	22.17514	4.3908805	0	37.555089	21.682441	9.61

	zed						
10	Optimized	22.591165	4.106662	0	39.54226	22.829734	9.61
11	Optimized	23.00719	3.8455875	0	41.107739	23.733564	9.61
12	Optimized	23.423215	3.6060355	0	42.270545	24.404911	9.61
13	Optimized	23.839245	3.38665	0	43.046193	24.852731	9.61
14	Optimized	24.25527	3.1862865	0	43.449077	25.085337	9.61
15	Optimized	24.671295	3.0039745	0	43.491205	25.109659	9.61
16	Optimized	25.08732	2.8388885	0	43.178952	24.929379	9.61
17	Optimized	25.503345	2.6903235	0	42.518866	24.548279	9.61
18	Optimized	25.91937	2.557678	0	41.519684	23.971401	9.61
19	Optimized	26.335395	2.4404395	0	40.185127	23.200894	9.61
20	Optimized	26.75142	2.3381725	0	38.518153	22.238466	9.61
21	Optimized	27.167445	2.250511	0	36.518434	21.083928	9.61
22	Optimized	27.583475	2.177151	0	34.186947	19.737843	9.61
23	Optimized	27.9995	2.1178445	0	31.52363	18.200176	9.61
24	Optimized	28.415525	2.0723945	0	28.527376	16.470288	9.61

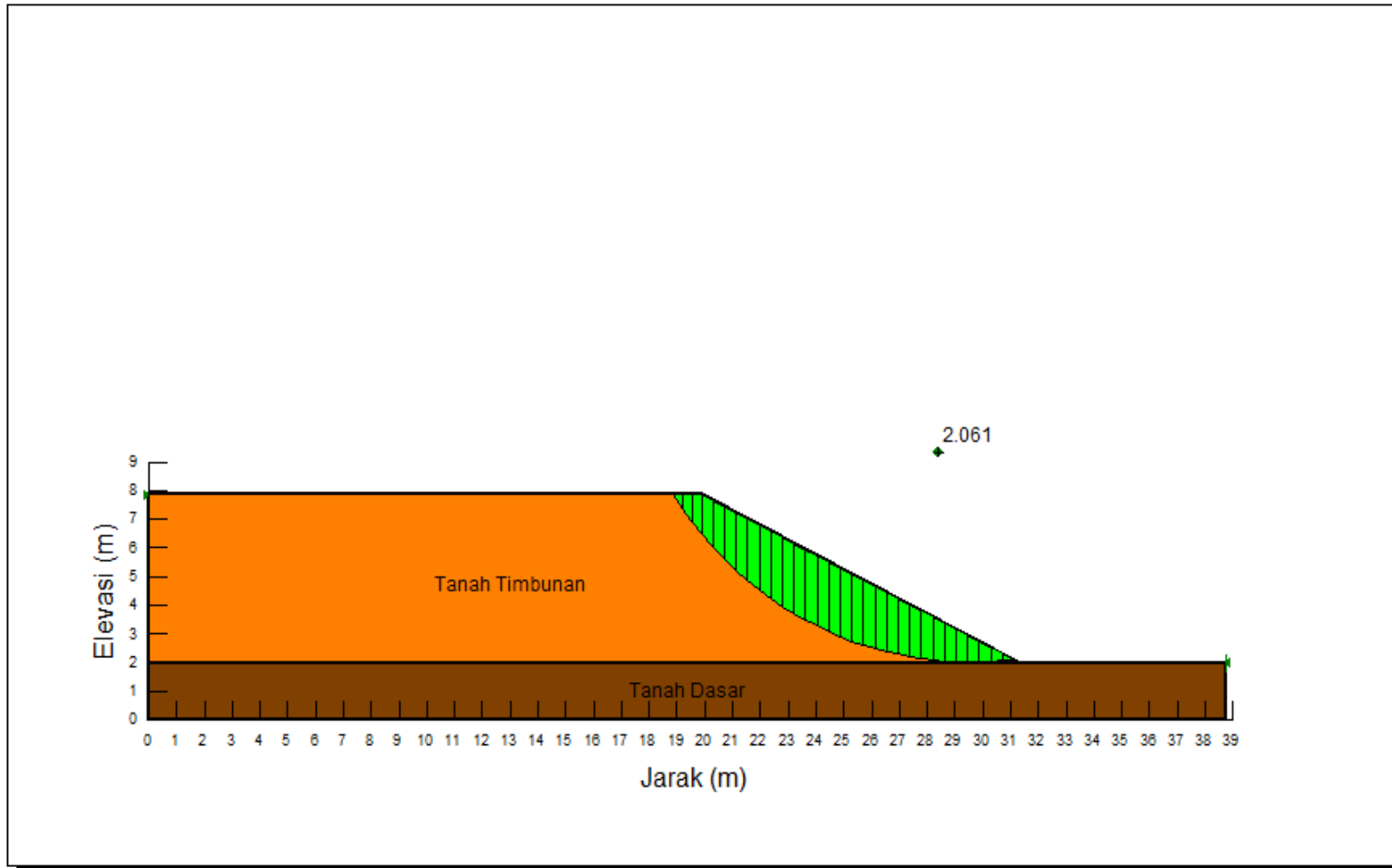
25	Optimized	28.83155	2.0406525	0	25.191286	14.544196	9.61
26	Optimized	29.247575	2.0225175	0	21.512786	12.420413	9.61
27	Optimized	29.6636	2.017931	0	17.485704	10.095376	9.61
28	Optimized	30.079625	2.026878	0	13.101868	7.5643673	9.61
29	Optimized	30.49565	2.049388	0	8.35187	4.8219544	9.61
30	Optimized	30.911675	2.085532	0	3.224223	1.861506	9.61

Slices of Slip Surface: 545

	Slip Surface	X (m)	Y (m)	PW P (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
1	545	19.03081	7.59921	0	- 0.9206583 4	- 0.5315423 4	9.61
2	545	19.373285	7.120849	0	6.8809727	3.9727315	9.61
3	545	19.71576	6.685121	0	14.296773	8.2542456	9.61
4	545	20.095015	6.2462645	0	20.340851	11.743796	9.61
5	545	20.51104	5.8057545	0	24.875752	14.362022	9.61
6	545	20.927065	5.404283	0	28.821088	16.639863	9.61
7	545	21.34309	5.037013	0	32.224868	18.605036	9.61
8	545	21.75911	4.7002005	0	35.126218	20.280132	9.61

		5					
9	545	22.17514	4.3908805	0	37.555089	21.682441	9.61
10	545	22.59116 5	4.106662	0	39.54226	22.829734	9.61
11	545	23.00719	3.8455875	0	41.107739	23.733564	9.61
12	545	23.42321 5	3.6060355	0	42.270545	24.404911	9.61
13	545	23.83924 5	3.38665	0	43.046193	24.852731	9.61
14	545	24.25527	3.1862865	0	43.449077	25.085337	9.61
15	545	24.67129 5	3.0039745	0	43.491205	25.109659	9.61
16	545	25.08732	2.8388885	0	43.178952	24.929379	9.61
17	545	25.50334 5	2.6903235	0	42.518866	24.548279	9.61
18	545	25.91937	2.557678	0	41.519684	23.971401	9.61
19	545	26.33539 5	2.4404395	0	40.185127	23.200894	9.61
20	545	26.75142	2.3381725	0	38.518153	22.238466	9.61
21	545	27.16744 5	2.250511	0	36.518434	21.083928	9.61
22	545	27.58347 5	2.177151	0	34.186947	19.737843	9.61
23	545	27.9995	2.1178445	0	31.52363	18.200176	9.61
24	545	28.41552 5	2.0723945	0	28.527376	16.470288	9.61
25	545	28.83155	2.0406525	0	25.191286	14.544196	9.61
26	545	29.24757 5	2.0225175	0	21.512786	12.420413	9.61
27	545	29.6636	2.017931	0	17.485704	10.095376	9.61

28	545	30.07962 5	2.026878	0	13.101868	7.5643673	9.61
29	545	30.49565	2.049388	0	8.35187	4.8219544	9.61
30	545	30.91167 5	2.085532	0	3.224223	1.861506	9.61



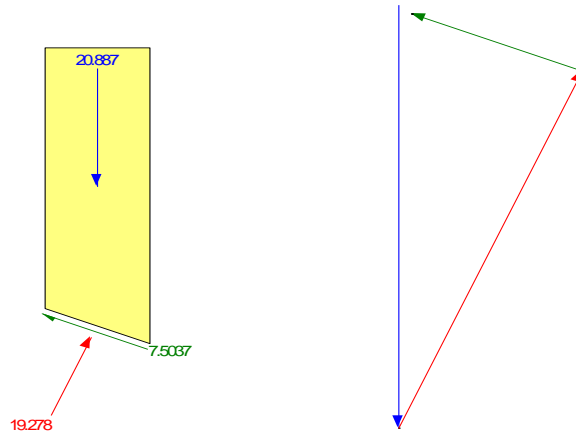
Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban dengan Metode Ordinary

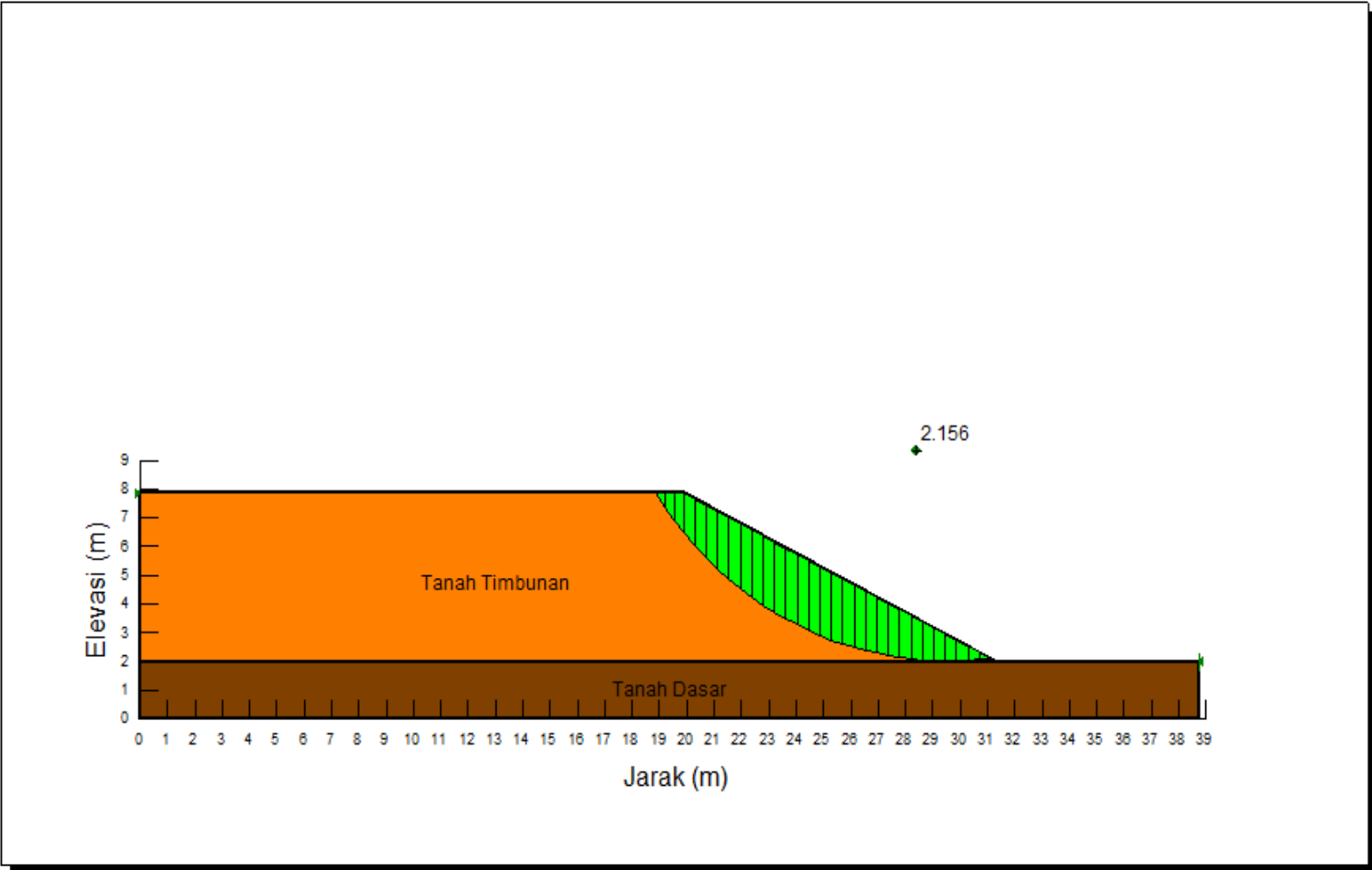
No	Slice 15	
1	Method	Ordinary
2	Factor of Safety	2.061
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.3318 kN
6	Pore Water Pressure	0 kPa
7	Pore Water Force	0 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.41603 m
12	Mid-Height	2.3999 m
13	Base Length	0.45076 m
14	Base Angle	-22.639 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	20.887 kN
18	Base Normal Force	19.278 kN
19	Base Normal Stress	42.768 kPa
20	Base Shear Res. Force	-15.462 kN
21	Base Shear Res. Stress	-34.302 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-7.5037 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-16.647 kPa
24	Left Side Normal Force	0 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	0 kN
27	Right Side Shear Force	0 k
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	N
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0 kN
34	Top Left Coordinate	0.62661 kN
35	Top Right Coordinate	24.463m, 5.5103m
36	Bottom Left Coordinate	24.879m, 5.2976m
37	Bottom Right Coordinate	24.463m, 3.0907m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 15 - Ordinary Method





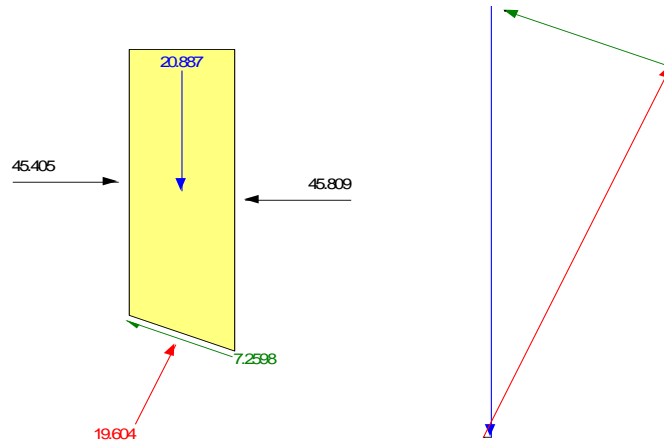
Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban dengan Metode Bishop

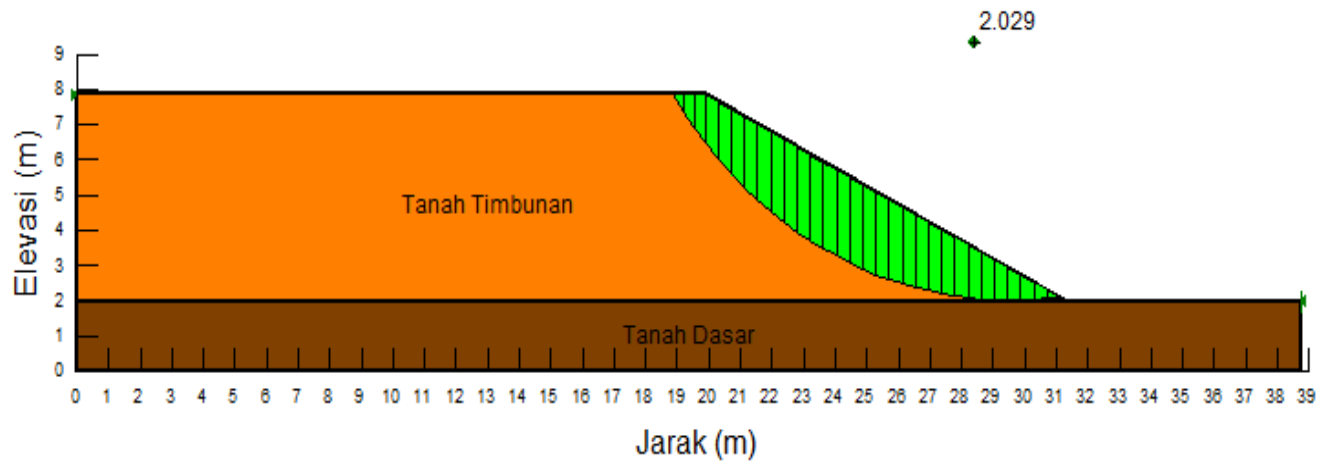
No	Slice 15	
1	Method	Bishop
2	Factor of Safety	2.156
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.3318 kN
6	Pore Water Pressure	0 kPa
7	Pore Water Force	0 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.41603 m
12	Mid-Height	2.3999 m
13	Base Length	0.45076 m
14	Base Angle	-22.639 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	20.887 kN
18	Base Normal Force	19.604 kN
19	Base Normal Stress	43.491 kPa
20	Base Shear Res. Force	-15.65 kN
21	Base Shear Res. Stress	-34.719 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-7.2598 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-16.106 kPa
24	Left Side Normal Force	45.405 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	45.809 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.52218 kN
34	Top Left Coordinate	24.463m, 5.5103m
35	Top Right Coordinate	24.879m, 5.2976m
36	Bottom Left Coordinate	24.463m, 3.0907m
37	Bottom Right Coordinate	24.879m, 2.9172m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 15 - Bishop Method



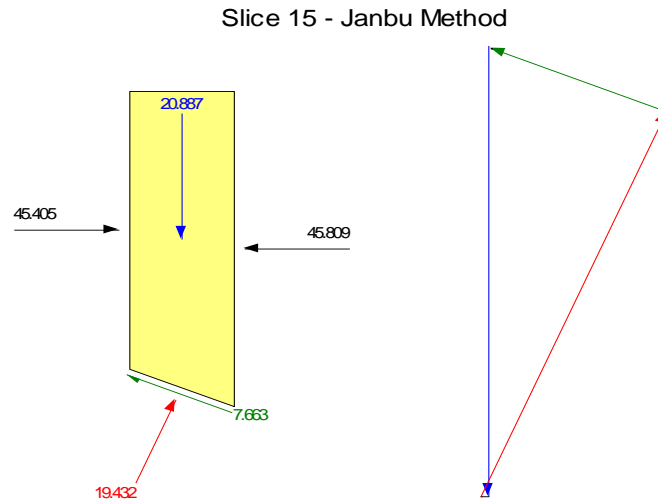


Analisa Stabilitas Lereng tanpa Beban dengan Metode Janbu

No	Slice 15	
1	Method	Janbu
2	Factor of Safety	2.029
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.3318 kN
6	Pore Water Pressure	0 kPa
7	Pore Water Force	0 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.41603 m
12	Mid-Height	2.3999 m
13	Base Length	0.45076 m
14	Base Angle	-22.639 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	20.887 kN
18	Base Normal Force	19.432 kN
19	Base Normal Stress	43.11 kPa
20	Base Shear Res. Force	-15.551 kN
21	Base Shear Res. Stress	-34.5 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-7.663 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-17 kPa
24	Left Side Normal Force	45.405 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	45.809 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.10444 kN
34	Top Left Coordinate	24.463m, 5.5103m
35	Top Right Coordinate	24.879m, 5.2976m
36	Bottom Left Coordinate	24.463m, 3.0907m
37	Bottom Right Coordinate	24.879m, 2.9172m

FREE BODY DIAGRAM



SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 11
Date: 03/05/2016
Time: 12:36:31
File Name: Lereng dengan beban.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Lereng\
Last Solved Date: 03/05/2016
Last Solved Time: 12:58:10

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Bishop, Ordinary and Janbu
Settings
 PWP Conditions Source: (none)
SlipSurface
 Direction of movement: Left to Right
 Allow Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Auto-Search
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
 Tension Crack
 Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
 FOS Calculation Option: Constant
Advanced
 Number of Slices: 30
 Optimization Tolerance: 0.01
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Minimum Slice Width: 0.1 m
 Optimization Maximum Iterations: 2000
 Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1

Materials

Tanah Timbunan

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.92 kN/m³
Cohesion: 9.61 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °

Tanah Dasar

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16.38 kN/m³
Cohesion: 51.485 kPa
Phi: 18 °
Phi-B: 0 °

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 7.85) m
Right Coordinate: (38.718, 2) m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 50 kN/m³
Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	8.25
	2	8.25
	2	8.6773
	4.25	8.6773
	4.25	9.5045
	7.75	9.5045
	7.75	8.6773
	10	8.6773

	10	8.559
	11.233	8.559
	11.233	8.261
	16.733	8.261
	16.733	8.0813
	19.887	8.0813

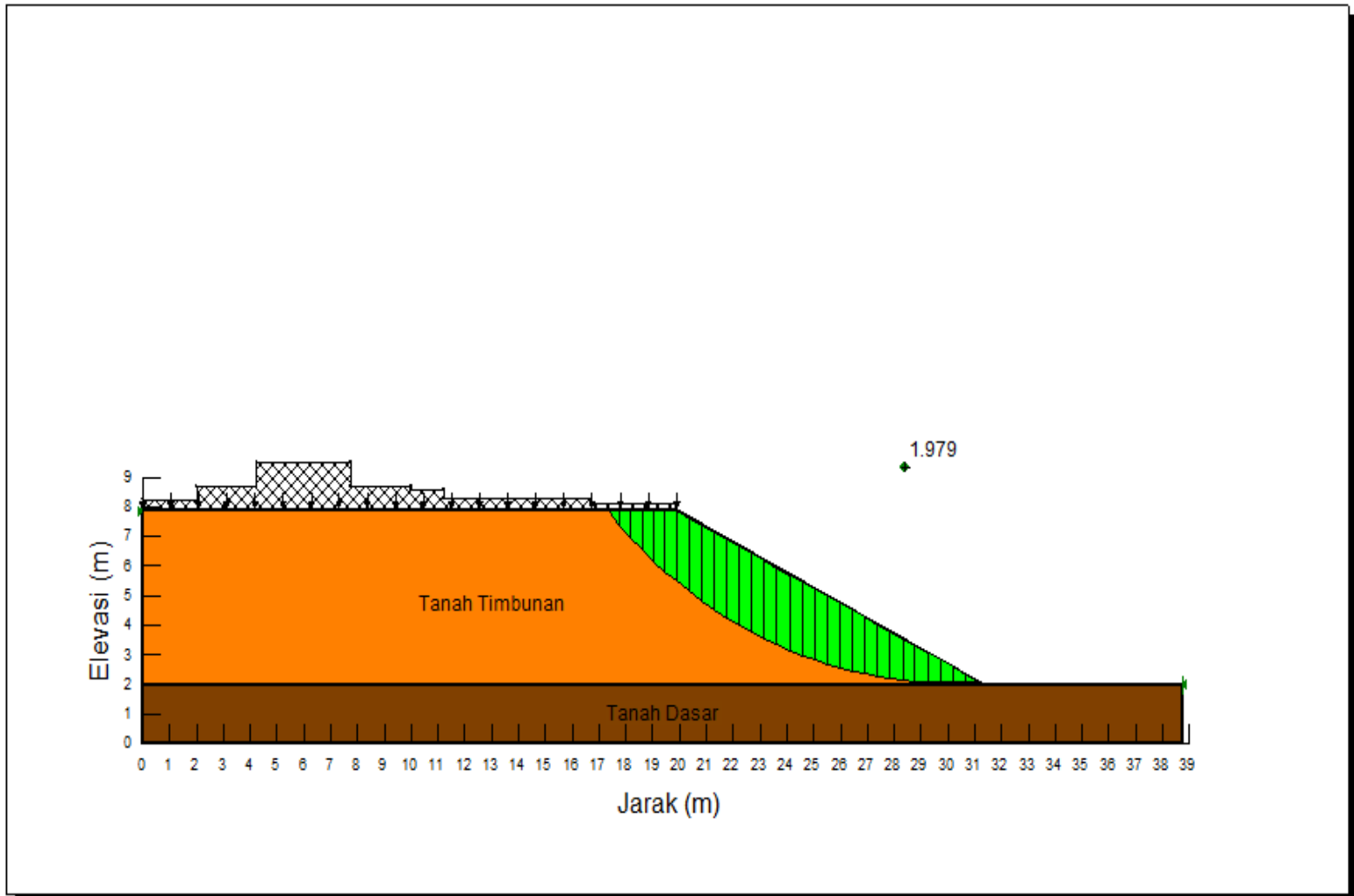
Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Timbunan	4,5,6,7	149.80686
Region 2	Tanah Dasar	1,4,7,3,2	77.436

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	38.718	0
Point 3	38.718	2
Point 4	0	2
Point 5	0	7.85
Point 6	19.887	7.85
Point 7	31.329019	2
Point 8	0	8.25
Point 9	2	8.25
Point 10	2	8.6773
Point 11	4.25	8.6773
Point 12	4.25	9.5045
Point 13	7.75	9.5045
Point 14	7.75	8.6773
Point 15	10	8.6773
Point 16	10	8.559
Point 17	11.233	8.559

Point 18	11.233	8.261
Point 19	16.733	8.261
Point 20	16.733	8.0813
Point 21	19.887	8.0813



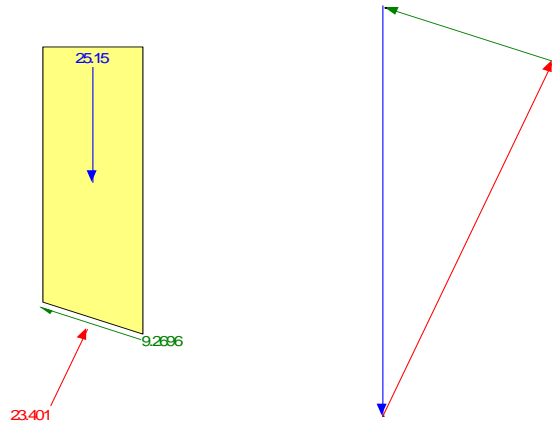
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dengan Metode Ordinary

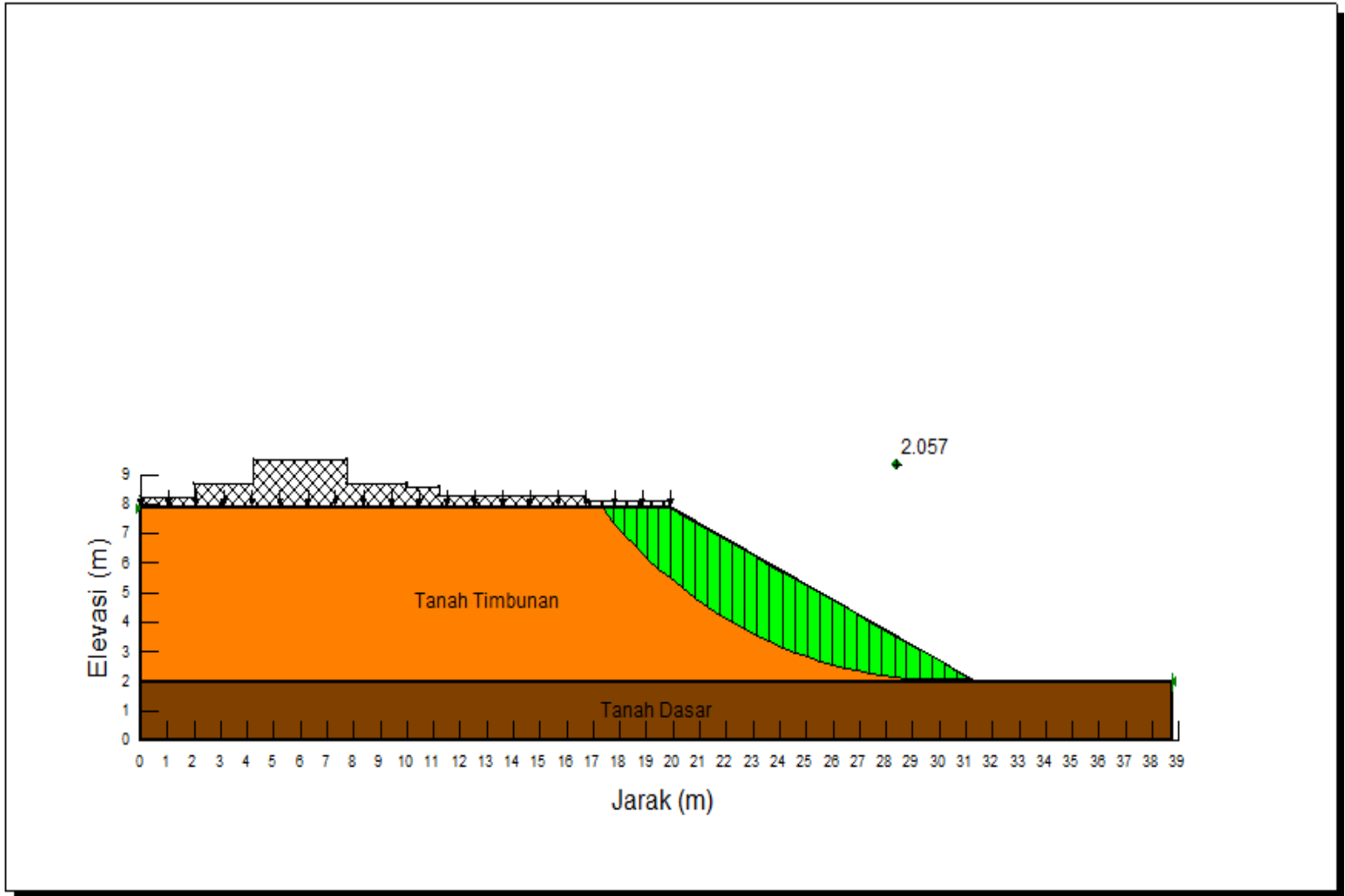
No	Slice 15	
1	Method	Ordinary
2	Factor of Safety	1.979
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.8338 kN
6	Pore Water Pressure	0 kPa
7	Pore Water Force	0 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	.46803 m
12	Mid-Height	0
13	Base Length	2.5686 m
14	Base Angle	0.503 m
15	Anisotropic Strength Mod.	-21.491 °
16	Applied Lambda	1
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	0
18	Base Normal Force	25.15 kN
19	Base Normal Stress	23.401 kN
20	Base Shear Res. Force	46.523 kPa
21	Base Shear Res. Stress	-18.345 kN
22	Base Shear Mob. Force	-36.47 kPa
23	Base Shear Mob. Stress	-9.2696 kN
24	Left Side Normal Force	-18.429 kPa
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	0 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0 kN
34	Top Left Coordinate	0.12575 kN
35	Top Right Coordinate	23.631m, 5.9357m
36	Bottom Left Coordinate	24.099m, 5.6964m
37	Bottom Right Coordinate	23.631m, 3.3395m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 15 - Ordinary Method





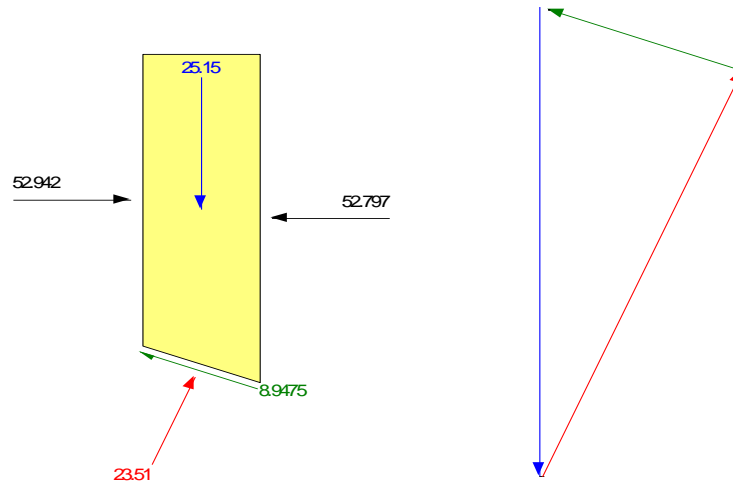
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dengan Metode Bishop

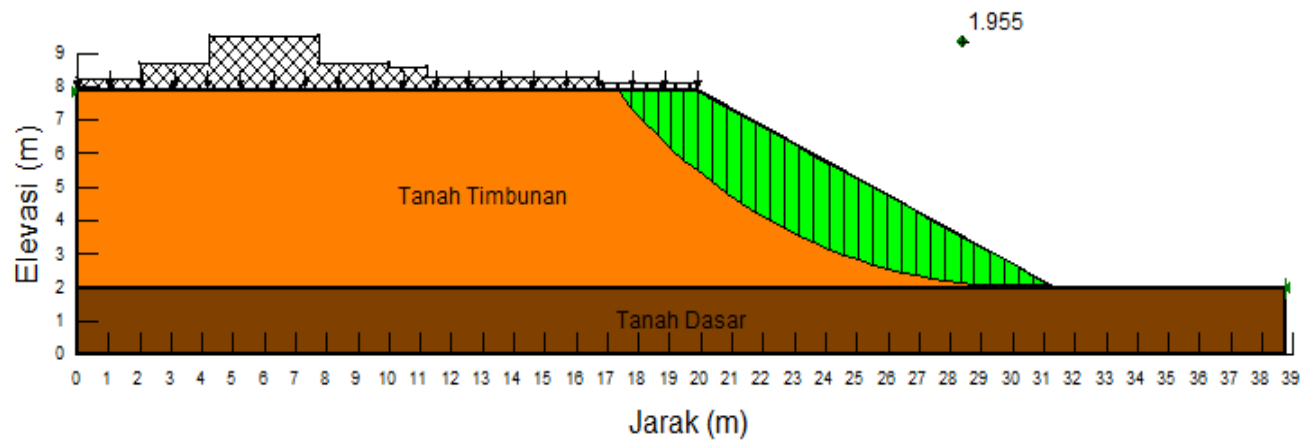
No	Slice 15	
1	Method	Bishop
2	Factor of Safety	2.057
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.8338 kN
6	Pore Water Pressure	0 kPa
7	Pore Water Force	0 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.46803 m
12	Mid-Height	2.5686 m
13	Base Length	0.503 m
14	Base Angle	-21.491 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	25.15 kN
18	Base Normal Force	23.51 kN
19	Base Normal Stress	46.74 kPa
20	Base Shear Res. Force	-18.407 kN
21	Base Shear Res. Stress	-36.595 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-8.9475 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-17.788 kPa
24	Left Side Normal Force	52.942 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	52.797 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.37725 kN
34	Top Left Coordinate	23.631m, 5.9357m
35	Top Right Coordinate	24.099m, 5.6964m
36	Bottom Left Coordinate	23.631m, 3.3395m
37	Bottom Right Coordinate	24.099m, 3.1553m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 15 - Bishop Method



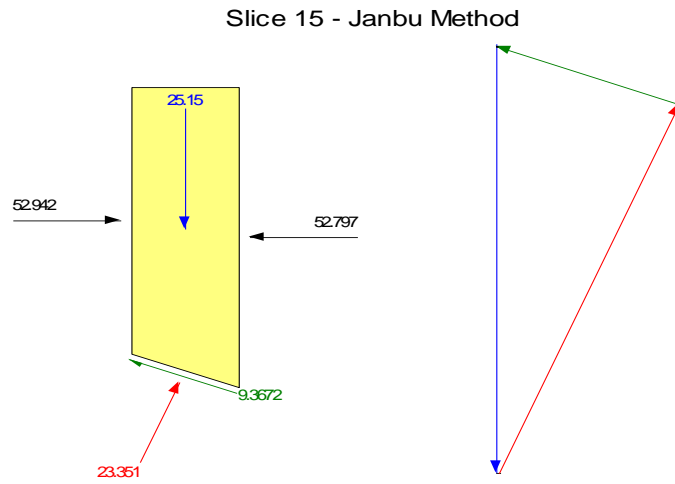


Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dengan Metode Janbu

No	Slice 15	
1	Method	Janbu
2	Factor of Safety	1.955
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.8338 kN
6	Pore Water Pressure	0 kPa
7	Pore Water Force	0 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.46803 m
12	Mid-Height	2.5686 m
13	Base Length	0.503 m
14	Base Angle	-21.491 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	25.15 kN
18	Base Normal Force	23.351 kN
19	Base Normal Stress	46.424 kPa
20	Base Shear Res. Force	-18.315 kN
21	Base Shear Res. Stress	-36.412 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-9.3672 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-18.623 kPa
24	Left Side Normal Force	52.942 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	52.797 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.12575 kN
34	Top Left Coordinate	23.631m, 5.9357m
35	Top Right Coordinate	24.099m, 5.6964m
36	Bottom Left Coordinate	23.631m, 3.3395m
37	Bottom Right Coordinate	24.099m, 3.1553m

FREE BODY DIAGRAM



SEEP/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 38
Date: 26/05/2016
Time: 15:29:12
File Name: min 8 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 26/05/2016
Last Solved Time: 15:50:25

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Mass(M) Units: g
Mass Flux Units: g/sec
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SEEP/W Analysis

Kind: SEEP/W
Method: Transient
Settings
 Initial PWP: (none)
 Include Air Flow: No
Control
 Apply Runoff: Yes
Convergence
 Maximum Number of Iterations: 50
 Tolerance: 0.1
 Maximum Change in K: 1
 Rate of Change in K: 1.1
 Minimum Change in K: 0.0001
 Equation Solver: Parallel Direct
 Potential Seepage Max # of Reviews: 10
Time
 Starting Time: 0 sec
 Duration: 28800 sec
 # of Steps: 8

Step Generation Method: [Linear](#)
Save Steps Every: [1](#)
Use Adaptive Time Stepping: [No](#)

Materials

Tanah Timbunan

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Timbunan](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Timbunan](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Tanah Dasar

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Dasar](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Dasar](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Boundary Conditions

Head

Type: [Head \(H\) 0](#)

Potential Seepage Face

Review: [true](#)
Type: [Total Flux \(Q\) 0](#)

Unit Flux Datar

Type: [Unit Flux \(q\) 2.778e-008](#)

Unit Flux Miring

Type: [Unit Flux \(q\) 2.474e-008](#)

K Functions

Tanah Timbunan

Model: [Data Point Function](#)
Function: [X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure](#)
Curve Fit to Data: [100 %](#)
Segment Curvature: [100 %](#)
K-Saturation: [1.6286e-005](#)
Data Points: [Matric Suction \(kPa\), X-Conductivity \(m/sec\)](#)
Data Point: [\(0.01, 1.6286e-005\)](#)

Data Point: (0.018329807, 1.6285829e-005)
Data Point: (0.033598183, 1.6285419e-005)
Data Point: (0.061584821, 1.6284435e-005)
Data Point: (0.11288379, 1.6282079e-005)
Data Point: (0.20691381, 1.627643e-005)
Data Point: (0.37926902, 1.6262892e-005)
Data Point: (0.6951928, 1.6230439e-005)
Data Point: (1.274275, 1.6152626e-005)
Data Point: (2.3357215, 1.5966409e-005)
Data Point: (4.2813324, 1.5522168e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.4477955e-005)
Data Point: (14.384499, 1.2140681e-005)
Data Point: (26.366509, 7.700269e-006)
Data Point: (48.329302, 2.5137569e-006)
Data Point: (88.586679, 2.8873858e-007)
Data Point: (162.37767, 1.4802649e-008)
Data Point: (297.63514, 5.5374659e-010)
Data Point: (545.55948, 1.9029513e-011)
Data Point: (1000, 6.4092461e-013)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Timbunan
Hydraulic K Sat: 1.6286e-005 m/sec
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20
Residual Water Content: 0 m³/m³

Tanah Dasar

Model: Data Point Function

Function: X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

K-Saturation: 4.6146e-005

Data Points: Matric Suction (kPa), X-Conductivity (m/sec)

Data Point: (0.01, 4.6146e-005)
Data Point: (0.018329807, 4.6141228e-005)
Data Point: (0.033598183, 4.6129642e-005)
Data Point: (0.061584821, 4.6101619e-005)
Data Point: (0.11288379, 4.6033817e-005)
Data Point: (0.20691381, 4.5869621e-005)
Data Point: (0.37926902, 4.5472558e-005)
Data Point: (0.6951928, 4.4514634e-005)
Data Point: (1.274275, 4.222512e-005)
Data Point: (2.3357215, 3.6942335e-005)
Data Point: (4.2813324, 2.6094369e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.0746735e-005)
Data Point: (14.384499, 1.6356273e-006)
Data Point: (26.366509, 9.6690573e-008)
Data Point: (48.329302, 3.7140585e-009)
Data Point: (88.586679, 1.2610706e-010)

Data Point: (162.37767, 4.1574896e-012)
Data Point: (297.63514, 1.361401e-013)
Data Point: (545.55948, 4.4512067e-015)
Data Point: (1000, 1.4548558e-016)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Dasar
Hydraulic K Sat: 4.6146e-005 m/sec
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20
Residual Water Content: 0 m³/m³

Vol. Water Content Functions

Tanah Timbunan

Model: Data Point Function

Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Mv: 0.0663 /kPa
Saturated Water Content: 0 m³/m³

Porosity: 10.673298

Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)

Data Point: (0.01, 0.19016816)
Data Point: (0.018329807, 0.19016816)
Data Point: (0.033598183, 0.19016816)
Data Point: (0.061584821, 0.19016816)
Data Point: (0.11288379, 0.19016816)
Data Point: (0.20691381, 0.19016816)
Data Point: (0.37926902, 0.19016816)
Data Point: (0.6951928, 0.19016816)
Data Point: (1.274275, 0.19016816)
Data Point: (2.3357215, 0.19016816)
Data Point: (4.2813324, 0.19016816)
Data Point: (7.8475997, 0.19016816)
Data Point: (14.384499, 0.19016816)
Data Point: (26.366509, 0.19016816)
Data Point: (48.329302, 0.19016816)
Data Point: (88.586679, 0.18433354)
Data Point: (162.37767, 0.16461104)
Data Point: (297.63514, 0.14588525)
Data Point: (545.55948, 0.12830232)
Data Point: (1000, 0.11138983)

Estimation Properties

Vol. WC Estimation Method: Grain Size Function
Sample Material: Clay
Saturated Water Content: 0.15 m³/m³
Liquid Limit: 0 %

Diameter at 10% passing: 0.0045
Diameter at 60% passing: 0.15
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20

Tanah Dasar

Model: Data Point Function
Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Mv: 0.0175 /kPa
Saturated Water Content: 0 m³/m³
Porosity: 0.53217483
Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)
Data Point: (0.01, 0.099999871)
Data Point: (0.018329807, 0.099999719)
Data Point: (0.033598183, 0.099999373)
Data Point: (0.061584821, 0.099998576)
Data Point: (0.11288379, 0.099996712)
Data Point: (0.20691381, 0.0999923)
Data Point: (0.37926902, 0.099981762)
Data Point: (0.6951928, 0.099956409)
Data Point: (1.274275, 0.099895105)
Data Point: (2.3357215, 0.0997465)
Data Point: (4.2813324, 0.099386827)
Data Point: (7.8475997, 0.098524595)
Data Point: (14.384499, 0.096512903)
Data Point: (26.366509, 0.092114104)
Data Point: (48.329302, 0.083717462)
Data Point: (88.586679, 0.071035776)
Data Point: (162.37767, 0.056868026)
Data Point: (297.63514, 0.044719057)
Data Point: (545.55948, 0.035670653)
Data Point: (1000, 0.02907782)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Sample Material: Clay
Saturated Water Content: 0.1 m³/m³
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20

Regions

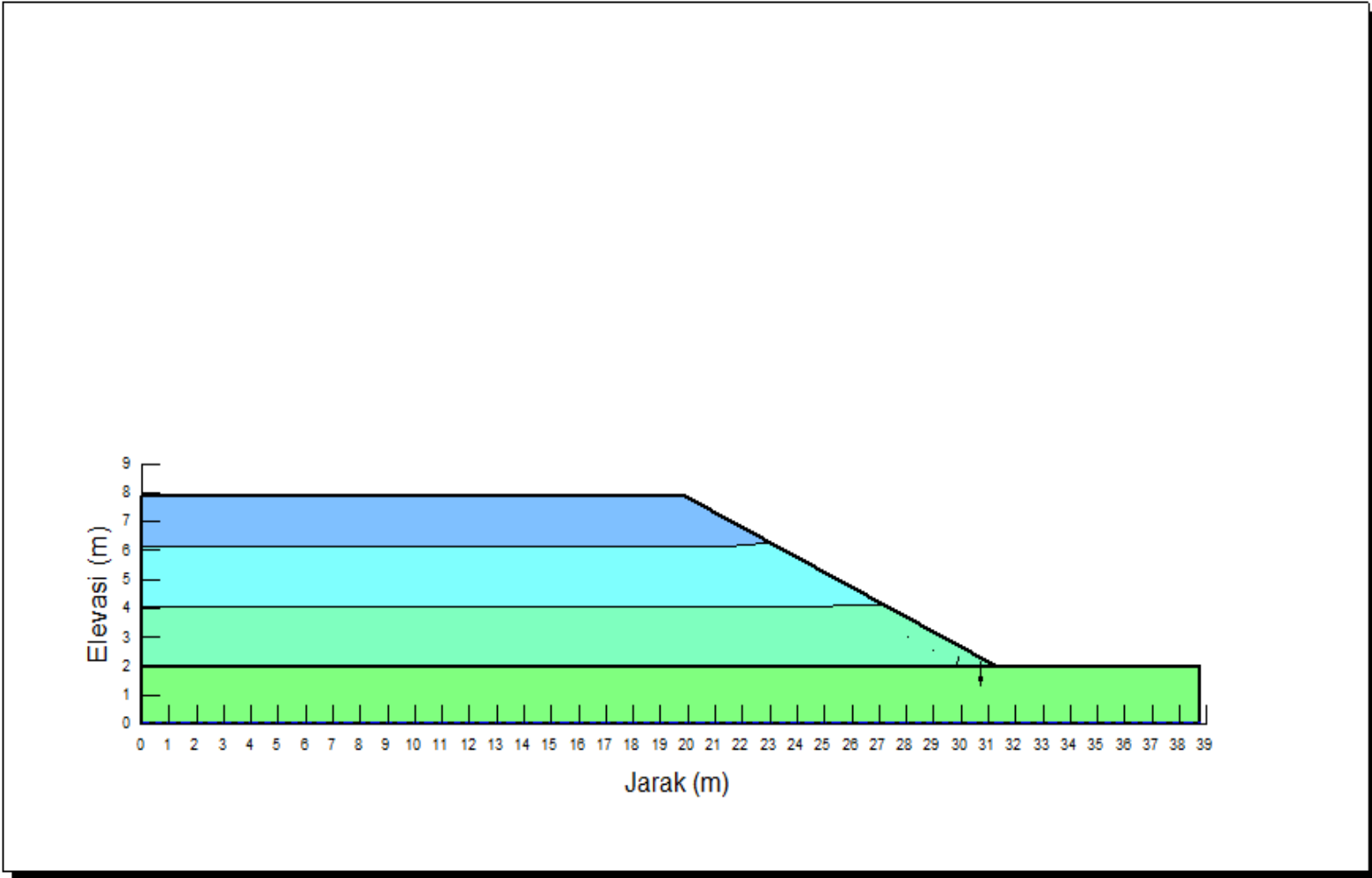
	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Dasar	8,1,5,6,2	77.437487
Region 2	Tanah Timbunan	1,4,7,5	149.80686

Lines

	Start Point	End Point	Hydraulic Boundary
Line 1	8	1	
Line 2	1	5	
Line 3	5	6	Unit Flux Datar
Line 4	6	2	Head
Line 5	2	8	Potential Seepage Face
Line 6	1	4	
Line 7	4	7	
Line 8	7	5	Unit Flux Miring

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	2
Point 2	38.71874	0
Point 3	38.71874	2
Point 4	0	7.85
Point 5	31.329019	2
Point 6	38.718747	2
Point 7	19.887	7.85
Point 8	0	0



Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi durasi 8 jam

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 28
Date: 30/05/2016
Time: 14:27:44
File Name: Lereng dengan beban + hujan min 8 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 30/05/2016
Last Solved Time: 14:47:50

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Bishop, Ordinary and Janbu
Settings
 PWP Conditions Source: Other GeoStudio Analysis
 PWP Other Analysis: ".\min 8 jam.gsz" - "SEEP/W Analysis"
SlipSurface
 Direction of movement: Left to Right
 Allow Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Auto-Search
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
 Tension Crack
 Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
 FOS Calculation Option: Constant
Advanced
 Number of Slices: 30
 Optimization Tolerance: 0.01
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 5000
 Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
 Starting Optimization Points: 8
 Ending Optimization Points: 16
 Complete Passes per Insertion: 1

Materials

Tanah Timbunan

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.92 kN/m³
 Cohesion: 9.61 kPa
 Phi: 30 °
 Phi-B: 0 °

Tanah Dasar

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 16.38 kN/m³
 Cohesion: 51.485 kPa
 Phi: 18 °
 Phi-B: 0 °

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 7.85) m
 Right Coordinate: (38.718, 2) m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 50 kN/m³
 Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	8.25
	2	8.25
	2	8.6773
	4.25	8.6773
	4.25	9.5045
	7.75	9.5045
	7.75	8.6773

	10	8.6773
	10	8.559
	11.233	8.559
	11.233	8.261
	16.733	8.261
	16.733	8.0813
	19.887	8.0813

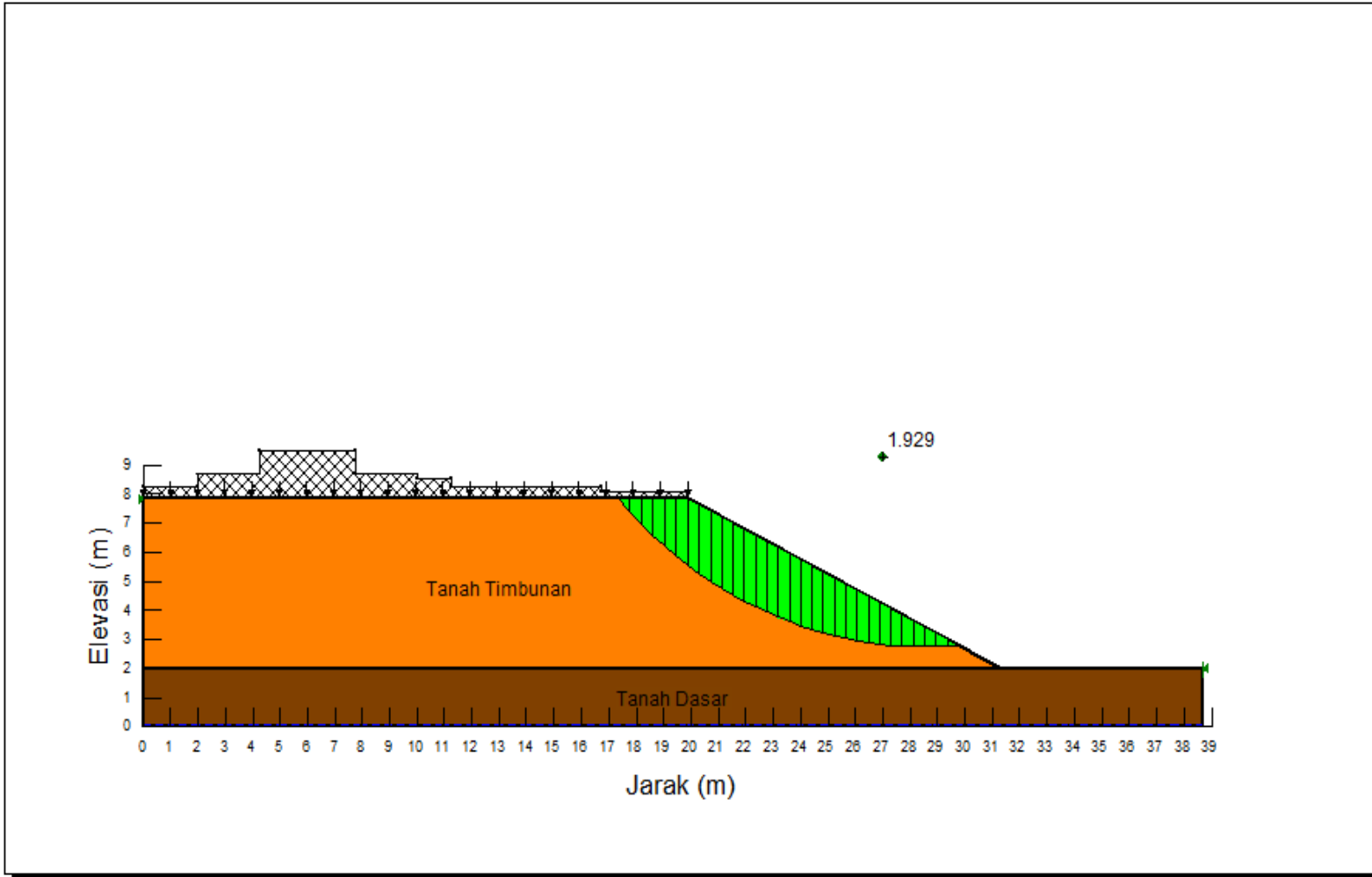
Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Timbunan	4,5,6,7	149.80686
Region 2	Tanah Dasar	1,4,7,3,2	77.436

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	38.718	0
Point 3	38.718	2
Point 4	0	2
Point 5	0	7.85
Point 6	19.887	7.85
Point 7	31.329019	2
Point 8	0	8.25
Point 9	2	8.25
Point 10	2	8.6773
Point 11	4.25	8.6773
Point 12	4.25	9.5045
Point 13	7.75	9.5045
Point 14	7.75	8.6773
Point 15	10	8.6773
Point 16	10	8.559

Point 17	11.233	8.559
Point 18	11.233	8.261
Point 19	16.733	8.261
Point 20	16.733	8.0813
Point 21	19.887	8.0813



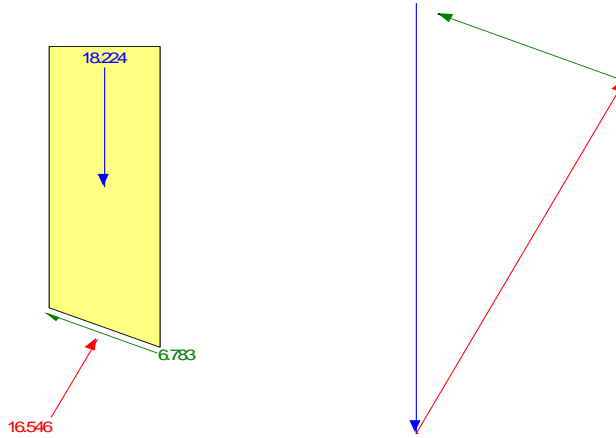
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Ordinary durasi 8 jam

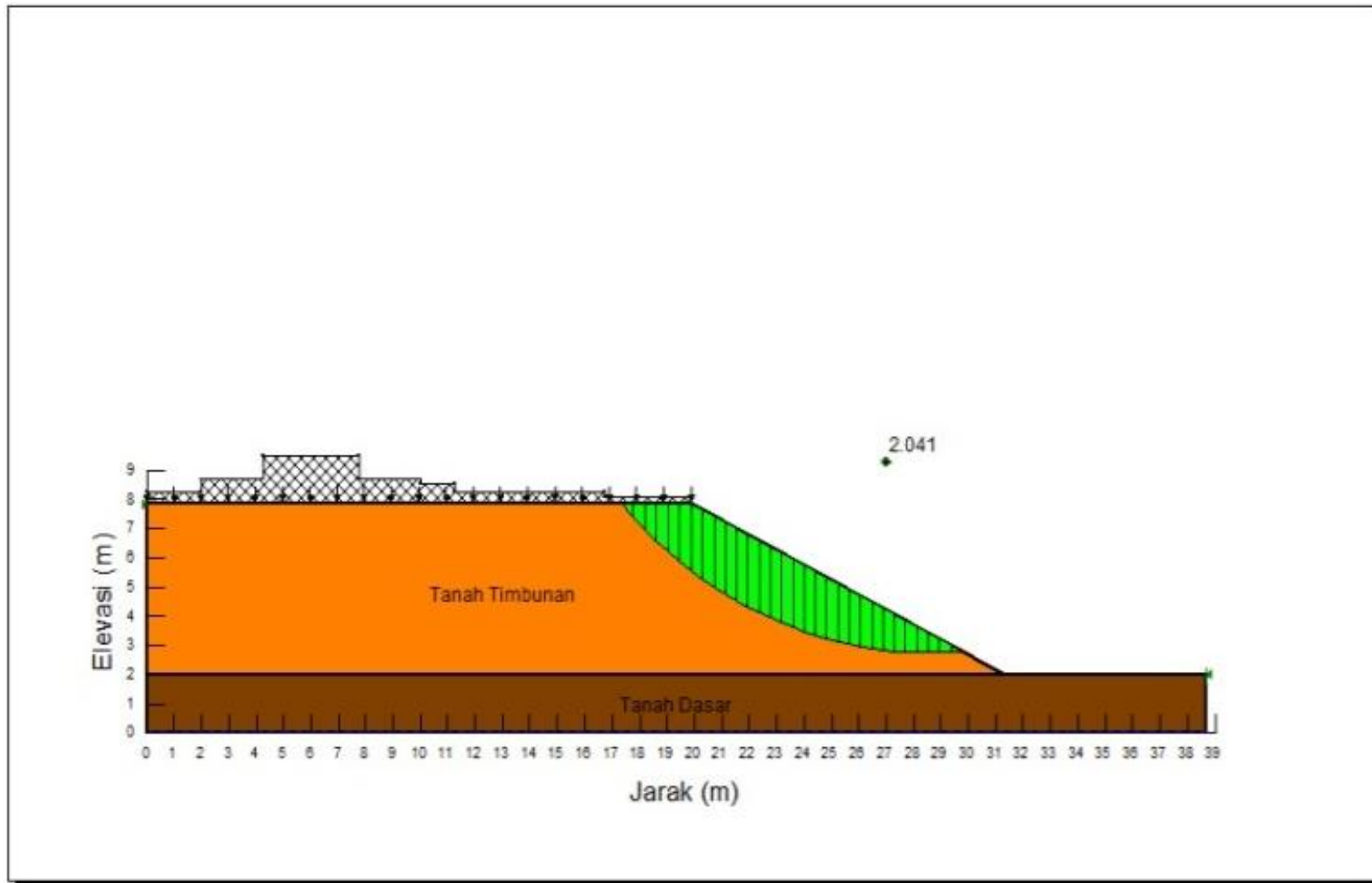
No	Slice 15	
1	Method	Ordinary
2	Factor of Safety	1.929
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	3.7391 kN
6	Pore Water Pressure	-29.677 kPa
7	Pore Water Force	-11.547 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.35325 m
12	Mid-Height	2.466 m
13	Base Length	0.38909 m
14	Base Angle	-24.783 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	18.224 kN
18	Base Normal Force	16.546 kN
19	Base Normal Stress	42.525 kPa
20	Base Shear Res. Force	13.292 kN
21	Base Shear Res. Stress	-34.161 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-6.783 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-17.433 kPa
24	Left Side Normal Force	0 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	0 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.82008 kN
34	Top Left Coordinate	24.322m, 5.5824m
35	Top Right Coordinate	24.675m, 5.4018m
36	Bottom Left Coordinate	24.322m, 3.1076m
37	Bottom Right Coordinate	24.675m, 2.9445m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 15 - Ordinary Method



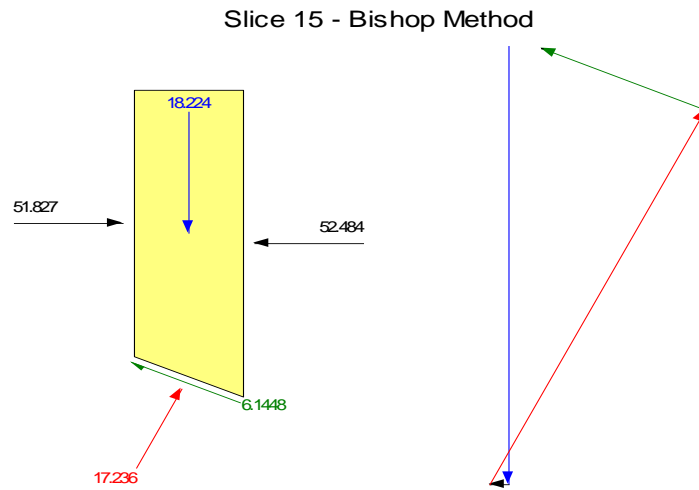


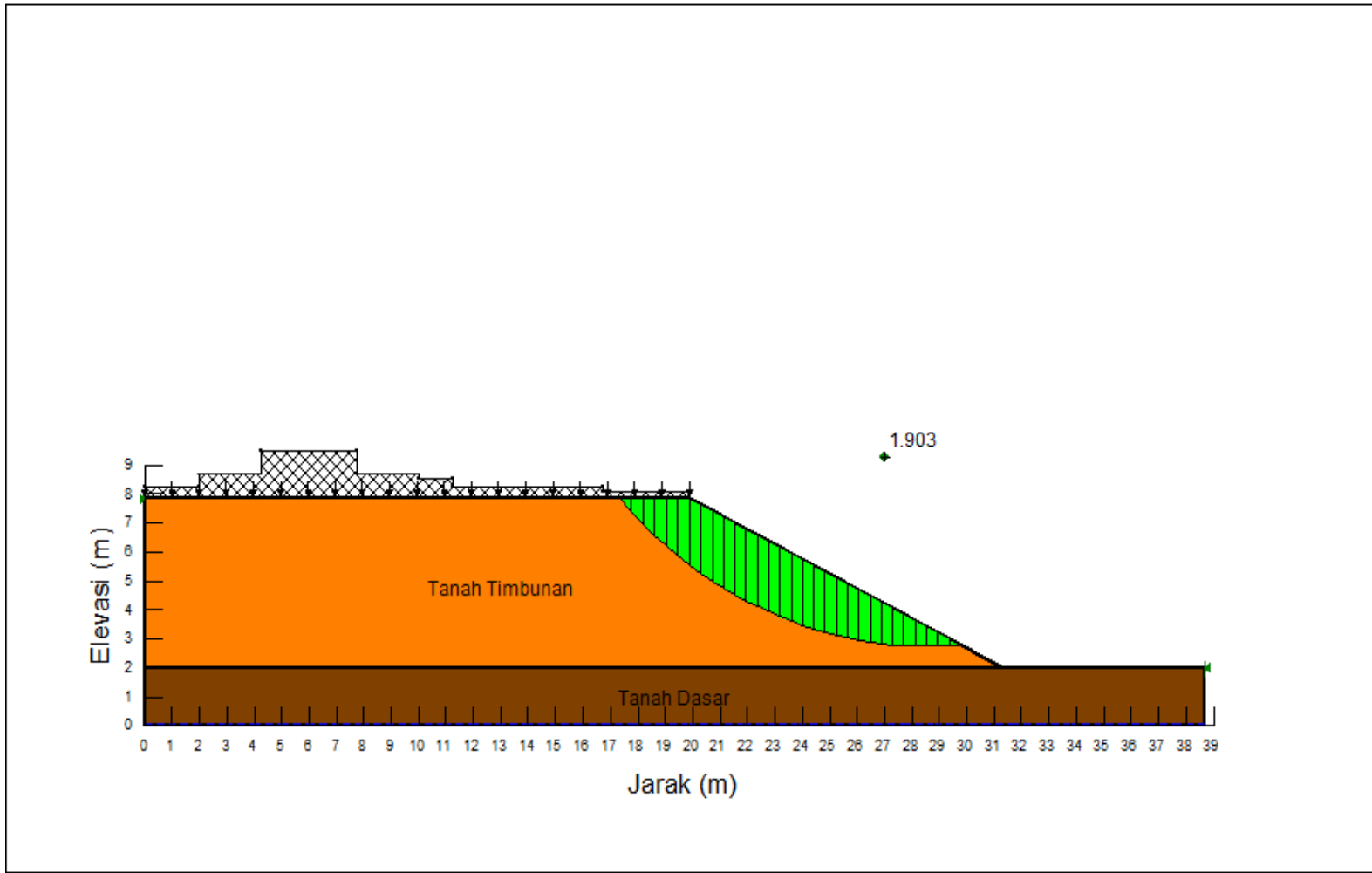
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Bishop durasi 8 jam

No	Slice 15	
1	Method	Bishop
2	Factor of Safety	2.041
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	3.7391 kN
6	Pore Water Pressure	-29.677 kPa
7	Pore Water Force	-11.547 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.35325 m
12	Mid-Height	2.466 m
13	Base Length	0.38909 m
14	Base Angle	-24.783 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	18.224 kN
18	Base Normal Force	17.236 kN
19	Base Normal Stress	44.299 kPa
20	Base Shear Res. Force	-13.69 kN
21	Base Shear Res. Stress	-35.185 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-6.1448 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-15.793 kPa
24	Left Side Normal Force	51.827 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	52.484 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	1.0934 kN
34	Top Left Coordinate	24.322m, 5.5824m
35	Top Right Coordinate	24.675m, 5.4018m
36	Bottom Left Coordinate	24.322m, 3.1076m
37	Bottom Right Coordinate	24.675m, 2.9445m

FREE BODY DIAGRAM





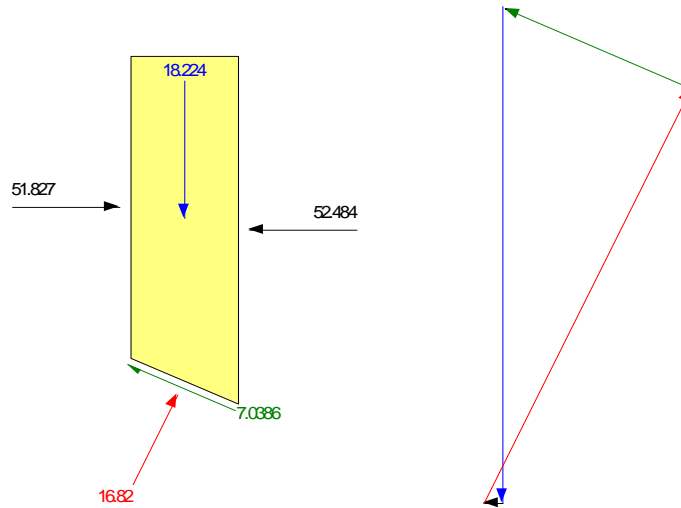
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Janbu durasi 8 jam

No	Slice 15	
1	Method	Janbu
2	Factor of Safety	1.903
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	3.7391 kN
6	Pore Water Pressure	-29.677 kPa
7	Pore Water Force	-11.547 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.35325 m
12	Mid-Height	2.466 m
13	Base Length	0.38909 m
14	Base Angle	-24.783 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	18.224 kN
18	Base Normal Force	16.82 kN
19	Base Normal Stress	43.23 kPa
20	Base Shear Res. Force	-13.45 kN
21	Base Shear Res. Stress	-34.569 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-7.0386 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-18.09 kPa
24	Left Side Normal Force	51.827 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	52.484 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.09112 kN
34	Top Left Coordinate	24.322m, 5.5824m
35	Top Right Coordinate	24.675m, 5.4018m
36	Bottom Left Coordinate	24.322m, 3.1076m
37	Bottom Right Coordinate	24.675m, 2.9445m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 15 - Janbu Method



SEEP/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 40
Date: 27/05/2016
Time: 14:47:19
File Name: min 168 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 27/05/2016
Last Solved Time: 14:57:30

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Mass(M) Units: g
Mass Flux Units: g/sec
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SEEP/W Analysis

Kind: SEEP/W
Method: Transient
Settings
 Initial PWP: (none)
 Include Air Flow: No
Control
 Apply Runoff: Yes
Convergence
 Maximum Number of Iterations: 50
 Tolerance: 0.1
 Maximum Change in K: 1
 Rate of Change in K: 1.1
 Minimum Change in K: 0.0001
 Equation Solver: Parallel Direct
 Potential Seepage Max # of Reviews: 10
Time
 Starting Time: 0 sec
 Duration: 604800 sec
 # of Steps: 168

Step Generation Method: [Linear](#)
Save Steps Every: [1](#)
Use Adaptive Time Stepping: [No](#)

Materials

Tanah Timbunan

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Timbunan](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Timbunan](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Tanah Dasar

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Dasar](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Dasar](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Boundary Conditions

Head

Type: [Head \(H\) 0](#)

Potential Seepage Face

Review: [true](#)
Type: [Total Flux \(Q\) 0](#)

Unit Flux Datar

Type: [Unit Flux \(q\) 2.778e-008](#)

Unit Flux Miring

Type: [Unit Flux \(q\) 2.474e-008](#)

K Functions

Tanah Timbunan

Model: [Data Point Function](#)
Function: [X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure](#)
Curve Fit to Data: [100 %](#)
Segment Curvature: [100 %](#)
K-Saturation: [1.6286e-005](#)
Data Points: [Matric Suction \(kPa\), X-Conductivity \(m/sec\)](#)
Data Point: [\(0.01, 1.6286e-005\)](#)

Data Point: (0.018329807, 1.6285829e-005)
Data Point: (0.033598183, 1.6285419e-005)
Data Point: (0.061584821, 1.6284435e-005)
Data Point: (0.11288379, 1.6282079e-005)
Data Point: (0.20691381, 1.627643e-005)
Data Point: (0.37926902, 1.6262892e-005)
Data Point: (0.6951928, 1.6230439e-005)
Data Point: (1.274275, 1.6152626e-005)
Data Point: (2.3357215, 1.5966409e-005)
Data Point: (4.2813324, 1.5522168e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.4477955e-005)
Data Point: (14.384499, 1.2140681e-005)
Data Point: (26.366509, 7.700269e-006)
Data Point: (48.329302, 2.5137569e-006)
Data Point: (88.586679, 2.8873858e-007)
Data Point: (162.37767, 1.4802649e-008)
Data Point: (297.63514, 5.5374659e-010)
Data Point: (545.55948, 1.9029513e-011)
Data Point: (1000, 6.4092461e-013)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Timbunan
Hydraulic K Sat: 1.6286e-005 m/sec
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20
Residual Water Content: 0 m³/m³

Tanah Dasar

Model: Data Point Function

Function: X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

K-Saturation: 4.6146e-005

Data Points: Matric Suction (kPa), X-Conductivity (m/sec)

Data Point: (0.01, 4.6146e-005)
Data Point: (0.018329807, 4.6141228e-005)
Data Point: (0.033598183, 4.6129642e-005)
Data Point: (0.061584821, 4.6101619e-005)
Data Point: (0.11288379, 4.6033817e-005)
Data Point: (0.20691381, 4.5869621e-005)
Data Point: (0.37926902, 4.5472558e-005)
Data Point: (0.6951928, 4.4514634e-005)
Data Point: (1.274275, 4.222512e-005)
Data Point: (2.3357215, 3.6942335e-005)
Data Point: (4.2813324, 2.6094369e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.0746735e-005)
Data Point: (14.384499, 1.6356273e-006)
Data Point: (26.366509, 9.6690573e-008)
Data Point: (48.329302, 3.7140585e-009)
Data Point: (88.586679, 1.2610706e-010)

Data Point: (162.37767, 4.1574896e-012)
Data Point: (297.63514, 1.361401e-013)
Data Point: (545.55948, 4.4512067e-015)
Data Point: (1000, 1.4548558e-016)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Dasar
Hydraulic K Sat: 4.6146e-005 m/sec
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20
Residual Water Content: 0 m³/m³

Vol. Water Content Functions

Tanah Timbunan

Model: Data Point Function

Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Mv: 0.0663 /kPa
Saturated Water Content: 0 m³/m³

Porosity: 10.673298

Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)

Data Point: (0.01, 0.19016816)
Data Point: (0.018329807, 0.19016816)
Data Point: (0.033598183, 0.19016816)
Data Point: (0.061584821, 0.19016816)
Data Point: (0.11288379, 0.19016816)
Data Point: (0.20691381, 0.19016816)
Data Point: (0.37926902, 0.19016816)
Data Point: (0.6951928, 0.19016816)
Data Point: (1.274275, 0.19016816)
Data Point: (2.3357215, 0.19016816)
Data Point: (4.2813324, 0.19016816)
Data Point: (7.8475997, 0.19016816)
Data Point: (14.384499, 0.19016816)
Data Point: (26.366509, 0.19016816)
Data Point: (48.329302, 0.19016816)
Data Point: (88.586679, 0.18433354)
Data Point: (162.37767, 0.16461104)
Data Point: (297.63514, 0.14588525)
Data Point: (545.55948, 0.12830232)
Data Point: (1000, 0.11138983)

Estimation Properties

Vol. WC Estimation Method: Grain Size Function
Sample Material: Clay
Saturated Water Content: 0.15 m³/m³
Liquid Limit: 0 %

Diameter at 10% passing: 0.0045
Diameter at 60% passing: 0.15
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20

Tanah Dasar

Model: Data Point Function

Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

Mv: 0.0175 /kPa

Saturated Water Content: 0 m³/m³

Porosity: 0.53217483

Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)

Data Point: (0.01, 0.099999871)

Data Point: (0.018329807, 0.099999719)

Data Point: (0.033598183, 0.099999373)

Data Point: (0.061584821, 0.099998576)

Data Point: (0.11288379, 0.099996712)

Data Point: (0.20691381, 0.0999923)

Data Point: (0.37926902, 0.099981762)

Data Point: (0.6951928, 0.099956409)

Data Point: (1.274275, 0.099895105)

Data Point: (2.3357215, 0.0997465)

Data Point: (4.2813324, 0.099386827)

Data Point: (7.8475997, 0.098524595)

Data Point: (14.384499, 0.096512903)

Data Point: (26.366509, 0.092114104)

Data Point: (48.329302, 0.083717462)

Data Point: (88.586679, 0.071035776)

Data Point: (162.37767, 0.056868026)

Data Point: (297.63514, 0.044719057)

Data Point: (545.55948, 0.035670653)

Data Point: (1000, 0.02907782)

Estimation Properties

Vol. WC Estimation Method: Sample functions

Sample Material: Clay

Saturated Water Content: 0.1 m³/m³

Liquid Limit: 0 %

Diameter at 10% passing: 0

Diameter at 60% passing: 0

Maximum: 1000

Minimum: 0.01

Num. Points: 20

Regions

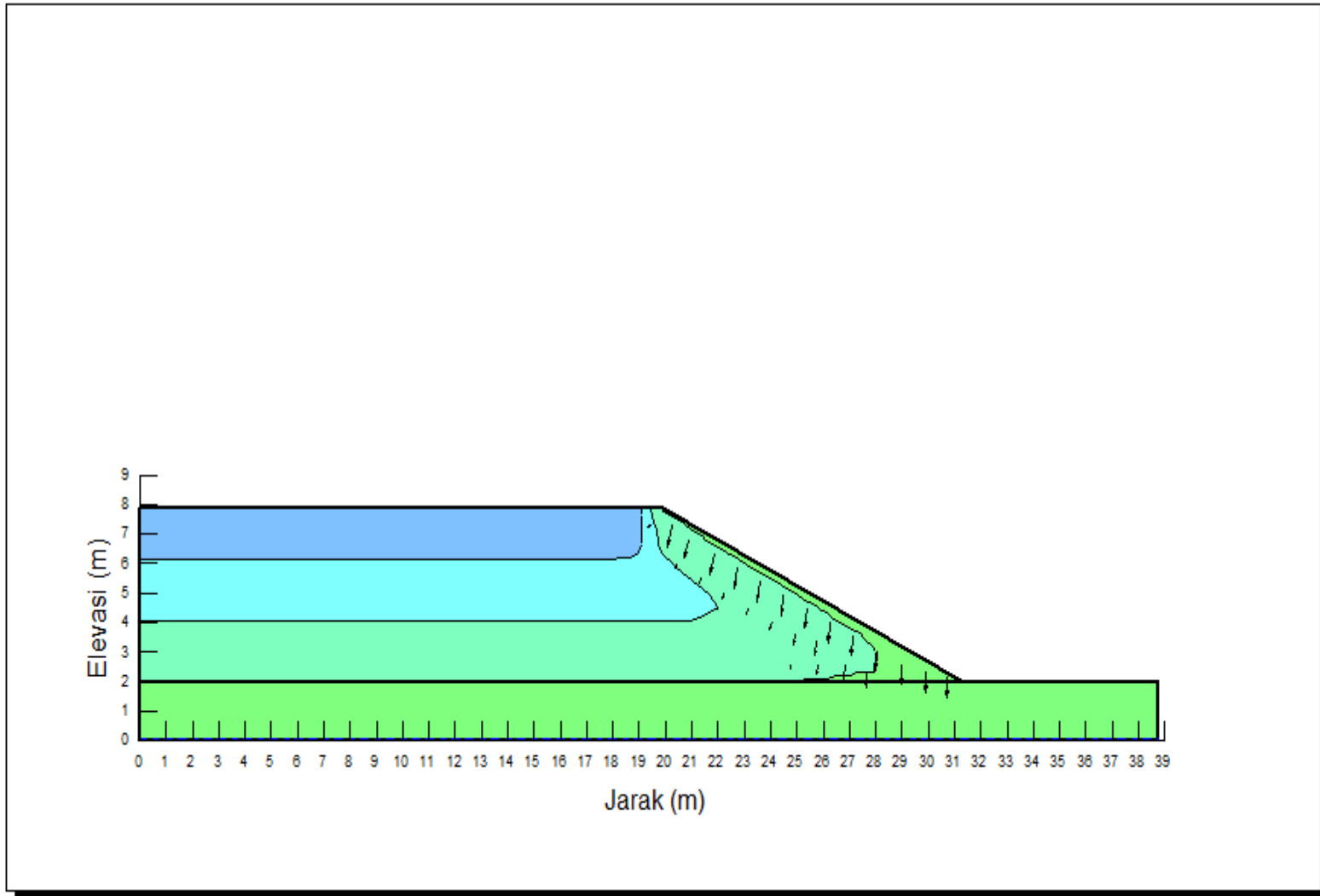
	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Dasar	8,1,5,6,2	77.437487
Region 2	Tanah Timbunan	1,4,7,5	149.80686

Lines

	Start Point	End Point	Hydraulic Boundary
Line 1	8	1	
Line 2	1	5	
Line 3	5	6	Unit Flux Datar
Line 4	6	2	Head
Line 5	2	8	Potential Seepage Face
Line 6	1	4	
Line 7	4	7	
Line 8	7	5	Unit Flux Miring

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	2
Point 2	38.71874	0
Point 3	38.71874	2
Point 4	0	7.85
Point 5	31.329019	2
Point 6	38.718747	2
Point 7	19.887	7.85
Point 8	0	0



Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi durasi 168 jam

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 21
Date: 30/05/2016
Time: 14:54:21
File Name: Lereng dengan beban + hujan min 168 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 30/05/2016
Last Solved Time: 14:58:40

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Bishop, Ordinary and Janbu
Settings
 PWP Conditions Source: Other GeoStudio Analysis
 PWP Other Analysis: ".\min 168 jam.gsz" - "SEEP/W Analysis"
SlipSurface
 Direction of movement: Left to Right
 Allow Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Auto-Search
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
 Tension Crack
 Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
 FOS Calculation Option: Constant
Advanced
 Number of Slices: 30
 Optimization Tolerance: 0.01
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 5000
 Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
 Starting Optimization Points: 8
 Ending Optimization Points: 16
 Complete Passes per Insertion: 1

Materials

Tanah Timbunan

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.92 kN/m³
 Cohesion: 9.61 kPa
 Phi: 30 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Air Pressure: 0 kPa

Tanah Dasar

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 16.38 kN/m³
 Cohesion: 51.485 kPa
 Phi: 18 °
 Phi-B: 0 °

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 7.85) m
 Right Coordinate: (38.718, 2) m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 50 kN/m³
 Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	8.25
	2	8.25
	2	8.6773
	4.25	8.6773
	4.25	9.5045
	7.75	9.5045

	7.75	8.6773
	10	8.6773
	10	8.559
	11.233	8.559
	11.233	8.261
	16.733	8.261
	16.733	8.0813
	19.887	8.0813

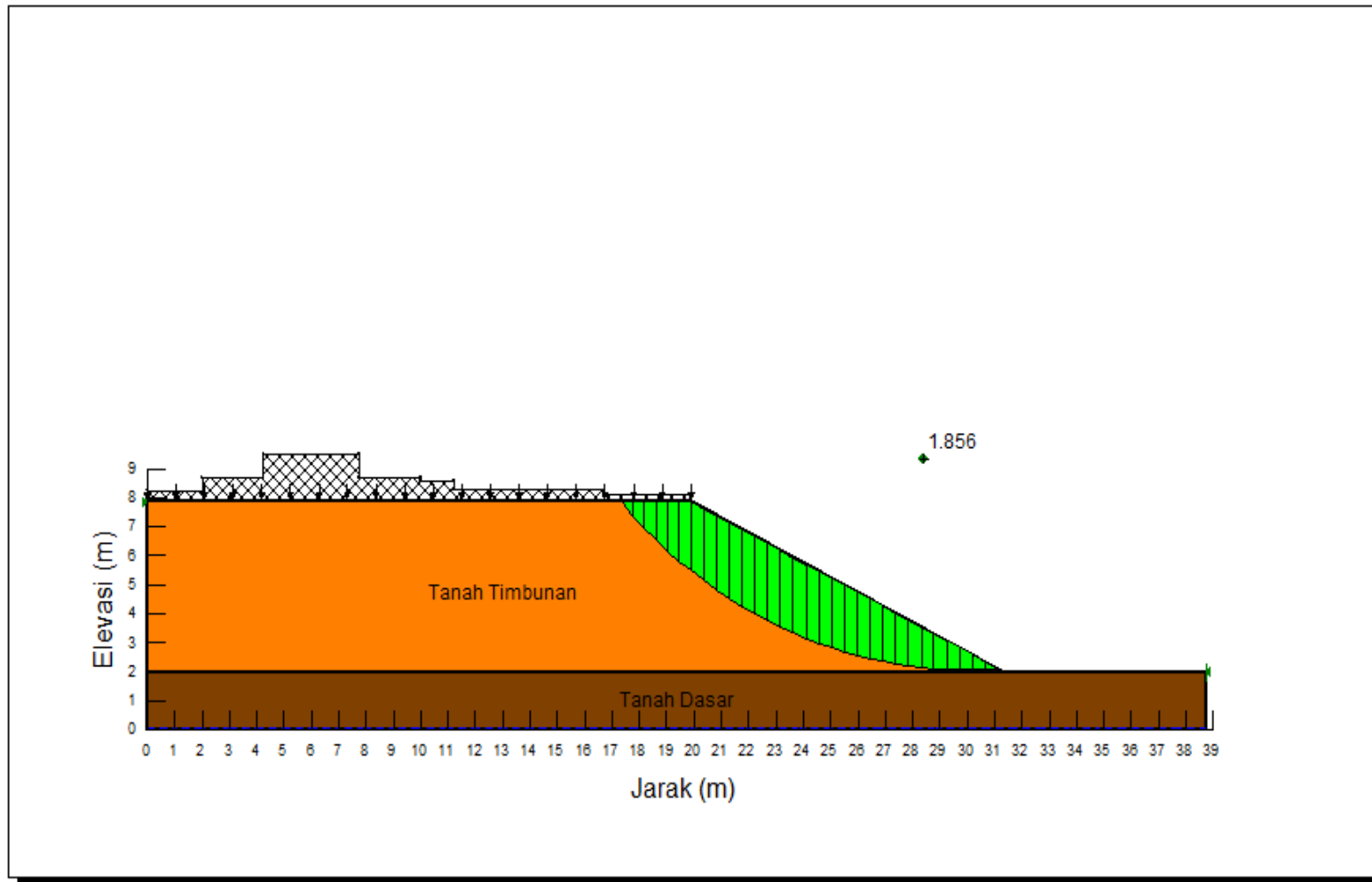
Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Timbunan	4,5,6,7	149.80686
Region 2	Tanah Dasar	1,4,7,3,2	77.436

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	38.718	0
Point 3	38.718	2
Point 4	0	2
Point 5	0	7.85
Point 6	19.887	7.85
Point 7	31.329019	2
Point 8	0	8.25
Point 9	2	8.25
Point 10	2	8.6773
Point 11	4.25	8.6773
Point 12	4.25	9.5045
Point 13	7.75	9.5045
Point 14	7.75	8.6773
Point 15	10	8.6773

Point 16	10	8.559
Point 17	11.233	8.559
Point 18	11.233	8.261
Point 19	16.733	8.261
Point 20	16.733	8.0813
Point 21	19.887	8.0813



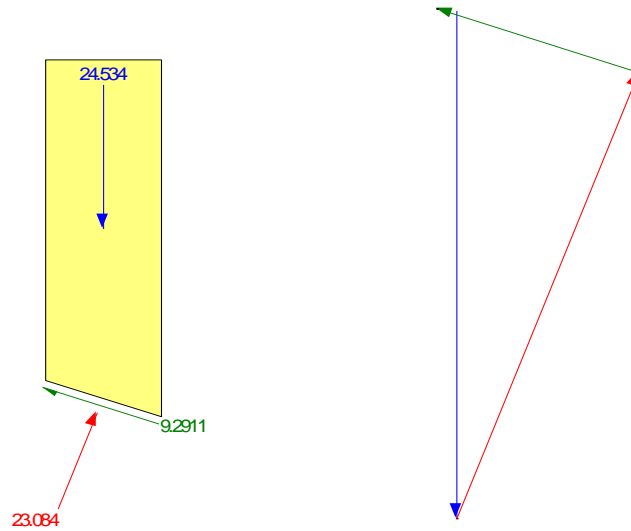
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Ordinary durasi 168 jam

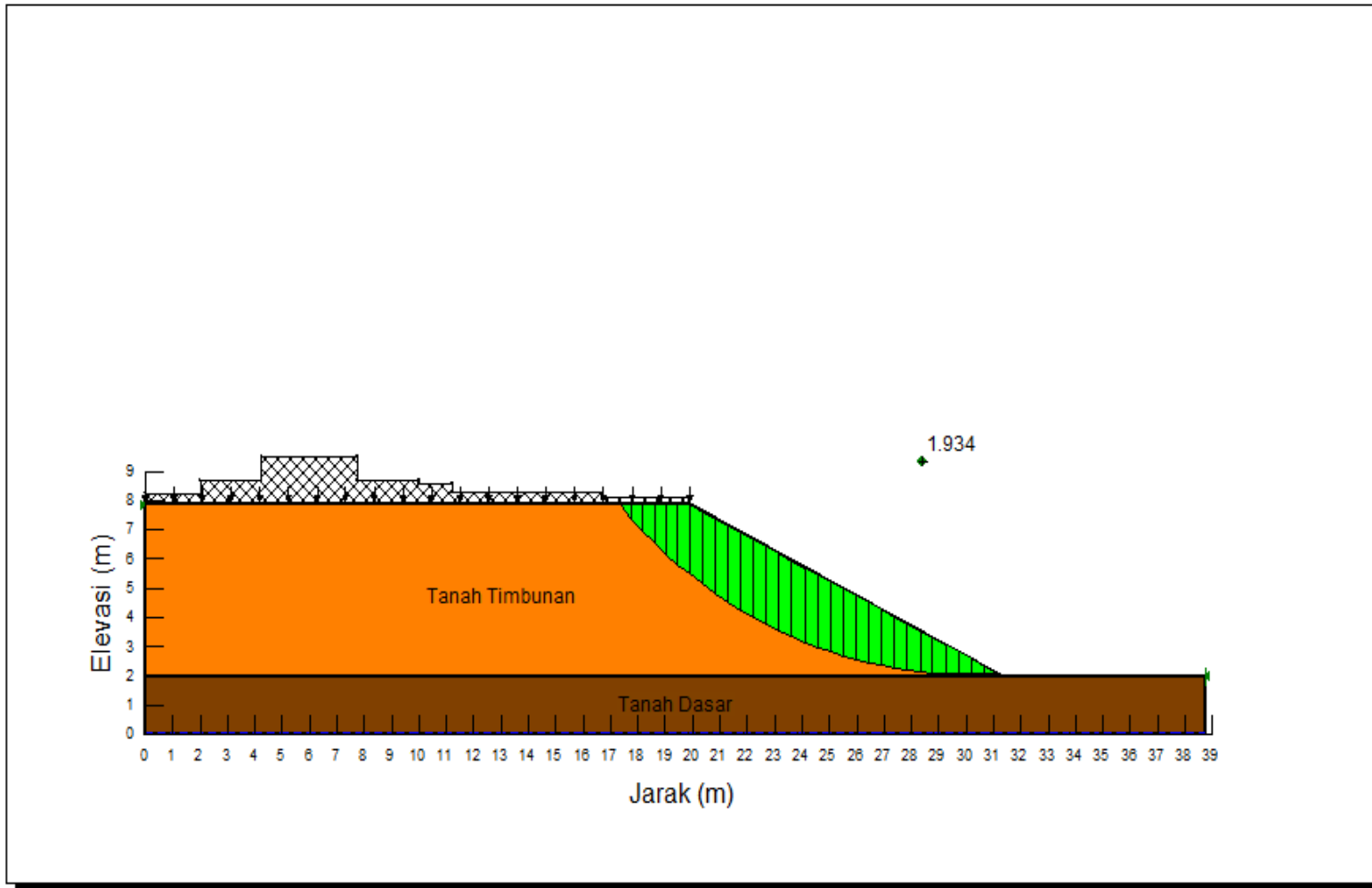
No	Slice 16	
1	Method	Ordinary
2	Factor of Safety	1.856
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.7801 kN
6	Pore Water Pressure	-30.08 kPa
7	Pore Water Force	-14.962 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.46803 m
12	Mid-Height	2.5057 m
13	Base Length	0.49741 m
14	Base Angle	-19.792 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	24.534 kN
18	Base Normal Force	23.084 kN
19	Base Normal Stress	46.408 kPa
20	Base Shear Res. Force	-17.246 kN
21	Base Shear Res. Stress	-34.672 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-9.2911 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-18.679 kPa
24	Left Side Normal Force	0 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	0 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.85869 kN
34	Top Left Coordinate	24.099m, 5.6964m
35	Top Right Coordinate	24.567m, 5.4571m
36	Bottom Left Coordinate	24.099m, 3.1553m
37	Bottom Right Coordinate	24.567m, 2.9868m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 16 - Ordinary Method





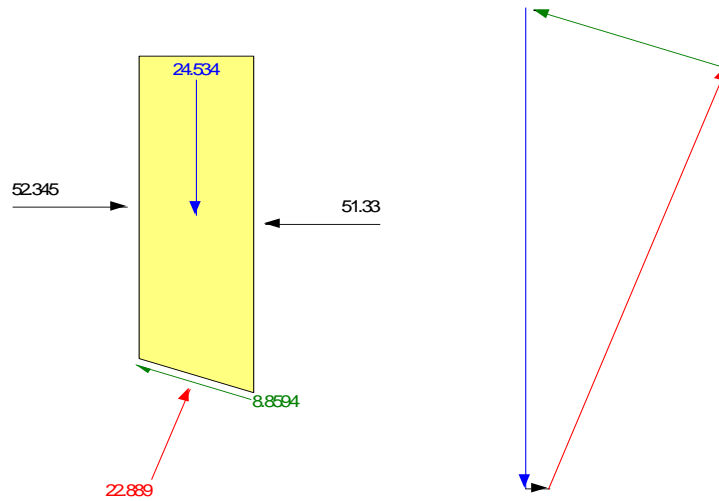
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Bishop durasi 168 jam

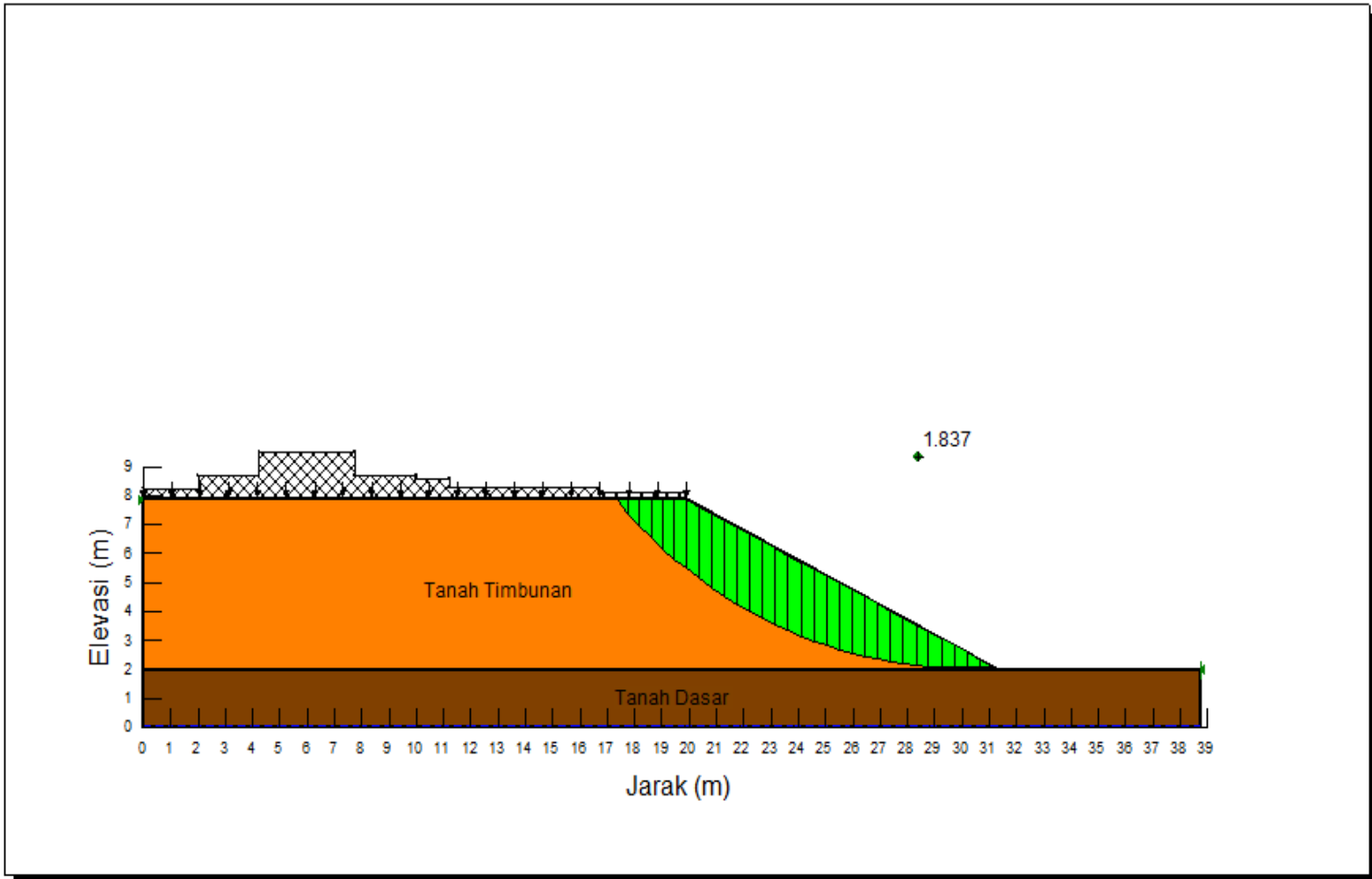
No	Slice 16	
1	Method	Bishop
2	Factor of Safety	1.934
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.7801 kN
6	Pore Water Pressure	-30.08 kPa
7	Pore Water Force	-14.962 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.46803 m
12	Mid-Height	2.5057 m
13	Base Length	0.49741 m
14	Base Angle	-19.792 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	24.534 kN
18	Base Normal Force	22.889 kN
19	Base Normal Stress	46.016 kPa
20	Base Shear Res. Force	-17.134 kN
21	Base Shear Res. Stress	-34.446 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-8.8594 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-17.811 kPa
24	Left Side Normal Force	52.345 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	51.33 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.36801 kN
34	Top Left Coordinate	24.099m, 5.6964m
35	Top Right Coordinate	24.567m, 5.4571m
36	Bottom Left Coordinate	24.099m, 3.1553m
37	Bottom Right Coordinate	24.567m, 2.9868m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 16 - Bishop Method





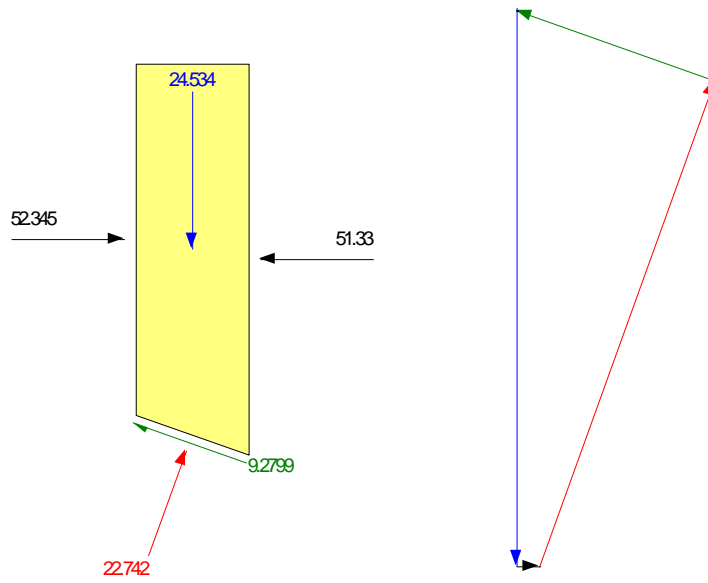
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan yang Sering Terjadi dengan Metode Janbu durasi 168 jam

No	Slice 16	
1	Method	Janbu
2	Factor of Safety	1.837
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.7801 kN
6	Pore Water Pressure	-30.08 kPa
7	Pore Water Force	-14.962 kN
8	Pore Air Pressure	2.9999 kPa
9	Pore Air Force	1.4922 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.46803 m
12	Mid-Height	2.5057 m
13	Base Length	0.49741 m
14	Base Angle	-19.792 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	24.534 kN
18	Base Normal Force	22.742 kN
19	Base Normal Stress	45.721 kPa
20	Base Shear Res. Force	-17.049 kN
21	Base Shear Res. Stress	-34.275 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-9.2799 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-18.656 kPa
24	Left Side Normal Force	52.345 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	51.33 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.12267 kN
34	Top Left Coordinate	24.099m, 5.6964m
35	Top Right Coordinate	24.567m, 5.4571m
36	Bottom Left Coordinate	24.099m, 3.1553m
37	Bottom Right Coordinate	24.567m, 2.9868m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 16 - Janbu Method



SEEP/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 37
Date: 26/05/2016
Time: 15:00:17
File Name: rata 8 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 26/05/2016
Last Solved Time: 15:10:04

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Mass(M) Units: g
Mass Flux Units: g/sec
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SEEP/W Analysis

Kind: SEEP/W
Method: Transient
Settings
 Initial PWP: (none)
 Include Air Flow: No
Control
 Apply Runoff: Yes
Convergence
 Maximum Number of Iterations: 50
 Tolerance: 0.1
 Maximum Change in K: 1
 Rate of Change in K: 1.1
 Minimum Change in K: 0.0001
 Equation Solver: Parallel Direct
 Potential Seepage Max # of Reviews: 10
Time
 Starting Time: 0 sec
 Duration: 28800 sec
 # of Steps: 8

Step Generation Method: [Linear](#)
Save Steps Every: [1](#)
Use Adaptive Time Stepping: [No](#)

Materials

Tanah Timbunan

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Timbunan](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Timbunan](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Tanah Dasar

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Dasar](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Dasar](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Boundary Conditions

Head

Type: [Head \(H\) 0](#)

Potential Seepage Face

Type: [Total Flux \(Q\) 0](#)

Unit Flux Datar

Type: [Unit Flux \(q\) 7.689e-007](#)

Unit Flux Miring

Type: [Unit Flux \(q\) 6.848e-007](#)

K Functions

Tanah Timbunan

Model: [Data Point Function](#)
Function: [X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure](#)
Curve Fit to Data: [100 %](#)
Segment Curvature: [100 %](#)
K-Saturation: [1.6286e-005](#)
Data Points: [Matric Suction \(kPa\), X-Conductivity \(m/sec\)](#)
Data Point: [\(0.01, 1.6286e-005\)](#)
Data Point: [\(0.018329807, 1.6285829e-005\)](#)

Data Point: (0.033598183, 1.6285419e-005)
Data Point: (0.061584821, 1.6284435e-005)
Data Point: (0.11288379, 1.6282079e-005)
Data Point: (0.20691381, 1.627643e-005)
Data Point: (0.37926902, 1.6262892e-005)
Data Point: (0.6951928, 1.6230439e-005)
Data Point: (1.274275, 1.6152626e-005)
Data Point: (2.3357215, 1.5966409e-005)
Data Point: (4.2813324, 1.5522168e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.4477955e-005)
Data Point: (14.384499, 1.2140681e-005)
Data Point: (26.366509, 7.700269e-006)
Data Point: (48.329302, 2.5137569e-006)
Data Point: (88.586679, 2.8873858e-007)
Data Point: (162.37767, 1.4802649e-008)
Data Point: (297.63514, 5.5374659e-010)
Data Point: (545.55948, 1.9029513e-011)
Data Point: (1000, 6.4092461e-013)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Timbunan
Hydraulic K Sat: 1.6286e-005 m/sec
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20
Residual Water Content: 0 m³/m³

Tanah Dasar

Model: Data Point Function

Function: X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

K-Saturation: 4.6146e-005

Data Points: Matric Suction (kPa), X-Conductivity (m/sec)

Data Point: (0.01, 4.6146e-005)
Data Point: (0.018329807, 4.6141228e-005)
Data Point: (0.033598183, 4.6129642e-005)
Data Point: (0.061584821, 4.6101619e-005)
Data Point: (0.11288379, 4.6033817e-005)
Data Point: (0.20691381, 4.5869622e-005)
Data Point: (0.37926902, 4.5472558e-005)
Data Point: (0.6951928, 4.4514634e-005)
Data Point: (1.274275, 4.222512e-005)
Data Point: (2.3357215, 3.6942335e-005)
Data Point: (4.2813324, 2.609437e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.0746736e-005)
Data Point: (14.384499, 1.6356274e-006)
Data Point: (26.366509, 9.6690573e-008)
Data Point: (48.329302, 3.7140584e-009)
Data Point: (88.586679, 1.2610705e-010)
Data Point: (162.37767, 4.1574892e-012)

Data Point: (297.63514, 1.3614009e-013)

Data Point: (545.55948, 4.4512059e-015)

Data Point: (1000, 1.4548555e-016)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Dasar

Hydraulic K Sat: 4.6146e-005 m/sec

Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function

Maximum: 1000

Minimum: 0.01

Num. Points: 20

Residual Water Content: 0 m³/m³

Vol. Water Content Functions

Tanah Timbunan

Model: Data Point Function

Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

Mv: 0.0663 /kPa

Saturated Water Content: 0 m³/m³

Porosity: 10.673298

Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)

Data Point: (0.01, 0.19016816)

Data Point: (0.018329807, 0.19016816)

Data Point: (0.033598183, 0.19016816)

Data Point: (0.061584821, 0.19016816)

Data Point: (0.11288379, 0.19016816)

Data Point: (0.20691381, 0.19016816)

Data Point: (0.37926902, 0.19016816)

Data Point: (0.6951928, 0.19016816)

Data Point: (1.274275, 0.19016816)

Data Point: (2.3357215, 0.19016816)

Data Point: (4.2813324, 0.19016816)

Data Point: (7.8475997, 0.19016816)

Data Point: (14.384499, 0.19016816)

Data Point: (26.366509, 0.19016816)

Data Point: (48.329302, 0.19016816)

Data Point: (88.586679, 0.18433354)

Data Point: (162.37767, 0.16461104)

Data Point: (297.63514, 0.14588525)

Data Point: (545.55948, 0.12830232)

Data Point: (1000, 0.11138983)

Estimation Properties

Vol. WC Estimation Method: Grain Size Function

Sample Material: Clay

Saturated Water Content: 0.15 m³/m³

Liquid Limit: 0 %

Diameter at 10% passing: 0.0045

Diameter at 60% passing: 0.15
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20

Tanah Dasar

Model: Data Point Function
Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Mv: 0.0175 /kPa
Saturated Water Content: 0 m³/m³
Porosity: 0.53217483
Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)
Data Point: (0.01, 0.099999871)
Data Point: (0.018329807, 0.099999719)
Data Point: (0.033598183, 0.099999373)
Data Point: (0.061584821, 0.099998576)
Data Point: (0.11288379, 0.099996712)
Data Point: (0.20691381, 0.0999923)
Data Point: (0.37926902, 0.099981762)
Data Point: (0.6951928, 0.099956409)
Data Point: (1.274275, 0.099895105)
Data Point: (2.3357215, 0.0997465)
Data Point: (4.2813324, 0.099386827)
Data Point: (7.8475997, 0.098524595)
Data Point: (14.384499, 0.096512903)
Data Point: (26.366509, 0.092114104)
Data Point: (48.329302, 0.083717462)
Data Point: (88.586679, 0.071035776)
Data Point: (162.37767, 0.056868026)
Data Point: (297.63514, 0.044719057)
Data Point: (545.55948, 0.035670653)
Data Point: (1000, 0.02907782)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Sample Material: Clay
Saturated Water Content: 0.1 m³/m³
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20

Regions

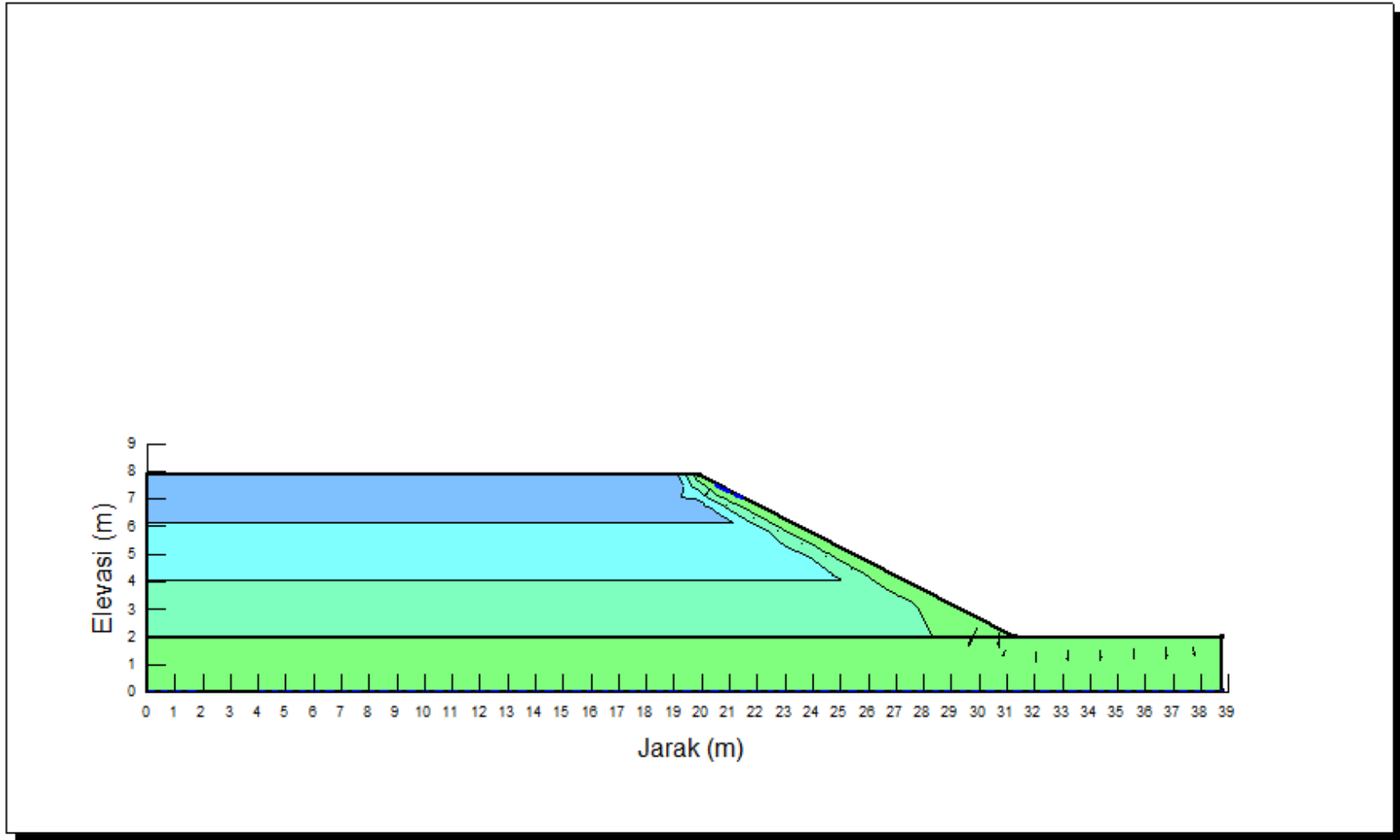
	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Dasar	8,1,5,6,2	77.437487
Region 2	Tanah Timbunan	1,4,7,5	149.80686

Lines

	Start Point	End Point	Hydraulic Boundary
Line 1	8	1	
Line 2	1	5	
Line 3	5	6	Unit Flux Datar
Line 4	6	2	Head
Line 5	2	8	Potential Seepage Face
Line 6	1	4	
Line 7	4	7	
Line 8	7	5	Unit Flux Miring

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	2
Point 2	38.71874	0
Point 3	38.71874	2
Point 4	0	7.85
Point 5	31.329019	2
Point 6	38.718747	2
Point 7	19.887	7.85
Point 8	0	0



Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Rata – rata durasi 8 jam

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 32
Date: 30/05/2016
Time: 15:13:13
File Name: Lereng dengan beban + hujan rata 8 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 30/05/2016
Last Solved Time: 15:48:30

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Bishop, Ordinary and Janbu
Settings
PWP Conditions Source: Other GeoStudio Analysis
PWP Other Analysis: ".\rata 8 jam.gsz" - "SEEP/W Analysis"
SlipSurface
Direction of movement: Left to Right
Allow Passive Mode: No
Slip Surface Option: Auto-Search
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
Tension Crack
Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: Constant
Advanced
Number of Slices: 30
Optimization Tolerance: 0.01
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 5000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1

Materials

Tanah Timbunan

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.92 kN/m³
Cohesion: 9.61 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Pore Air Pressure: 0 kPa

Tanah Dasar

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16.38 kN/m³
Cohesion: 51.485 kPa
Phi: 18 °
Phi-B: 0 °

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 7.85) m
Right Coordinate: (38.718, 2) m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 50 kN/m³
Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	8.25
	2	8.25
	2	8.6773
	4.25	8.6773
	4.25	9.5045
	7.75	9.5045

	7.75	8.6773
	10	8.6773
	10	8.559
	11.233	8.559
	11.233	8.261
	16.733	8.261
	16.733	8.0813
	19.887	8.0813

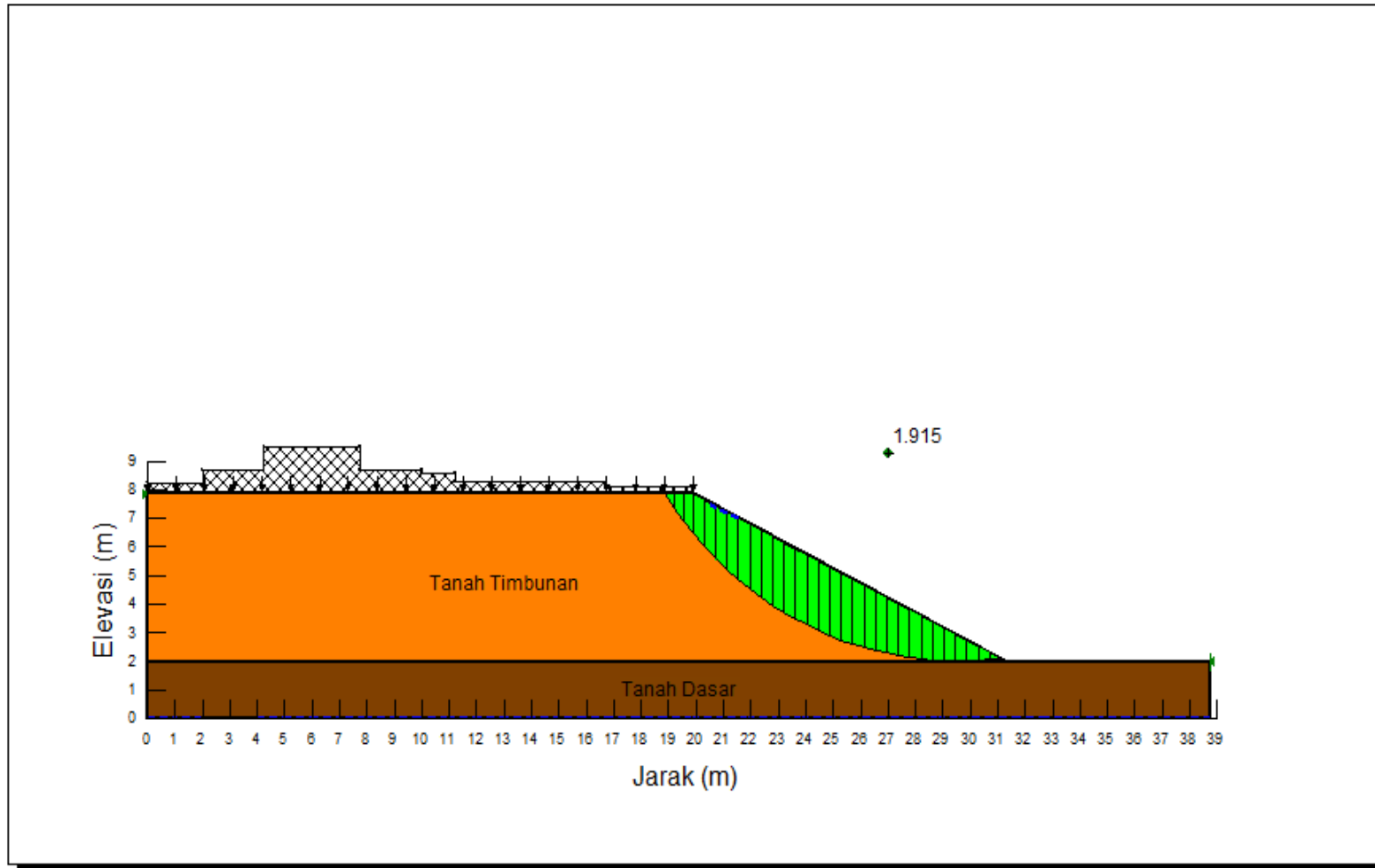
Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Timbunan	4,5,6,7	149.80686
Region 2	Tanah Dasar	1,4,7,3,2	77.436

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	38.718	0
Point 3	38.718	2
Point 4	0	2
Point 5	0	7.85
Point 6	19.887	7.85
Point 7	31.329019	2
Point 8	0	8.25
Point 9	2	8.25
Point 10	2	8.6773
Point 11	4.25	8.6773
Point 12	4.25	9.5045
Point 13	7.75	9.5045
Point 14	7.75	8.6773
Point 15	10	8.6773

Point 16	10	8.559
Point 17	11.233	8.559
Point 18	11.233	8.261
Point 19	16.733	8.261
Point 20	16.733	8.0813
Point 21	19.887	8.0813



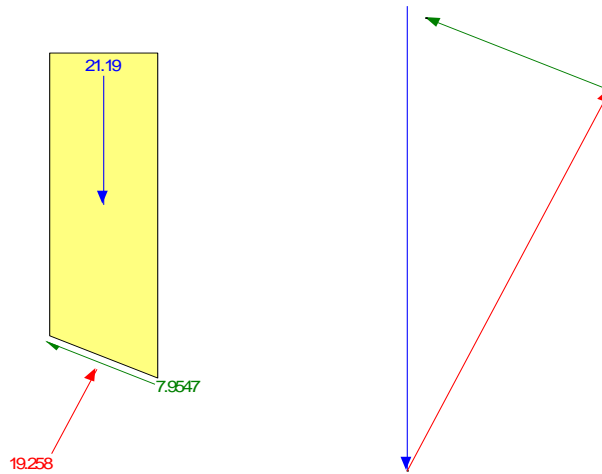
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Ordinary durasi 8 jam

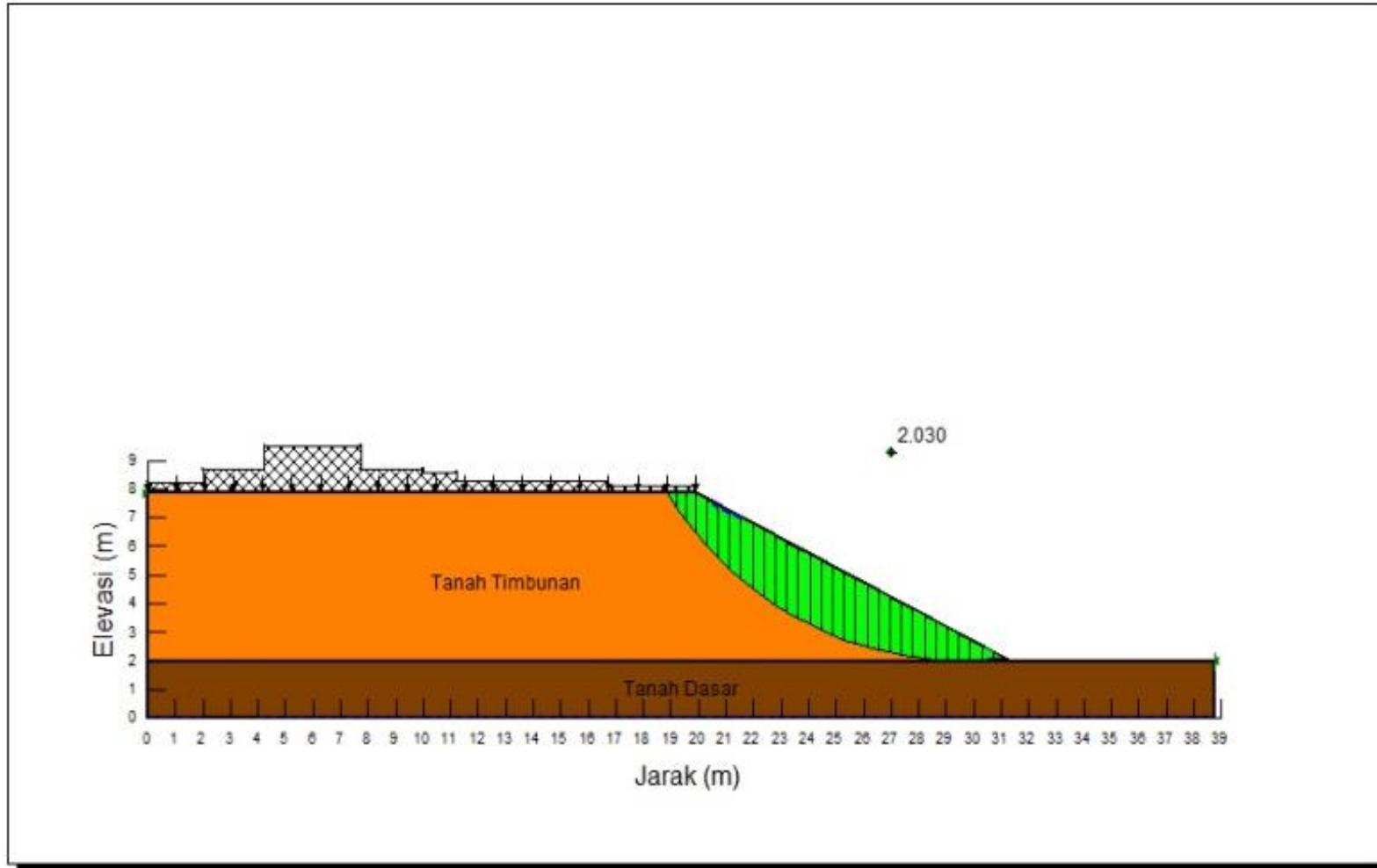
No	Slice 15	
1	Method	Ordinary
2	Factor of Safety	1.915
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.4136 kN
6	Pore Water Pressure	-30.023 kPa
7	Pore Water Force	-13.789 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.4174 m
12	Mid-Height	2.4267 m
13	Base Length	0.45927 m
14	Base Angle	-24.656 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	21.19 kN
18	Base Normal Force	19.258 kN
19	Base Normal Stress	41.931 kPa
20	Base Shear Res. Force	15.267 kN
21	Base Shear Res. Stress	-33.242 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-7.9547 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-17.32 kPa
24	Left Side Normal Force	0 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	0 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.8476 kN
34	Top Left Coordinate	24.297m, 5.5951m
35	Top Right Coordinate	24.715m, 5.3817m
36	Bottom Left Coordinate	24.297m, 3.1575m
37	Bottom Right Coordinate	24.715m, 2.9659m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 15 - Ordinary Method



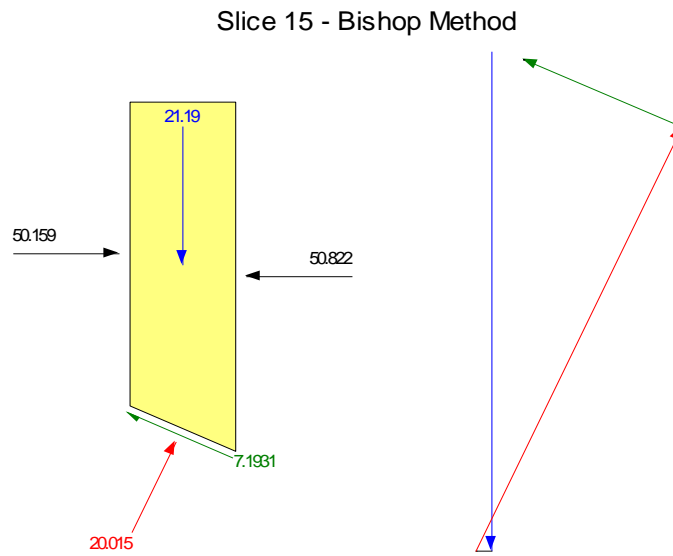


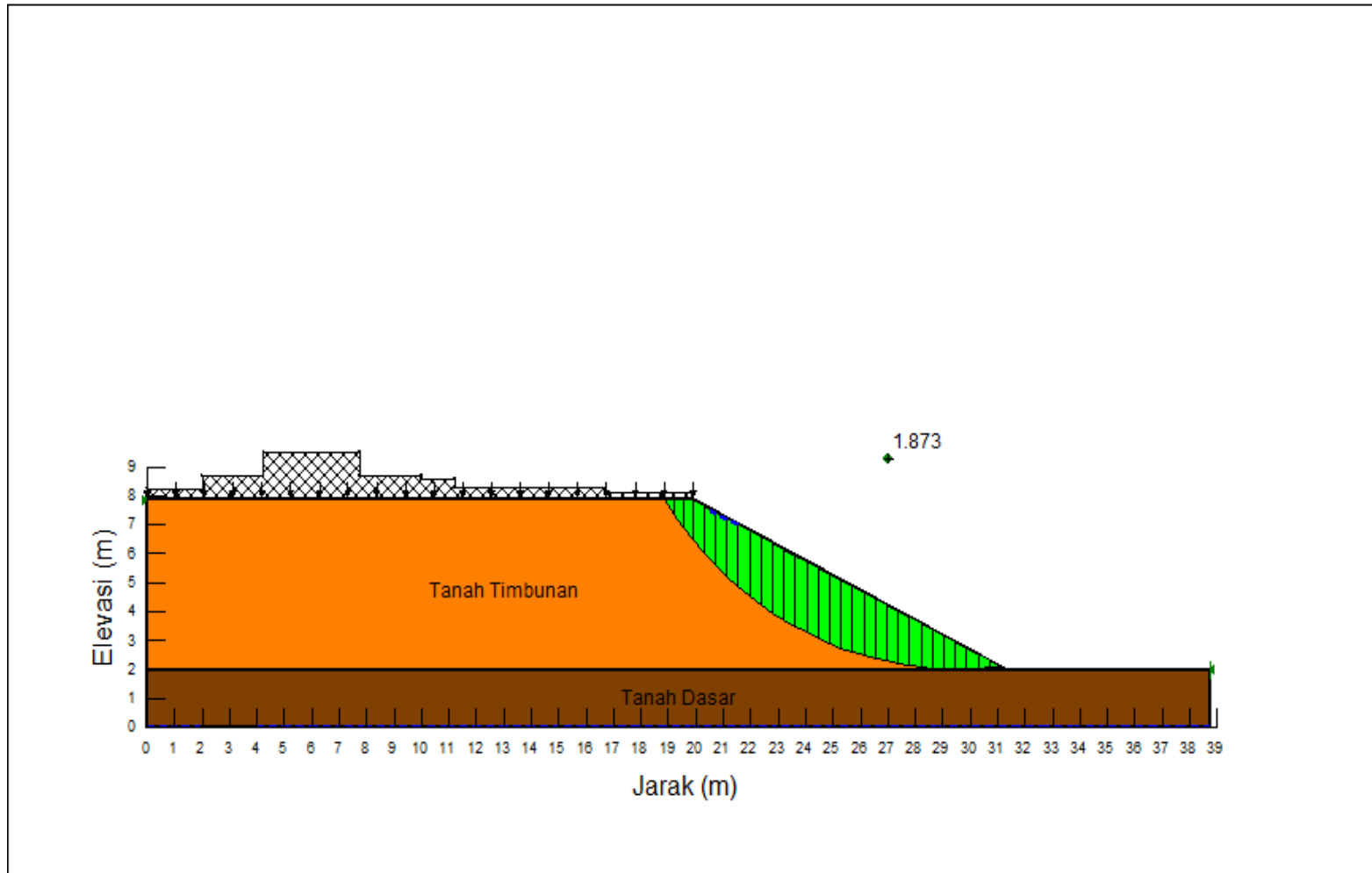
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Bishop durasi 8 jam

No	Slice 15	
1	Method	Bishop
2	Factor of Safety	2.030
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.4136 kN
6	Pore Water Pressure	-30.023 kPa
7	Pore Water Force	-13.789 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.4174 m
12	Mid-Height	2.4267 m
13	Base Length	0.45927 m
14	Base Angle	-24.656 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	21.19 kN
18	Base Normal Force	20.015 kN
19	Base Normal Stress	43.58 kPa
20	Base Shear Res. Force	15.704 kN
21	Base Shear Res. Stress	-34.193 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-7.1931 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-15.662 kPa
24	Left Side Normal Force	50.159 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	50.822 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	1.2714 kN
34	Top Left Coordinate	24.297m, 5.5951m
35	Top Right Coordinate	24.715m, 5.3817m
36	Bottom Left Coordinate	24.297m, 3.1575m
37	Bottom Right Coordinate	24.715m, 2.9659m

FREE BODY DIAGRAM





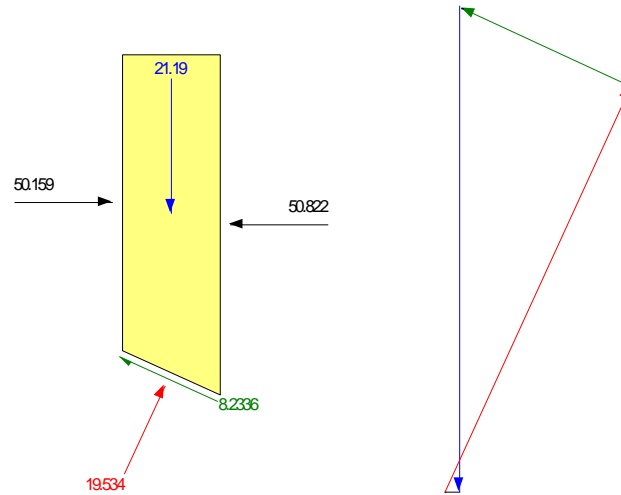
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Janbu durasi 8 jam

No	Slice 15	
1	Method	Janbu
2	Factor of Safety	1.873
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.4136 kN
6	Pore Water Pressure	-30.023 kPa
7	Pore Water Force	-13.789 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.4174 m
12	Mid-Height	2.4267 m
13	Base Length	0.45927 m
14	Base Angle	-24.656 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	21.19 kN
18	Base Normal Force	19.534 kN
19	Base Normal Stress	42.532 kPa
20	Base Shear Res. Force	-15.426 kN
21	Base Shear Res. Stress	-33.588 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-8.2336 kN
23	Base Shear Mob. Stress	17.927 kPa
24	Left Side Normal Force	-
25	Left Side Shear Force	50.159 kN
26	Right Side Normal Force	0 kN
27	Right Side Shear Force	50.822 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0 kN
34	Top Left Coordinate	0.10595 kN
35	Top Right Coordinate	24.297m, 5.5951m
36	Bottom Left Coordinate	24.715m, 5.3817m
37	Bottom Right Coordinate	24.297m, 3.1575m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 15 - Janbu Method



SEEP/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 43
Date: 27/05/2016
Time: 15:20:03
File Name: rata 120 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 27/05/2016
Last Solved Time: 15:30:05

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Mass(M) Units: g
Mass Flux Units: g/sec
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SEEP/W Analysis

Kind: SEEP/W
Method: Transient
Settings
 Initial PWP: (none)
 Include Air Flow: No
Control
 Apply Runoff: Yes
Convergence
 Maximum Number of Iterations: 50
 Tolerance: 0.1
 Maximum Change in K: 1
 Rate of Change in K: 1.1
 Minimum Change in K: 0.0001
 Equation Solver: Parallel Direct
 Potential Seepage Max # of Reviews: 10
Time
 Starting Time: 0 sec
 Duration: 432000 sec
 # of Steps: 120

Step Generation Method: [Linear](#)
Save Steps Every: [1](#)
Use Adaptive Time Stepping: [No](#)

Materials

Tanah Timbunan

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Timbunan](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Timbunan](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Tanah Dasar

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Dasar](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Dasar](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Boundary Conditions

Head

Type: [Head \(H\) 0](#)

Potential Seepage Face

Type: [Total Flux \(Q\) 0](#)

Unit Flux Datar

Type: [Unit Flux \(q\) 7.689e-007](#)

Unit Flux Miring

Type: [Unit Flux \(q\) 6.848e-007](#)

K Functions

Tanah Timbunan

Model: [Data Point Function](#)
Function: [X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure](#)
Curve Fit to Data: [100 %](#)
Segment Curvature: [100 %](#)
K-Saturation: [1.6286e-005](#)
Data Points: [Matric Suction \(kPa\), X-Conductivity \(m/sec\)](#)
Data Point: [\(0.01, 1.6286e-005\)](#)
Data Point: [\(0.018329807, 1.6285829e-005\)](#)

Data Point: (0.033598183, 1.6285419e-005)
Data Point: (0.061584821, 1.6284435e-005)
Data Point: (0.11288379, 1.6282079e-005)
Data Point: (0.20691381, 1.627643e-005)
Data Point: (0.37926902, 1.6262892e-005)
Data Point: (0.6951928, 1.6230439e-005)
Data Point: (1.274275, 1.6152626e-005)
Data Point: (2.3357215, 1.5966409e-005)
Data Point: (4.2813324, 1.5522168e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.4477955e-005)
Data Point: (14.384499, 1.2140681e-005)
Data Point: (26.366509, 7.700269e-006)
Data Point: (48.329302, 2.5137569e-006)
Data Point: (88.586679, 2.8873858e-007)
Data Point: (162.37767, 1.4802649e-008)
Data Point: (297.63514, 5.5374659e-010)
Data Point: (545.55948, 1.9029513e-011)
Data Point: (1000, 6.4092461e-013)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Timbunan
Hydraulic K Sat: 1.6286e-005 m/sec
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20
Residual Water Content: 0 m³/m³

Tanah Dasar

Model: Data Point Function

Function: X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

K-Saturation: 4.6146e-005

Data Points: Matric Suction (kPa), X-Conductivity (m/sec)

Data Point: (0.01, 4.6146e-005)
Data Point: (0.018329807, 4.6141228e-005)
Data Point: (0.033598183, 4.6129642e-005)
Data Point: (0.061584821, 4.6101619e-005)
Data Point: (0.11288379, 4.6033817e-005)
Data Point: (0.20691381, 4.5869622e-005)
Data Point: (0.37926902, 4.5472558e-005)
Data Point: (0.6951928, 4.4514634e-005)
Data Point: (1.274275, 4.222512e-005)
Data Point: (2.3357215, 3.6942335e-005)
Data Point: (4.2813324, 2.609437e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.0746736e-005)
Data Point: (14.384499, 1.6356274e-006)
Data Point: (26.366509, 9.6690573e-008)
Data Point: (48.329302, 3.7140584e-009)
Data Point: (88.586679, 1.2610705e-010)
Data Point: (162.37767, 4.1574892e-012)

Data Point: (297.63514, 1.3614009e-013)

Data Point: (545.55948, 4.4512059e-015)

Data Point: (1000, 1.4548555e-016)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Dasar

Hydraulic K Sat: 4.6146e-005 m/sec

Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function

Maximum: 1000

Minimum: 0.01

Num. Points: 20

Residual Water Content: 0 m³/m³

Vol. Water Content Functions

Tanah Timbunan

Model: Data Point Function

Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

Mv: 0.0663 /kPa

Saturated Water Content: 0 m³/m³

Porosity: 10.673298

Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)

Data Point: (0.01, 0.19016816)

Data Point: (0.018329807, 0.19016816)

Data Point: (0.033598183, 0.19016816)

Data Point: (0.061584821, 0.19016816)

Data Point: (0.11288379, 0.19016816)

Data Point: (0.20691381, 0.19016816)

Data Point: (0.37926902, 0.19016816)

Data Point: (0.6951928, 0.19016816)

Data Point: (1.274275, 0.19016816)

Data Point: (2.3357215, 0.19016816)

Data Point: (4.2813324, 0.19016816)

Data Point: (7.8475997, 0.19016816)

Data Point: (14.384499, 0.19016816)

Data Point: (26.366509, 0.19016816)

Data Point: (48.329302, 0.19016816)

Data Point: (88.586679, 0.18433354)

Data Point: (162.37767, 0.16461104)

Data Point: (297.63514, 0.14588525)

Data Point: (545.55948, 0.12830232)

Data Point: (1000, 0.11138983)

Estimation Properties

Vol. WC Estimation Method: Grain Size Function

Sample Material: Clay

Saturated Water Content: 0.15 m³/m³

Liquid Limit: 0 %

Diameter at 10% passing: 0.0045

Diameter at 60% passing: 0.15
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20

Tanah Dasar

Model: Data Point Function
Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Mv: 0.0175 /kPa
Saturated Water Content: 0 m³/m³
Porosity: 0.53217483
Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)
Data Point: (0.01, 0.099999871)
Data Point: (0.018329807, 0.099999719)
Data Point: (0.033598183, 0.099999373)
Data Point: (0.061584821, 0.099998576)
Data Point: (0.11288379, 0.099996712)
Data Point: (0.20691381, 0.0999923)
Data Point: (0.37926902, 0.099981762)
Data Point: (0.6951928, 0.099956409)
Data Point: (1.274275, 0.099895105)
Data Point: (2.3357215, 0.0997465)
Data Point: (4.2813324, 0.099386827)
Data Point: (7.8475997, 0.098524595)
Data Point: (14.384499, 0.096512903)
Data Point: (26.366509, 0.092114104)
Data Point: (48.329302, 0.083717462)
Data Point: (88.586679, 0.071035776)
Data Point: (162.37767, 0.056868026)
Data Point: (297.63514, 0.044719057)
Data Point: (545.55948, 0.035670653)
Data Point: (1000, 0.02907782)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Sample Material: Clay
Saturated Water Content: 0.1 m³/m³
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20

Regions

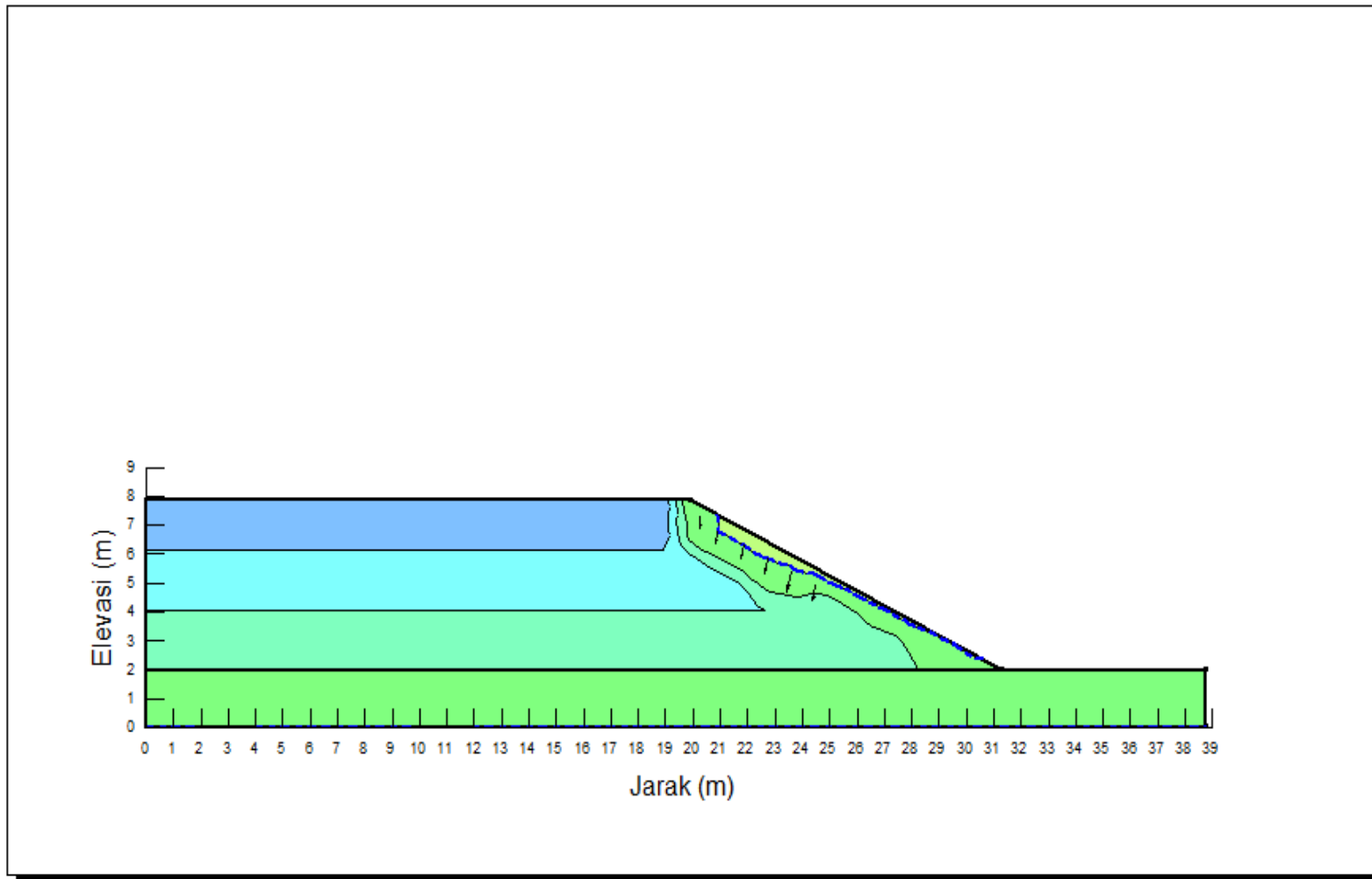
	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Dasar	8,1,5,6,2	77.437487
Region 2	Tanah Timbunan	1,4,7,5	149.80686

Lines

	Start Point	End Point	Hydraulic Boundary
Line 1	8	1	
Line 2	1	5	
Line 3	5	6	Unit Flux Datar
Line 4	6	2	Head
Line 5	2	8	Potential Seepage Face
Line 6	1	4	
Line 7	4	7	
Line 8	7	5	Unit Flux Miring

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	2
Point 2	38.71874	0
Point 3	38.71874	2
Point 4	0	7.85
Point 5	31.329019	2
Point 6	38.718747	2
Point 7	19.887	7.85
Point 8	0	0



Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Rata – rata durasi 120 jam

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 45
Date: 30/05/2016
Time: 17:26:15
File Name: Lereng dengan beban + hujan rata 120 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 30/05/2016
Last Solved Time: 17:48:36

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Bishop, Ordinary and Janbu
Settings
 PWP Conditions Source: Other GeoStudio Analysis
 PWP Other Analysis: ".\rata 120 jam.gsz" - "SEEP/W Analysis"
SlipSurface
 Direction of movement: Left to Right
 Allow Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Auto-Search
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
 Tension Crack
 Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
 FOS Calculation Option: Constant
Advanced
 Number of Slices: 30
 Optimization Tolerance: 0.01
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 5000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1

Materials

Tanah Timbunan

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.92 kN/m³
Cohesion: 9.61 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Pore Air Pressure: 0 kPa

Tanah Dasar

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16.38 kN/m³
Cohesion: 51.485 kPa
Phi: 18 °
Phi-B: 0 °

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 7.85) m
Right Coordinate: (38.718, 2) m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 50 kN/m³
Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	8.25
	2	8.25
	2	8.6773
	4.25	8.6773
	4.25	9.5045
	7.75	9.5045

	7.75	8.6773
	10	8.6773
	10	8.559
	11.233	8.559
	11.233	8.261
	16.733	8.261
	16.733	8.0813
	19.887	8.0813

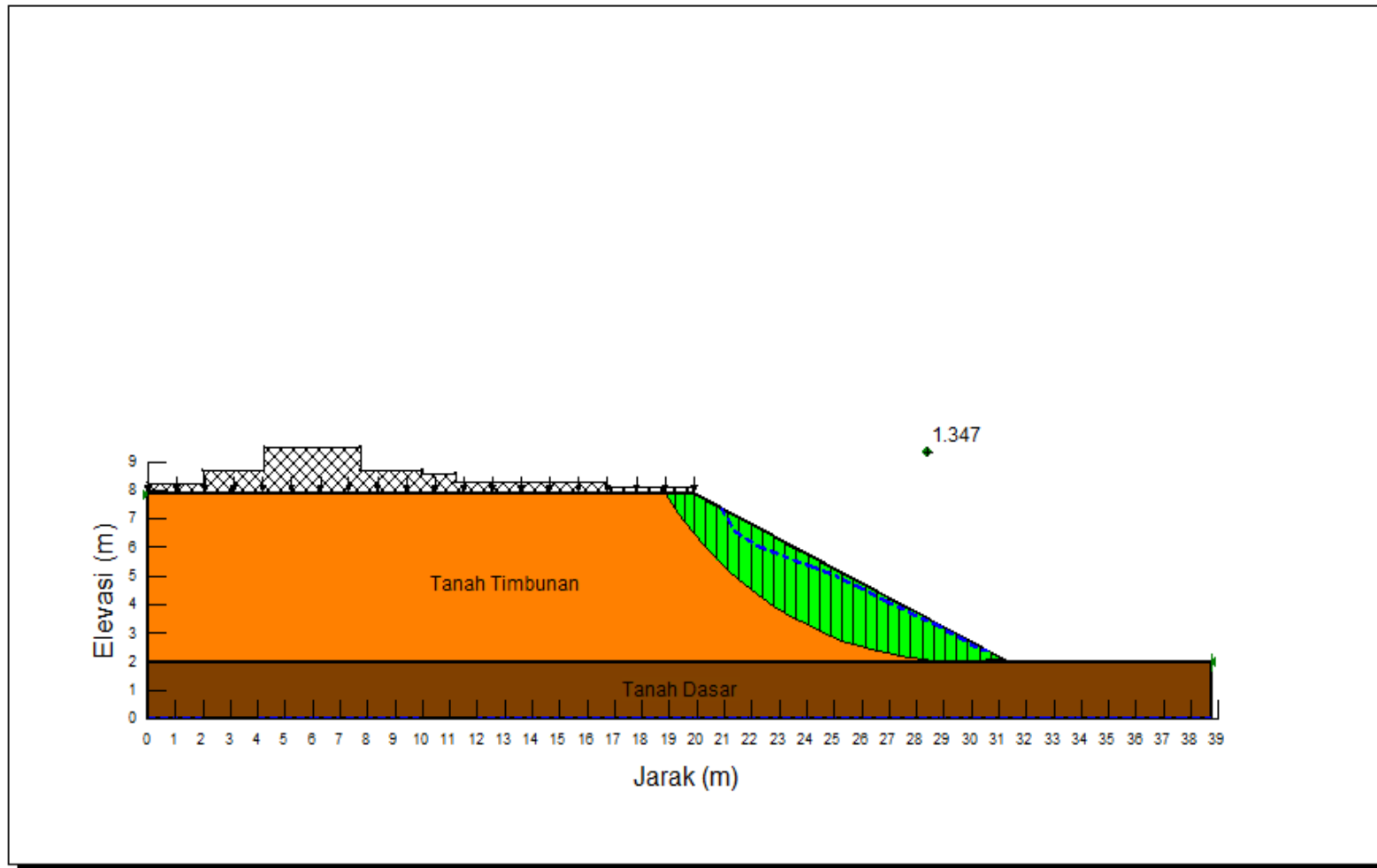
Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Timbunan	4,5,6,7	149.80686
Region 2	Tanah Dasar	1,4,7,3,2	77.436

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	38.718	0
Point 3	38.718	2
Point 4	0	2
Point 5	0	7.85
Point 6	19.887	7.85
Point 7	31.329019	2
Point 8	0	8.25
Point 9	2	8.25
Point 10	2	8.6773
Point 11	4.25	8.6773
Point 12	4.25	9.5045
Point 13	7.75	9.5045
Point 14	7.75	8.6773
Point 15	10	8.6773

Point 16	10	8.559
Point 17	11.233	8.559
Point 18	11.233	8.261
Point 19	16.733	8.261
Point 20	16.733	8.0813
Point 21	19.887	8.0813



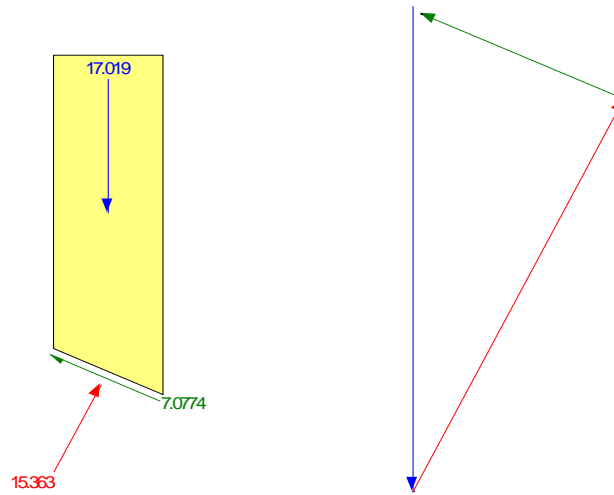
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Ordinary durasi 120 jam

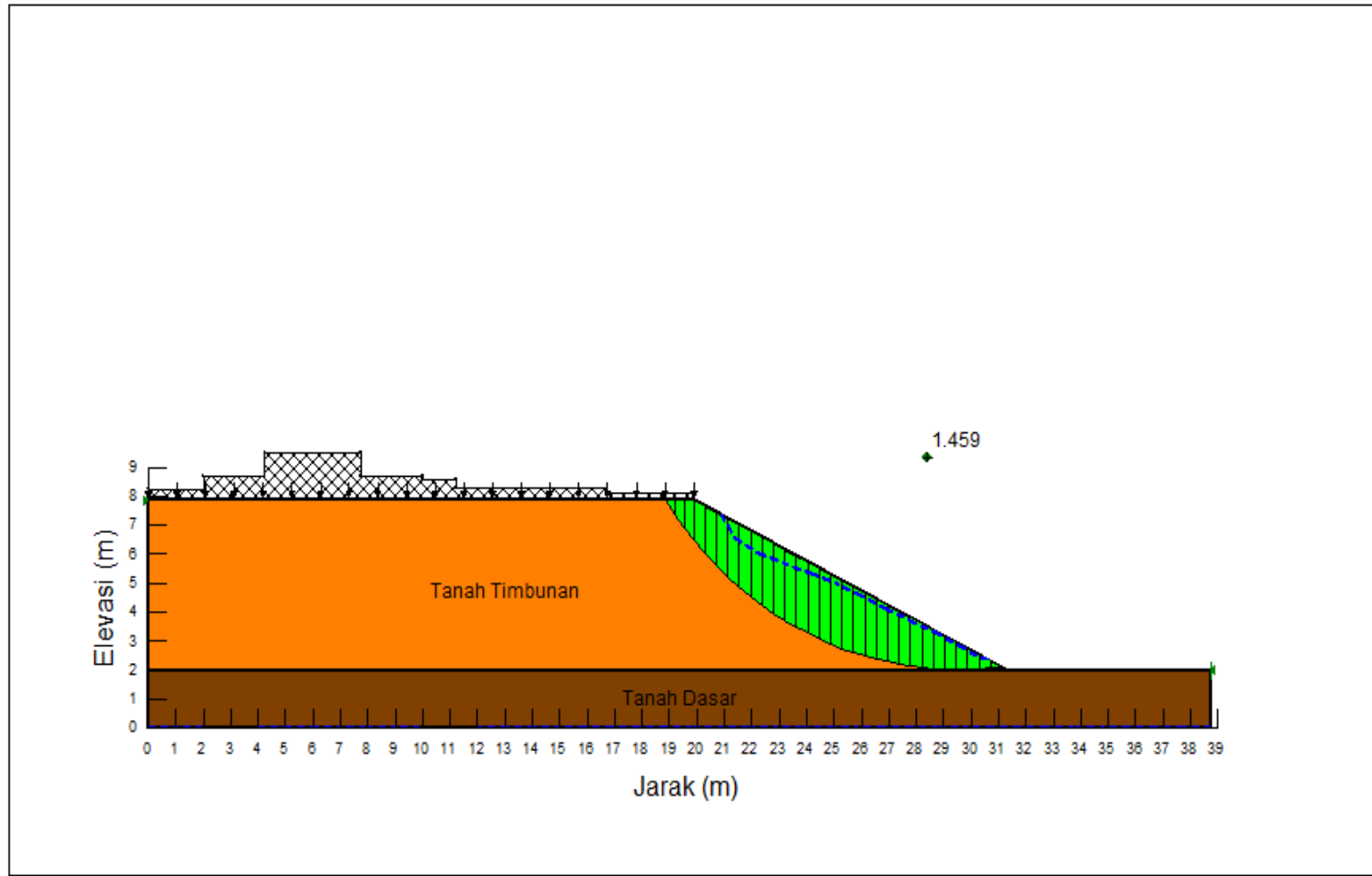
No	Slice 14	
1	Method	Ordinary
2	Factor of Safety	1.347
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.4288 kN
6	Pore Water Pressure	-34.829 kPa
7	Pore Water Force	-16.051 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.41602 m
12	Mid-Height	1.9555 m
13	Base Length	0.46085 m
14	Base Angle	-25.481 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	17.019 kN
18	Base Normal Force	15.363 kN
19	Base Normal Stress	33.336 kPa
20	Base Shear Res. Force	-9.973 kN
21	Base Shear Res. Stress	-21.64 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-7.0774 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-15.357 kPa
24	Left Side Normal Force	0 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	0 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.34038 kN
34	Top Left Coordinate	24.047m, 5.723m
35	Top Right Coordinate	24.463m, 5.5103m
36	Bottom Left Coordinate	24.047m, 3.7603m
37	Bottom Right Coordinate	24.463m, 3.562m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 14 - Ordinary Method





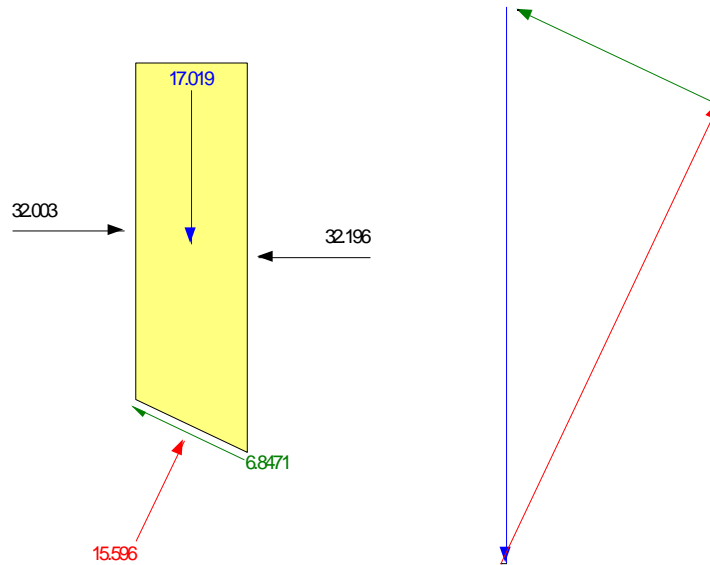
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Bishop durasi 120 jam

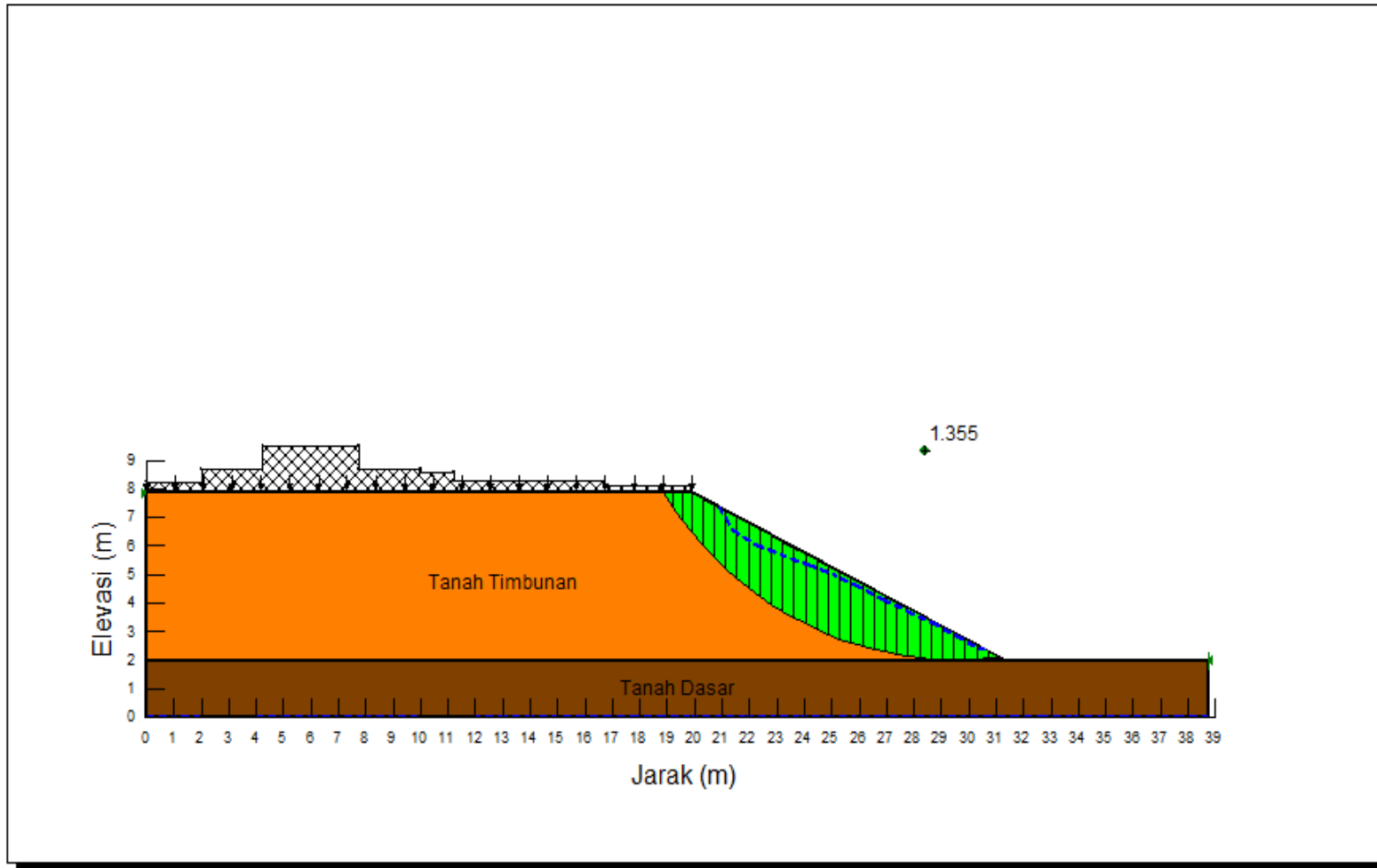
No	Slice 14	
1	Method	Bishop
2	Factor of Safety	1.459
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.4288 kN
6	Pore Water Pressure	-34.829 kPa
7	Pore Water Force	-16.051 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.41602 m
12	Mid-Height	1.9555 m
13	Base Length	0.46085 m
14	Base Angle	-25.481 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	17.019 kN
18	Base Normal Force	15.596 kN
19	Base Normal Stress	33.842 kPa
20	Base Shear Res. Force	-10.107 kN
21	Base Shear Res. Stress	-21.931 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-6.8471 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-14.857 kPa
24	Left Side Normal Force	32.003 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	32.196 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.34038 kN
34	Top Left Coordinate	24.047m, 5.723m
35	Top Right Coordinate	24.463m, 5.5103m
36	Bottom Left Coordinate	24.047m, 3.7603m
37	Bottom Right Coordinate	24.463m, 3.562m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 14 - Bishop Method





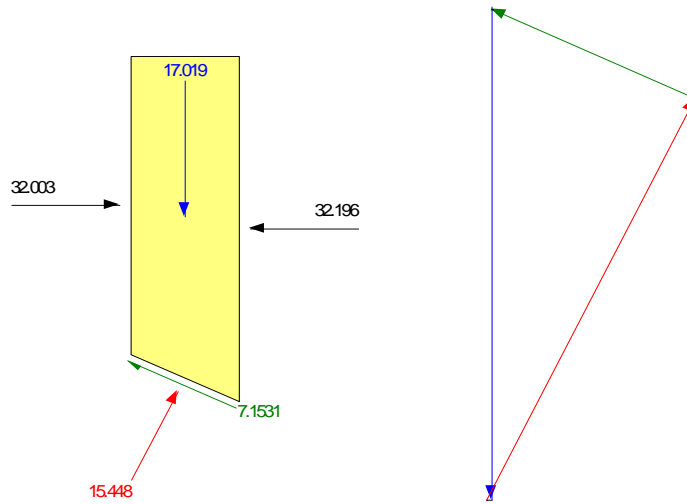
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Rata – rata dengan Metode Janbu durasi 120 jam

No	Slice 14	
1	Method	Janbu
2	Factor of Safety	1.355
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.4288 kN
6	Pore Water Pressure	-34.829 kPa
7	Pore Water Force	-16.051 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.41602 m
12	Mid-Height	1.9555 m
13	Base Length	0.46085 m
14	Base Angle	-25.481 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	17.019 kN
18	Base Normal Force	15.448 kN
19	Base Normal Stress	33.52 kPa
20	Base Shear Res. Force	-10.022 kN
21	Base Shear Res. Stress	-21.746 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-7.1531 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-15.521 kPa
24	Left Side Normal Force	32.003 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	32.196 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0 kN

33	Polygon Closure	0.085095 kN
34	Top Left Coordinate	24.047m, 5.723m
35	Top Right Coordinate	24.463m, 5.5103m
36	Bottom Left Coordinate	24.047m, 3.7603m
37	Bottom Right Coordinate	24.463m, 3.562m

FREE BODY DIAGRAM

Slice 14 - Janbu Method



SEEP/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 43
Date: 26/05/2016
Time: 17:58:11
File Name: max 8 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 26/05/2016
Last Solved Time: 18:05:10

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Mass(M) Units: g
Mass Flux Units: g/sec
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SEEP/W Analysis

Kind: SEEP/W
Method: Transient
Settings
 Initial PWP: (none)
 Include Air Flow: No
Control
 Apply Runoff: Yes
Convergence
 Maximum Number of Iterations: 50
 Tolerance: 0.1
 Maximum Change in K: 1
 Rate of Change in K: 1.1
 Minimum Change in K: 0.0001
 Equation Solver: Parallel Direct
 Potential Seepage Max # of Reviews: 10
Time
 Starting Time: 0 sec
 Duration: 28800 sec
 # of Steps: 8

Step Generation Method: [Linear](#)
Save Steps Every: [1](#)
Use Adaptive Time Stepping: [No](#)

Materials

Tanah Timbunan

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Timbunan](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Timbunan](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Tanah Dasar

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Dasar](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Dasar](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Boundary Conditions

Head

Type: [Head \(H\) 0](#)

Potential Seepage Face

Type: [Total Flux \(Q\) 0](#)

Unit Flux Datar

Type: [Unit Flux \(q\) 1.944e-005](#)

Unit Flux Miring

Type: [Unit Flux \(q\) 1.732e-005](#)

K Functions

Tanah Timbunan

Model: [Data Point Function](#)
Function: [X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure](#)
Curve Fit to Data: [100 %](#)
Segment Curvature: [100 %](#)
K-Saturation: [1.6286e-005](#)
Data Points: [Matric Suction \(kPa\), X-Conductivity \(m/sec\)](#)
Data Point: [\(0.01, 1.6286e-005\)](#)
Data Point: [\(0.018329807, 1.628571e-005\)](#)

Data Point: (0.033598183, 1.6285006e-005)
Data Point: (0.061584821, 1.6283306e-005)
Data Point: (0.11288379, 1.6279198e-005)
Data Point: (0.20691381, 1.6269263e-005)
Data Point: (0.37926902, 1.6245251e-005)
Data Point: (0.6951928, 1.6187202e-005)
Data Point: (1.274275, 1.6046902e-005)
Data Point: (2.3357215, 1.5709009e-005)
Data Point: (4.2813324, 1.4902368e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.3042249e-005)
Data Point: (14.384499, 9.2267909e-006)
Data Point: (26.366509, 3.8159243e-006)
Data Point: (48.329302, 5.8500581e-007)
Data Point: (88.586679, 3.4828215e-008)
Data Point: (162.37767, 1.3436942e-009)
Data Point: (297.63514, 4.5782377e-011)
Data Point: (545.55948, 1.5140646e-012)
Data Point: (1000, 4.9731043e-014)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Timbunan
Hydraulic K Sat: 1.6286e-005 m/sec
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20
Residual Water Content: 0 m³/m³

Tanah Dasar

Model: Data Point Function

Function: X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

K-Saturation: 4.6146e-005

Data Points: Matric Suction (kPa), X-Conductivity (m/sec)

Data Point: (0.01, 4.6146e-005)
Data Point: (0.018329807, 4.5184908e-005)
Data Point: (0.033598183, 4.3956469e-005)
Data Point: (0.061584821, 4.2395525e-005)
Data Point: (0.11288379, 4.0420932e-005)
Data Point: (0.20691381, 3.7939849e-005)
Data Point: (0.37926902, 3.4852033e-005)
Data Point: (0.6951928, 3.1061558e-005)
Data Point: (1.274275, 2.6504669e-005)
Data Point: (2.3357215, 2.1207736e-005)
Data Point: (4.2813324, 1.5392693e-005)
Data Point: (7.8475997, 9.6235273e-006)
Data Point: (14.384499, 4.8245086e-006)
Data Point: (26.366509, 1.8069545e-006)
Data Point: (48.329302, 4.9565348e-007)
Data Point: (88.586679, 1.0564024e-007)
Data Point: (162.37767, 1.9234782e-008)

Data Point: (297.63514, 3.2282175e-009)

Data Point: (545.55948, 5.2166663e-010)

Data Point: (1000, 8.2905126e-011)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Dasar

Hydraulic K Sat: 4.6146e-005 m/sec

Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function

Maximum: 1000

Minimum: 0.01

Num. Points: 20

Residual Water Content: 0 m³/m³

Vol. Water Content Functions

Tanah Timbunan

Model: Data Point Function

Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

Mv: 0.0663 /kPa

Saturated Water Content: 0 m³/m³

Porosity: 6.8090002

Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)

Data Point: (0.01, 0.19997118)

Data Point: (0.018329807, 0.19997118)

Data Point: (0.033598183, 0.19997118)

Data Point: (0.061584821, 0.19997118)

Data Point: (0.11288379, 0.19997118)

Data Point: (0.20691381, 0.19997118)

Data Point: (0.37926902, 0.19997118)

Data Point: (0.6951928, 0.19997118)

Data Point: (1.274275, 0.19997118)

Data Point: (2.3357215, 0.19997118)

Data Point: (4.2813324, 0.19997118)

Data Point: (7.8475997, 0.19997118)

Data Point: (14.384499, 0.19997118)

Data Point: (26.366509, 0.19997118)

Data Point: (48.329302, 0.19909911)

Data Point: (88.586679, 0.1831058)

Data Point: (162.37767, 0.16262757)

Data Point: (297.63514, 0.14378374)

Data Point: (545.55948, 0.12628139)

Data Point: (1000, 0.10947219)

Estimation Properties

Vol. WC Estimation Method: Grain Size Function

Sample Material: Clay

Saturated Water Content: 0.15 m³/m³

Liquid Limit: 0 %

Diameter at 10% passing: 0.0045

Diameter at 60% passing: 0.15
 Maximum: 1000
 Minimum: 0.01
 Num. Points: 20

Tanah Dasar

Model: Data Point Function
 Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure
 Curve Fit to Data: 100 %
 Segment Curvature: 100 %
 Mv: 0.0175 /kPa
 Saturated Water Content: 0 m³/m³
 Porosity: 0.90255365
 Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)
 Data Point: (0.01, 0.49999936)
 Data Point: (0.018329807, 0.49999859)
 Data Point: (0.033598183, 0.49999687)
 Data Point: (0.061584821, 0.49999288)
 Data Point: (0.11288379, 0.49998356)
 Data Point: (0.20691381, 0.4999615)
 Data Point: (0.37926902, 0.49990881)
 Data Point: (0.6951928, 0.49978205)
 Data Point: (1.274275, 0.49947552)
 Data Point: (2.3357215, 0.4987325)
 Data Point: (4.2813324, 0.49693414)
 Data Point: (7.8475997, 0.49262298)
 Data Point: (14.384499, 0.48256452)
 Data Point: (26.366509, 0.46057052)
 Data Point: (48.329302, 0.41858731)
 Data Point: (88.586679, 0.35517888)
 Data Point: (162.37767, 0.28434013)
 Data Point: (297.63514, 0.22359529)
 Data Point: (545.55948, 0.17835326)
 Data Point: (1000, 0.1453891)
 Estimation Properties
 Vol. WC Estimation Method: Sample functions
 Sample Material: Clay
 Saturated Water Content: 0.1 m³/m³
 Liquid Limit: 0 %
 Diameter at 10% passing: 0
 Diameter at 60% passing: 0
 Maximum: 1000
 Minimum: 0.01
 Num. Points: 20

Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Dasar	8,1,5,6,2	77.437487

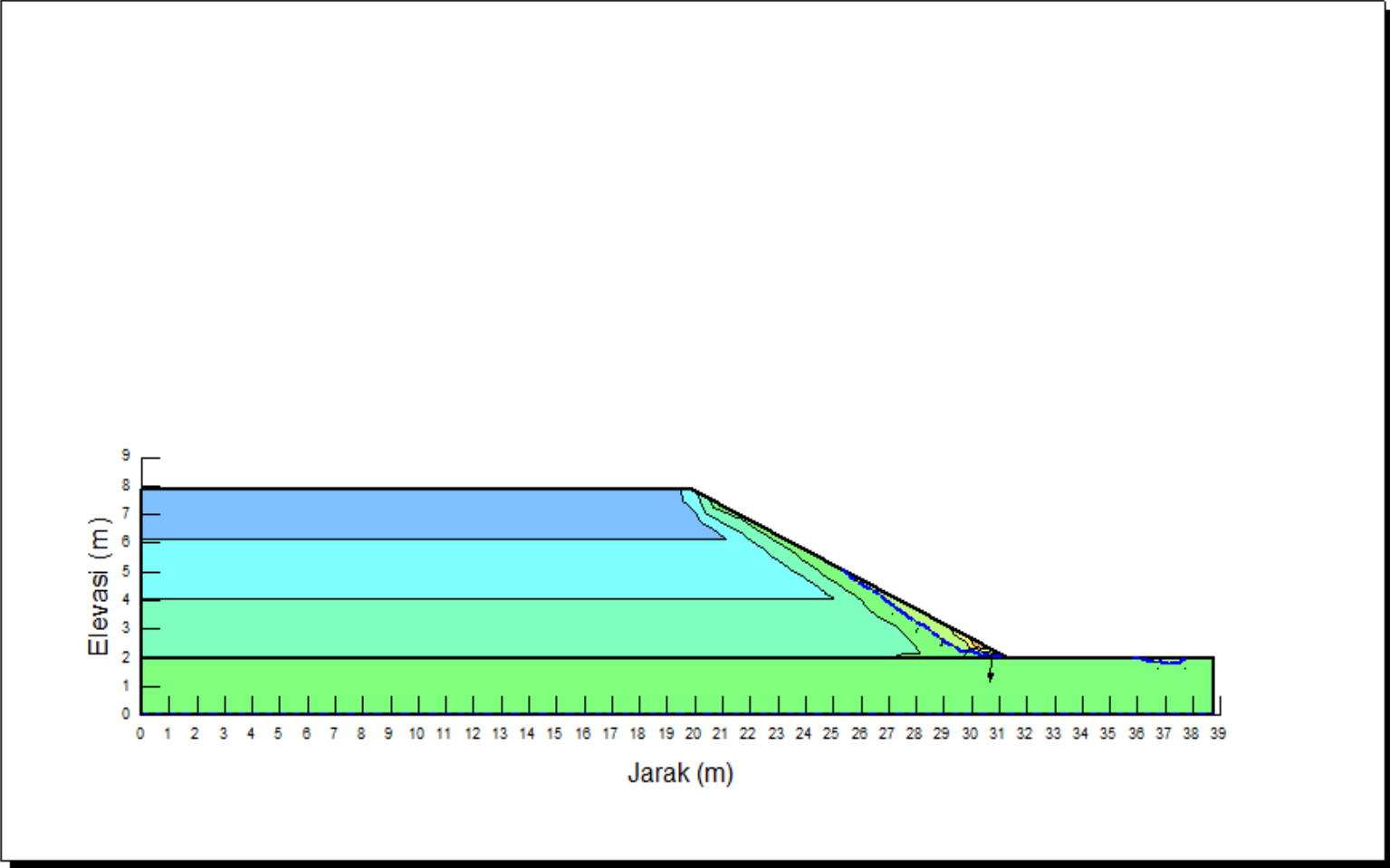
Region 2	Tanah Timbunan	1,4,7,5	149.80686
----------	----------------	---------	-----------

Lines

	Start Point	End Point	Hydraulic Boundary
Line 1	8	1	
Line 2	1	5	
Line 3	5	6	Unit Flux Datar
Line 4	6	2	Head
Line 5	2	8	Potential Seepage Face
Line 6	1	4	
Line 7	4	7	
Line 8	7	5	Unit Flux Miring

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	2
Point 2	38.71874	0
Point 3	38.71874	2
Point 4	0	7.85
Point 5	31.329019	2
Point 6	38.718747	2
Point 7	19.887	7.85
Point 8	0	0



Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Maksimum durasi 8 jam

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 42
Date: 30/05/2016
Time: 20:31:37
File Name: Lereng dengan beban + hujan max 8 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 30/05/2016
Last Solved Time: 20:55:30

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Bishop, Ordinary and Janbu
Settings
PWP Conditions Source: Other GeoStudio Analysis
PWP Other Analysis: ".\max 8 jam.gsz" - "SEEP/W Analysis"
SlipSurface
Direction of movement: Left to Right
Allow Passive Mode: No
Slip Surface Option: Auto-Search
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
Tension Crack
Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: Constant
Advanced
Number of Slices: 30
Optimization Tolerance: 0.01
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 5000
 Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
 Starting Optimization Points: 8
 Ending Optimization Points: 16
 Complete Passes per Insertion: 1

Materials

Tanah Timbunan

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.92 kN/m³
 Cohesion: 9.61 kPa
 Phi: 30 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Air Pressure: 0 kPa

Tanah Dasar

Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 16.38 kN/m³
 Cohesion: 51.485 kPa
 Phi: 18 °
 Phi-B: 0 °

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 7.85) m
 Right Coordinate: (38.718, 2) m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 50 kN/m³
 Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	8.25
	2	8.25
	2	8.6773
	4.25	8.6773
	4.25	9.5045
	7.75	9.5045

	7.75	8.6773
	10	8.6773
	10	8.559
	11.233	8.559
	11.233	8.261
	16.733	8.261
	16.733	8.0813
	19.887	8.0813

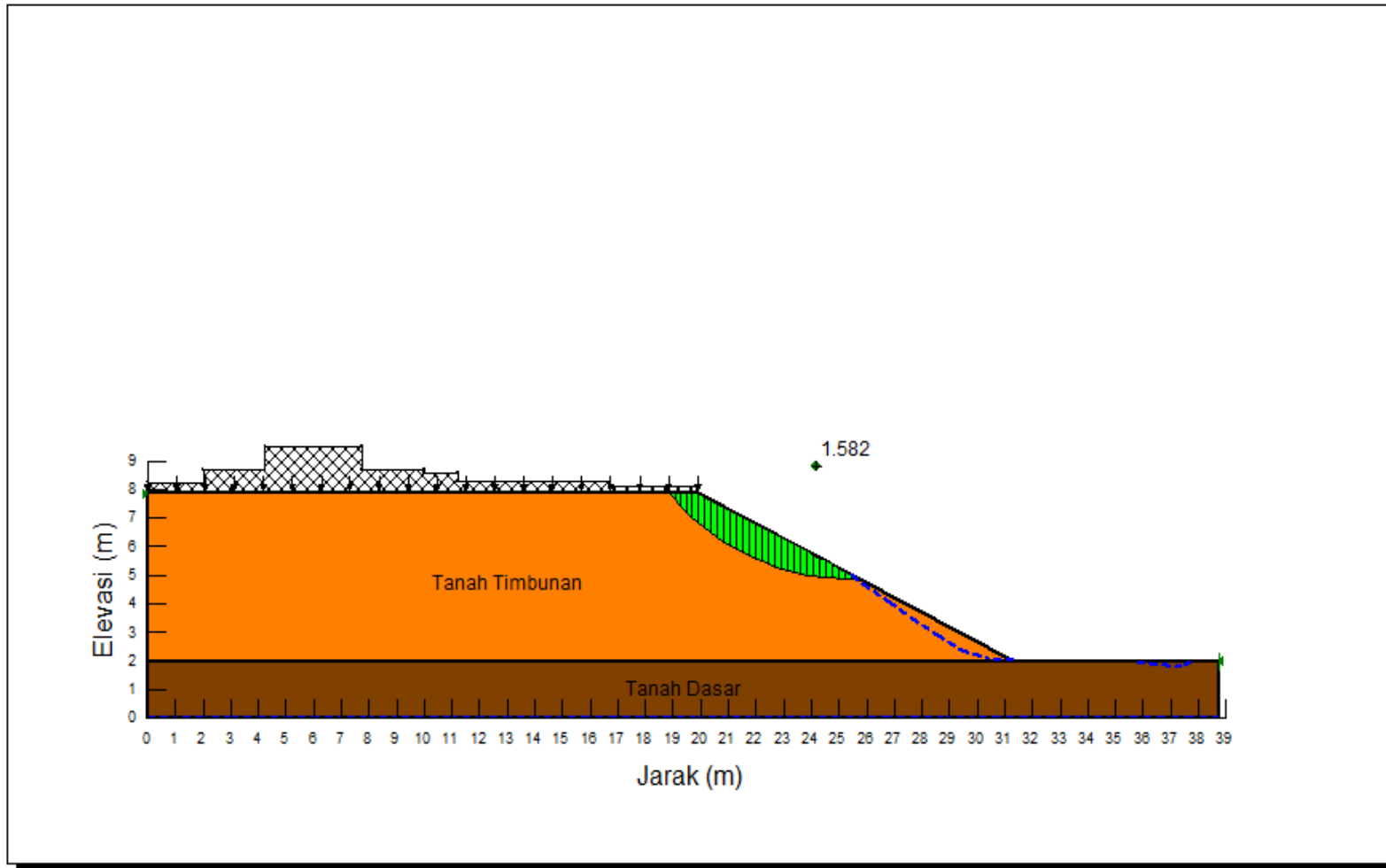
Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Timbunan	4,5,6,7	149.80686
Region 2	Tanah Dasar	1,4,7,3,2	77.436

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	38.718	0
Point 3	38.718	2
Point 4	0	2
Point 5	0	7.85
Point 6	19.887	7.85
Point 7	31.329019	2
Point 8	0	8.25
Point 9	2	8.25
Point 10	2	8.6773
Point 11	4.25	8.6773
Point 12	4.25	9.5045
Point 13	7.75	9.5045
Point 14	7.75	8.6773
Point 15	10	8.6773

Point 16	10	8.559
Point 17	11.233	8.559
Point 18	11.233	8.261
Point 19	16.733	8.261
Point 20	16.733	8.0813
Point 21	19.887	8.0813

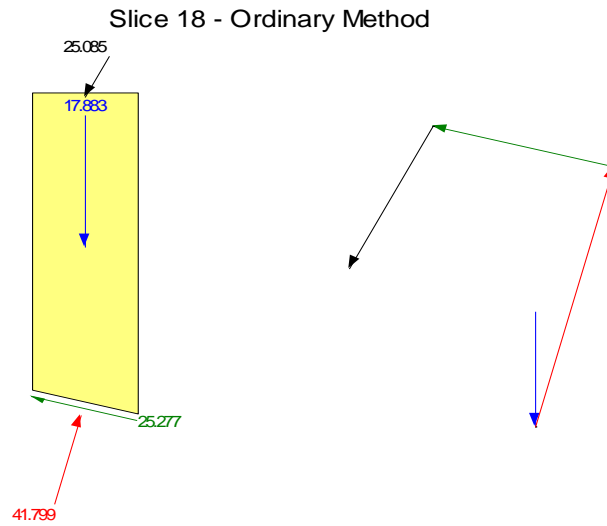


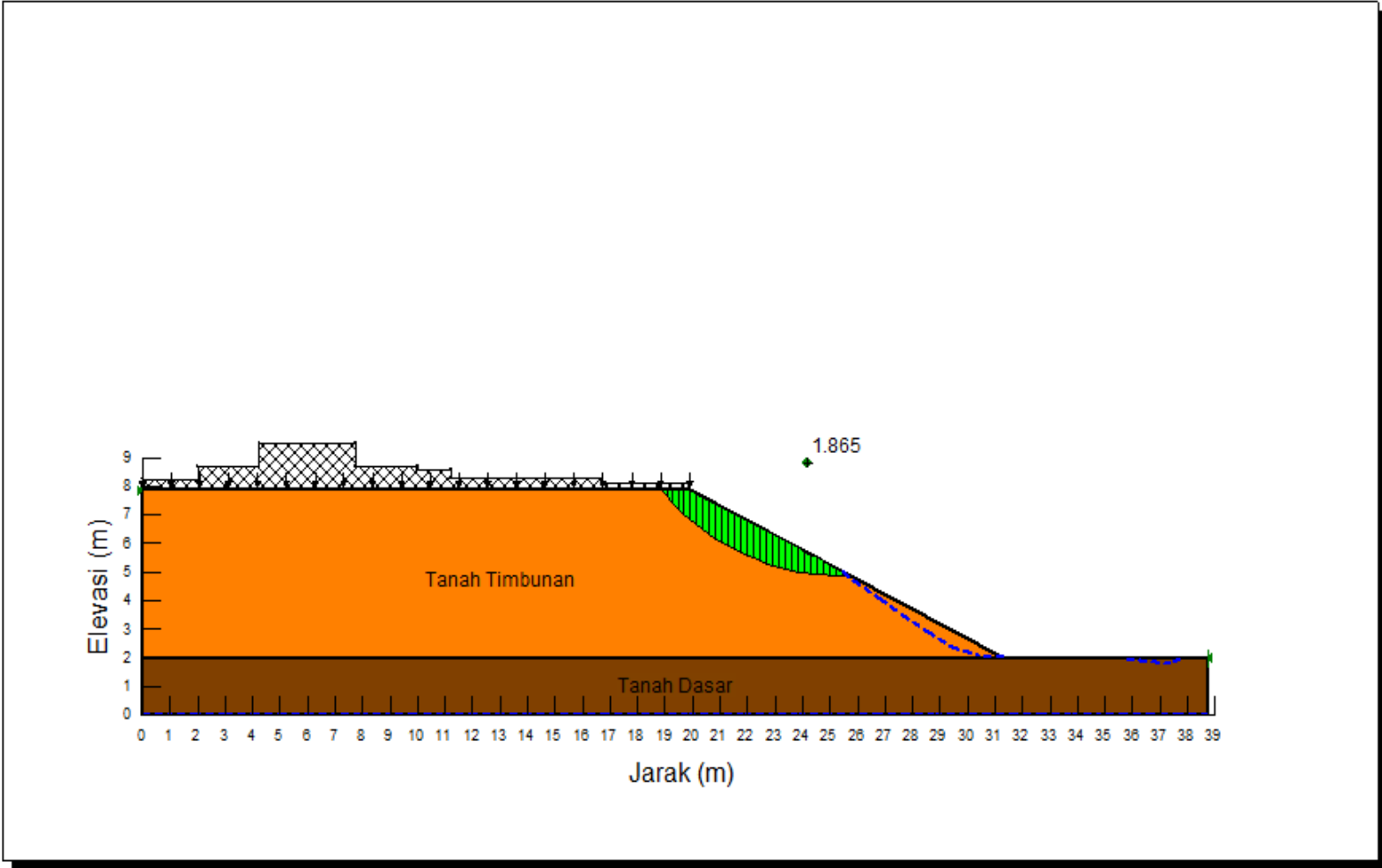
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Ordinary durasi 8 jam

No	Slice 18	
1	Method	Ordinary
2	Factor of Safety	1.582
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.9879 kN
6	Pore Water Pressure	-42.352 kPa
7	Pore Water Force	-21.982 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.50214 m
12	Mid-Height	1.7024 m
13	Base Length	0.51903 m
14	Base Angle	-14.656 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	17.883 kN
18	Base Normal Force	41.799 kN
19	Base Normal Stress	80.533 kPa
20	Base Shear Res. Force	-5.1473 kN
21	Base Shear Res. Stress	-9.9171 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-25.277 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-48.7 kPa
24	Left Side Normal Force	0 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	0 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	25.085 kN

33	Polygon Closure	25.915 kN
34	Top Left Coordinate	21.393m, 7.0798m
35	Top Right Coordinate	21.896m, 6.8231m
36	Bottom Left Coordinate	21.393m, 5.3147m
37	Bottom Right Coordinate	21.896m, 5.1834m

FREE BODY DIAGRAM



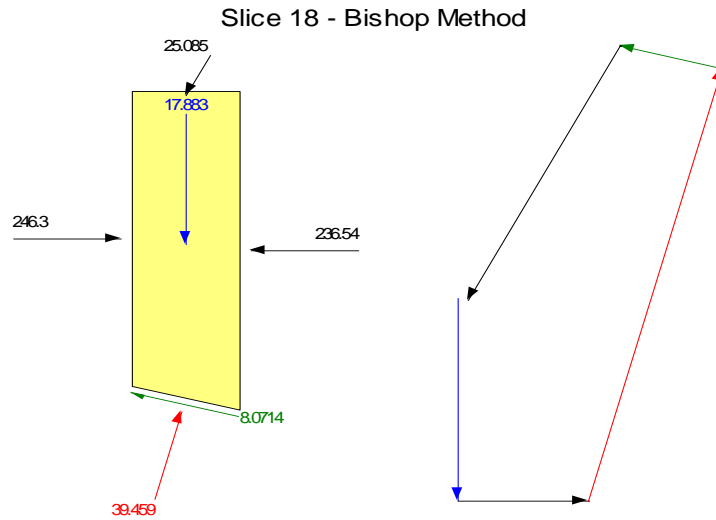


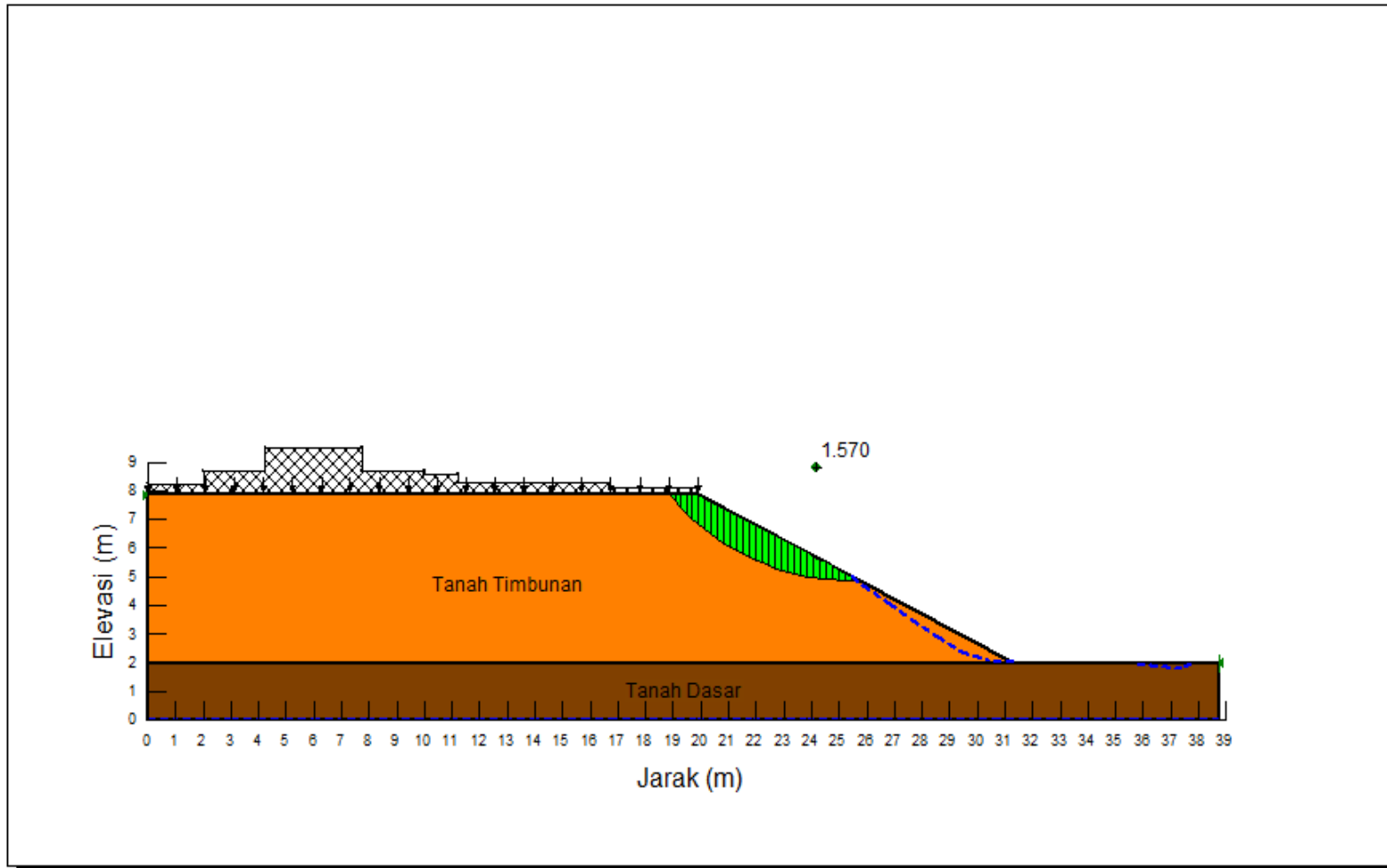
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Bishop durasi 8 jam

No	Slice 18	
1	Method	Bishop
2	Factor of Safety	1.865
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.9879 kN
6	Pore Water Pressure	-42.352 kPa
7	Pore Water Force	-21.982 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.50214 m
12	Mid-Height	1.7024 m
13	Base Length	0.51903 m
14	Base Angle	-14.656 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	17.883 kN
18	Base Normal Force	39.459 kN
19	Base Normal Stress	76.025 kPa
20	Base Shear Res. Force	-3.7966 kN
21	Base Shear Res. Stress	-7.3149 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-8.0714 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-15.551 kPa
24	Left Side Normal Force	246.3 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	236.54 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	25.085 kN

33	Polygon Closure	0.78918 kN
34	Top Left Coordinate	21.393m, 7.0798m
35	Top Right Coordinate	21.896m, 6.8231m
36	Bottom Left Coordinate	21.393m, 5.3147m
37	Bottom Right Coordinate	21.896m, 5.1834m

FREE BODY DIAGRAM



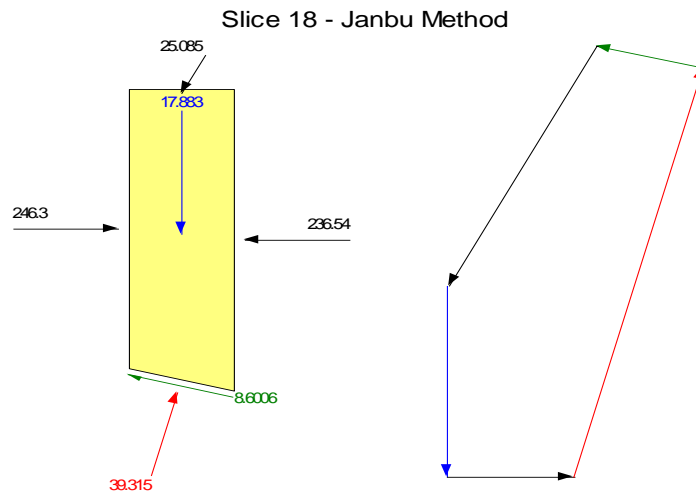


Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Janbu durasi 8 jam

No	Slice 18	
1	Method	Janbu
2	Factor of Safety	1.570
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	4.9879 kN
6	Pore Water Pressure	-42.352 kPa
7	Pore Water Force	-21.982 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.50214 m
12	Mid-Height	1.7024 m
13	Base Length	0.51903 m
14	Base Angle	-14.656 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	17.883 kN
18	Base Normal Force	39.315 kN
19	Base Normal Stress	75.747 kPa
20	Base Shear Res. Force	-3.7136 kN
21	Base Shear Res. Stress	-7.1549 kPa
22	Base Shear Mob. Force	-8.6006 kN
23	Base Shear Mob. Stress	-16.571 kPa
24	Left Side Normal Force	246.3 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	236.54 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	25.085 kN

33	Polygon Closure	0.19658 kN
34	Top Left Coordinate	21.393m, 7.0798m
35	Top Right Coordinate	21.896m, 6.8231m
36	Bottom Left Coordinate	21.393m, 5.3147m
37	Bottom Right Coordinate	21.896m, 5.1834m

FREE BODY DIAGRAM



SEEP/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 42
Date: 27/05/2016
Time: 7:48:17
File Name: max 10 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 27/05/2016
Last Solved Time: 7:48:30

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Mass(M) Units: g
Mass Flux Units: g/sec
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SEEP/W Analysis

Kind: SEEP/W
Method: Transient
Settings
 Initial PWP: (none)
 Include Air Flow: No
Control
 Apply Runoff: Yes
Convergence
 Maximum Number of Iterations: 50
 Tolerance: 0.1
 Maximum Change in K: 1
 Rate of Change in K: 1.1
 Minimum Change in K: 0.0001
 Equation Solver: Parallel Direct
 Potential Seepage Max # of Reviews: 10
Time
 Starting Time: 0 sec
 Duration: 36000 sec
 # of Steps: 10

Step Generation Method: [Linear](#)
Save Steps Every: [1](#)
Use Adaptive Time Stepping: [No](#)

Materials

Tanah Timbunan

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Timbunan](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Timbunan](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Tanah Dasar

Model: [Saturated / Unsaturated](#)
Hydraulic
K-Function: [Tanah Dasar](#)
Vol. WC. Function: [Tanah Dasar](#)
K-Ratio: [1](#)
K-Direction: [0 °](#)

Boundary Conditions

Head

Type: [Head \(H\) 0](#)

Potential Seepage Face

Type: [Total Flux \(Q\) 0](#)

Unit Flux Datar

Type: [Unit Flux \(q\) 1.944e-005](#)

Unit Flux Miring

Type: [Unit Flux \(q\) 1.732e-005](#)

K Functions

Tanah Timbunan

Model: [Data Point Function](#)
Function: [X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure](#)
Curve Fit to Data: [100 %](#)
Segment Curvature: [100 %](#)
K-Saturation: [1.6286e-005](#)
Data Points: [Matric Suction \(kPa\), X-Conductivity \(m/sec\)](#)
Data Point: [\(0.01, 1.6286e-005\)](#)
Data Point: [\(0.018329807, 1.6285978e-005\)](#)

Data Point: (0.033598183, 1.6285926e-005)
Data Point: (0.061584821, 1.6285801e-005)
Data Point: (0.11288379, 1.6285498e-005)
Data Point: (0.20691381, 1.6284769e-005)
Data Point: (0.37926902, 1.6283013e-005)
Data Point: (0.6951928, 1.6278779e-005)
Data Point: (1.274275, 1.626857e-005)
Data Point: (2.3357215, 1.6243969e-005)
Data Point: (4.2813324, 1.6184643e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.6041744e-005)
Data Point: (14.384499, 1.5698502e-005)
Data Point: (26.366509, 1.48816e-005)
Data Point: (48.329302, 1.3005438e-005)
Data Point: (88.586679, 9.1728901e-006)
Data Point: (162.37767, 3.7762122e-006)
Data Point: (297.63514, 5.7732817e-007)
Data Point: (545.55948, 3.446293e-008)
Data Point: (1000, 1.3380177e-009)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Timbunan
Hydraulic K Sat: 1.6286e-005 m/sec
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20
Residual Water Content: 0 m³/m³

Tanah Dasar

Model: Data Point Function

Function: X-Conductivity vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %

Segment Curvature: 100 %

K-Saturation: 4.6146e-005

Data Points: Matric Suction (kPa), X-Conductivity (m/sec)

Data Point: (0.01, 4.6146e-005)
Data Point: (0.018329807, 4.6141228e-005)
Data Point: (0.033598183, 4.6129642e-005)
Data Point: (0.061584821, 4.6101619e-005)
Data Point: (0.11288379, 4.6033817e-005)
Data Point: (0.20691381, 4.5869621e-005)
Data Point: (0.37926902, 4.5472558e-005)
Data Point: (0.6951928, 4.4514634e-005)
Data Point: (1.274275, 4.222512e-005)
Data Point: (2.3357215, 3.6942335e-005)
Data Point: (4.2813324, 2.6094369e-005)
Data Point: (7.8475997, 1.0746735e-005)
Data Point: (14.384499, 1.6356273e-006)
Data Point: (26.366509, 9.6690573e-008)
Data Point: (48.329302, 3.7140585e-009)
Data Point: (88.586679, 1.2610706e-010)
Data Point: (162.37767, 4.1574896e-012)

Data Point: (297.63514, 1.361401e-013)
Data Point: (545.55948, 4.4512067e-015)
Data Point: (1000, 1.4548558e-016)

Estimation Properties

Volume Water Content Function: Tanah Dasar
Hydraulic K Sat: 4.6146e-005 m/sec
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20
Residual Water Content: 0 m³/m³

Vol. Water Content Functions

Tanah Timbunan

Model: Data Point Function

Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure

Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Mv: 0.0663 /kPa
Saturated Water Content: 0 m³/m³

Porosity: 41.964846

Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)

Data Point: (0.01, 0.15000441)
Data Point: (0.018329807, 0.15000441)
Data Point: (0.033598183, 0.15000441)
Data Point: (0.061584821, 0.15000441)
Data Point: (0.11288379, 0.15000441)
Data Point: (0.20691381, 0.15000441)
Data Point: (0.37926902, 0.15000441)
Data Point: (0.6951928, 0.15000441)
Data Point: (1.274275, 0.15000441)
Data Point: (2.3357215, 0.15000441)
Data Point: (4.2813324, 0.15000441)
Data Point: (7.8475997, 0.15000441)
Data Point: (14.384499, 0.15000441)
Data Point: (26.366509, 0.15000441)
Data Point: (48.329302, 0.15000441)
Data Point: (88.586679, 0.15000441)
Data Point: (162.37767, 0.15000441)
Data Point: (297.63514, 0.14979208)
Data Point: (545.55948, 0.13646285)
Data Point: (1000, 0.11931074)

Estimation Properties

Vol. WC Estimation Method: Grain Size Function
Sample Material: Clay
Saturated Water Content: 0.15 m³/m³
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0.0045

Diameter at 60% passing: 0.15
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20

Tanah Dasar

Model: Data Point Function
Function: Vol. Water Content vs. Pore-Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Mv: 0.0175 /kPa
Saturated Water Content: 0 m³/m³
Porosity: 0.53217483
Data Points: Matric Suction (kPa), Vol. Water Content (m³/m³)
Data Point: (0.01, 0.099999871)
Data Point: (0.018329807, 0.099999719)
Data Point: (0.033598183, 0.099999373)
Data Point: (0.061584821, 0.099998576)
Data Point: (0.11288379, 0.099996712)
Data Point: (0.20691381, 0.0999923)
Data Point: (0.37926902, 0.099981762)
Data Point: (0.6951928, 0.099956409)
Data Point: (1.274275, 0.099895105)
Data Point: (2.3357215, 0.0997465)
Data Point: (4.2813324, 0.099386827)
Data Point: (7.8475997, 0.098524595)
Data Point: (14.384499, 0.096512903)
Data Point: (26.366509, 0.092114104)
Data Point: (48.329302, 0.083717462)
Data Point: (88.586679, 0.071035776)
Data Point: (162.37767, 0.056868026)
Data Point: (297.63514, 0.044719057)
Data Point: (545.55948, 0.035670653)
Data Point: (1000, 0.02907782)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Sample Material: Clay
Saturated Water Content: 0.1 m³/m³
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum: 1000
Minimum: 0.01
Num. Points: 20

Regions

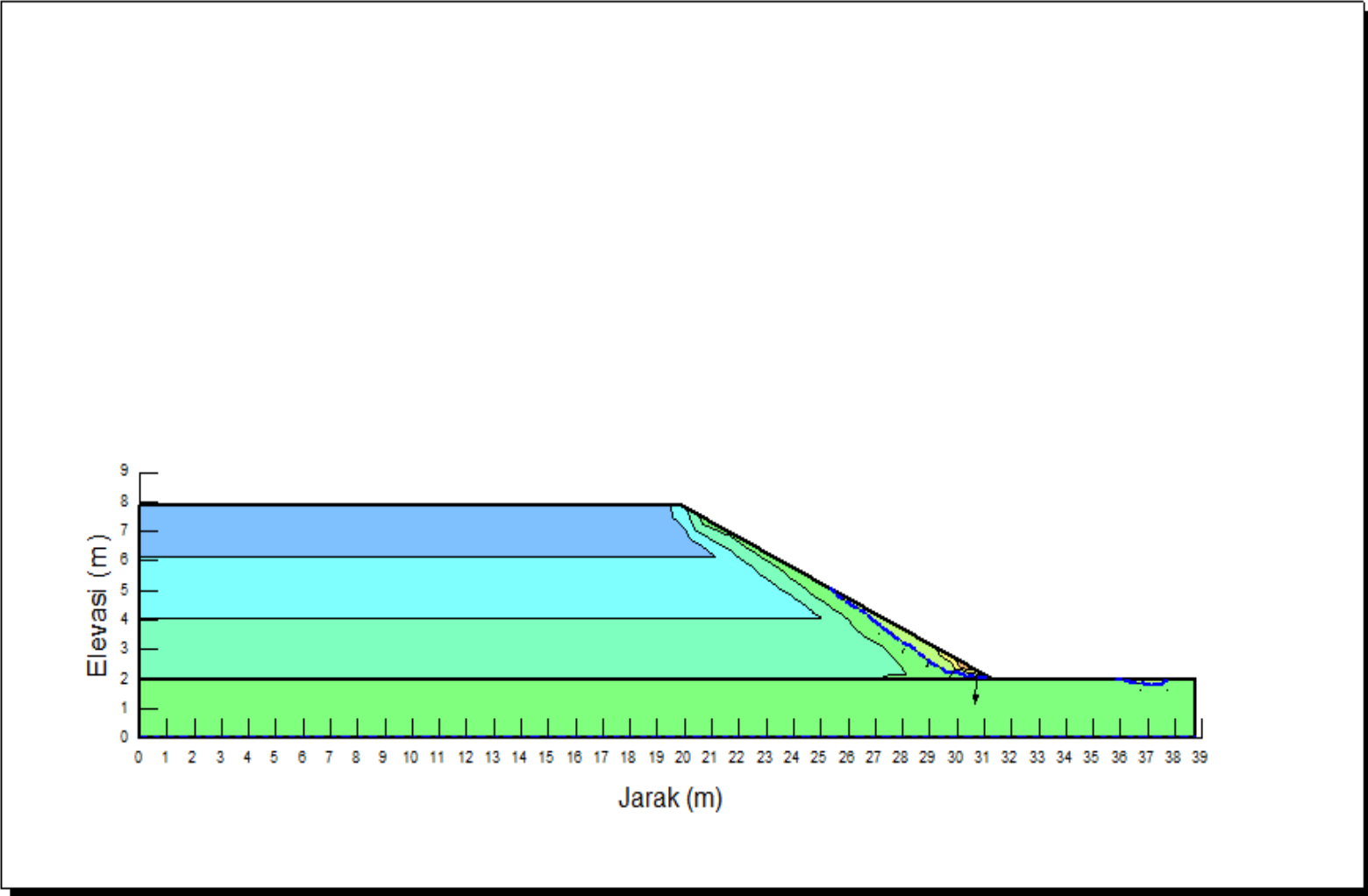
	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Dasar	8,1,5,6,2	77.437487
Region 2	Tanah Timbunan	1,4,7,5	149.80686

Lines

	Start Point	End Point	Hydraulic Boundary
Line 1	8	1	
Line 2	1	5	
Line 3	5	6	Unit Flux Datar
Line 4	6	2	Head
Line 5	2	8	Potential Seepage Face
Line 6	1	4	
Line 7	4	7	
Line 8	7	5	Unit Flux Miring

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	2
Point 2	38.71874	0
Point 3	38.71874	2
Point 4	0	7.85
Point 5	31.329019	2
Point 6	38.718747	2
Point 7	19.887	7.85
Point 8	0	0



Analisa Rembesan Air pada Lereng dengan Intensitas Hujan Maksimum durasi 10 jam

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2007, version 7.10. Copyright © 1991-2008 GEO-SLOPE International Ltd.

File Information

Revision Number: 87
Date: 30/05/2016
Time: 23:44:01
File Name: Lereng dengan beban + hujan max 10 jam.gsz
Directory: D:\file TA\sandranina\TA SANDRANINA\sandra\FILE TA SANDRA\Analisa Data\New folder\
Last Solved Date: 30/05/2016
Last Solved Time: 23:48:30

Project Settings

Length(L) Units: meters
Time(t) Units: Seconds
Force(F) Units: kN
Pressure(p) Units: kPa
Strength Units: kPa
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
View: 2D

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Bishop, Ordinary and Janbu
Settings
PWP Conditions Source: Other GeoStudio Analysis
PWP Other Analysis: ".\max 10 jam.gsz" - "SEEP/W Analysis"
SlipSurface
Direction of movement: Left to Right
Allow Passive Mode: No
Slip Surface Option: Auto-Search
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: Yes
Tension Crack
Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: Constant
Advanced
Number of Slices: 30
Optimization Tolerance: 0.01
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1

Materials

Tanah Timbunan

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.92 kN/m³
Cohesion: 9.61 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Pore Air Pressure: 0 kPa

Tanah Dasar

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16.38 kN/m³
Cohesion: 51.485 kPa
Phi: 18 °
Phi-B: 0 °

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0, 7.85) m
Right Coordinate: (38.718, 2) m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 50 kN/m³
Direction: Vertical

Coordinates

	X (m)	Y (m)
	0	8.25
	2	8.25
	2	8.6773
	4.25	8.6773
	4.25	9.5045
	7.75	9.5045

	7.75	8.6773
	10	8.6773
	10	8.559
	11.233	8.559
	11.233	8.261
	16.733	8.261
	16.733	8.0813
	19.887	8.0813

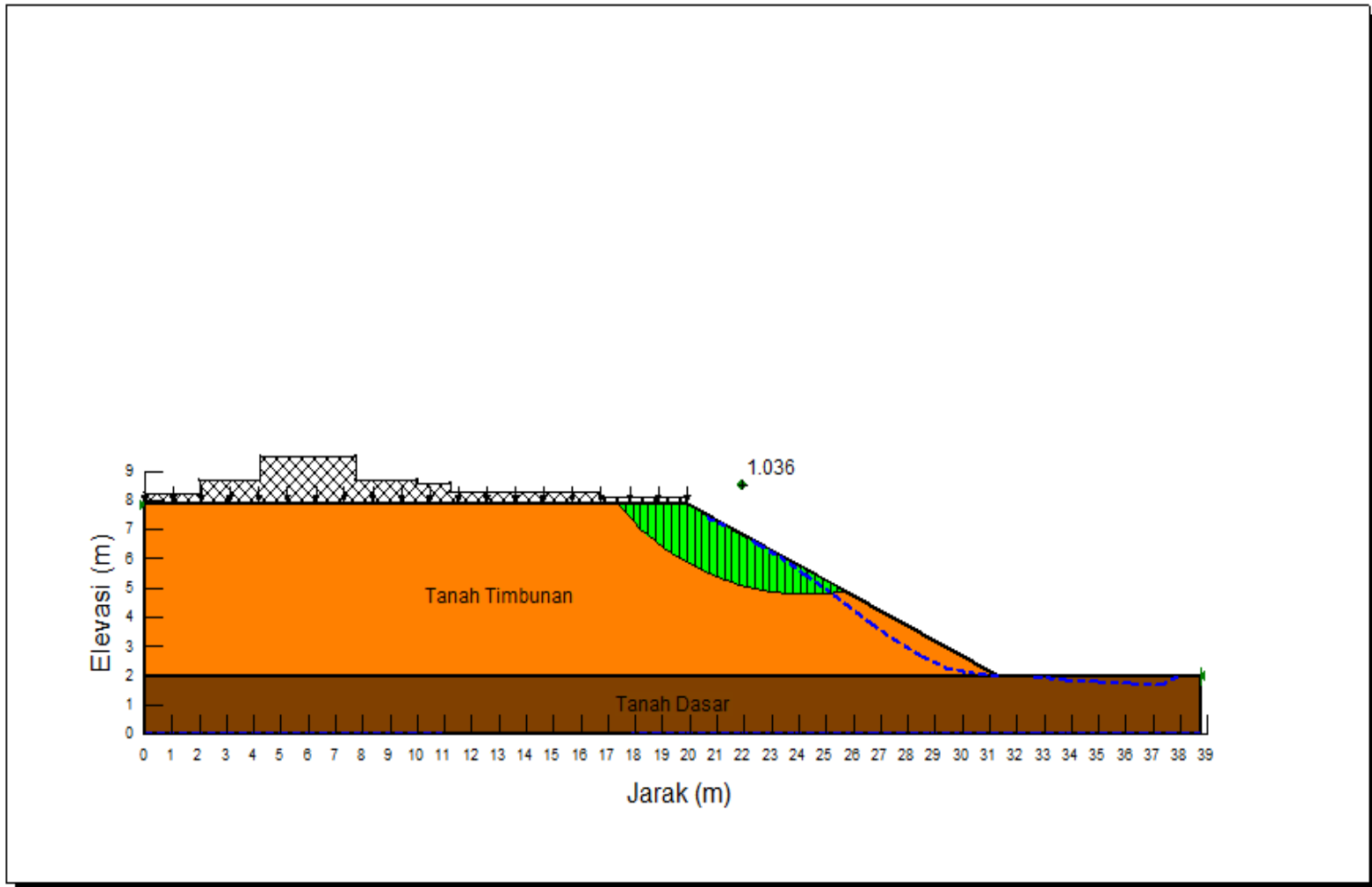
Regions

	Material	Points	Area (m ²)
Region 1	Tanah Timbunan	4,5,6,7	149.80686
Region 2	Tanah Dasar	1,4,7,3,2	77.436

Points

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	0
Point 2	38.718	0
Point 3	38.718	2
Point 4	0	2
Point 5	0	7.85
Point 6	19.887	7.85
Point 7	31.329019	2
Point 8	0	8.25
Point 9	2	8.25
Point 10	2	8.6773
Point 11	4.25	8.6773
Point 12	4.25	9.5045
Point 13	7.75	9.5045
Point 14	7.75	8.6773
Point 15	10	8.6773

Point 16	10	8.559
Point 17	11.233	8.559
Point 18	11.233	8.261
Point 19	16.733	8.261
Point 20	16.733	8.0813
Point 21	19.887	8.0813

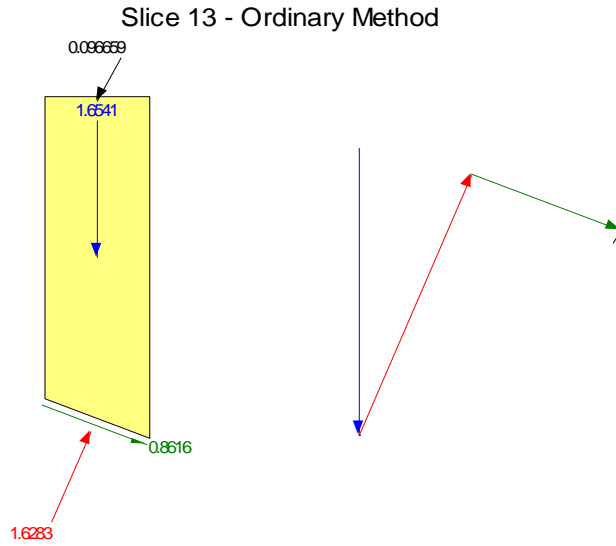


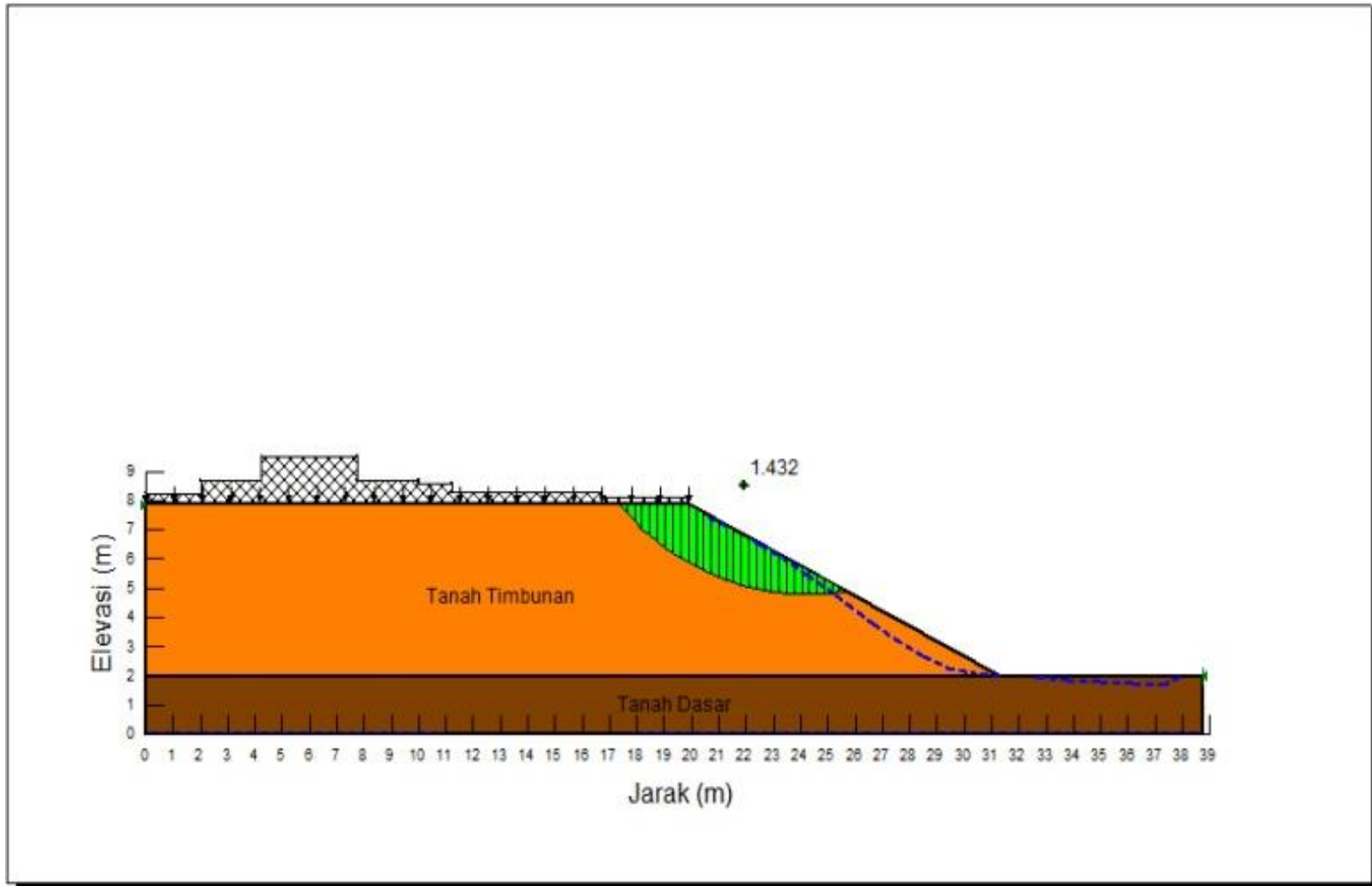
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Ordinary durasi 10 jam

No	Slice 13	
1	Method	Ordinary
2	Factor of Safety	1.036
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	1.9522 kN
6	Pore Water Pressure	-22.813 kPa
7	Pore Water Force	-4.6343 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.18816 m
12	Mid-Height	0.4202 m
13	Base Length	0.20315 m
14	Base Angle	-22.146 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	1.6541 kN
18	Base Normal Force	1.6283 kN
19	Base Normal Stress	8.0154 kPa
20	Base Shear Res. Force	0.27438 kN
21	Base Shear Res. Stress	1.3507 kPa
22	Base Shear Mob. Force	0.8616 kN
23	Base Shear Mob. Stress	4.2413 kPa
24	Left Side Normal Force	0 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	0 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0.096659 kN

33	Polygon Closure	1.4556 kN
34	Top Left Coordinate	21.016m, 7.2728m
35	Top Right Coordinate	21.204m, 7.1766m
36	Bottom Left Coordinate	21.016m, 6.8428m
37	Bottom Right Coordinate	21.204m, 6.7662m

FREE BODY DIAGRAM



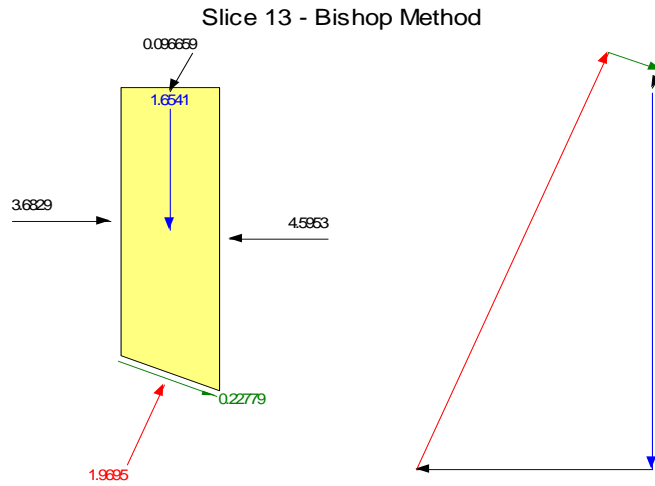


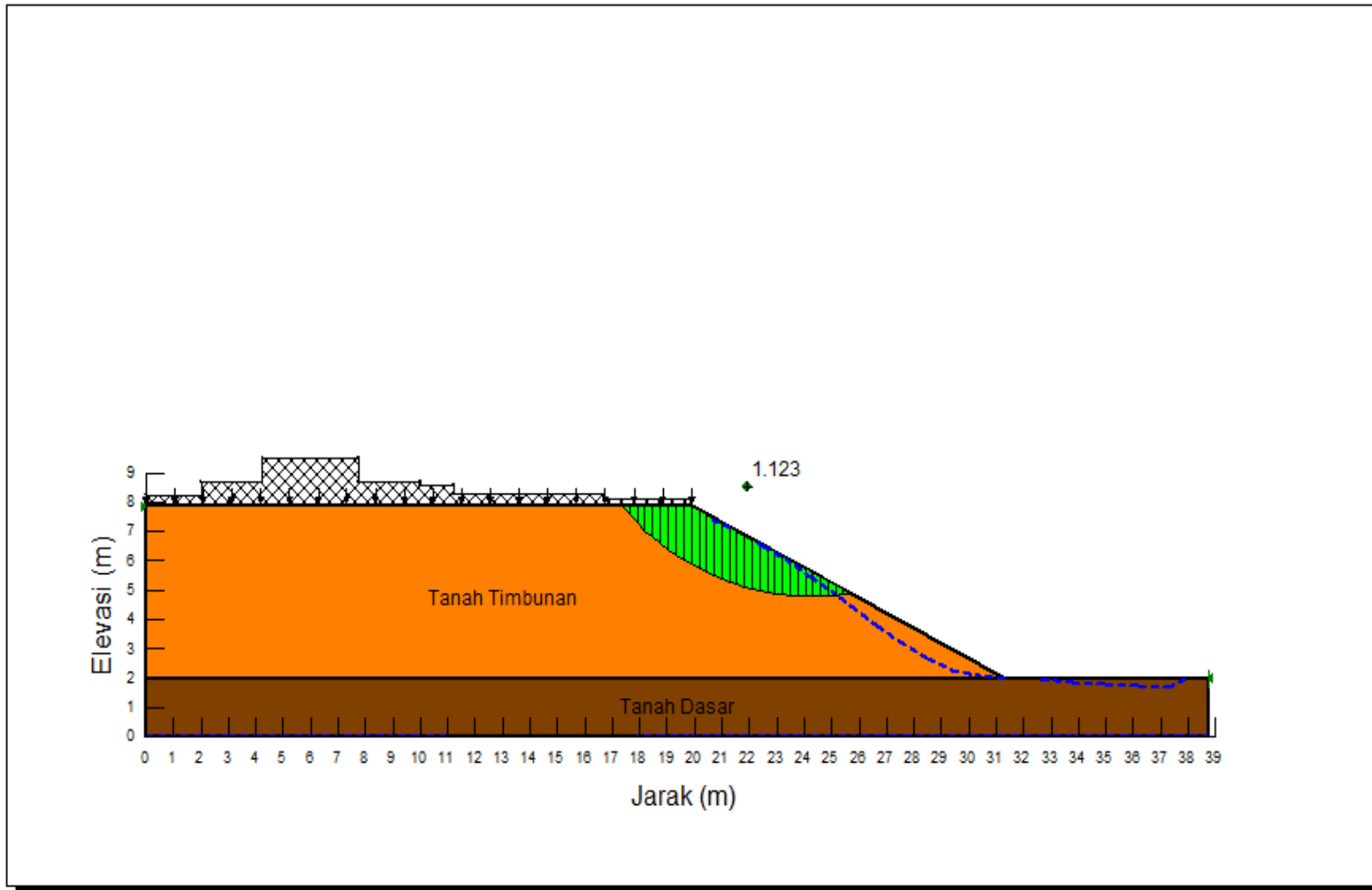
Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Bishop durasi 10 jam

No	Slice 13	
1	Method	Bishop
2	Factor of Safety	1.432
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	1.9522 kN
6	Pore Water Pressure	-22.813 kPa
7	Pore Water Force	-4.6343 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.18816 m
12	Mid-Height	0.4202 m
13	Base Length	0.20315 m
14	Base Angle	-22.146 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	1.6541 kN
18	Base Normal Force	1.9695 kN
19	Base Normal Stress	9.695 kPa
20	Base Shear Res. Force	0.077407 kN
21	Base Shear Res. Stress	0.38104 kPa
22	Base Shear Mob. Force	0.22779 kN
23	Base Shear Mob. Stress	1.1213 kPa
24	Left Side Normal Force	3.6829 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	4.5953 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0.096659 kN

33	Polygon Closure	0.019695 kN
34	Top Left Coordinate	21.016m, 7.2728m
35	Top Right Coordinate	21.204m, 7.1766m
36	Bottom Left Coordinate	21.016m, 6.8428m
37	Bottom Right Coordinate	21.204m, 6.7662m

FREE BODY DIAGRAM





Analisa Stabilitas Lereng dengan Beban yang Bekerja di Atas Lereng dan Beban Hujan dengan Intensitas Hujan Maksimum dengan Metode Janbu durasi 10 jam

No	Slice 13	
1	Method	Janbu
2	Factor of Safety	1.123
3	Phi Angle	30 °
4	C (Strength)	9.61 kPa
5	C (Force)	1.9522 kN
6	Pore Water Pressure	-22.813 kPa
7	Pore Water Force	-4.6343 kN
8	Pore Air Pressure	0 kPa
9	Pore Air Force	0 kN
10	Phi B Angle	0 °
11	Slice Width	0.18816 m
12	Mid-Height	0.4202 m
13	Base Length	0.20315 m
14	Base Angle	-22.146 °
15	Anisotropic Strength Mod.	1
16	Applied Lambda	0
17	Weight (incl. Vert. Seismic)	1.6541 kN
18	Base Normal Force	1.9702 kN
19	Base Normal Stress	9.6984 kPa
20	Base Shear Res. Force	0.07698 kN
21	Base Shear Res. Stress	0.37894 kPa
22	Base Shear Mob. Force	0.23064 kN
23	Base Shear Mob. Stress	1.1353 kPa
24	Left Side Normal Force	3.6829 kN
25	Left Side Shear Force	0 kN
26	Right Side Normal Force	4.5953 kN
27	Right Side Shear Force	0 kN
28	Horizontal Seismic Force	0 kN
29	Point Load	0 kN
30	Reinforcement Load Used	0 kN
31	Reinf. Shear Load Used	0 kN
32	Surface Pressure Load	0.096659 kN

33	Polygon Closure	0.019702 kN
34	Top Left Coordinate	21.016m, 7.2728m
35	Top Right Coordinate	21.204m, 7.1766m
36	Bottom Left Coordinate	21.016m, 6.8428m
37	Bottom Right Coordinate	21.204m, 6.7662m

FREE BODY DIAGRAM

