

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PERKUATAN LERENG DENGAN SOFTWARE  
GEO SLOPE PADA TANAH LEMPUNG**



**OLEH :**

**SUBRIADI SUBRI**

**D111 08 914**

**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2013**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0411) 587 636 FAX. (0411) 580 505 MAKASSAR 90245  
E-mail : sipil.unhas@yahoo.co.id

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : " **Studi Perkuatan Lereng Dengan Software Geo Slope Pada Tanah Lempung.**"

Disusun Oleh :

**Nama : Subriadi Subri**

**D111 08 914**

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 20 September 2013

Pembimbing I

**Ir.H.Achmad Bakri Muhiddin, MSc.Ph.D.**  
Nip. 19600730 198603 1003

Pembimbing II

**Dr. Eng. Tri Harianto, ST. MT**  
Nip. 19680529 2002121002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

**Prof. Dr.Ir.H.Lawalenna Samang, MS.M.Eng.**  
Nip. 19601231 198503 1 001

## ABSTRAK

Lereng merupakan suatu kondisi topografi yang banyak dijumpai pada berbagai pekerjaan konstruksi sipil. Lereng dapat terjadi secara alami maupun sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu. Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Kondisi tanah asli yang tidak selalu sesuai dengan perencanaan yang diinginkan misalnya lereng yang terlalu curam sehingga dilakukan pekerjaan pemotongan bukit atau kondisi lain yang membutuhkan timbunan dan lain sebagainya, sehingga diperlukan analisis yang lebih akurat agar diperoleh konstruksi lereng yang mantap (sesuai dengan syarat keamanan).

Penyelesaian secara manual, tentu saja dapat dilakukan pada peninjauan lereng. Namun seiring dengan berkembangnya teknologi komputer, pemakaian *software* pada permasalahan geoteknik, akan sangat membantu akan kecepatan dan ketepatan perhitungan yang dapat diandalkan. *Software Geo Slope 2007* dapat dipakai pada analisis permasalahan geoteknik. Pemakaian *Software Geo Slope 2007* dititikberatkan pada analisis perkuatan lereng dengan metode angker. Dengan *software* ini diharapkan dapat mempercepat proses analisis tersebut dan hasil perhitungan faktor keamanan yang didapatkan lebih akurat.

Kata kunci: Stabilitas Lereng, *Geo Slope*, Faktor Keamanan.

## **ABSTRACT**

*The slope is a topography condition which has been seen in many civil construction works. The slope can occur naturally or be made by people for several purposes. The slope stability analysis has very important roles at civil construction plan. Where the condition of existing land were not always agree with our plan, for example: if the slope is too steep so it requires to be cut then need to do cutting works, or the other condition we need to do requiring hoard and so on, so that needed more accurate analysis to get a stable slope construction (according to safety requirement).*

*Completion manually, of course can be done on a review of the slopes. But along with the development of teknolongi computer, use the software on geotechnical issues, it would be helpful to the speed and accuracy of calculations that can be relied upon. Geo-Slope 2007 Software can be used in the analysis of geotechnical problems. Use of Geo-Slope 2007 Software focused on the analysis of slope reinforcement with armature method. With this software is expected to speed up the analysis process and the results of the calculation of the safety factor is obtained more accurately.*

*Key words: slope stability, Geo Slope, safety factor*

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat dan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Terwujudnya tugas akhir ini berkat bimbingan, pengarahan, dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu segala kerendahan hati penulis menghaturkan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis yang tercinta atas pengorbanan dan doa untuk ananda.
2. Bapak Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, MSc. Ph. D. selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dengan sabar dan teliti sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
3. Bapak Dr. Eng. Tri Harianto, ST. MT. selaku pembimbing II yang telah banyak memberi bimbingan dan masukan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, MS. M. Eng. selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh Staf Tata Usaha Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

7. Rekan-rekanku di Jurusan Sipil khususnya angkatan 2008 yang telah membantu dalam menyusun tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Makassar, Mei 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xvii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.2.1 Maksud Penelitian .....	2
1.2.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan .....	3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Stabilitas Lereng .....	5
2.1.1 Penyebab Kelongsoran .....	8
2.1.2 Parameter Tanah/Batuan.....	9

2.1.3	Angka Keamanan ( <i>Safety Factor</i> ) .....	11
2.1.4	Analisis Stabilitas Lereng .....	15
2.1.4.1	Metode Irisan ( <i>Method of Slice</i> ) .....	15
2.1.4.1.1	Fellenius .....	19
2.1.4.1.2	Bishop.....	21
2.2	Perkuatan Tanah dengan Angker .....	22
2.2.1	Komponen-Komponen dari Sistem Angker Tanah .....	29
2.2.2	Perencanaan Angker .....	31
2.2.3	Sistem Angker <i>Skyhook</i> .....	38

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Jenis Penelitian .....	44
3.2	Metode Pengumpulan Data .....	44
3.3	Kerangka Prosedur Penelitian .....	46
3.4	Alur Program ( <i>Flow Chart</i> ) .....	47
3.4.1	<i>Define</i> .....	49
3.4.1.1	Mengatur Ruang Kerja .....	49
3.4.1.2	Menentukan Metode Analisis .....	51
3.4.1.3	Menyimpan Data .....	52
3.4.1.4	Mengambar Sketsa Masalah .....	52
3.4.1.5	Menentukan <i>Soil Properties</i> .....	54
3.4.1.6	Menggambar Garis Piezometric .....	56

3.4.1.7	Menggambar Garis <i>Slip Surface Radius</i> .....	57
3.4.1.8	Menggambar Garis <i>Slip Surface Grid</i> .....	58
3.4.1.9	Menggambar <i>Reinforcement Loads</i> .....	59
3.4.1.10	Melakukan Verifikasi Masalah.....	60
3.4.2.	<i>Solve</i> .....	61
3.4.3.	<i>Contour</i> .....	62

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan.....	63
4.1.1	Penentuan Model Lereng .....	63
4.1.2	Analisis Manual Kestabilan Lereng tanpa Perkuatan....	63
4.1.3	Analisis Manual Kestabilan Lereng tanpa Perkuatan dengan Software Geo Slope.....	66
4.1.3.1	Kestabilan Lereng pada Kondisi Musim Hujan.....	66
4.1.3.2	Kestabilan Lereng pada Kondisi Musim Kemarau.....	68
4.2	Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Angker .....	69
4.2.1	Analisis Manual Kestabilan Lereng dengan Perkuatan.....	69
4.2.2	Analisis Kestabilan Lereng dengan Perkuatan dengan Menggunakan Software Geo Slope.....	73

4.2.2.1	Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Hujan dengan Perkuatan 3 Angker .....	73
4.2.2.2	Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Hujan dengan Perkuatan 5 Angker .....	74
4.2.2.3	Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Hujan dengan Perkuatan 7 Angker .....	76
4.2.2.4	Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Kemarau dengan Perkuatan 3 Angker .....	79
4.2.2.5	Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Kemarau dengan Perkuatan 5 Angker .....	81
4.2.2.6	Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Kemarau dengan Perkuatan 7 Angker .....	83
4.3	Kondisi Lereng dengan Variasi Panjang dan Kedalaman Lereng .....	87

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	97
5.2	Saran .....	98
	Lampiran	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Faktor Keamanan Minimum Stabilitas Lereng .....	14
<b>Tabel 2.2</b> Ukuran Angker <i>Skyhook</i> .....	43
<b>Tabel 3.1</b> Harga harga $\phi$ berdasarkan Krey - .....	45
<b>Tabel 4.1.</b> Analisis Manual Kestabilan Lereng tanpa Perkuatan .....	65
<b>Tabel 4.2.</b> Analisis Manual Kestabilan Lereng dengan Perkuatan .....	71
<b>Tabel 4.3.</b> Nilai <i>Safety Factor</i> pada kondisi musim hujan .....	78
<b>Tabel 4.4.</b> Nilai <i>Safety Factor</i> pada kondisi musim kemarau .....	85
<b>Tabel 4.5.</b> Nilai <i>Safety Factor</i> dengan variasi panjang lereng .....	90
<b>Tabel 4.6.</b> Nilai <i>Safety Factor</i> dengan variasi kedalaman lereng .....	94
<b>Tabel 4.7.</b> Rekapitulasi <i>Safety Factor</i> lereng .....	95

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Kelongsoran lereng.....	5
<b>Gambar 2.2.</b> Bentuk-bentuk keruntuhan lereng (a) Kelongsoran lereng, (b) Kelongsoran lereng dangkal, (c) Longsor dasar .....	7
<b>Gambar 2.3.</b> Kekuatan geser tanah/batuan .....	10
<b>Gambar 2.4.</b> Keseimbangan benda pada bidang miring.....	11
<b>Gambar 2.5.</b> Permukaan bidang yang dicoba .....	17
<b>Gambar 2.6.</b> Gaya yang bekerja pada irisan nomor $n$ .....	17
<b>Gambar 2.7.</b> Analisis stabilitas dengan metode irisan untuk tanah yang berlapis .....	18
<b>Gambar 2.8.</b> Sistem gaya pada cara Fellenius .....	20
<b>Gambar 2.9.</b> Gaya-gaya yang bekerja pada potongan tunggal .....	20
<b>Gambar 2.10.</b> Suatu gaya pada suatu elemen menurut Bishop .....	22
<b>Gambar 2.11.</b> Sistem anker tanah .....	26
<b>Gambar 2.12.</b> Anker mati dan anker pratekan.....	28
<b>Gambar 2.13.</b> Sistem kepala anker untuk batang tendon .....	31
<b>Gambar 2.14.</b> Gaya-gaya reaksi yang bekerja pada tembok .....	32
<b>Gambar 2.15.</b> Distribusi tekanan tanah lateral .....	32
<b>Gambar 2.16.</b> Dimensi Anker.....	34
<b>Gambar 2.17.</b> Panjang total anker .....	36
<b>Gambar 2.18.</b> Sistem anker <i>Skyhook</i> .....	39
<b>Gambar 2.19.</b> <i>Frustum cone</i> anker <i>Skyhook</i> .....	40

<b>Gambar 2.20.</b> Perbandingan besarnya <i>frustum cone</i> yang terjadi.....	41
<b>Gambar 2.21.</b> Proses pengankuran yang praktis dan relatif .....	42
<b>Gambar 2.22.</b> Umur ankur yang dapat mencapai 20 tahun .....	42
<b>Gambar 3.1.</b> Diagram alir penelitian .....	46
<b>Gambar 3.2.</b> Diagram alir langkah kerja <i>Software Slope / W</i> .....	48
<b>Gambar 3.3.</b> (a) Ukuran ruang kerja (b) Ukuran skala .....	50
<b>Gambar 3.4.</b> Kotak dialog <i>Grid</i> .....	50
<b>Gambar 3.5.</b> Menentukan metode masalah .....	51
<b>Gambar 3.6.</b> Kotak dialog <i>Slip Surface</i> .....	51
<b>Gambar 3.7.</b> Tampilan kotak dialog <i>save</i> .....	52
<b>Gambar 3.8.</b> Sketsa Lereng .....	53
<b>Gambar 3.9.</b> Tampilan kotak <i>KeyIn Materials</i> .....	55
<b>Gambar 3.10.</b> Model lapisan tanah .....	55
<b>Gambar 3.11.</b> Model Lereng dengan garis <i>Piezometric</i> .....	56
<b>Gambar 3.12.</b> Tampilan kotak dialog <i>Draw Piezometric</i> .....	56
<b>Gambar 3.13.</b> Model lereng dengan garis <i>Slip Surface Radius</i> .....	57
<b>Gambar 3.14.</b> Model lereng dengan garis <i>Slip Surface Grid</i> .....	58
<b>Gambar 3.15.</b> Tampilan kotak dialog <i>Draw Slip Surface Grid</i> .....	59
<b>Gambar 3.16.</b> Tampilan kotak dialog <i>Draw Reinforcement Loads</i> .....	59
<b>Gambar 3.17.</b> Model lereng dengan <i>Reinforcement Loads</i> .....	60
<b>Gambar 3.18.</b> Tampilan kotak dialog <i>Verify / Optimize Data</i> .....	61
<b>Gambar 3.19.</b> Tampilan <i>Running Solve</i> .....	61
<b>Gambar 3.19.</b> Model lereng dengan bidang longsor .....	62

<b>Gambar 4.1.</b> Analisis manual kestabilan lereng tanpa perkuatan.....	64
<b>Gambar 4.2.</b> Model lereng pada kondisi musim hujan tanpa perkuatan .....	66
<b>Gambar 4.3.</b> Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim hujan .....	67
<b>Gambar 4.4.</b> Bidang longsor pada kondisi musim hujan tanpa perkuatan ..	67
<b>Gambar 4.5.</b> Model lereng pada kondisi musim kemarau tanpa perkuatan ..	68
<b>Gambar 4.6.</b> Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim kemarau ..	68
<b>Gambar 4.7.</b> Bidang longsor pada kondisi musim kemarau tanpa perkuatan .....	69
<b>Gambar 4.8.</b> Analisis manual kestabilan lereng dengan perkuatan .....	70
<b>Gambar 4.9.</b> Model lereng pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 3 anker .....	73
<b>Gambar 4.10.</b> Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 3 anker .....	73
<b>Gambar 4.11.</b> Bidang longsor pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 3 anker .....	74
<b>Gambar 4.12.</b> Model lereng pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 5 anker .....	75
<b>Gambar 4.13.</b> Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 5 anker .....	75
<b>Gambar 4.14.</b> Bidang longsor pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 5 anker .....	75
<b>Gambar 4.15.</b> Model lereng pada kondisi musim hujan dengan	

perkuatan 7 anker .....	76
<b>Gambar 4.16.</b> Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim hujan ....	77
<b>Gambar 4.17.</b> Bidang longsor pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 7 anker .....	77
<b>Gambar 4.18.</b> Model lereng pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 3 anker .....	79
<b>Gambar 4.19.</b> Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim kemarau .....	80
<b>Gambar 4.20.</b> Bidang longsor pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 3 anker .....	80
<b>Gambar 4.21.</b> Model lereng pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 5 anker .....	81
<b>Gambar 4.22.</b> Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim kemarau .....	82
<b>Gambar 4.23.</b> Bidang longsor pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 5 anker .....	82
<b>Gambar 4.24.</b> Model lereng pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 7 anker .....	83
<b>Gambar 4.25.</b> Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim Kemarau.....	84
<b>Gambar 4.26.</b> Bidang longsor pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 7 anker .....	84

<b>Gambar 4.27.</b> Grafik hubungan antara jumlah anker dengan dengan safety factor.....	86
<b>Gambar 4.28.</b> Model lereng dengan panjang 2 m .....	87
<b>Gambar 4.29.</b> Nilai faktor keamanan lereng.....	88
<b>Gambar 4.30.</b> Bidang longsor dengan panjang 2 m .....	88
<b>Gambar 4.31.</b> Model lereng dengan panjang 13 m.....	89
<b>Gambar 4.32.</b> Nilai faktor keamanan lereng .....	89
<b>Gambar 4.33.</b> Bidang longsor dengan panjang 13 m .....	89
<b>Gambar 4.34.</b> Model lereng dengan kedalaman 2 m .....	91
<b>Gambar 4.35.</b> Nilai faktor keamanan lereng .....	92
<b>Gambar 4.36.</b> Bidang longsor dengan kedalaman 2 m .....	92
<b>Gambar 4.37.</b> Model lereng dengan kedalaman 8 m .....	93
<b>Gambar 4.38.</b> Nilai faktor keamanan lereng .....	93
<b>Gambar 4.39.</b> Bidang longsor dengan kedalaman 8 m .....	93

## DAFTAR NOTASI

$a$	= lengan momen untuk resultan gaya kohesif
$\alpha$	= sudut
$b$	= lebar potongan
$\beta$	= sudut kemiringan lereng
$c$	= kohesi
$c'$	= kohesi efektif
$C_d$	= resultan gaya kohesif yang dibutuhkan
$c_d$	= kohesi yang bekerja pada sepanjang bidang longsor
$c_u$	= kohesi untuk kondisi undrained
$\cos \alpha$	= kosinus kemiringan angker
$D_b$	= jarak angker horizontal
$D_c$	= diameter pembesaran angker jepit
$d_s$	= diameter angker
$d_l$	= diameter tendon
$F_a$	= luas penampang baja tendon
$F_c$	= angka keamanan terhadap kohesi
$F_s$	= angka keamanan terhadap kekuatan
$F_\phi$	= angka keamanan terhadap geseran
$f_u$	= faktor reduksi kekuatan rata-rata dari tanah
$H$	= tinggi lereng
$H_{cr}$	= tinggi kritis
$h$	= tinggi tekanan
$L$	= jarak antara pembesaran angker
$l$	= lengan momen
$Lu$	= panjang angker jepit
$L_{tot}$	= panjang total angker
$L_{bebas}$	= panjang bebas angker
$L_{jepit}$	= panjang jepit angker
$K$	= koef. distribusi tidak merata dan tegangan angker. Di dapat dari grafik hubungan antara $\frac{\sigma_{au}}{\mu}$ dan K

$K_a$	= koef. tekanan tanah aktif
$K_p$	= koef. Tekanan tanah pasif
$M_d$	= momen dorong
$M_R$	= momen perlawanan
$m$	= angka stabilitas
$N_a$	= gaya normal
$N_s$	= faktor stabilitas
$N_r$	= gaya normal-reaksi
$N_c$	= bearing capacity factor
$\Delta L$	= panjang dasar irisan
$\varphi$	= sudut geser dalam tanah
$\varphi_d$	= sudut geser yang bekerja pada sepanjang bidang longsor
$\varphi'$	= sudut geser efektif
$P$	= jumlah gaya reaksi yang terbesar
$P_a$	= kontrol terhadap beban anker izin
$P_p$	= besarnya tekanan tanah pasif pada dasar
$P_{maks}$	= gaya maksimum
$R$	= gaya (reaksi)
$r$	= jari-jari lingkaran longsor
$s$	= kekuatan geser
$\theta$	= sudut
$T_r$	= gaya tangensial-reaksi
$\tau$	= tegangan geser
$\sigma$	= tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor
$\sigma'$	= tegangan normal efektif
$\sigma_a$	= tegangan tarik baja = $P_{maks} / F_a$
$\tau_a$	= tegangan lekat yang diizinkan = $\frac{1}{10} \tau_{bk}$
$\tau_d$	= Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor
$\tau_f$	= kekuatan geser rata-rata dari tanah
$u$	= tegangan air pori
$W$	= berat irisan

$\gamma$  = berat volume

$\gamma'$  = berat volume efektif

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang Masalah

Permukaan tanah yang tidak selalu membentuk bidang datar atau mempunyai perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu lereng (*slope*). Perbedaan elevasi tersebut pada kondisi tertentu dapat menimbulkan kelongsoran lereng sehingga dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Kondisi tanah asli yang tidak selalu sesuai dengan perencanaan yang diinginkan misalnya lereng yang terlalu curam sehingga dilakukan pemotongan bukit atau kondisi lain yang membutuhkan timbunan dan lain sebagainya. Sehingga diperlukan analisis stabilitas lereng yang lebih akurat agar diperoleh konstruksi lereng yang mantap (sesuai dengan syarat keamanan).

Penyelesaian secara manual, tentu saja dapat dilakukan pada peninjauan lereng. Namun seiring dengan berkembangnya teknologi komputer, pemakaian *software* pada permasalahan geoteknik, akan sangat membantu akan kecepatan dan ketepatan perhitungan yang dapat diandalkan.

*Software Geo Slope 2007* dapat dipakai pada analisis permasalahan geoteknik. Pada tugas akhir ini, pemakaian *Software Geo Slope 2007* dititikberatkan pada analisis perkuatan lereng dengan metode angker. Dengan *software* ini diharapkan dapat mempercepat proses analisis tersebut dan hasil

perhitungan faktor keamanan yang didapatkan lebih akurat. Maka dari itu judul tugas akhir ini adalah:

**“ STUDI PERKUATAN LERENG DENGAN SOFTWARE GEO  
SLOPE PADA TANAH LEMPUNG”**

## **1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.2.1. Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan mengetahui secara luas mengenai permasalahan perkuatan lereng dengan menggunakan metode angker pada penggunaan *Software Geo Slope 2007*

### **1.2.2. Tujuan Penelitian**

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mempelajari analisis stabilitas lereng. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk :

1. Untuk memperoleh faktor keamanan lereng tanpa perkuatan.
2. Untuk memperoleh faktor keamanan lereng dengan perkuatan angker.
3. Membandingkan faktor keamanan lereng pada musim hujan dengan musim kemarau.
4. Menentukan panjang dan kedalaman lereng yang tidak mempengaruhi faktor keamanan.

### **1.3. Batasan Masalah**

Pada tugas akhir ini beberapa batasan masalah yang dipakai sebagai berikut:

1. Penggunaan *Software Geo Slope 2007* lebih ditekankan pada analisis perkuatan lereng dengan perkuatan anker.
2. Semua permasalahan hanya ditinjau dua dimensi.
3. Bidang longsor yang ditinjau berbentuk rotasi atau lingkaran.
4. Tidak meninjau akibat beban luar yang terjadi.
5. Pembahasan penulis hanya pada tanah homogen isotropis.

### **1.4. Sistematika Penulisan.**

Secara garis besar sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB I Pendahuluan**

Merupakan bab pengantar penulisan secara umum memuat latar belakang masalah, maksud dan tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Merupakan tinjauan pustaka mengenai masalah analisis stabilitas lereng, faktor-faktor yang menyebabkan kelongsoran lereng, faktor aman pada lereng, perkuatan tanah.

### BAB III Metodologi

Merupakan langkah-langkah penulisan, dan langkah kerja *Software Geo Slope 2007*

### BAB IV Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini terdapat hasil perhitungan *Software Geo Slope 2007* dan pembahasan.

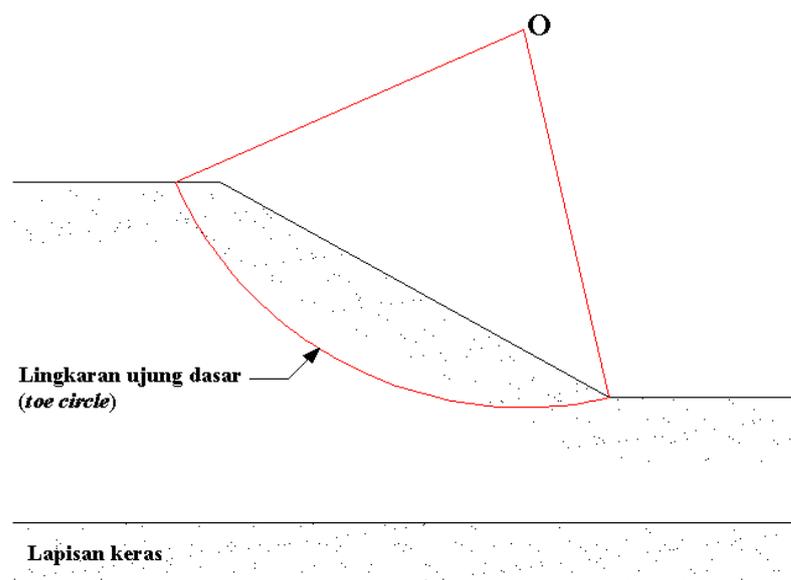
### BAB V Kesimpulan dan Saran

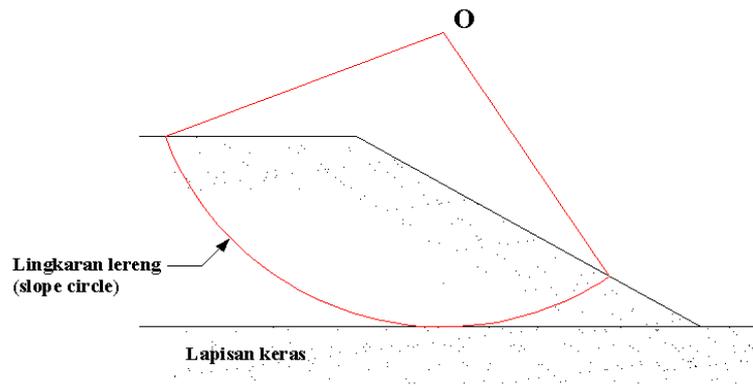
Mengemukakan kesimpulan yang diperoleh dalam pembahasan terhadap kasus yang ada disertai dengan saran-saran.



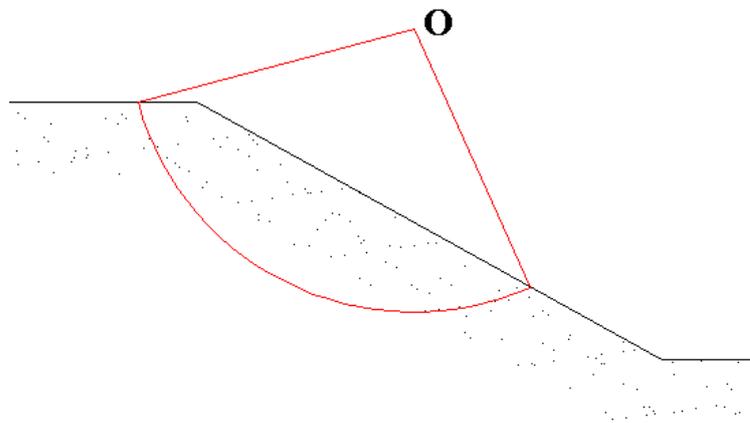
pada dasar atau di atas ujung dasar dinamakan longsor lereng (*slope failure*) seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2.2a**. Lengkung kelongsoran disebut sebagai lingkaran ujung dasar (*toe circle*), jika bidang gelincir tadi melalui ujung dasar maka disebut lingkaran lereng (*slope circle*). Pada kondisi tertentu terjadi kelongsoran dangkal (*shallow slope failure*) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2b**. Jika longsor terjadi dimana permukaan bidang gelincir berada agak jauh di bawah ujung dasar dinamakan longsor dasar (*base failure*) seperti pada **Gambar 2.2c**. Lengkung kelongsorannya dinamakan lingkaran titik tengah (*midpoint circle*) (Braja M. Das, 2002).

Proses menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan longsor yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan dinamakan dengan Analisis Stabilitas Lereng (*Slope Stability Analysis*).

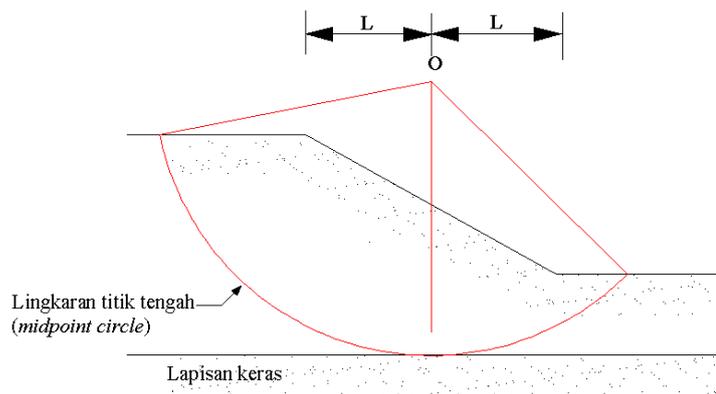




(a)



(b)



(c)

**Gambar 2.2.** Bentuk-bentuk keruntuhan lereng (a) Kelongsoran lereng, (b) Kelongsoran lereng dangkal, (c) Longsor dasar

### 2.1.1. Penyebab Kelongsoran

Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran. Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2003), kelongsoran lereng karena faktor-faktor berikut:

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

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa adanya pembebanan, perubahan fisik, pengaruh air dan gempa dapat menimbulkan kelongsoran pada lereng.

### 2.1.2. Parameter Tanah/Batuan

Untuk analisis stabilitas lereng diperlukan parameter tanah/batuan :

- **Kuat geser**

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

- **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 antarbutirnya. Oleh sebab itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antarbutirnya. 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.

Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dengan rumus :

$$s = c' + (\sigma - u) \tan \varphi \quad (2.1)$$

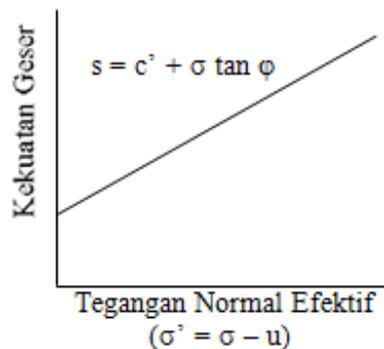
dimana :  $s$  = kekuatan geser

$\sigma$  = tegangan normal

$u$  = tegangan air pori

$c'$  = kohesi efektif

$\varphi$  = sudut geser dalam tanah



**Gambar 2.3.** Kekuatan geser tanah/batuan

Analisis stabilitas lereng pada dasarnya dapat ditinjau sebagai mekanisme gerak suatu benda yang terletak pada bidang miring. Benda akan tetap pada posisinya jika gaya penahan  $R$  yang terbentuk oleh gaya geser antara benda dan permukaan lereng lebih besar dibandingkan dengan gaya gelincir  $T$  dari benda akibat gaya gravitasi. Sebaliknya benda akan tergelincir jika gaya penahan  $R$  lebih kecil dibanding dengan gaya gelincir  $T$ . Secara skematik terlihat pada **Gambar 2.4**. Secara matematis stabilitas lereng dapat diformulasikan sebagai :

$$FK = \frac{R}{T} \quad (2.2)$$

dimana FK = faktor keamanan

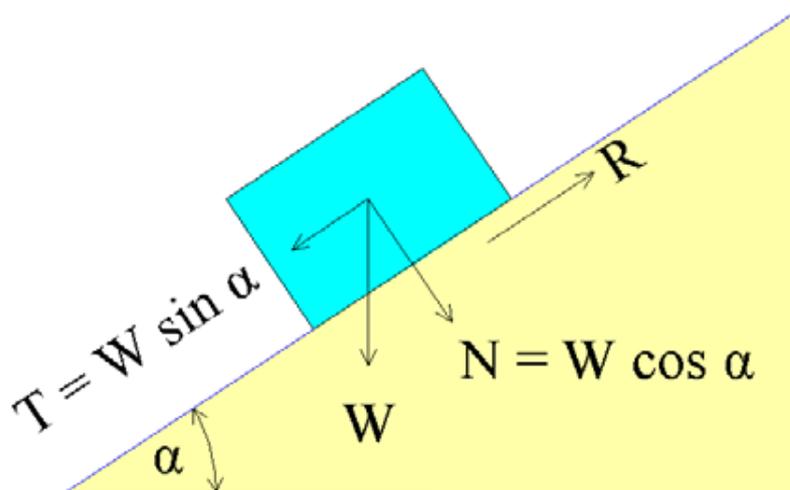
R = gaya penahan

T = gaya yang menyebabkan gelincir

Jika  $FK < 1$  benda akan bergerak

$FK = 1$  benda dalam keadaan seimbang

$FK > 1$  benda akan diam



**Gambar 2.4.** Keseimbangan benda pada bidang miring

### 2.1.3. Angka Keamanan ( *Safety Factor* )

Mengingat lereng terbentuk oleh banyaknya variabel dan banyaknya faktor ketidakpastian antara lain parameter-parameter tanah seperti kuat geser tanah, kondisi tekanan air pori maka dalam menganalisis selalu dilakukan

penyederhanaan dengan berbagai asumsi. Secara teoritis massa yang bergerak dapat dihentikan dengan meningkatkan kekuatan gesernya.

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kriteria faktor keamanan adalah resiko yang dihadapi, kondisi beban dan parameter yang digunakan dalam melakukan analisis stabilitas lereng. Resiko yang dihadapi dibagi menjadi tiga yaitu : tinggi, menengah dan rendah. Tugas seorang *engineer* meneliti stabilitas lereng untuk menentukan faktor keamanannya. Secara umum, faktor keamanan dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$FK = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (2.3)$$

dimana, FK = angka keamanan terhadap kekuatan tanah.

$\tau_f$  = kekuatan geser rata-rata dari tanah.

$\tau_d$  = Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor.

Kekuatan geser suatu lahan terdiri dari dua komponen, friksi dan kohesi, dan dapat ditulis,

$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi \quad (2.4)$$

dimana, c = kohesi tanah penahan

$\varphi$  = sudut geser penahan

$\sigma$  = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor.

Atau dapat ditulis,

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \varphi_d \quad (2.5)$$

Dimana  $c_d$  adalah kohesi dan  $\varphi_d$  sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor. Dengan mensubstitusi persamaan (2.4) dan persamaan (2.5) ke dalam persamaan (2.3) sehingga kita mendapat persamaan yang baru,

$$FK = \frac{c + \sigma \tan \varphi}{c_d + \sigma \tan \varphi_d} \quad (2.6)$$

Sekarang kita dapat mengetahui beberapa parameter lain yang mempengaruhi angka keamanan tadi, yaitu angka keamanan terhadap kohesi,  $F_c$ , dan angka keamanan terhadap sudut geser  $F_\varphi$ . Dengan demikian  $F_c$  dan  $F_\varphi$  dapat kita definisikan sebagai :

$$F_c = \frac{c}{c_d} \quad (2.7)$$

dan

$$F_\varphi = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_d} \quad (2.8)$$

Bilamana persamaan (2.6), (2.7), dan (2.8) dibandingkan adalah wajar bila  $F_c$  menjadi sama dengan  $F_\varphi$ , harga tersebut memberikan angka keamanan terhadap kekuatan tanah. Atau, jika

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_d}$$

Kita dapat menuliskan

$$FK = F_c = F_\varphi \quad (2.9)$$

FK sama dengan 1 maka lereng dalam keadaan akan longsor. Biasanya, 1.5 untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser yang dapat diterima untuk merencanakan suatu stabilitas lereng (SKBI-2.3.06, 1987).

Parameter yang digunakan menyangkut hasil pengujian dengan harga batas atau sisa dengan mempertimbangkan ketelitiannya. **Tabel 2.1** memperlihatkan faktor keamanan terendah berdasar hal-hal tersebut di atas.

**Tabel 2.1.**

**Faktor Keamanan Minimum Stabilitas Lereng**

Resiko	Kondisi Beban	Parameter Kekuatan Geser			
		Maksimum		Sisa	
		Teliti	Kurang Teliti	Teliti	Kurang Teliti
Tinggi	Dengan Gempa	1,50	1,75	1,35	1,50
	Tanpa Gempa	1,80	2,00	1,60	1,80
Menengah	Dengan Gempa	1,30	1,60	1,20	1,40
	Tanpa Gempa	1,50	1,80	1,35	1,50
Rendah	Dengan Gempa	1,10	1,25	1,00	1,10
	Tanpa Gempa	1,25	1,40	1,10	1,20

Resiko tinggi jika ada konsekuensi terhadap manusia cukup besar (ada pemukiman), dan atau bangunan sangat mahal, dan atau sangat penting. Resiko menengah bila ada konsekuensi terhadap manusia tetapi sedikit (bukan pemukiman), dan atau bangunan tidak begitu mahal dan atau tidak begitu penting. Resiko rendah bila tidak ada konsekuensi terhadap manusia dan terhadap bangunan (sangat murah) (SKBI-2.3.06, 1987).

Kekuatan geser maksimum adalah harga puncak dan dipakai apabila massa tanah/batuan yang potensial longsor *tidak* mempunyai bidang diskontinuitas (perlapisan, rekahan, sesar dan sebagainya) dan *belum* pernah mengalami gerakan. Kekuatan residual dipakai apabila : (i) massa tanah/batuan yang potensial bergerak mempunyai bidang diskontinuitas, dan atau (ii) pernah bergerak (walaupun tidak mempunyai bidang diskontinuitas) (SKBI-2.3.06, 1987).

#### **2.1.4. Analisis Stabilitas Lereng.**

##### **2.1.4.1. Metode Irisan (*Method of Slice*)**

Analisis stabilitas dengan menggunakan metode irisan dapat dijelaskan dengan **Gambar 2.5**, dimana busur AC adalah sebuah lengkungan dari lingkaran yang menunjukkan permukaan bidang longsor. Tanah yang berada di atas bidang longsor dibagi menjadi beberapa irisan tegak. Lebar dari setiap irisan tidak harus sama. Dengan meninjau satu satuan tebal tegak lurus irisan melintang lereng seperti **Gambar 2.5**, gaya-gaya yang bekerja pada irisan tertentu (irisn no.  $n$ ) ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.  $W_n$  adalah berat irisan. Gaya-gaya  $N_r$  dan  $T_r$  adalah komponen tegak dan sejajar dari reaksi  $R$ .  $P_n$  dan  $P_{n+1}$  adalah gaya normal yang bekerja pada sisi-sisi irisan. Demikian pula, gaya geser yang bekerja pada sisi irisan adalah  $T_n$  dan  $T_{n+1}$ . Secara sederhana, tegangan air pori diasumsikan nol. Gaya  $P_n$ ,  $P_{n+1}$ ,  $T_n$  dan  $T_{n+1}$  sulit untuk ditentukan. Akan tetapi kita dapat membuat suatu asumsi pendekatan bahwa besarnya resultan dari  $P_n$  dan  $T_n$  adalah sama

besar dengan resultan dari  $P_{n+1}$  dan  $T_{n+1}$  dan juga garis-garis kerjanya segaris (Braja M. Das, 2002).

Untuk pengamatan kesetimbangan

$$N_r = W_n \cos \alpha_n \quad (2.10)$$

Gaya geser perlawanan dapat ditunjukkan dengan

$$Tr = \tau_d (\Delta L_n) = \frac{\tau_f (\Delta L_n)}{F_s} = \frac{1}{F_s} [c + \sigma \tan \phi] \Delta L_n \quad (2.11)$$

Tegangan normal,  $\sigma$  pada persamaan 14.9 sama dengan

$$\frac{N_r}{\Delta L_n} = \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n} \quad (2.12)$$

Untuk keseimbangan blok percobaan ABC, momen gaya dorong terhadap titik O adalah sama dengan momen gaya perlawanan terhadap titik O, atau

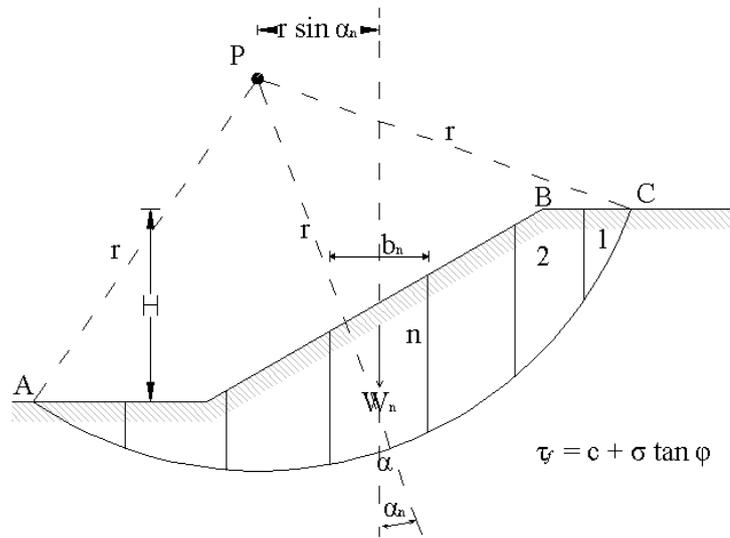
$$\sum_{n=1}^{n-p} W_n r \sin \alpha_n = \sum_{n=1}^{n-p} \frac{1}{F_s} \left( c + \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n} \right) (\Delta L_n) (r)$$

atau

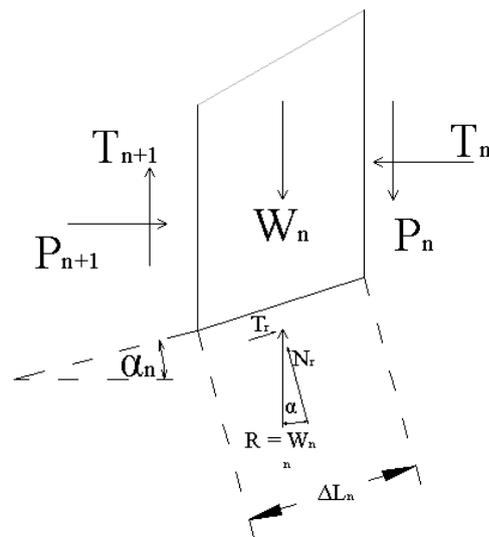
$$F_s = \frac{\sum_{n=1}^{n-p} c \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \cdot \tan \phi}{\sum_{n=1}^{n-p} W_n \sin \alpha_n} \quad (2.13)$$

catatan :  $\Delta L_n$  dalam persamaan (2.13) diperkirakan sama dengan  $\frac{(b_n)}{\cos \alpha_n}$  dengan  $b_n$

= lebar potongan nomor n.



**Gambar 2.5.** Permukaan bidang yang dicoba

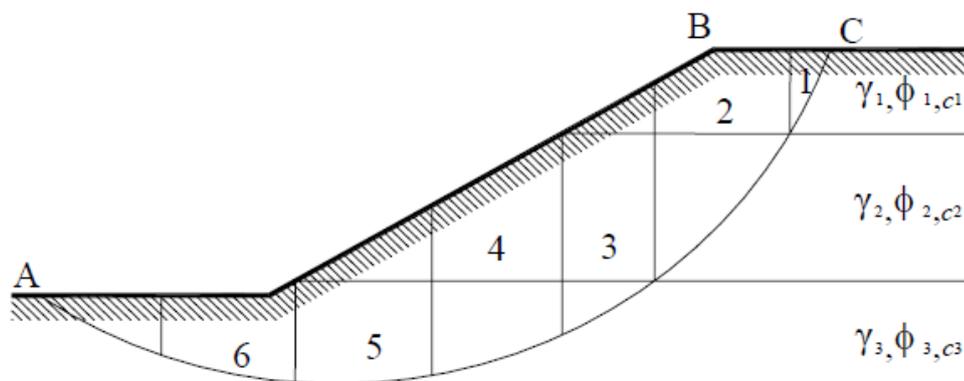


**Gambar 2.6.** Gaya yang bekerja pada irisan nomor  $n$

Harga  $\alpha_n$  adalah positif jika lereng bidang longsor yang merupakan sisi bawah dari irisan, berada pada kwadran yang sama dengan lereng muka tanah yang merupakan sisi atas dari irisan. Untuk mendapatkan angka keamanan yang minimum yaitu angka keamanan untuk lingkaran kritis, beberapa percobaan

dibuat dengan cara mengubah letak pusat lingkaran yang dicoba. Metode ini umumnya dikenal sebagai Metode Irisan Sederhana (*Ordinary Method of Slice*) (Braja M. Das, 2002).

Untuk mudahnya, suatu lereng dalam tanah yang homogen ditunjukkan pada **Gambar 2.5 dan 2.6**. Akan tetapi metode irisan dapat dikembangkan untuk lereng yang berlapis-lapis seperti **pada Gambar 2.7**. Prosedur umum dari analisis stabilitas tanah adalah sama. Tetapi ada beberapa hal yang perlu diingat. Selama menggunakan persamaan (2.21) untuk menghitung angka keamanan, harga-harga  $\phi$  dan  $c$  tidak akan sama untuk semua potongan. Sebagai contoh, untuk potongan no. 3 (**Gambar 2.7**) kita harus menggunakan sudut geser  $\phi = \phi_3$  dan kohesi  $c = c_3$ ; serupa untuk potongan no. 2,  $\phi = \phi_2$  dan  $c = c_2$  (Braja M. Das, 2002).



**Gambar 2.7.** Analisis stabilitas dengan metode irisan untuk tanah yang berlapis

#### 2.1.4.1.1. Fellenius

Cara ini dapat dipakai pada lereng-lereng dengan kondisi isotropis, non isotropis dan berlapis-lapis. Massa tanah yang bergerak diandaikan terdiri atas beberapa elemen vertikal. Lebar elemen dapat diambil tidak sama dan sedemikian sehingga lengkung busur di dasar elemen dapat dianggap garis lurus (SKBI-2.3.06, 1987).

Berat "total" tanah/batuan pada suatu elemen ( $W_t$ ) termasuk beban luar yang bekerja pada permukaan lereng (Gambar 2.10 dan 2.11).  $W_t$  diuraikan dalam komponen tegak lurus dan tangensial pada dasar elemen. Dengan cara ini pengaruh gaya  $T$  dan  $E$  yang bekerja di samping elemen diabaikan. Faktor keamanan adalah perbandingan momen penahan longsor dengan penyebab longsor. Pada **Gambar 2.8** momen tahanan geser pada bidang longsor adalah (SKBI-2.3.06, 1987) :

$$M_{penahan} = R \cdot r \quad (2.14)$$

dimana  $R$  adalah gaya geser dan  $r$  adalah jari-jari bidang longsor. Tahanan geser pada dasar tiap elemen adalah :

$$R = S \cdot l = (c' + \sigma \tan \varphi') ; \sigma = \frac{W_t \cos \alpha}{l} \quad (2.15)$$

Momen penahan yang ada sebesar :

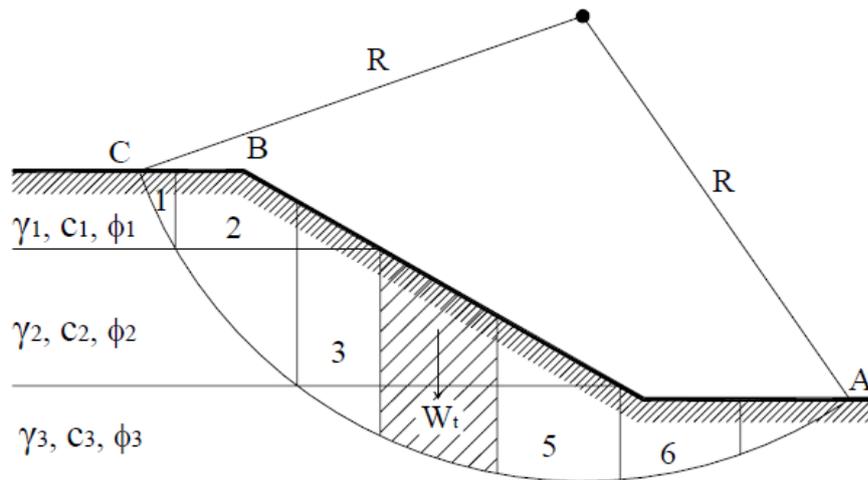
$$M_{penahan} = r (c'l + W_t \cos \alpha \tan \varphi') \quad (2.16)$$

Komponen tangensial  $W_t$  bekerja sebagai penyebab longsor menimbulkan momen penyebab :

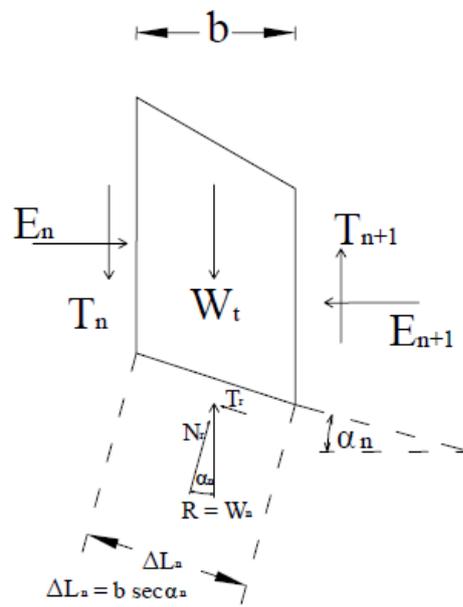
$$M_{penyebab} = (W_t \sin \alpha) \cdot r \quad (2.17)$$

Faktor keamanan dari lereng menjadi:

$$FK = \frac{\sum (c'l + W_t \cos \alpha \tan \phi)}{\sum W_t \sin \alpha} \quad (2.18)$$



**Gambar 2.8.** Sistem gaya pada cara Fellenius



$$S = c' \cdot \Delta L_n + \Delta L_n \cdot \sigma \tan \phi$$

**Gambar 2.9.** Gaya-gaya yang bekerja pada potongan tunggal

### 2.1.4.1.2. Bishop

Cara analisis yang dibuat oleh A.W. Bishop (1955) menggunakan cara elemen dimana gaya yang bekerja pada tiap elemen ditunjukkan seperti pada **Gambar 2.10**. Persyaratan keseimbangan yang diterapkan pada elemen yang membentuk lereng tersebut. Faktor keamanan terhadap keruntuhan didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsoran ( $S_{tersedia}$ ) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan ( $S_{perlu}$ ) (SKBI-2.3.06, 1987).

$$FK = \frac{S_{tersedia}}{S_{perlu}}$$

Bila kekuatan geser tanah adalah:

$$S_{tersedia} = c' + (\sigma - \mu) \tan \phi' = c' + \sigma' \tan \phi'$$

maka tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan adalah:

$$S_{perlu} = \frac{1}{FK} (c' + (\sigma - \mu) \tan \phi') \quad (2.19)$$

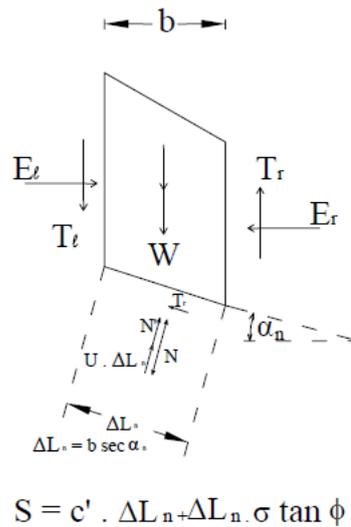
Faktor keamanan dihitung berdasar rumus:

$$FK = \frac{\sum \frac{1}{m} (c'l + (W - \mu l) \tan \phi')}{W \sin \alpha} \quad (2.20)$$

Cara penyelesaian merupakan coba ulang (*trial dan error*) harga faktor keamanan FK di ruas kiri persamaan (2.20), dengan menggunakan **Gambar 2.10** untuk mempercepat perhitungan (SKBI-2.3.06, 1987).

Faktor keamanan menurut cara ini menjadi tidak sesuai dengan kenyataan, terlalu besar, bila sudut negatif (-) di lereng paling bawah mendekati  $30^\circ$  (**Gambar 2.10**). Kondisi ini bisa timbul bila lingkaran longsor sangat dalam

atau pusat rotasi yang diandaikan berada dekat puncak lereng. Faktor keamanan yang diperoleh dengan cara ini lebih besar daripada dengan cara Fellenius (SKBI 2.3.06, 1987).



**Gambar 2.10.** Suatu gaya pada suatu elemen menurut Bishop

## 2.2. Perkuatan Tanah dengan Angker

Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung lapisan tanah dengan cara memberikan perlakuan atau (*treatment*) khusus terhadap lapisan tersebut. Jenis-jenis stabilisasi tanah diantaranya adalah stabilisasi mekanis yaitu stabilisasi dengan menggunakan material sisipan kedalam lapisan tanah, sehingga mampu memperbaiki karakteristik massa tanah sesuai dengan tujuan tindakan stabilisasi yang diinginkan. Stabilisasi mekanis sering juga disebut dengan “Perkuatan Tanah (*Soil Reinforcement*)”. Tanah perkuatan (*Reinforced Earth*) adalah tanah yang diberikan material lain dengan cara tertentu, sehingga mampu membentuk suatu

sistem yang bekerja sama dalam memikul beban, dan kemampuan dari sistem tersebut menjadi jauh lebih besar dari kemampuan awal lapisan tanah.

Prinsip utama dari analisis dan penerapan perkuatan tanah tersebut adalah bahwa harus tercipta aksi komposit antara material tanah asli dengan material sisipan (tulangan), sehingga terbentuk suatu sistem lapisan baru (tanah perkuatan) yang memiliki daya dukung jauh lebih besar dari daya dukung tanah aslinya. Ini hanya terjadi jika material sisipan mampu memberikan kontribusi *strength* yang tidak dimiliki tanah asli. Misalnya jenis tanah lempung yang memiliki sifat kompreibilitas besar, dapat memperbaiki dengan memberikan material sisipan yang sifat kompreibilitasnya lebih kecil, seperti penerapan *stone files* atau *sand files*.

Jenis perkuatan tanah dilihat dari sifat material sisipannya, secara garis besar dibedakan atas dua macam:

1. Perkuatan tanah dengan material *flexible* (lentur) : yang mana fungsi material sisipan lentur dapat menerima gaya tarik dan gaya geser, tetapi tidak mampu memikul beban lentur dan tekan. Contohnya : *metal strip*, *geosyntetis*, dll.
2. Perkuatan tanah dengan material *rigid* (kaku) : yang mana fungsi sisipan material kaku lebih luas, karena mampu menerima gaya tarik, tekan, geser, momen, bahkan beban punter. Contoh : *angker*, *nailing*, *piles*, dan lain-lain.

Faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku dan penampilan tanah perkuatan antara lain seperti yang diuraikan. Pemaikaian bahan perkuatan akan member pengaruh terhadap kekakuan dan kekuatan geser tanah. Aspek-aspek yang perlu diperhatikan agar kerja sama dan kompatabilitas antara tanah dan material perkuatan berjalan dengan baik adalah sebagai berikut :

- Bentuk (*form*) : agar terjadi kontak yang baik antara tanah dan material, bentuk sangat berpengaruh. Pengaruh bentuk permukaan material tersebut menyumbang besar/kecilnya geseran (*bond*).
- Kekuatan (*strength*) : hubungan tegangan-regangan dari material perkuatan, akan memberikan criteria tentang deformasi yang diijinkan. Selain itu dapat mengatasi akibat-akibat yang berkaitan dengan masalah transport dan instansi.
- Orientasi : penempatan haruslah sepanjang arah regangan utama yang terjadi.
- Tanah : dalam hal ini adalah pembagian ukuran butir (*particle size distribution*) dan tingkat kepadatan tanah. Tanah ideal adalah tanah berbutir kasar yang *non uniform*, sehingga berperilaku elastis dan hanya sedikit sekali gerakan-gerakan yang akan terjadi lebih-lebih pada waktu setelah konstruksi selesai. *Grading limits* dari tanah yang dapat dianjurkan untuk digunakan sebagai *backfill*, selalu diberikan sebagai bagian dari spesifikasi.
- *Density* : tanah-tanah *backfill* haruslah didapatkan untuk memenuhi ketentuan bahwa *insitu density* harus  $> 95\%$  *Standart Proctor Density*

tanah akan berpengaruh pada hubungan tegangan-regangan dan dengan demikian berpengaruh terhadap permukaan tanah.

Metode penganker tanah disebut juga dengan nama *Alluvian Anchor*, *Ground Anchor* atau *Tieback Anchor*. Dalam metode ini pemboran dilakukan di dalam lapisan tanah, dimana suatu bagian menahan gaya tarik berupa semen dengan kabel baja serta plat dengan batang baja yang dimasukkan ke dalam lubang hasil pemboran tersebut, kemudian disertai dengan gaya tarik setelahnya dengan memperkuat konstruksinya. Penggunaan *Ground Anchor* yang pertama kali diperkenalkan dan dibuat oleh Coyne untuk memperkuat *Checdam* di Algeria pada pertengahan tahun 1930. Dengan adanya kemajuan dalam metode pemboran, teknik *grouting* dan pembuatan standar dari baja mutu tinggi, penggunaan anker pun meluas ke berbagai negara.

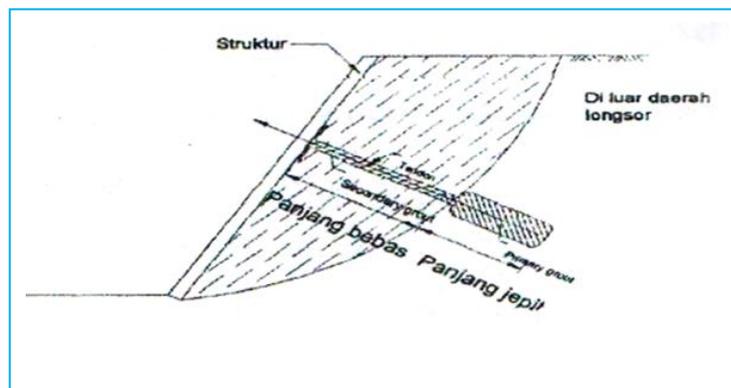
Angker dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur yang berfungsi menyalurkan gaya tarik dari struktur utama ke lapisan-lapisan tanah di sekeliling anker. Gaya tarik ini ditahan oleh kekuatan geser tanah, oleh sebab itu semakin tinggi kekuatan gesernya maka semakin besar pula daya dukung anker.

Ada banyak sistem anker yang digunakan untuk meneruskan gaya tarik dari struktur utama ke dalam tanah, seperti tiang tarik, anker tari dan lain-lain. Akan tetapi yang sangat populer yang berkembang dengan pesat dewasa ini untuk berbagai persoalan dari pondasi tarik adalah sistem anker dengan tendon-tendon baja mutu tinggi yang dipasang di bawah lubang bor pada kemiringan dan kedalaman yang diinginkan, kemudian di *grout* dengan campuran semen atau

bahan lain untuk menahan beban yang bekerja secara efisien. Untuk maksud ini maka sebaiknya tendon diberi gaya pratekan pada batas-batas yang ekonomis. Gaya pratekan ini adalah gaya yang dibutuhkan untuk menyeimbangkan antara anker tanah, struktur yang ditahan dan tanah dimana anker dipasang sehingga pergeseran dari struktur dan tanah sekelilingnya berada dalam batas-batas yang diinginkan.

Keuntungan utama dari sistem ini adalah pekerjaan penggalian bebas dari gangguan, pekerjaan pelaksanaan lebih cepat dan dapat digunakan pada kondisi yang lebih luas, seperti dinding-dinding penahan yang menahan lereng bukit, bangunan hidrolis yang mengalami tekanan *uplift* , dan lain-lain. Kini anker tanah dapat digunakan mulai dari beberapa ton hingga lebih dari 1000 ton, baik itu dalam bentuk tunggal atau berkelompok untuk pekerjaan permanen maupun sementara.

Tendon anker biasanya berupa baja mutu tinggi, berbentuk batang, kawat atau untaian kawat yang diselimuti oleh campuran semen atau bahan lain. Panjang anker terdiri atas dua bagian seperti pada **Gambar 2.13**, yaitu panjang jepit dan panjang bebas.



**Gambar 2.11.** Sistem anker tanah

Panjang jepit angker adalah bagian dari tendon angker yang berada jauh dan struktur yang ditahan, dimana gaya tarik dilimpahkan ke tanah sekelilingnya. Panjang bebas angker adalah bagian dari tendon angker antara ujung atas dan panjang jepit angker dan struktur yang ditahan, dimana tidak ada gaya tarik yang dilimpahkan ke tanah sekelilingnya. Hal ini dimungkinkan dengan menggunakan selimut pencegah gesekan (*packer*) disekeliling tendon. Selimut ini juga sebagai pencegah korosi pada panjang bebas angker.

Teknik pemasangan angker bisa saja berbeda sehingga angker tanah dapat dibedakan beberapa jenis. Adapun tipe-tipe dari angker tanah yaitu :

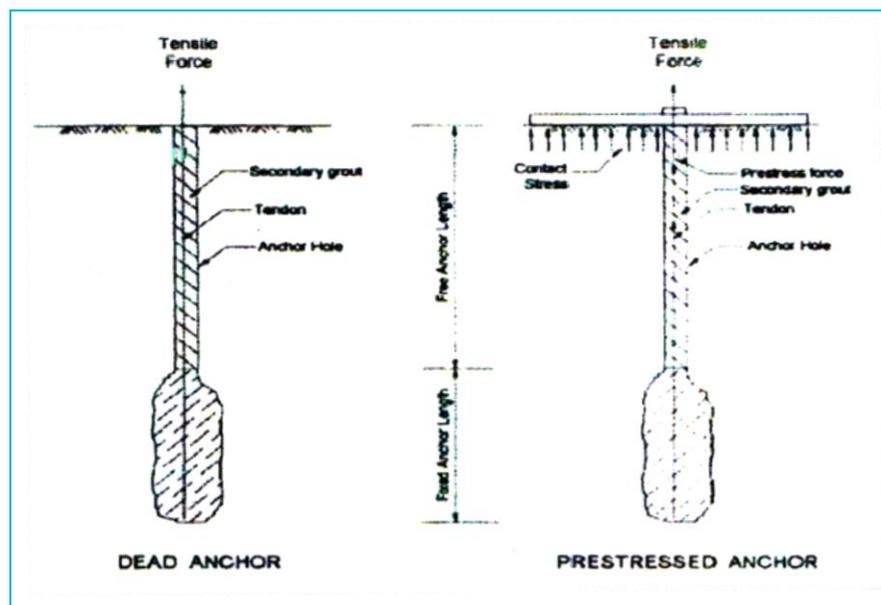
a. Angker Tarik dan Tekan

Tipe angker tarik dan tekan dibedakan dari sistem pelimpahan beban yang bekerja didalam panjang jepit angker tanah dan tergantung dari perletakan tendon ke batang *grout*. Pada angker tarik, beban yang bekerja dilimpahkan dari dari atas ke bawah di dalam panjang jepit angker. Pada pembebanan angker tegangan geser dan normal akan timbul pada permukaan antara grout dengan tanah. Tegangan geser dan normal ini, makin lama makin berpindah tempat sepanjang angker jepit. Hal ini mengakibatkan *grout* sekeliling tendon berada dalam keadaan tarik. Bahaya akan timbul sehubungan dengan kondisi tarik ini, karena retak-retak akan terjadi disepanjang angker jepit, khususnya bila angker berada di dalam lingkungan korosif. Sedangkan pada angker tekan, gaya-gaya ini ditransfer dari ujung bawah daerah pengangkeran ke atas. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan pipa tekan yang mengisolasi tendon dan *grout primer*.

b. Angker Mati dan Angker Pratekan

Pada angker mati diperlukan gerakan-gerakan yang relatif besar dari kepala angker untuk menggerakkan seluruh kapasitas daya dukung beban dari angker untuk menahan beban-beban yang bekerja. Untuk mereduksi pergeseran-pergeseran dari kepala angker dari batas-batas yang lebih pantas, maka angker-angker tanah tadi dapat diberi gaya pratekan sehingga dengan demikian angker ini disebut angker pratekan. Besarnya gaya pratekan yang diberikan biasanya ditentukan dari presentase beban kerja rencana.

Perbedaan umum dari angker mati dan angker pratekan diperlihatkan pada gambar berikut :



**Gambar 2.12.** Angker mati dan angker pratekan

Terdapat perbedaan yang mendasar antara angker mati dengan angker pratekan. Dalam sistem tegangan (gaya-gaya) yang dihasilkan dalam tanah disekelilingnya. Angker pratekan juga lebih kaku apabila dibebani dari luar dibanding dengan angker mati.

### **2.2.1. Komponen-Komponen dari Sistem Angker Tanah**

#### **1. Lubang Angker**

Suatu sistem angker dari tanah pratekan terdiri dari lubang yang dibor kedalam tanah dimana tendon angker ditempatkan di-*grout* dengan campuran semen atau bahan lain. Bentuk yang lazim adalah bentuk bulat berdiameter 100-150 mm. Besarnya lubang angker tergantung pada :

- Kapasitas angker yang diinginkan
- Tipe tanah dimana angker ditempatkan.
- Metode yang digunakan untuk memasang tendon angker kedalam tanah daerah panjang jepit angker.
- Metode untuk memperoleh kekuatan lekat.

Hal ini termasuk multi pembesaran dalam daerah angker jepit yang bervariasi pada tekanan *grouting*. Dengan menggunakan alat pemotong/pisau yang dapat mengembang secara mekanis, maka pembesaran lubang pada angker jepit dapat dilakukan untuk memperoleh kapasitas angker yang lebih besar.

#### **2. Tendon Angker**

Tendon-tendon untuk angker tanah biasanya dibentuk dan salah satu dan ketiga material baja : batang, kawat, atau untaian kawat. Penentuan material biasanya ditentukan oleh kombinasi biaya, batas tegangan yang diizinkan, pabrikasinya, transportasi, penarikan tendon dan pencegahan karat.

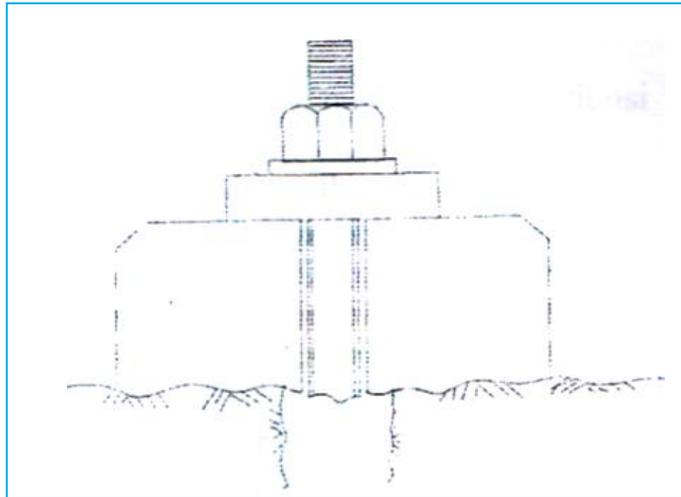
### 3. Kepala Angker

Untuk penarikan kabel guna mendistribusikan beban dari tendon angker ke struktur, dipasang sebuah kepala angker yang biasanya terdiri dari *Stressing Head* dimana tendon dijepit dan plat distribusi, dimana gaya tendon dilimpahkan ke struktur. Bila gaya angker cukup besar maka diperlukan blok beton.

Pada umumnya kepala angker harus dapat menerima gaya tendon maksimum selama penarikan dan pelaksanaan pengujian tendon. Kepala angker *multi-strand sistem* VSL terdiri dari kepala angker dimana ujung-ujung untaian kawat individu dijepit dengan suatu jepit khusus.

Batang angker terdiri dari suatu sistem kepala angker yang sederhana, terdiri dari plat landasan dan cincin penahan diatas bantalan beton. Detail dari sistem kepala angker seperti itu diperlihatkan pada Gambar **2.13**.

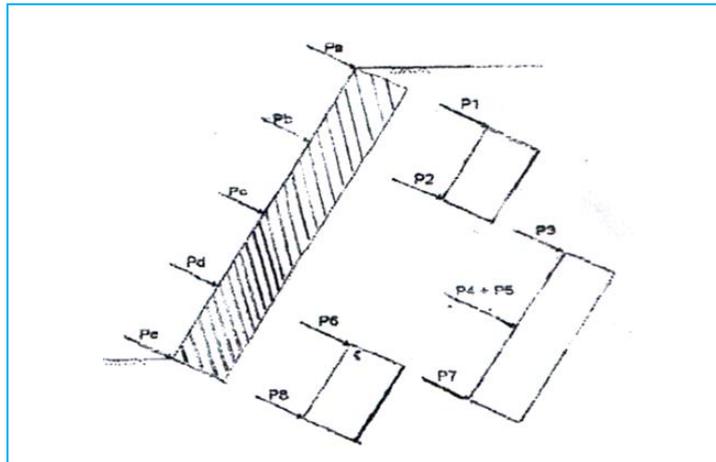
Pada seluruh sistem kepala angker adalah penting sekali bahwa beban dan tendon akan dilimpahkan secara terpusat, bantalan direncanakan dengan baik untuk menerima beban yang bekerja atau over pembebanan tanpa pergeseran yang berarti atau rotasi. Pengaruh tegangan sekunder akibat kecenderungan dari kepala angker untuk tergelincir atau berotasi, berada dalam batas-batas minimum.



**Gambar 2.13.** Sistem kepala angker untuk batang tendon.

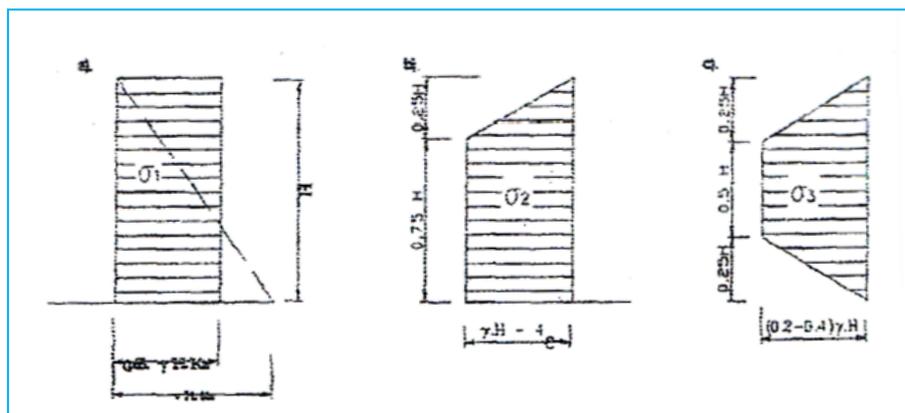
### 2.2.2. Perencanaan Angker

1. Perhitungan Gaya-gaya Angker
  - Sebagai pendekatan jarak angker vertikal dan horizontal diambil minimal lima kali diameter sampai 1.5 meter.
  - Ketentuan lain faktor-faktor yang diperlukan dalam perhitungan adalah kondisi lereng dan data hasil penyelidikan tanah.
  - Perhitungan momen terhadap gaya-gaya tekanan tanah lateral yang bekerja dihitung setiap bentang sehingga didapat momen maksimum.
  - Bentuk pembebanan adalah sebagai berikut :



**Gambar 2.14.** Gaya-gaya reaksi yang bekerja pada tembok

- Pada awal perhitungan diperlukan diagram distribusi tekanan tanah lateral pada struktur dinding penahan tanah seperti :



**Gambar 2.15.** Distribusi tekanan tanah lateral

- Untuk tanah lepas, distribusi tegangan tanah lateral dianggap bekerja pada seluruh bagian tembok apabila gesekan tanah dan tembok diabaikan, maka:

$$\sigma_1 = 0,65 \gamma \cdot H \cdot K_a \quad (2.21)$$

dimana:

$\gamma$  = Berat isi tanah

H = Ketinggian tembok penahan

$K_a$  = Koef. tekanan tanah aktif

Pada tanah kohesif plastis lunak, distribusi tekanan tanah:

$$\sigma_1 = \gamma \cdot H - 4c \quad (2.22)$$

dimana:

$c$  = kohesi tanah

dan untuk tanah keras, distribusi tekanan tanah:

$$\sigma_3 = (0,2 - 0,4) \gamma \cdot H \quad (2.23)$$

➤ Besarnya tekanan tanah pasif pada dasar

- Untuk tanah non kohesif:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma d^2 K_p \quad (2.24)$$

Dimana,  $K_p$  = Koef. tanah pasif

$$= \text{tg}^2 (45^\circ + \varphi / 2) \quad (2.25)$$

- Untuk tanah kohesif:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma d^2 \cdot \text{tg}^2 (45^\circ + \varphi / 2) + 2cd \cdot \text{tg} (45^\circ + \varphi / 2) \quad (2.26)$$

➤ Perhitungan Gaya-gaya Horizontal Angker

Gaya-gaya angker dihitung sama dengan jumlah gaya-gaya reaksi (lintang)

yang bekerja pada tembok ( lihat **Gambar 2.15.** ) yaitu  $P_1 - P_n$

- Gaya Maksimum ( $P_{\text{maks}}$ )

$$P_{\text{maks}} = D_b \cdot P / \cos \alpha$$

Dimana,  $D_b$  = jarak angker horizontal

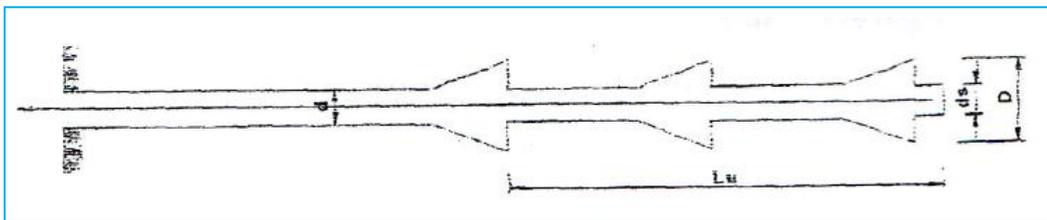
$P$  = jumlah gaya reaksi yang terbesar

$\cos \alpha$  = kosinus kemiringan angker

## 2. Perhitungan Panjang Angker Jepit (Lu)

Panjang angker jepit ditentukan dan harga  $P_{maks}$  yang timbul, sehingga ketetapan-ketetapan pada angker yang digunakan dapat diperoleh sesuai dengan jenis yang akan digunakan.

➤ Kapasitas Angker Ultimate ( $q_u$ ):



**Gambar 2.16.** Dimensi Angker

$$q_u = f_u \cdot C_u \cdot \pi \cdot D_c \cdot L_u + C_u \cdot N_c \pi/4 (D_c^2 - d_s^2) \quad (2.27)$$

dimana,

$f_u$  = faktor reduksi kekuatan rata-rata dari tanah (diambil 0,5 sampai 1,0)

$C_u$  = Kohesi undrained ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )

$D_c$  = diameter pembesaran angker jepit

$L_u$  = panjang angker jepit

$N_c$  = bearing capacity factor

$d_s$  = diameter angker

➤ Kontrol Terhadap Beban Angker Izin ( $P_a$ )

$$P_a = q_u/F \quad (2.28)$$

dimana:  $F$  = Faktor keamanan

3. Jarak antara Pembesaran Angker Jepit ( $L/D_c$ ) :

$$(L / D_c) = \frac{Nc}{4Fu} (D_c^2 - ds / D_c^2) \quad (2.29)$$

$$(L / D_c)_{kritis} = \frac{Nc}{4Fu} \quad (2.30)$$

$$\text{Banyaknya pembesaran} = \frac{L_0}{L} \quad (2.31)$$

dimana:  $L$  = Jarak antara pembesaran angker

$L_0$  = Panjang angker jepit

4. Penentuan Tendon Angker (ditetapkan sesuai dengan kebutuhan desain)

- Kekuatan karakteristik ultimate yang diizinkan untuk 0,1% regangan adalah :

$$f_{pu} = 0,835 \times \text{kekuatan tarik ultimate nominal} \quad (2.32)$$

- Beban yang diizinkan

$$P_u = f_{pu} \times \text{luas baja nominal} \quad (2.33)$$

- Banyaknya strand yang digunakan

$$N = P_{maks} / P_u \quad (2.34)$$

5. Perhitungan Panjang Penyaluran Tegangan Lekat ( $L$ )

$$L = m \frac{\sigma_a F_a}{\mu \cdot \tau_a} \cdot K \quad (2.35)$$

dimana:

$m$  = faktor keamanan

$F_a$  = luas penampang baja tendon

$\mu$  = keliling lingkaran =  $2 \cdot \pi \cdot d_1$

$d_1$  = diameter tendon

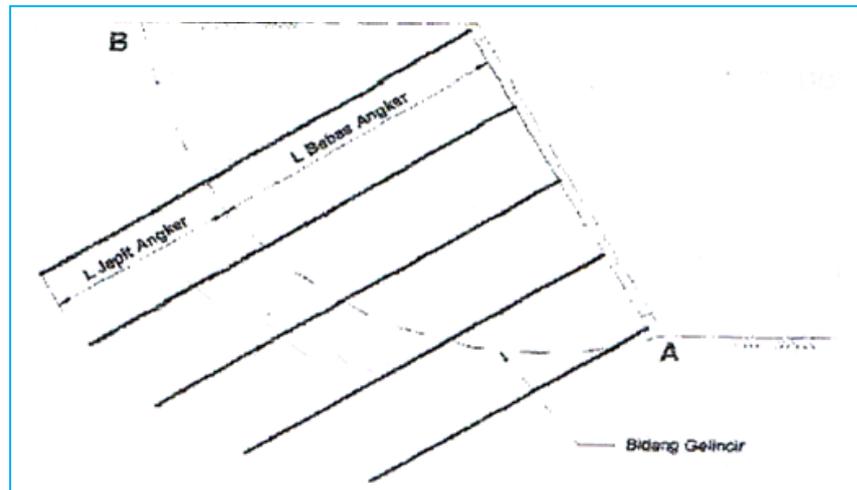
$\sigma_a$  = tegangan tarik baja =  $P_{maks} / F_a$

$\tau_a$  = tegangan lekat yang diizinkan =  $\frac{1}{10} \tau_{bk}$

K = koef. distribusi tidak merata dan tegangan anker.

## 6. Perhitungan Panjang Angker Total

Pada perhitungan panjang anker total dapat dihitung cara dipakai *Circle Method* dengan menentukan jari-jari lengkung atau dengan menentukan bidang gelincir dan kedalaman bidang gelincir. Sehingga panjang anker total dapat dihitung yaitu panjang bebas anker ditambah panjang jepit anker, lihat **(Gambar 2.17.)**



**Gambar 2.17.** Panjang total anker

$$L_{tot} = (L_{bebas} + L_{jepit}) \quad (2.36)$$

dimana:  $L_{tot}$  = panjang total anker

$L_{bebas}$  = panjang bebas anker

$L_{jepit}$  = panjang jepit anker

Apabila lereng tersebut dianggap tidak terjadi longsor maka panjang angker yang dipakai minimal adalah panjang angker jepit.

Adapun proses pelaksanaan sistem pengangkeran yang dilakukan dilapangan adalah sebagai berikut:

1. Penyiapan Lahan

Yakni menyiapkan dan membersihkan medan dari hal-hal yang mengganggu pelaksanaan, selanjutnya perataan medan disesuaikan dengan kebutuhan pemadatan tanah untuk konstruksi

2. Pemasangan Rangka Kontruksi

Penyetelan rangka dimana dapat juga dikombinasikan dengan ram-ram sama seperti pada konstruksi rangka bangunan lainnya. Penempata dari rangka tersebut diusahakan agar tegak lurus terhadap bidang horizontal pada medan yang ditempati agar konstruksi kelihatan indah dan rapi.

3. Pemasangan Angker

Pada tahap pemasangan angker, urutannya sebagai berikut:

- Pembuatan lubang-lubang angker

Lubang angker disesuaikan dengan ukuran angker yang telah direncanakan. Alat yang digunakan dalam pemboran lubang adalah mesin bor putar (*rotary drill*) dengan *continous flight auger* atau mesin bor putar percutif. Untuk memperbesar lubang angker maka pada ujung alat bor dipasang alat pemotong khusus yang dapat mengembang secara mekanis, sisa-sisa pengeboran dibilas keluar dengan air.

- **Penyetelan dan Pemasangan Tendon**

Sebelum tendon dipasang kedalam lubang bor terlebih dahulu tendon harus distel dilapangan/bengkel yaitu dengan memasang sistem *spacer* yang berfungsi untuk menahan unit-unit dari baja tendon dimana dipasang sepanjang tendon dengan jarak 2 m pada angker jepit dan pada daerah angker bebas dua kali dari jarak itu.

- ***Grouting***

Fungsi utama *grouting* adalah untuk mengikat tendon angker pada tanah disekelilingnya sepanjang angker tanah. *Grout* di buat dari campuran air dan semen dengan perbandingan tertentu. Untuk menjamin kekentalan *grout* agar cukup untuk diinjeksi kedalam lubang dan menghasilkan kekuatan karakteristik yang baik maka dipakai faktor air semen 0,45 untuk mencegah bahaya korosi pada tendon, maka dianjurkan untuk menggunakan lapisan penutup.

- **Pemasangan tendon pada kepala angker.**

#### 4. **Penarikan Angker**

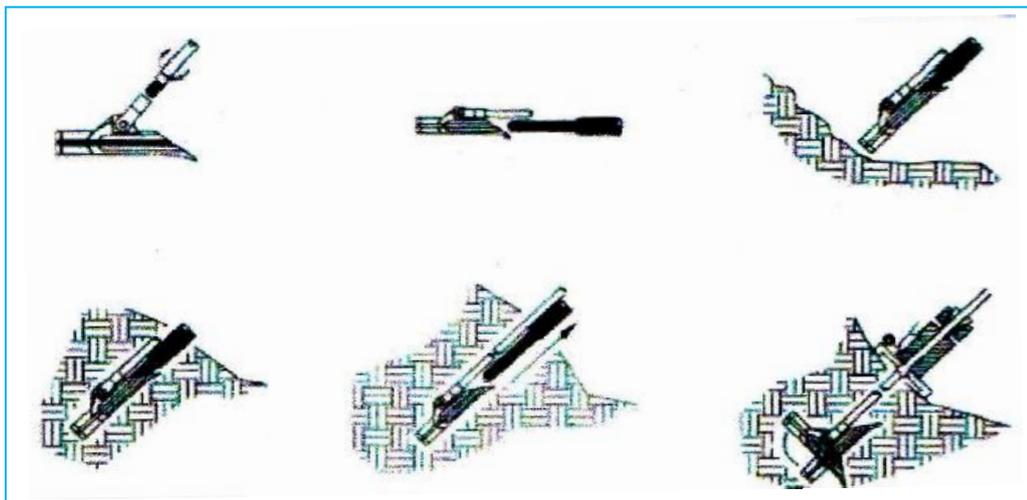
Penarikan angker dilakukan setelah beton berumur 28 hari dan cukup baik untuk dilaksanakan penarikan.

#### **2.2.3. Sistem Angker *Skyhook***

Sistem angker lain yang digunakan adalah sistem angker tanah *skyhook*. Sistem ini sudah cukup dikenal dan terbukti baik serta telah dikenal dalam

bidang teknik sipil atau bangunan. Sistem ini cukup efektif dengan alternatif biaya yang lebih efisien dari pada metode yang konvensional yang sudah kita kenal.

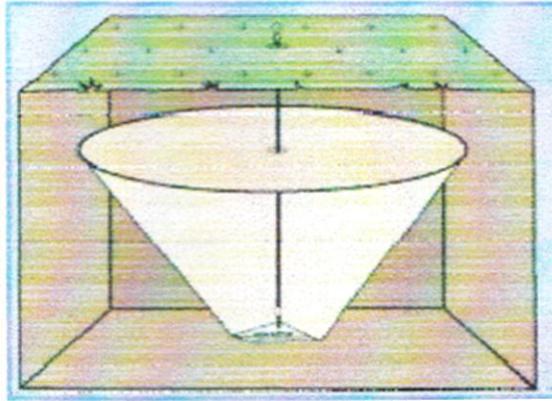
Angker *Skyhook* adalah suatu sistem angker yang terdiri dari sebuah pangkal (kepala) yang mana, ketika dikunci dalam posisi kerja, menyediakan suatu bidang dukung beban dengan permukaan tanah sehingga terjadi “*Frustum Cone*”. Bidang gaya tersebut yang berbentuk kerucut (cone) membawa suatu beban yang didistribusikan kepangkal/kepala oleh suatu batang/tangkai yang kaku atau suatu kabel/kawat tendon yang fleksibel yang dihubungkan ke pangkal/kepala.



**Gambar 2.18.** Sistem angker *Skyhook*

Cara kerja dari sistem angker-angker ini berkaitan dengan bentuknya dan titik pemasangan *offset* dari kabel/kawat. Ketika suatu beban diterapkan, angker akan berputar dari permukaan tanah hingga sudut  $90^\circ$  serta dilakukan penguncian (*loadlock*) selanjutnya beban tersebut berinteraksi dengan tanah maka secara perlahan-lahan tanah akan mengeras oleh bekerjanya sistem angker tersebut. Area diatas angker yang dibawah permukaan, dimampatkan hingga adanya reaksi

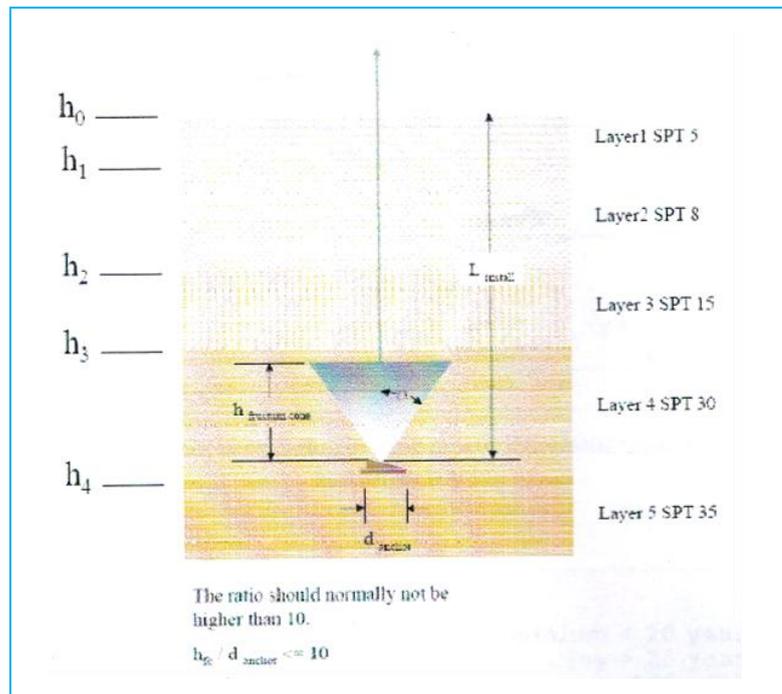
kepada anker dengan pergerakan lebih lanjut. Luas area seperti pada **Gambar 2.19** kita sebut dengan '**Frustum Cone**'



**Gambar 2.19.** *Frustum cone* anker *Skyhook*

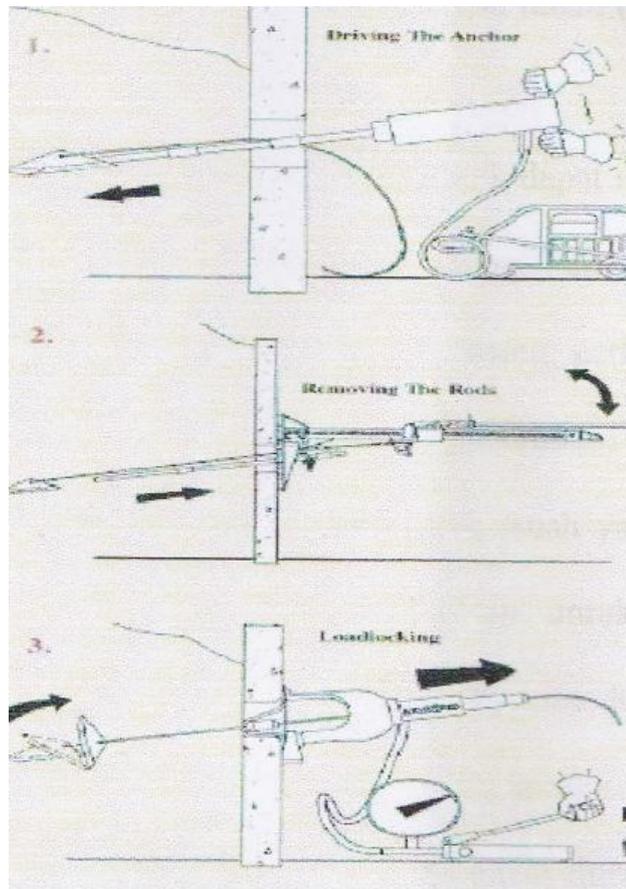
Untuk memastikan bahwa pemasangan anker aman pada stabilitas lereng, maka perlu dijelaskan langkah-langkah pemasangan anker dilapangan. Anker *Skyhook*, dirancang untuk mendapatkan tahanan tarik (*pull out*) dari tanah dengan memanfaatkan *frustum cone* pada ujung anker. Ukuran frustum cone yang besarnya tergantung dari sudut geser tanah, besarnya anker, tegangan overburden (kedalaman pemasangan) dan beban yang diaplikasikan. Pada tanah gembur (tanah yang tidak padat), unsur partikel/butir mineral tanahnya berbentuk liat seperti bidang. Ruang antara masing-masing dari bidang tersebut berisi air yang tidak dapat berinteraksi secara optimal dengan beban. Sedangkan pada tanah padat (tanah yang tidak gembur), unsur partikel/butir mineral tanahnya yang saling mengikat dan ringkas ketika diperlakukan beban. Ruang antara masing-masing dari bidang tersebut tidak berisi air yang dapat berinteraksi secara optimal dengan beban.

Tebalnya *frustum cone* yang bekerja nilainya mendekati 10 x diameter angkurnya ( **Gambar 2.20.**). Diusahakan agar angkur tertanam pada tanah yang cukup keras  $N\text{-SPT}=20$  dan berada diluar bidang longsor yang terjadi.



**Gambar 2.20.** Perbandingan besarnya *frustum cone* yang terjadi

Pemasangan angkur dilaksanakan dengan cara yang praktis dengan mendorong angkur pada posisi yang diinginkan, kemudian menarik batang penekan dilanjutkan dengan proses *loadlocking* untuk mengunci gaya tarik dari angkur (**Gambar 2.21.**). Proses pemasangan ini berisiko kecil terhadap stabilitas lereng karena tidak adanya galian(bor) dan getaran pada saat penetrasi relatif tidak merusak material yang ada. Angker yang digunakan dalam kasus ini adalah SH60 dengan jarak diambil berdasarkan SF yang diinginkan. (**Gambar 2.22.**)



**Gambar 2.21.** Proses pengankuran yang praktis dan relatif



**Gambar 2.22.** Umur ankur yang dapat mencapai 20 tahun

Spesifikasi material angkur dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.2** Ukuran angker *Skyhook*

<b>Ukuran Angkur</b>	<b>Kapasitas Kekuatan (kN)</b>
SH10	10
SH20	20
SH30	30
SH40	40
SH60	60
SH110	110
SH200	200
SH300	300

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian Tugas Akhir ini adalah menganalisis kestabilan lereng dengan menggunakan *Software Geo Slope 2007*. Analisis stabilitas lereng tergantung pada perhitungan besarnya faktor keamanan dari lereng tersebut. Oleh karena itu fokus pembahasan dalam penelitian ini ditekankan pada analisis perhitungan besarnya faktor keamanan lereng. Dimana dari hasil perhitungan faktor keamanan tersebut dapat diketahui apakah lereng tersebut cukup aman ataukah diperlukan suatu perkuatan.

#### **3.2. Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari:

- Buku diktat kuliah yang berhubungan dengan tujuan dibuatnya laporan penelitian ini.
- Literatur di internet

Data sekunder tersebut meliputi:

- Data tanah

Data tanah yang diperlukan dalam menganalisis kestabilan lereng meliputi: berat isi tanah( $\gamma$ ), kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam tanah( $\phi$ ).

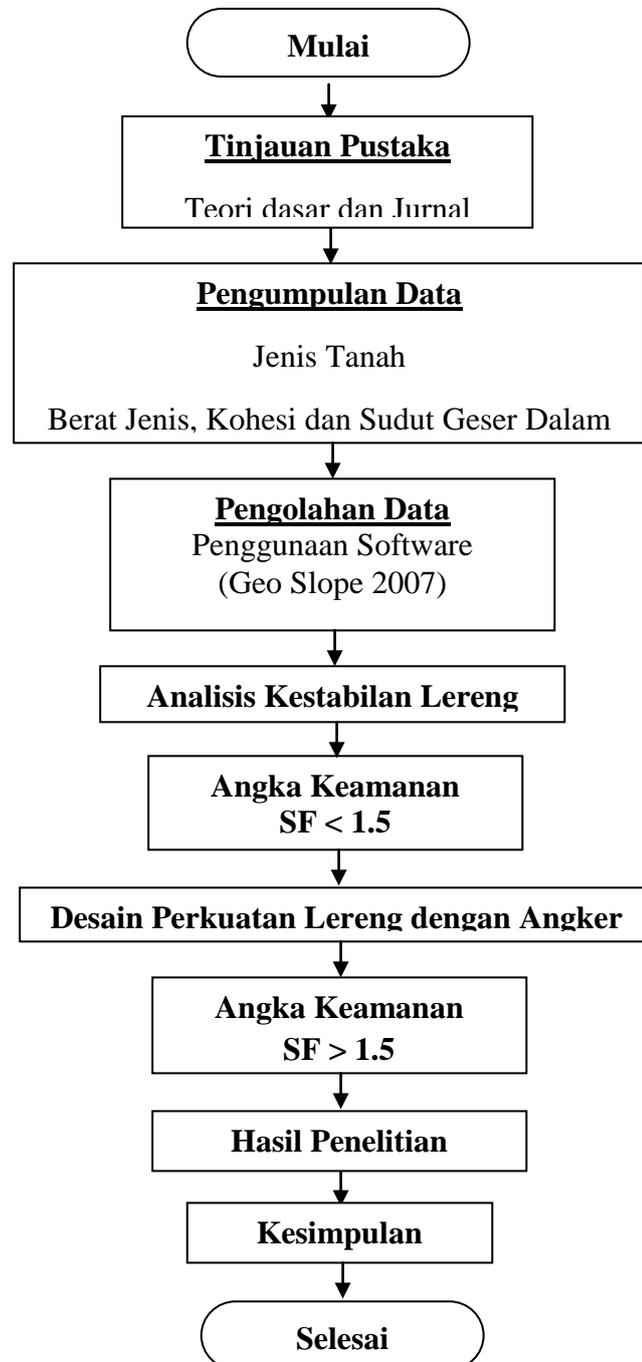
Adapun data material tanah yang diperoleh dari buku diktat kuliah meliputi:

**Tabel 3.1** Harga-harga  $\phi$  berdasarkan Krey

<b>Jenis Tanah</b>	<b>Angka Pori (e) %</b>	<b>Kadar air (w) %</b>	<b>Berat Isi (<math>\gamma</math>) kN/m<sup>3</sup></b>	<b>Kohesi (c) kN/m<sup>2</sup></b>	<b><math>\phi</math></b>
Tanah Lempung	40	21	20	5	20°
Tanah Humus	-	-	12	3	25°

Sumber: Mekanika Tanah 2 ( Ir. G. Djatmiko Soedarmo & Ir. S. J. Edy Purnomo)

### 3.3. Kerangka Prosedur Penelitian

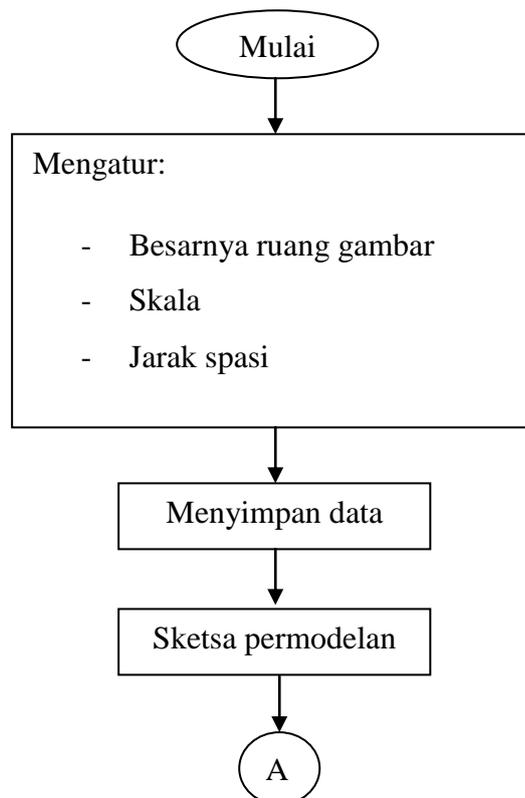


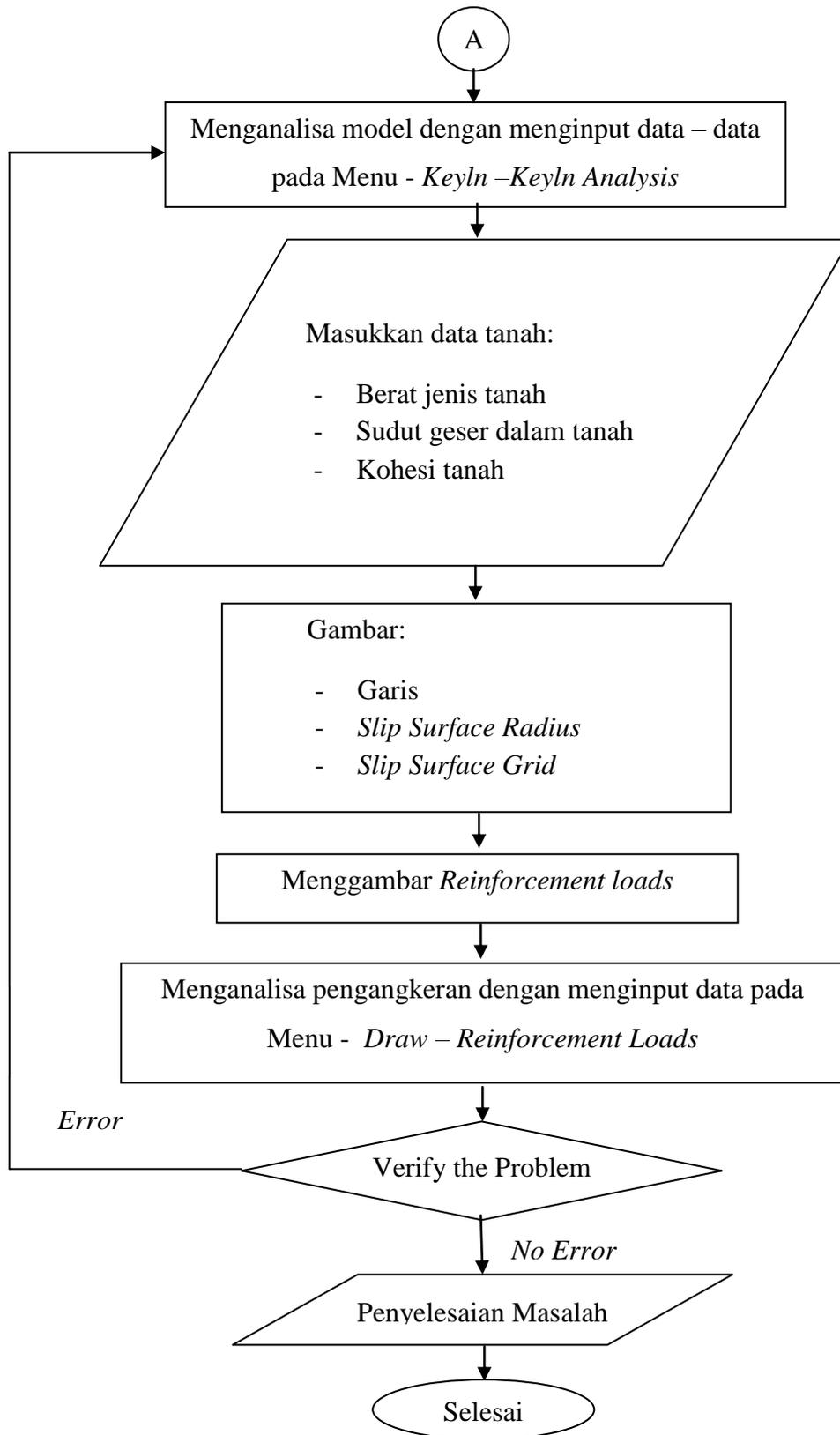
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

### 3.4. Alur Program (*Flow Chart*)

Penyelesaian perhitungan dimulai dengan menjalankan *Software Slope / W*, menginput data-data dari lereng yang akan direncanakan. Penginputan data, awalnya yaitu menentukan *Engineering Uni*. Memilih satuan yang digunakan, data dari lapangan harus disesuaikan satuannya dengan cara mengkonversikannya, sebab penyelesaian permasalahan dapat diselesaikan dengan 2 cara, yaitu dalam *metric* atau dalam *feet*. Penyesuaian satuan menentukan ketepatan dalam mencari angka keamanan lereng.

Secara garis besar alur penyelesaian pemodelan dapat digambarkan pada flowchart berikut:





**Gambar 3.2.** Diagram alir langkah kerja *Software Slope / W*

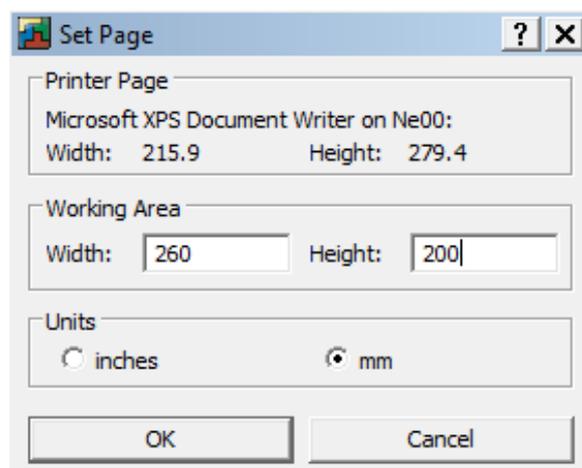
### 3.4.1. Define

Dalam menyelesaikan suatu permasalahan, sebaiknya ditentukan terlebih dahulu parameter tanah yang digunakan, penyesuaian/konversi data – data yang diperoleh, kemudian menyelesaikan dengan urutan sebagai berikut:

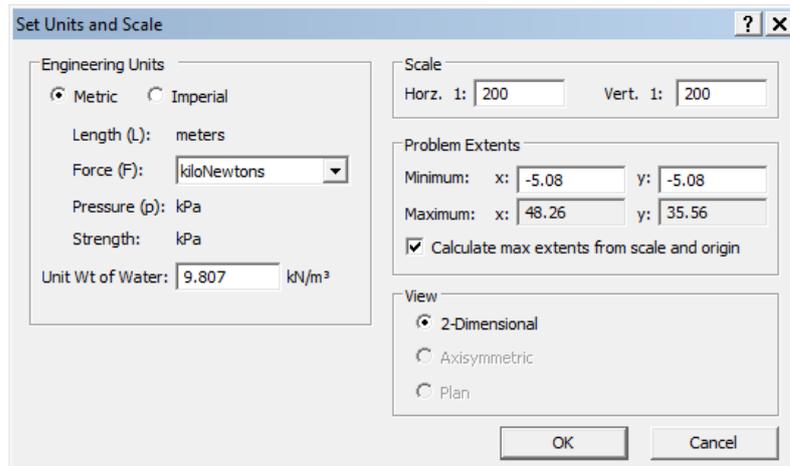
#### 3.4.1.1. Mengatur Ruang Kerja

Mengatur ruang kerja dimaksudkan untuk menentukan besarnya area pengerjaan, skala yang digunakan dan menentukan satuan dalam *Engineering Units*. Langkah – langkah kerjanya sebagai berikut:

1. Pilih Menu – *Set* kemudian *Page*, satuan yang digunakan dalam mm. Isi 260 pada *Width* dan 200 pada *Height*. Klik Ok.
2. Pilih Menu – *Set* kemudian *Scale*, untuk *Engineering Units* menggunakan meter. Isi skala Horizontal 1:200 dan Vertikal 1:200, lalu klik Ok.



(a)

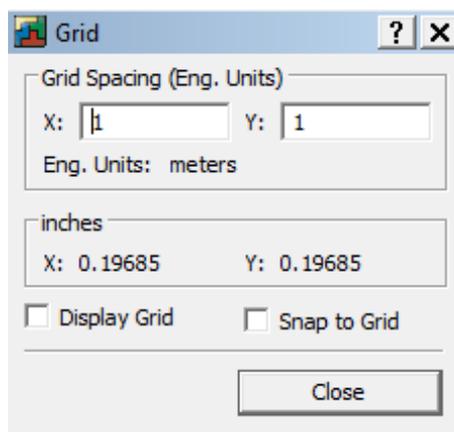


(b)

**Gambar 3.3.** (a) Ukuran ruang kerja

(b) Ukuran skala

3. Pilih Menu – *Set* kemudian *Grid*, setelah muncul kotak dialog, check box *Display Grid* dan *Snap to Grid*, lalu Ok. Titik- titik ini dapat mengikat (Snap pada CAD) gambar secara geometri ketika kita membuat titik (*points*) dan garis (*lines*) pada koordinat yang tepat. Jarak antara titik pada grid yang sesuai pada contoh misalnya 1 m.

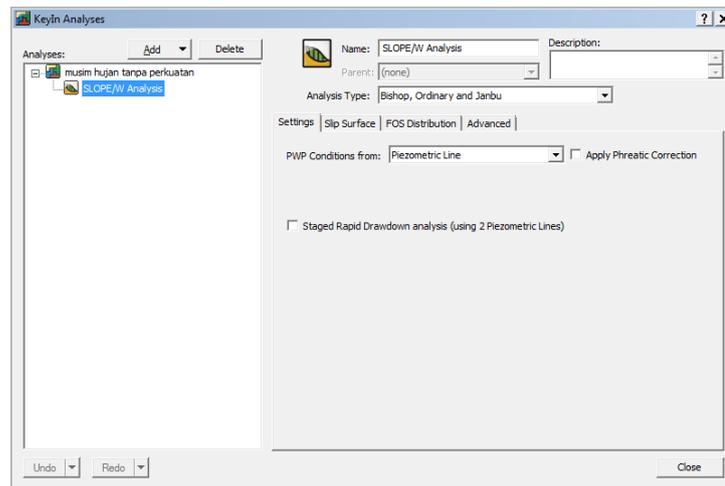


**Gambar 3.4.** Kotak dialog *Grid*

### 3.4.1.2. Menentukan Metode Analisis

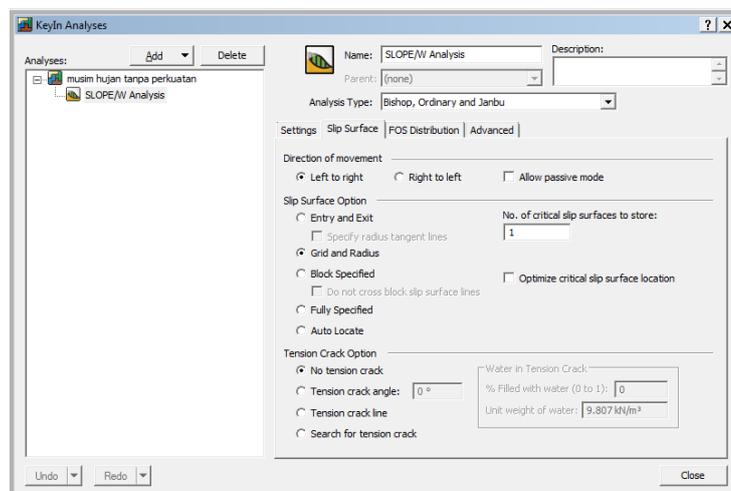
Untuk menentukan metode analisis:

1. Pilih *Keyln Analysis* pada *Keyln* menu. *Dialog box* akan ditampilkan.



**Gambar 3.5.** Menentukan metode masalah

2. Pilih Bishop, Ordinary, and Janbu untuk *Analysis Type*
3. Pilih *Piezometric line* untuk *PWP Conditions*.
4. Pilih control tab pada *Slip Surface* pada *Keyln Analysis* pada *Keyln* menu. *Dialog box* berikut akan ditampilkan.



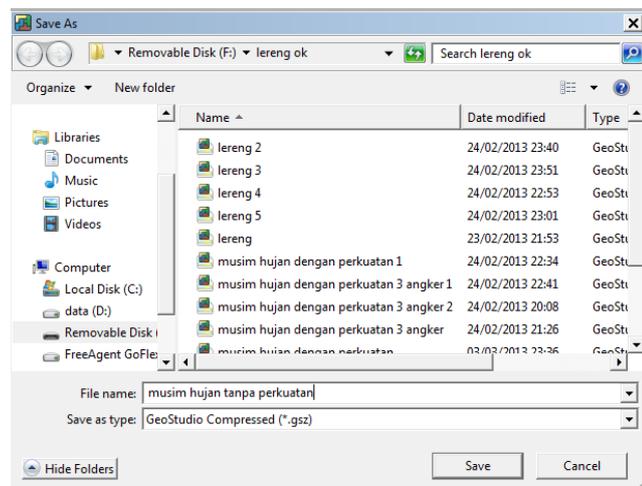
**Gambar 3.6.** Kotak dialog *Slip Surface*

5. Pilih *Grid and Radius* untuk *Slip Surface*. Hal ini memungkinkan kita untuk menetapkan tempat terjadinya *Slip Surface* dengan memperhatikan *Grid* dari pusat *Slip Surface* dan garis *Radius*.
6. Pilih Ok.

### 3.4.1.3. Menyimpan Data

Data – data yang telah diinput sebelumnya disimpan, dengan cara sebagai berikut:

1. Pilih *Save* pada *File* menu, simpan data yang telah diinput dengan nama Musim Hujan Tanpa Perkuatan. Klik *Save*.



**Gambar 3.7.** Tampilan kotak dialog *save*

### 3.4.1.4. Mengambar Sketsa Masalah

Dalam mendefinisikan suatu kasus tentang stabilitas lereng akan lebih mudah bila kita membuat sketsa terlebih dahulu. Sketsa ini berguna untuk menuntun kita dalam menggambar elemen – elemen geometrisnya.

Untuk menggambar sketsa stabilitas lereng:

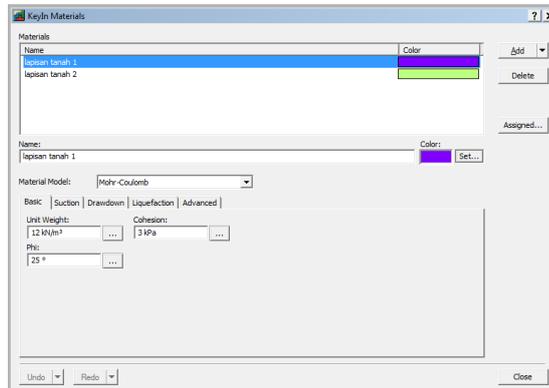
1. Pada *Zoom* toolbar, klik kiri mouse pada tombol *Zoom Page*.  
Seluruh ruang kerja akan ditampilkan pada jendela DEFINE.
2.  Klik pada tombol *Polylines*. Arahkan kursor menuju koordinat (0,12) dan klik kiri pada mouse.
3. Arahkan kursor menuju koordinat (15,12) dan klik kiri pada mouse.
4. Arahkan kursor menuju koordinat (16,11) dan klik kiri pada mouse.
5. Arahkan kursor menuju koordinat (22,5) dan klik kiri pada mouse.
6. Arahkan kursor menuju koordinat (30,5) dan klik kiri pada mouse.
7. Arahkan kursor menuju koordinat (30,0) dan klik kiri pada mouse.
8. Arahkan kursor menuju koordinat (0,0) dan klik kiri pada mouse.
9. Kemudian arahkan kursor kembali menuju koorninat (0,12) dan klik kanan pada mouse.
10.  Klik kembali tombol *polylines*. Untuk menunjukkan batas tanah, tambahkan garis koordinat (0,11) ke koordinat (16,11). Maka jadilah ambar simulasi kasus seperti jendela berikut:



**Gambar 3.8.** Sketsa Lereng

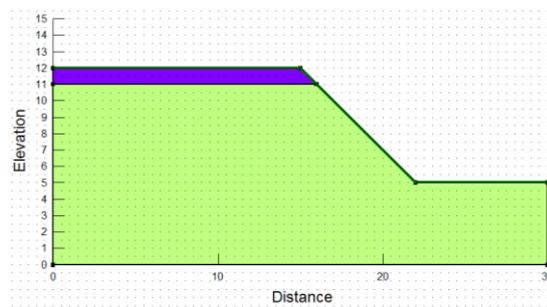
### 3.4.1.5. Menentukan *Soil Properties*

1.  Klik *Draw Regions* pada *Draw* menu. Kemudian menggambar lapisan tanah atas.
2. Arahkan kursor menuju koordinat (0,12) dan klik kiri pada mouse.
3. Arahkan kursor menuju koordinat (15,12) dan klik kiri pada mouse.
4. Arahkan kursor menuju koordinat (16,11) dan klik kiri pada mouse.
5. Arahkan kursor menuju koordinat (0,11) dan klik kiri pada mouse.
6. Kemudian arahkan kursor kembali menuju koordinat (0,12) dan klik kanan pada mouse.
7. Untuk lapisan tanah bawah. Arahkan kursor menuju koordinat (0,11) dan klik kiri pada mouse.
8. Arahkan kursor menuju koordinat (16,11) dan klik kiri pada mouse.
9. Arahkan kursor menuju koordinat (22,5) dan klik kiri pada mouse.
10. Arahkan kursor menuju koordinat (30,5) dan klik kiri pada mouse.
11. Arahkan kursor menuju koordinat (30,0) dan klik kiri pada mouse.
12. Arahkan kursor menuju koordinat (0,0) dan klik kiri pada mouse.
13. Kemudian arahkan kursor kembali menuju koordinat (0,11) dan klik kanan pada mouse.
11.  Klik *Materials* pada *Draw* menu. Kemudian muncul kotak dialog



**Gambar 3.9.** Tampilan kotak *Keyln Materials*

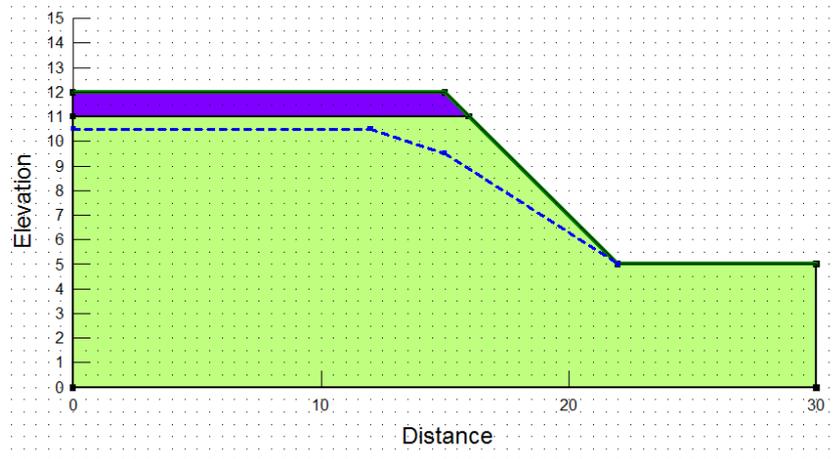
12. Pilih Mohr – Coulomb pada *Material Model*, ketik Lapisan Tanah 1 pada *Name* edit box.
  13. Ketik 12 kN/m<sup>3</sup> pada *Unit Weight* edit box.
  14. Ketik 3 kPa pada *Cohesion* edit box.
  15. Ketik 25 ° pada *Phi* edit box.
  16. Ulangi langkah no 12 sampai 15 untuk lapisan tanah 2, 18 kN/m<sup>3</sup> pada *Unit Weight* edit box, 9 kPa pada *Cohesion* edit box, 15 ° pada *Phi* edit box.
  17. Klik kiri gambar lapisan tanah 2 kemudian klik kiri lapisan tanah 1.
- Maka jadilah simulasi kasus seperti jendela berikut:



**Gambar 3.10.** Model lapisan tanah

### 3.4.1.6. Menggambar Garis Piezometric.

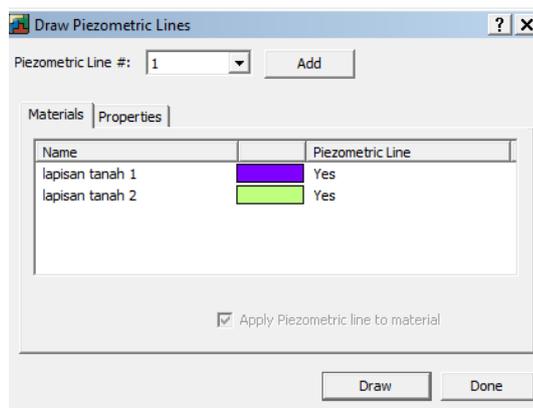
Tekanan air pori kedua jenis lapisan tanah didefinisikan dalam garis *piezometric*.



**Gambar 3.11.** Model Lereng dengan garis *Piezometric*

Cara menggambar garis *Piezometric*:

1.  Klik *Pore Water Pressure* pada *Draw* menu. Kemudian muncul kotak dialog berikut:

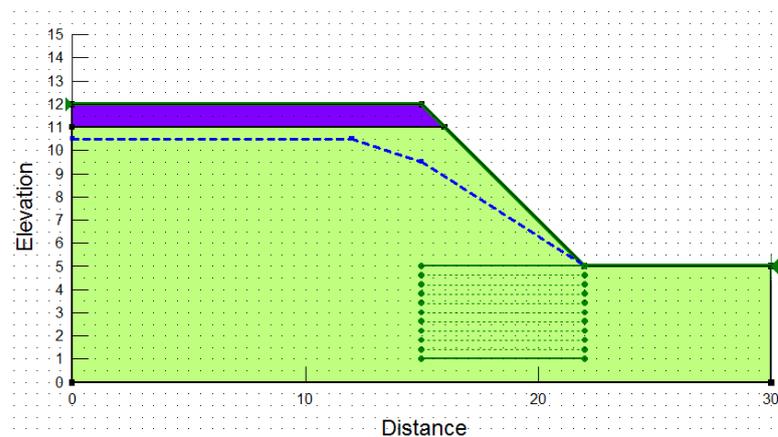


**Gambar 3.12.** Tampilan kotak dialog *Draw Piezometric*

2. Klik *Draw* kemudian geser kursor dekat (0,10.5) dan klik kiri mouse.
3. Geser kursor dekar (12,10.5) dan kiri kiri mouse.
4. Geser kursor dekar (15,9.5) dan kiri kiri mouse.
5. Geser kursor dekar (22,5) dan kiri kiri mouse, kemudian klik kanan mouse untuk menyelesaikan gambar garis *Piezometric*.

#### 3.4.1.7. Menggambar Garis *Slip Surface Radius*.

Untuk menentukan lokasi yang mungkin terjadi *Slip Surface*, perlu untuk menentukan lines atau points yang akan digunakan untuk menghitung radius longsoran.



**Gambar 3.13.** Model lereng dengan garis *Slip Surface Radius*

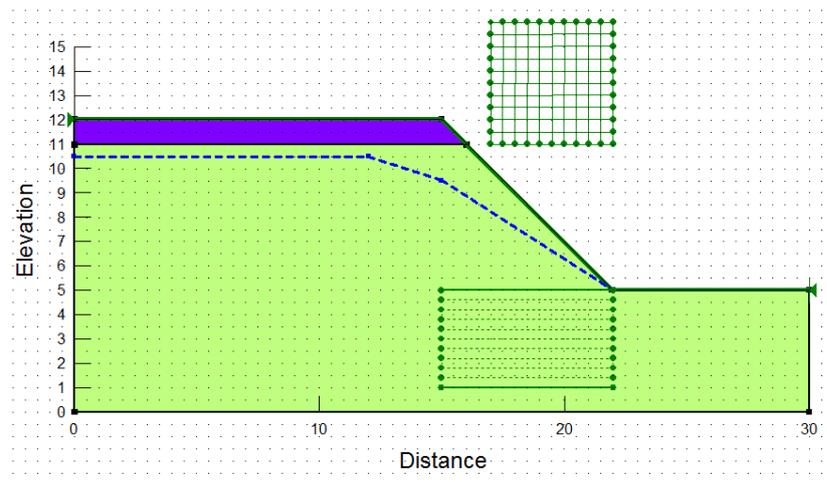
Cara menggambar garis radius:

1. Jika kita telah menonaktifkan Grid, pilih perintah Snap Grid pada *Grid Toolbar*.
2.  Klik *Draw Slip Surface Radius*. Kemudian geser kursor dekat (15,5) dan klik kiri. Geser kursor dekat (22,5) dan klik kiri.

3. Geser kursor dekat (22,1) dan klik kiri mouse.
4. Geser kursor dekat (15,1) dan klik kiri mouse.
5. Area dimana garis radius akan digambarkan, jendela dialog *Draw Slip Surface Radius* akan muncul. Pastikan angka 10 pada edit box # *of Radius increments*.
6. Klik Ok.

#### 3.4.1.8. Menggambar Garis *Slip Surface Grid*.

Sebuah grid dari pusat rotasi harus didefinisikan untuk menentukan dan mengendalikan lokasi yang mungkin terjadi *Slip Surface*.

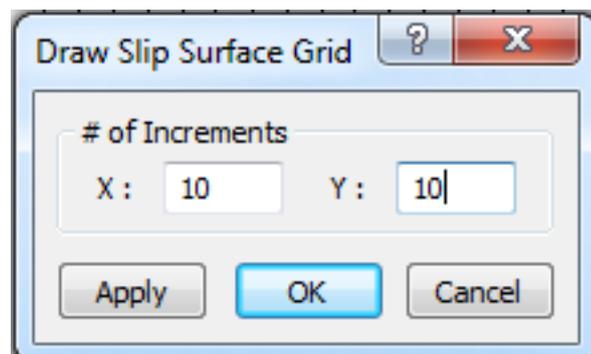


**Gambar 3.14.** Model lereng dengan garis *Slip Surface Grid*

Cara menggambar Grid:

1.  Klik *Draw Slip Surface Grid*. Kemudian geser kursor pada koordinat (17,11) dan klik kiri mouse.
2. Geser kursor pada koordinat (22,11) dan klik kiri mouse.

3. kursor pada koordinat (22,16) dan klik kiri mouse. Maka tergambar sebuah paralelogram. Area dimana digambarkan dan ditunjukkan, jendela dialog *Draw Slip Surface Grid* akan muncul:

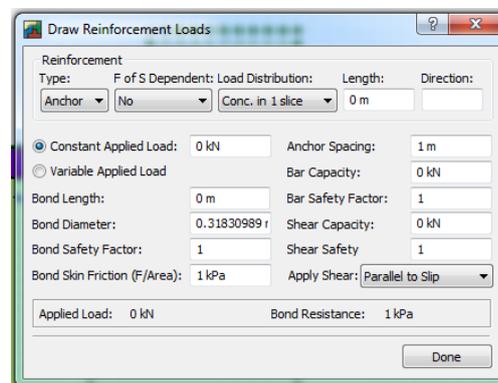


**Gambar 3.15.** Tampilan kotak dialog *Draw Slip Surface Grid*

4. Ketik 10 pada X Increments edit box.
5. Ketik 10 pada Y Increments edit box.
6. Klik Ok untuk membuat grid centers.

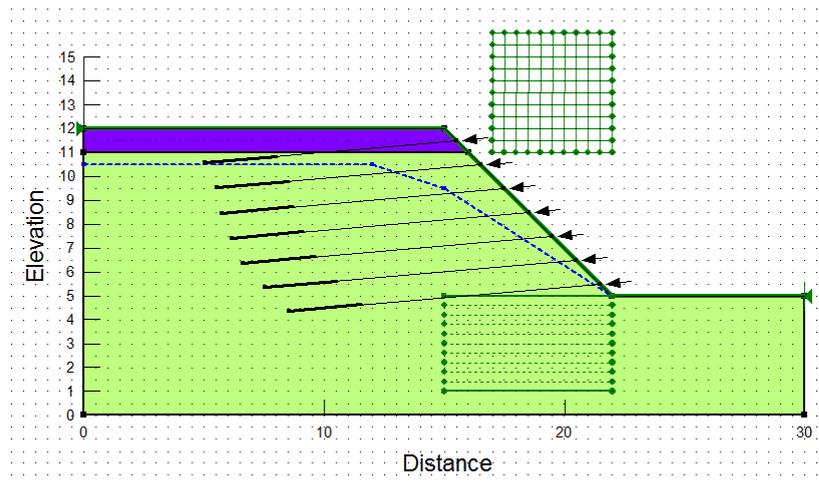
#### 3.4.1.9. Menggambar *Reinforcement Loads*.

1.  Klik *Draw Reinforcement Loads*, maka muncul tampilan dialog berikut:



**Gambar 3.16.** Tampilan kotak dialog *Draw Reinforcement Loads*

2. Menginput data pengangkeran pada kotak dialog *Draw Reinforcement Loads*.
3. Menggambar angker sesuai data yang diinginkan.



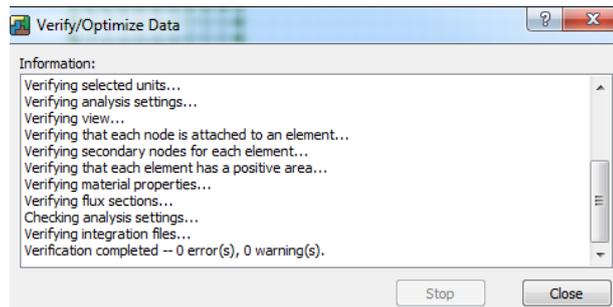
**Gambar 3.17.** Model lereng dengan *Reinforcement Loads*

#### 3.4.1.10. Melakukan Verifikasi Masalah.

Definisi sudah harus diverifikasi oleh *Slope / W* untuk memastikan bahwa data telah didefinisikan secara tepat. Perintah *Tools Verify* mampu melakukan beberapa pemeriksaan untuk membantu kita untuk menemukan *Error* (kesalahan) pada pendefinisihan masalah.

Cara melakukan *Verify* masalah:

1.  Klik *Verify* pada *Tools* menu. Maka muncul kotak dialog berikut ini:



**Gambar 3.18.** Tampilan kotak dialog *Verify / Optimize Data*

2. Jika terdapat *error* artinya data yang diinput salah atau data kurang lengkap.

### 3.4.2. *Solve*

Untuk memulai menghitung faktor – faktor keamanan, klik *Start* pada jendela *Solve*. Selama proses tersebut berlangsung, program *Solve* menampilkan nilai faktor keamanan dan banyaknya jumlah *Slip Surface* yang sedang dianalisa. Sebagaimana pada contoh berikut, total *Slip Surface* yang dianalisa sebanyak 1331 buah.

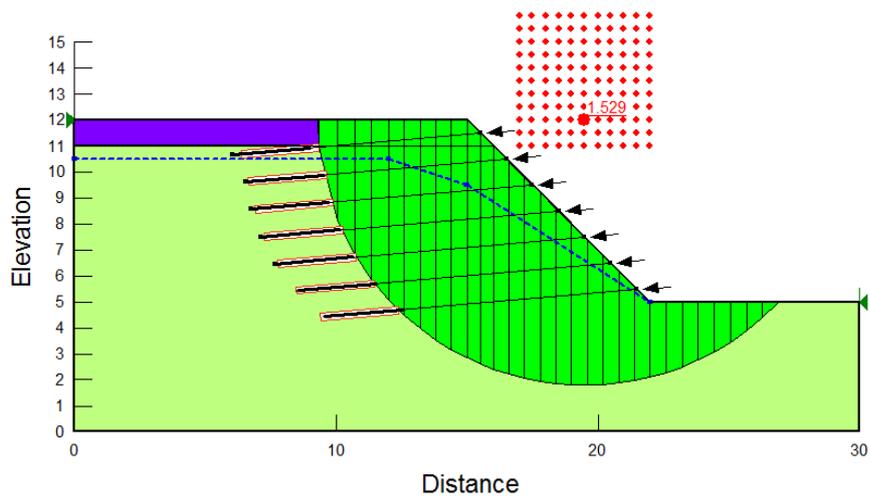


**Gambar 3.19.** Tampilan *Running Solve*

### 3.4.3. Contour

Program *Slope / W Contour* memungkinkan kita untuk melihat hasil – hasil analisa masalah secara grafis dengan cara:

- Menampilkan semua hasil analisa *Slip Surface* beserta nilai faktor – faktor keamanan.
- Membuat plot – plot kontur dari *Safety Factor*.
- Menampilkan sebuah diagram bebas dan *force polygon* untuk setiap irisan pada *Slip Surface* Minimum.



**Gambar 3.20.** Model lereng dengan bidang longsor.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan**

##### **4.1.1 Penentuan Model Lereng**

Tanah pada lereng tersebut adalah lapisan tanah yang diasumsikan homogen isotropis, maka untuk bentuk bidang gelincir yang terjadi pada lereng adalah bentuk keruntuhan gelincir yang mendekati bentuk busur lingkaran.

Dalam analisis kestabilan lereng, untuk menganalisis apakah suatu lereng stabil terhadap gelincir atau tidak, maka perlu menduga lengkung permukaan gelincir yang merupakan bentuk satu kesatuan sesuai dengan keadaan sekelilingnya, tetapi pada umumnya permukaan gelincir diasumsikan sebagai lengkung lingkaran

##### **4.1.2 Analisis Manual Kestabilan Lereng Tanpa Perkuatan**

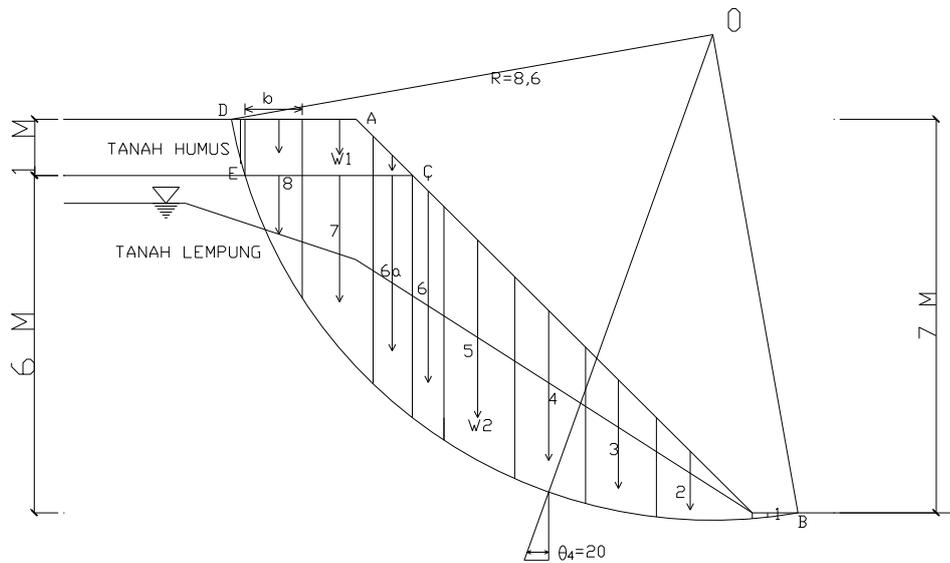
Untuk keperluan analisis kestabilan lereng maka parameter-parameter yang diperlukan adalah sebagai berikut:

$$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3 \quad c = 3 \text{ kN/m}^2 \quad \phi = 25^\circ \quad (\text{Lapisan Tanah Humus})$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad c = 5 \text{ kN/m}^2 \quad \phi = 20^\circ \quad (\text{Lapisan Tanah Lempung})$$

Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggiannya 7 m.

Panjang miring lereng 9.89 m.



**Gambar 4.1.** Analisis manual kestabilan lereng

Bidang longsor dibagi dalam 8 irisan. Panjang total dari bidang longsor (arah horisontal) = 10 m, maka tiap irisan akan mempunyai lebar  $10/8=1,25$  m. Cara menghitung gaya berat dan tekanan air pori di dalam **Tabel 4.1** Analisis Manual Kestabilan Lereng tanpa Perkuatan adalah sebagai berikut:

Misalnya untuk irisan no.4. Lapisan atas mempunyai tinggi  $h_1=0$  m dan lapisan bawah mempunyai tinggi  $h_2=3,22$  m.

$$\text{Berat irisan no.4} = 0 \times 1,25 \times 12 + 3,22 \times 1,25 \times 20 = 80,50 \text{ kN}$$

$$\text{Ordinat tekanan air pori, diukur} = 1,9 \text{ m.}$$

$$\text{Tekanan air pori} = 1,9 \times 9,81 = 18,6 \text{ kN}$$

$$\text{Panjang garis longsor} = 1,3 \text{ m}$$

$$\text{Gaya akibat tekanan air pori } U_i = 18,6 \times 1,3 = 24,23 \text{ kN}$$

No.Irisan	b (m)	h1 (m)	h2(m)	$\theta_i$ (°)	$W1=\gamma bh1$ (kN)	$W2=\gamma bh2$ (kN)	$W_i = W1 + W2$ (Kn)
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.80	0.00	0.08	-6	0.00	1.23	1.23
2	1.70	0.00	1.22	3	0.00	41.48	41.48
3	1.25	0.00	2.33	11	0.00	58.25	58.25
4	1.25	0.00	3.22	20	0.00	80.50	80.50
5	1.25	0.00	3.91	29	0.00	97.75	97.75
6	1.25	0.00	4.24	35	0.00	106.00	106.00
6a	0.70	0.36	4.01	40	3.02	56.14	59.16
7	1.25	1.00	3.07	48	15.00	76.75	91.75
8	1.01	1.00	1.47	60	12.12	29.69	41.81
8a	0.24	0.72	0.00	75	2.07	0.00	2.07

**Tabel 4.1** Analisis Manual Kestabilan Lereng tanpa Perkuatan

Lanjutan **Tabel 4.1**

No. Irisan	$\sin \theta_i$	$\cos \theta_i$	$W \cos \theta_i$ (kN)	$W \sin \theta_i$ (kN)	$U_i = u_i \cdot a_i$ (kN)	$W \cos \theta_i - u_i a_i$ (kN)
	8	9	10	11	12	13
1	-0.10	0.99	1.23	-0.13	0.63	0.60
2	0.05	1.00	41.42	2.17	12.56	28.87
3	0.19	0.98	57.18	11.11	19.13	38.05
4	0.34	0.94	75.65	27.53	24.23	51.41
5	0.48	0.87	85.49	47.39	30.21	55.28
6	0.57	0.82	86.83	60.80	14.42	72.41
6a	0.64	0.77	45.32	38.03	15.70	29.63
7	0.74	0.67	61.39	68.18	29.43	31.96
8	0.87	0.50	20.91	36.21	8.63	12.27
						<b>320.48</b>
8a	0.97	0.26	0.54	2.00	0.00	<b>0.54</b>
				<b>293.30</b>		

Dengan memperhatikan jari-jari dan sudut yang diapit, panjang garis DE = 1,02 m dan BE = 12,5 m.

Tahanan terhadap longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi:

$$\Sigma c_i a_i = 3 \times 1,02 + 5 \times 12,5 = 65,56 \text{ kN}$$

Tahanan terhadap longsor oleh komponen gesekan pada kedua lapisan:

$$320,48 \times \text{tg } 20^\circ + 0,54 \times \text{tg } 25^\circ = 116,9 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, faktor aman } F &= \frac{65,56+116,9}{293,3} \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

### 4.1.3 Analisis Kestabilan Lereng tanpa Perkuatan dengan Menggunakan Software Geo Slope

#### 4.1.3.1 Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Hujan

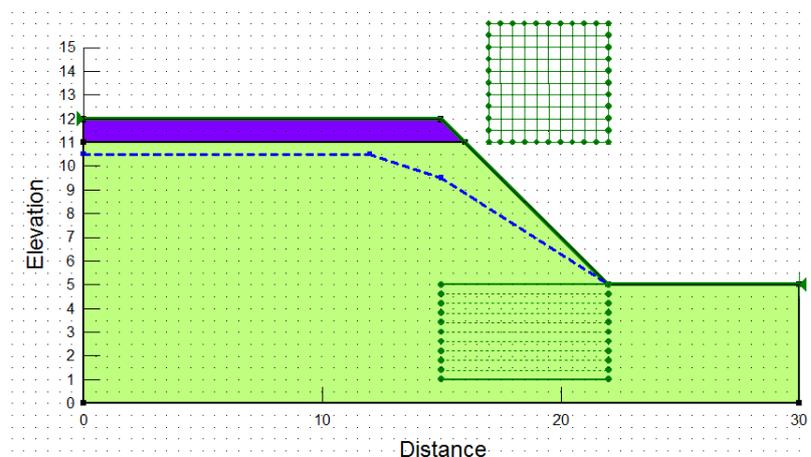
Data –data yang digunakan adalah:

$$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3 \quad c = 3 \text{ kN/m}^2 \quad \phi = 25^\circ \quad (\text{Lapisan Tanah Humus})$$

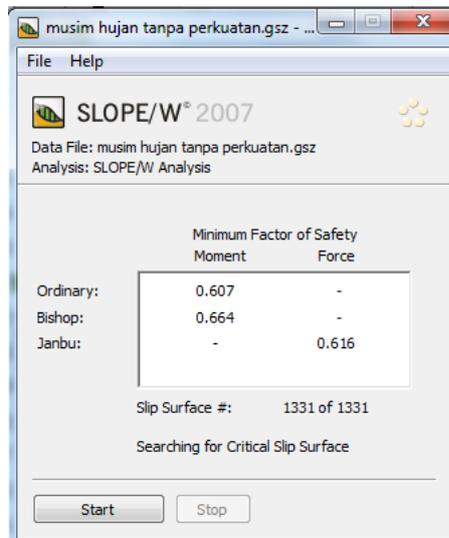
$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad c = 5 \text{ kN/m}^2 \quad \phi = 20^\circ \quad (\text{Lapisan Tanah Lempung})$$

Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggiannya 7 m.

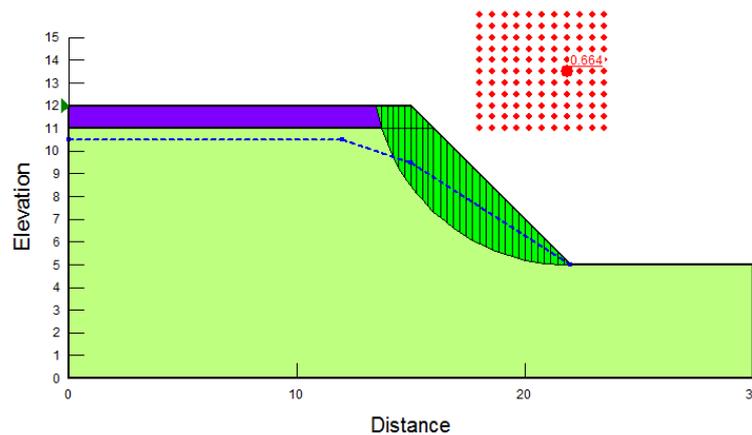
Panjang miring lereng 9.89 m.



**Gambar 4.2.** Model lereng pada kondisi musim hujan tanpa perkuatan



**Gambar 4.3.** Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim hujan



**Gambar 4.4.** Bidang longsor pada kondisi musim hujan tanpa perkuatan

Hasil analisis faktor keamanan lereng pada musim hujan tanpa perkuatan adalah 0.664, maka lereng tidak stabil karena faktor keamanan lereng lebih kecil dari 1.5. Oleh karena itu lereng memerlukan perkuatan, yang selanjutnya akan dibahas pada bab ini.

#### 4.1.3.2 Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Kemarau

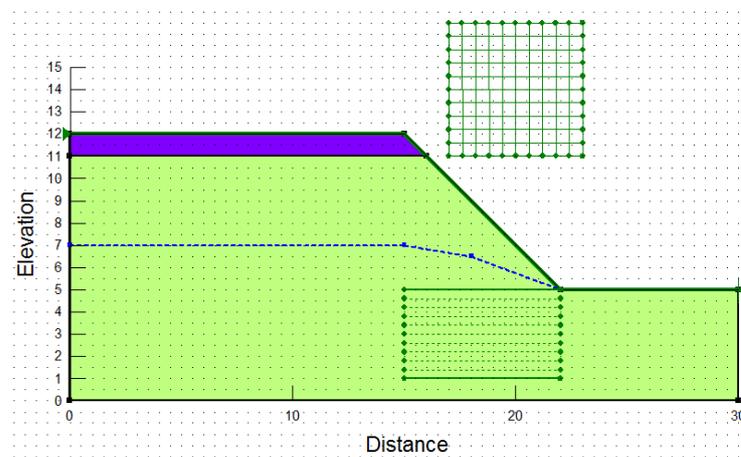
Data –data yang digunakan adalah:

$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$       $c = 3 \text{ kN/m}^2$       $\phi = 25^\circ$  (Lapisan Tanah Humus)

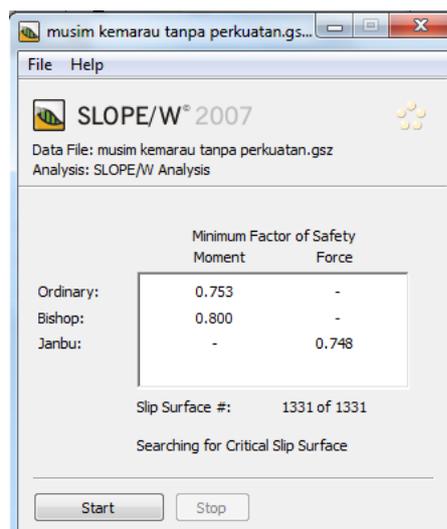
$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$       $c = 5 \text{ kN/m}^2$       $\phi = 20^\circ$  (Lapisan Tanah Lempung)

Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggiannya 7 m.

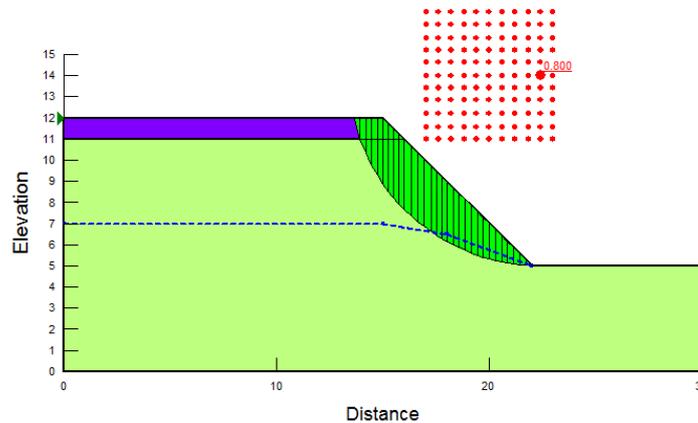
Panjang miring lereng 9.89 m.



**Gambar 4.5.** Model lereng pada kondisi musim kemarau tanpa perkuatan



**Gambar 4.6.** Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim kemarau



**Gambar 4.7.** Bidang longsor pada kondisi musim kemarau tanpa perkuatan

Jadi  $FK = 0.800 < 1.5$  ..... ( Lereng tidak stabil)

Oleh karena itu lereng pada kondisi musim kemarau memerlukan struktur perkuatan angker, yang akan dibahas pada bab ini.

#### 4.2 Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Angker

Selanjutnya melangkah pada kondisi lereng dengan diberi perkuatan angker. Dimana sebelumnya telah disimulasikan pada kedua kondisi musim kemarau dan musim hujan. Angker merupakan struktur pembantu untuk meningkatkan kekuatan lereng dalam menahan tekanan tanah yang terjadi. Angker dipasang harus melewati bidang longsor tanah agar tidak terpengaruh dengan pergerakan tanah pada bidang longsor tersebut. Gaya tarik dari angker ini dipengaruhi oleh gaya geser dari tanah yang ada disekitarnya. Maka sebelum pemasangan angker dilakukan, haruslah diketahui dulu gaya geser tanah yang bekerja pada daerah penjangkaran.

#### 4.2.1 Analisis Manual Kestabilan Lereng Dengan Perkuatan

Untuk keperluan analisis kestabilan lereng maka parameter-parameter yang diperlukan adalah sebagai berikut:

$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$      $c = 3 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 25^\circ$  (Lapisan Tanah Humus)

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$      $c = 5 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 20^\circ$  (Lapisan Tanah Lempung)

Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggiannya 7 m.

Panjang miring lereng 9.89 m.

Ukuran angker = SH60

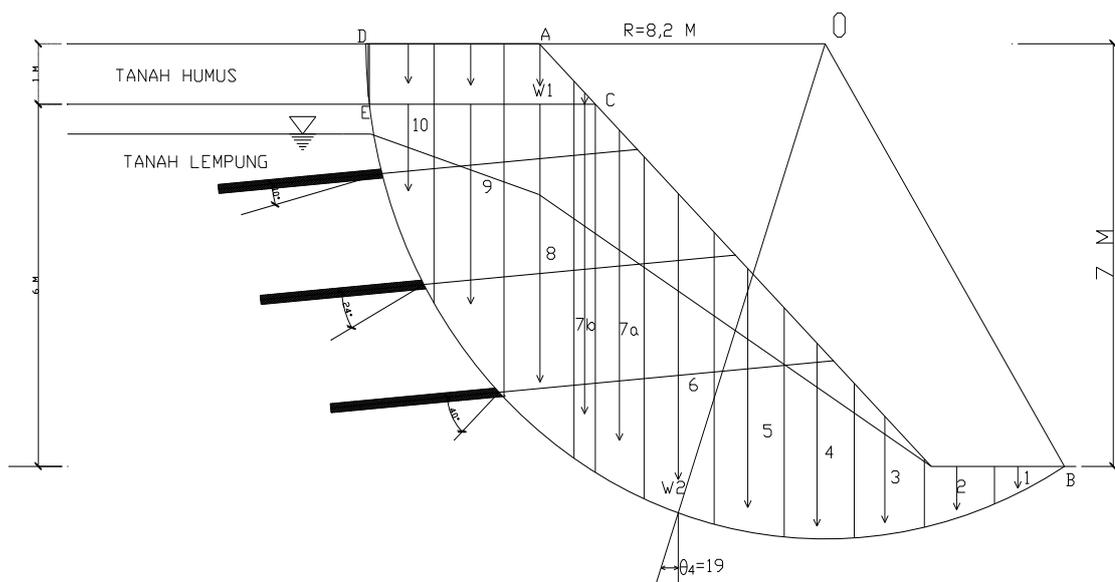
Jumlah angker = 3 buah

Panjang angker = 7.5-9 m

Panjang jepit angker = 3 m

Diameter jepit angker = 0.3 m

Kapasitas Kekuatan = 60 kN



**Gambar 4.8.** Analisis manual kestabilan lereng dengan perkuatan

Bidang longsor dibagi dalam 10 irisan. Panjang total dari bidang longsor (arah horisontal) = 12,5 m, maka tiap irisan akan mempunyai lebar  $12,5/10=1,25$  m. Cara menghitung gaya berat dan tekanan air pori di dalam **Tabel 4.2** Analisis Manual Kestabilan Lereng Dengan Perkuatan adalah sebagai berikut:

Misalnya untuk irisan no.6. Lapisan atas mempunyai tinggi  $h_1=0$  m dan lapisan bawah mempunyai tinggi  $h_2=5,28$  m.

Berat irisan no.4 =  $0 \times 1,25 \times 12 + 5,28 \times 1,25 \times 20 = 132,10$  kN

Ordinat tekanan air pori, diukur = 3,67 m.

Tekanan air pori =  $3,67 \times 9,81 = 36$  kN

Panjang garis longsor = 1,32 m

Gaya akibat tekanan air pori  $U_i = 36 \times 1,32 = 47,52$  kN

**Tabel 4.2** Analisis Manual Kestabilan Lereng dengan Perkuatan

No.Irisan	b (m)	h1 (m)	h2(m)	$\theta_i$ (°)	$W1=\gamma b h_1$ (kN)	$W2=\gamma b h_2$ (kN)	$W_i = W1 + W2$ (Kn)
	1	2	3	4	5	6	7
1	1,25	0,00	0,45	-25	0,00	11,13	11,13
2	1,25	0,00	0,86	-17	0,00	21,43	21,43
3	1,25	0,00	1,96	-7	0,00	48,99	48,99
4	1,25	0,00	3,24	1	0,00	80,98	80,98
5	1,25	0,00	4,36	10	0,00	108,93	108,93
6	1,25	0,00	5,28	19	0,00	132,10	132,10
7a	0,87	0,00	5,90	27	0,00	102,59	102,59
7b	0,38	0,19	5,98	32	0,87	45,45	46,32
8	1,25	1,00	5,42	38	15,00	135,58	150,58
9	1,25	1,00	4,21	51	15,00	105,28	120,28
10a	1,15	1,00	2,44	65	13,80	56,12	69,92
10b	0,06	0,82	0,00	84	0,60	0	0,60

Lanjutan Tabel 4.2

No. Irisan	sin $\theta_i$	cos $\theta_i$	Wicos $\theta_i$ (kN)	Wisin $\theta_i$ (kN)	U $_i$ =u $_i$ .a $_i$ (kN)	Wicos $\theta_i$ -u $_i$ a $_i$ (kN)
	8	9	10	11	12	13
1	-0,42	0,91	10,08	-4,70	6,11	3,98
2	-0,29	0,96	20,49	-6,26	10,52	9,97
3	-0,12	0,99	48,62	-5,97	20,58	28,04
4	0,02	1,00	80,96	1,41	30,68	50,28
5	0,17	0,98	107,27	18,91	39,71	67,56
6	0,33	0,95	124,90	43,01	47,52	77,38
7a	0,45	0,89	91,41	46,58	35,67	55,74
7b	0,53	0,85	39,28	24,55	17,36	21,92
8	0,62	0,79	118,65	92,70	61,44	57,21
9	0,78	0,63	75,69	93,47	61,10	14,60
10a	0,91	0,42	29,55	63,37	41,91	-12,36
						<b>374,31</b>
10b	0,99	0,10	0,06	0,59	0,00	<b>0,06</b>
				<b>367,66</b>		

Dengan memperhatikan jari-jari dan sudut yang diapit, panjang garis DE = 1,00 m dan BE = 16,359 m.

Tahanan terhadap longsoran yang dikerahkan oleh perkuatan angker:

$$\theta \text{ angker. } 60 \text{ kN} = 10 \times 60 \text{ kN} + 24 \times 60 \text{ kN} + 40 \times 60 \text{ kN} = 159,86 \text{ kN}$$

Tahanan terhadap longsoran yang dikerahkan oleh komponen kohesi:

$$\Sigma c_i a_i = 3 \times 1,00 + 5 \times 16,359 = 84,80 \text{ kN}$$

Tahanan terhadap longsoran oleh komponen gesekan pada kedua lapisan:

$$374,31 \times \tan 20^\circ + 0,06 \times \tan 25^\circ = 136,27 \text{ kN}$$

$$\text{Jadi, faktor aman } F = \frac{159,86 + 84,80 + 136,27}{367,66}$$

$$= 1,036$$

## 4.2.2 Analisis Kestabilan Lereng dengan Perkuatan dengan Menggunakan Software Geo Slope

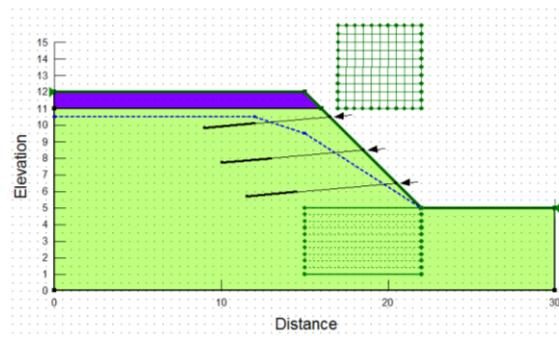
### 4.2.2.1 Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Hujan dengan Perkuatan 3 Angker .

Data –data yang digunakan adalah:

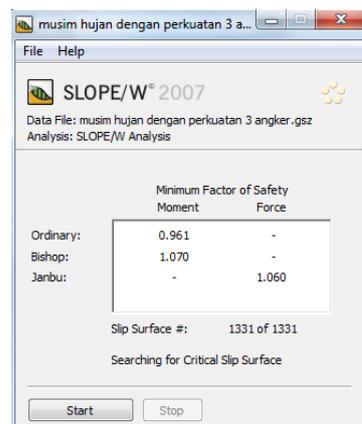
$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$      $c = 3 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 25^\circ$  (Lapisan Tanah Humus)

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$      $c = 5 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 20^\circ$  (Lapisan Tanah Lempung)

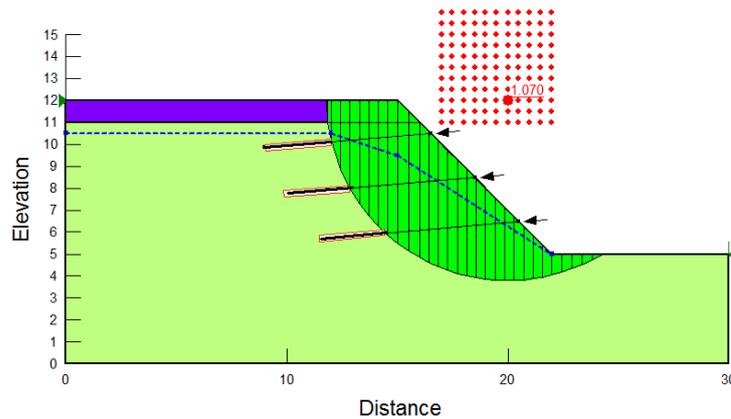
Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggiannya 7 m



**Gambar 4.9.** Model lereng pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 3 angker.



**Gambar 4.10.** Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 3 angker



**Gambar 4.11.** Bidang longsor pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 3 anker.

Hasil analisis faktor keamanan lereng pada musim hujan tanpa perkuatan adalah 0.664, sedangkan faktor keamanan lereng dengan perkuatan 3 anker meningkat menjadi 1.070.

#### 4.2.2.2 Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Hujan dengan Perkuatan 5 Angker .

Data –data yang digunakan adalah:

$$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3 \quad c = 3 \text{ kN/m}^2 \quad \phi = 25^\circ \text{ (Lapisan Tanah Humus)}$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad c = 5 \text{ kN/m}^2 \quad \phi = 20^\circ \text{ (Lapisan Tanah Lempung)}$$

Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggian 7 m

Ukuran anker = SH60

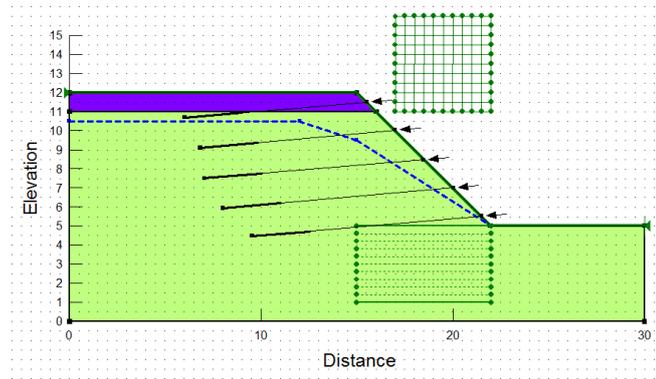
Jumlah anker = 5 buah

Panjang anker = 8-10 m

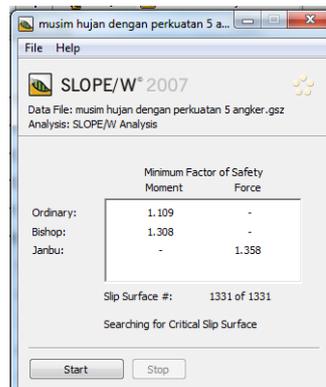
Panjang jepit anker = 3 m

Diameter jepit anker = 0.3 m

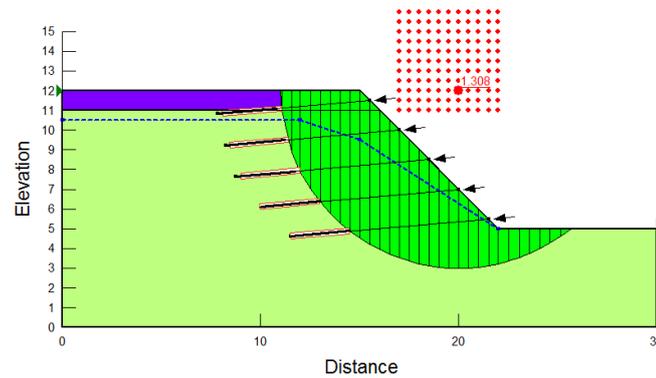
Kapasitas Kekuatan = 60 kN



**Gambar 4.12.** Model lereng pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 5 angker.



**Gambar 4.13.** Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 5 angker



**Gambar 4.14.** Bidang longsor pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 5 angker

Hasil analisis faktor keamanan lereng dengan perkuatan 5 anker meningkat menjadi 1.308.

#### 4.2.2.3 Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Hujan dengan Perkuatan 7 Angker .

Data –data yang digunakan adalah:

$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$      $c = 3 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 25^\circ$  (Lapisan Tanah Humus)

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$      $c = 5 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 20^\circ$  (Lapisan Tanah Lempung)

Ukuran anker = SH60

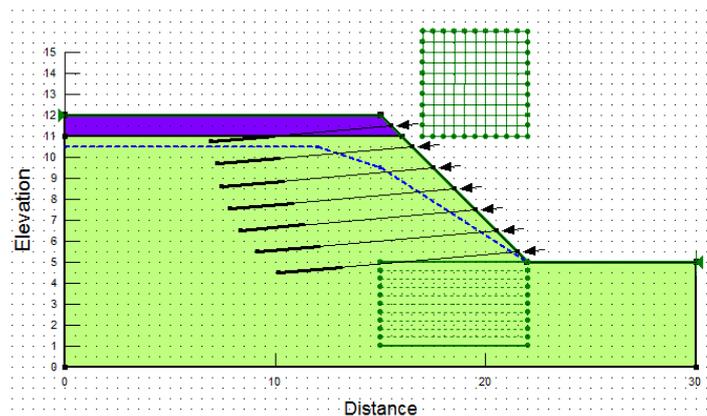
Jumlah anker = 7 buah

Panjang anker = 9-11 m

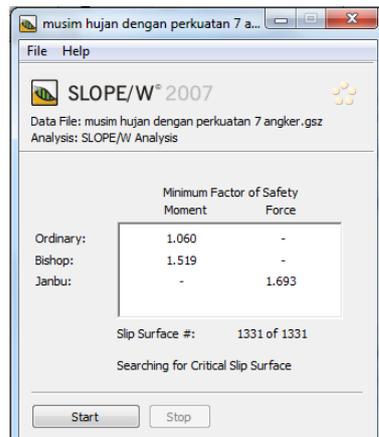
Panjang jepit anker = 3 m

Diameter jepit anker = 0.3 m

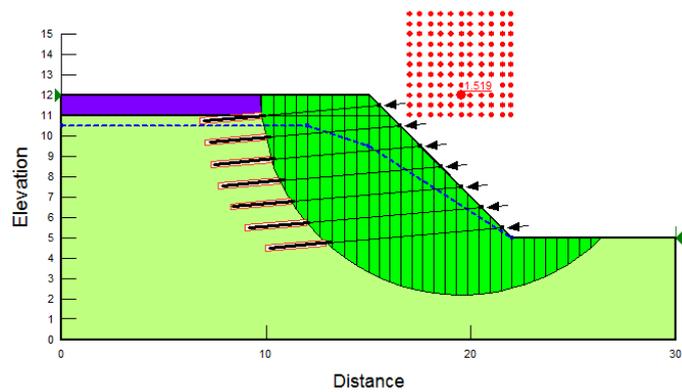
Kapasitas Kekuatan = 60 kN



**Gambar 4.15.** Model lereng pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 7 anker.



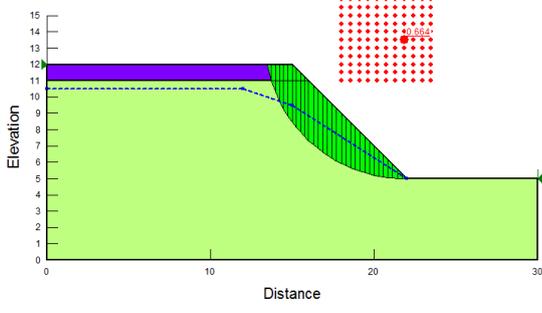
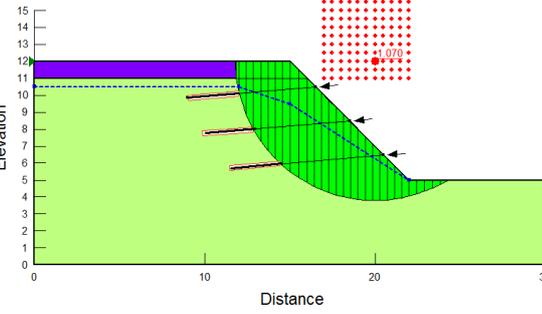
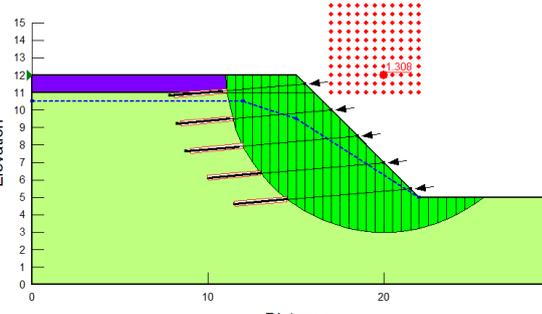
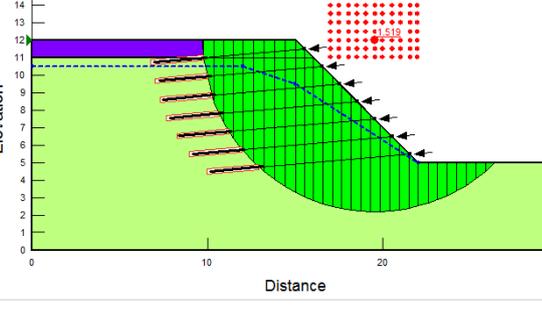
**Gambar 4.16.** Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim hujan



**Gambar 4.17.** Bidang longsor pada kondisi musim hujan dengan perkuatan 7 anker

Berdasarkan hasil simulasi lereng dengan perkuatan 7 anker sangat memuaskan karena dapat meningkatkan faktor keamanan menjadi 1.519, maka lereng stabil pada kondisi musim hujan karena faktor keamanan lereng lebih besar dari 1.5.

**Tabel 4.3.** Nilai *Safety Factor* pada kondisi musim hujan

Model Lereng pada Kondisi Musim Hujan	Jumlah Angker	SF
	0	0.664
	3 angker	1.070
	5 angker	1.308
	7 angker	1.519

#### 4.2.2.4 Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Kemarau dengan Perkuatan 3 Angker .

Data –data yang digunakan adalah:

$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$      $c = 3 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 25^\circ$  (Lapisan Tanah Humus)

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$      $c = 5 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 20^\circ$  (Lapisan Tanah Lempung)

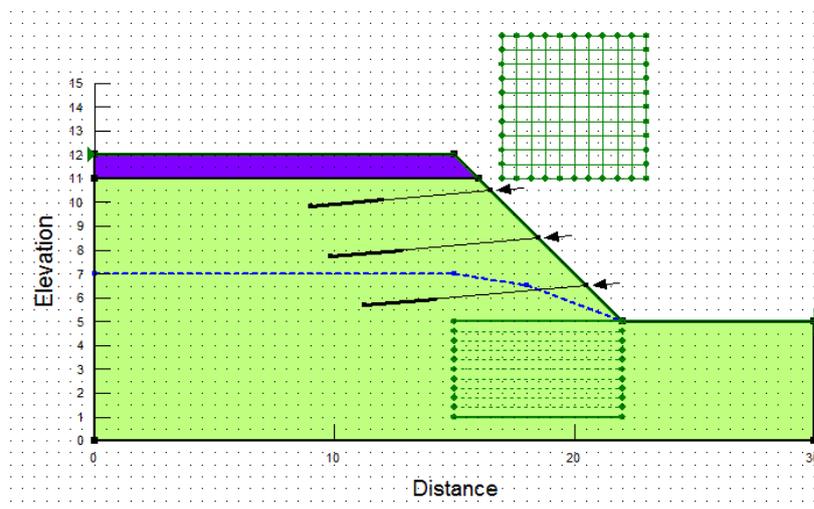
Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggian 7 m

Ukuran angker = SH60

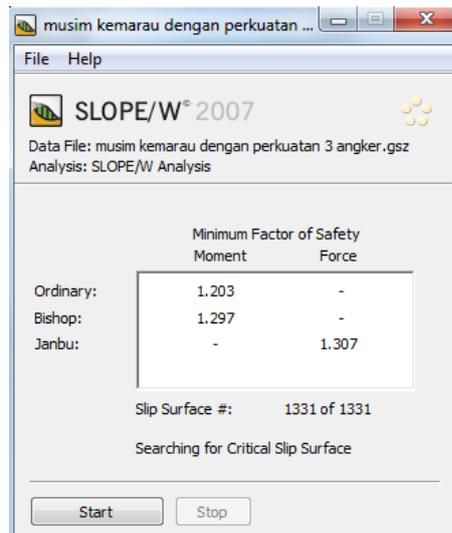
Jumlah angker = 3 buah

Panjang angker = 7.5 – 9 m

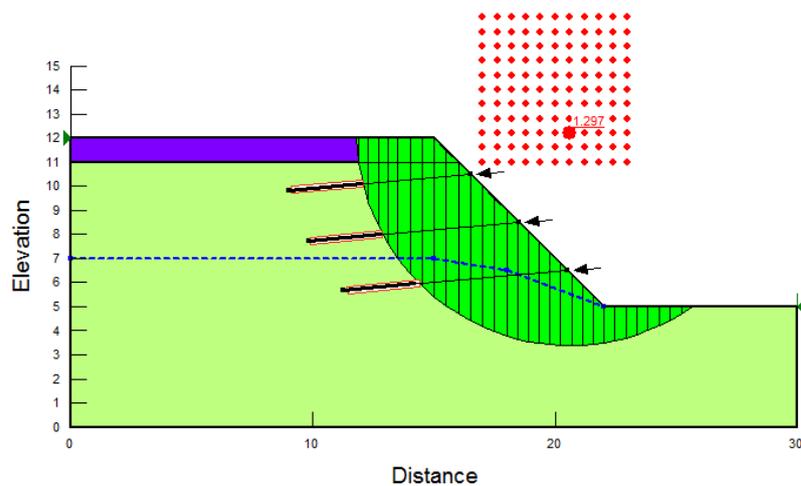
Kapasitas Kekuatan = 60 kN



**Gambar 4.18.** Model lereng pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 3 angker



**Gambar 4.19.** Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim kemarau



**Gambar 4.20.** Bidang longsor pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 3 anker

Hasil analisis faktor keamanan lereng pada musim hujan tanpa perkuatan adalah 0.800, sedangkan faktor keamanan lereng dengan perkuatan 5 anker meningkat menjadi 1.297.

#### 4.2.2.5 Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Kemarau dengan Perkuatan 5 Angker .

Data –data yang digunakan adalah:

$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$      $c = 3 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 25^\circ$  (Lapisan Tanah Humus)

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$      $c = 5 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 20^\circ$  (Lapisan Tanah Lempung)

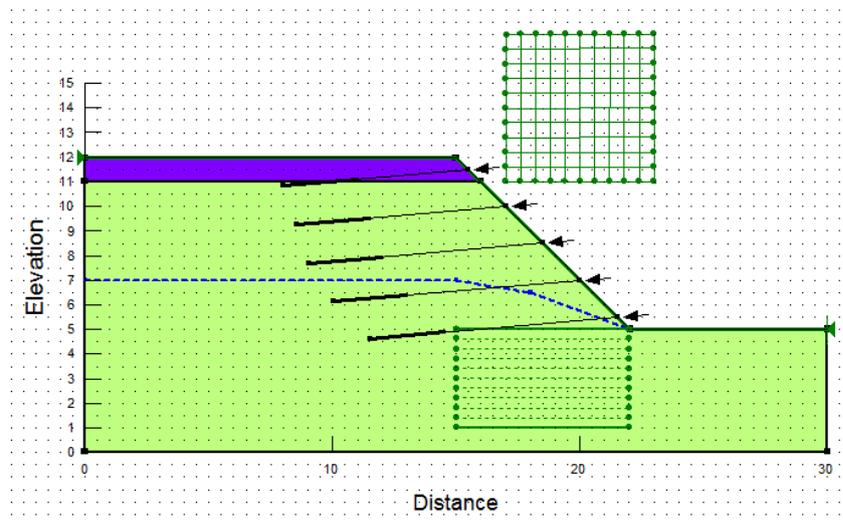
Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggian 7 m

Ukuran angker = SH60

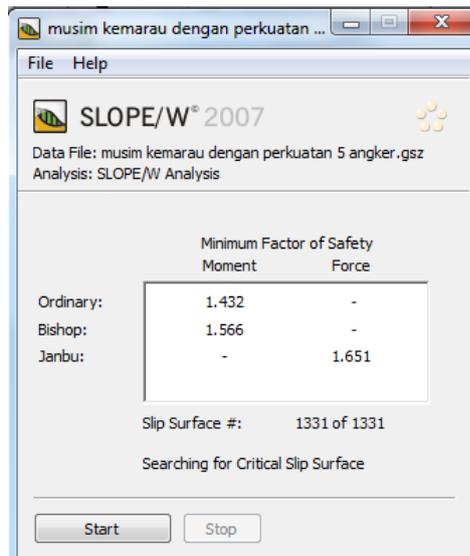
Jumlah angker = 5 buah

Panjang angker = 7.5 – 10 m

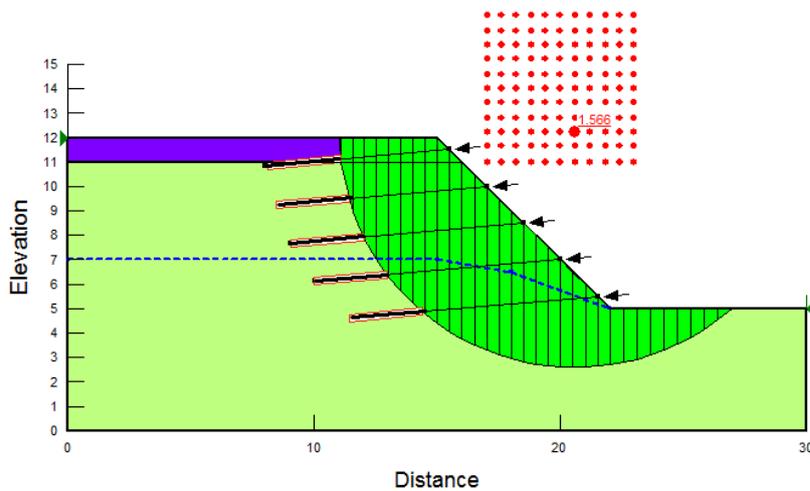
Kapasitas Kekuatan = 60 kN



**Gambar 4.21.** Model lereng pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 5 angker



**Gambar 4.22.** Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim kemarau



**Gambar 4.23.** Bidang longsor pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 5 anker

Hasil analisis faktor keamanan lereng dengan perkuatan 5 anker meningkat menjadi 1.566, maka lereng dalam keadaan stabil.

#### 4.2.2.6 Kestabilan Lereng Pada Kondisi Musim Kemarau dengan Perkuatan 7 Angker .

Data –data yang digunakan adalah:

$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$        $c = 3 \text{ kN/m}^2$        $\phi = 25^\circ$  (Lapisan Tanah Humus)

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$        $c = 5 \text{ kN/m}^2$        $\phi = 20^\circ$  (Lapisan Tanah Lempung)

Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggiannya 7 m.

Panjang miring lereng 9.89 m.

Ukuran angker = SH60

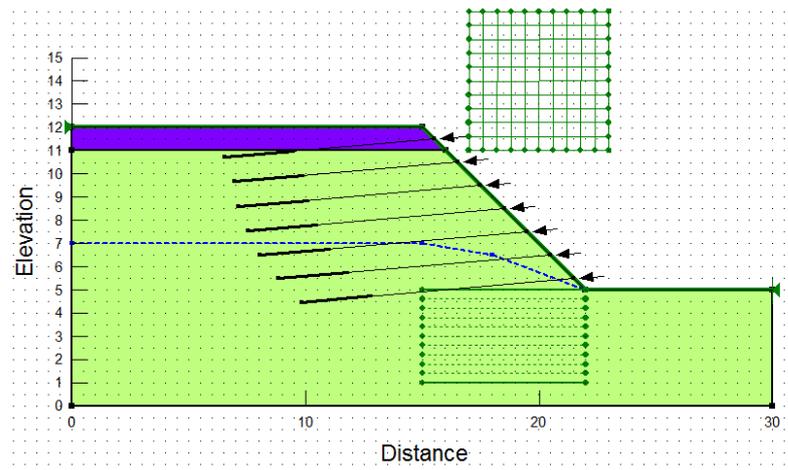
Jumlah angker = 7 buah

Panjang angker = 9 -11.5 m

Panjang jepit angker = 3 m

Diameter jepit angker = 0.3 m

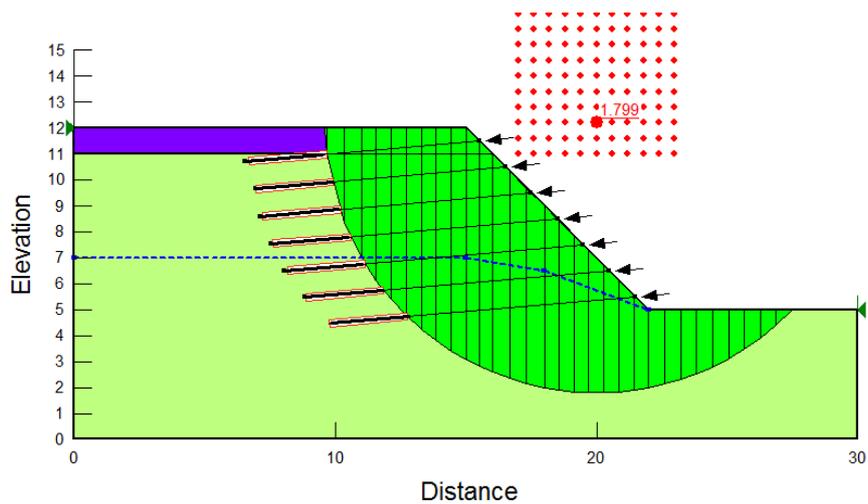
Kapasitas Kekuatan = 60 kN



**Gambar 4.24.** Model lereng pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 7 angker



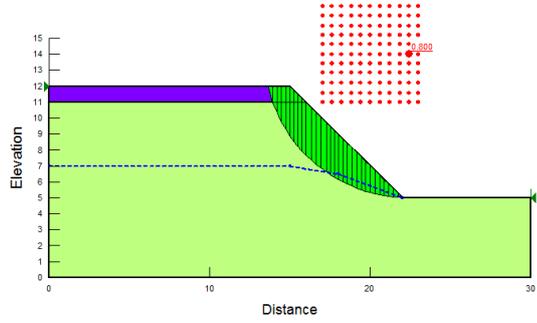
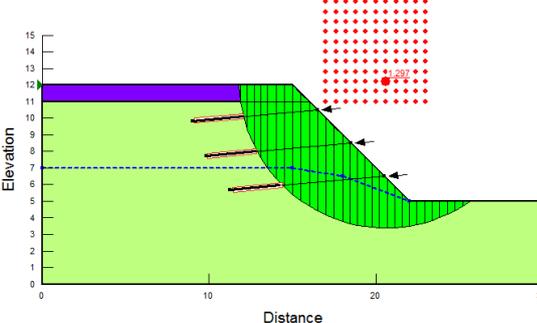
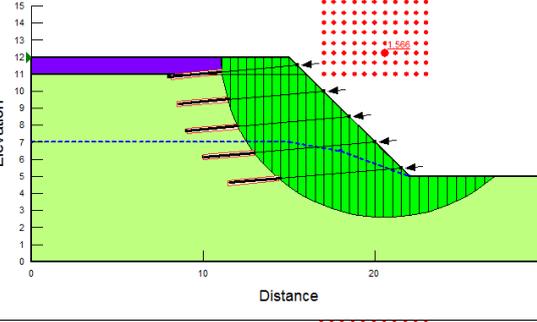
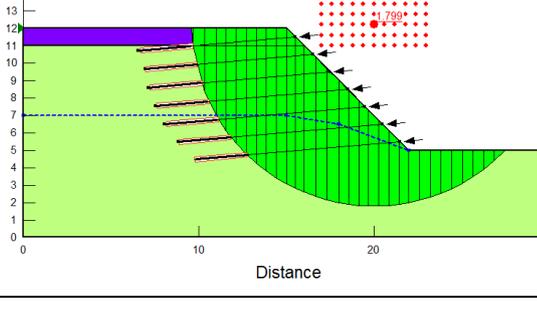
**Gambar 4.25.** Nilai faktor keamanan lereng pada kondisi musim kemarau

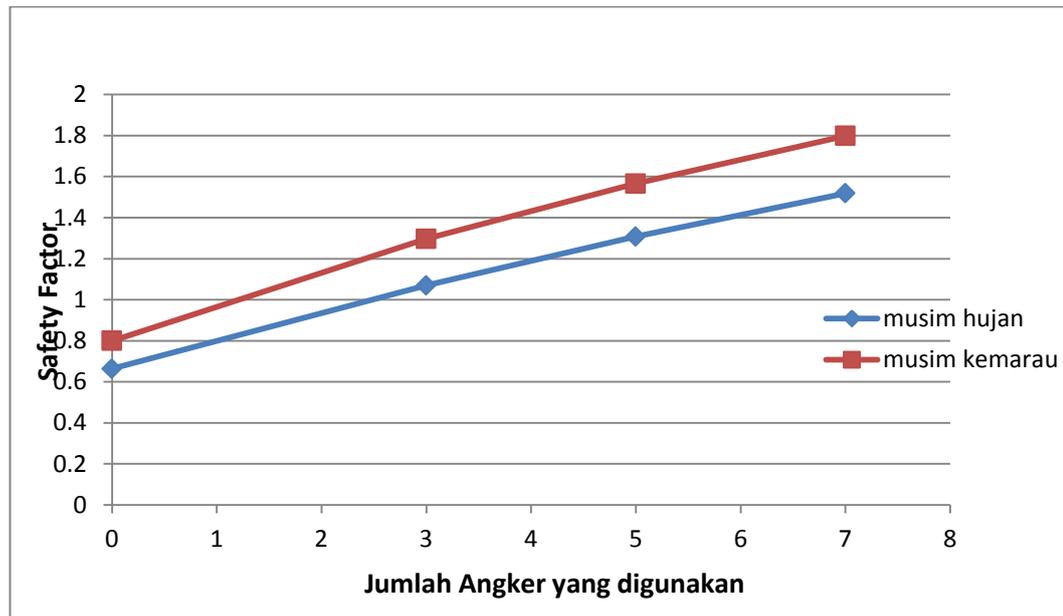


**Gambar 4.26.** Bidang longsor pada kondisi musim kemarau dengan perkuatan 7 anker.

Berdasarkan hasil simulasi lereng dengan perkuatan 7 anker sangat memuaskan karena dapat meningkatkan faktor keamanan menjadi 1.788, maka lereng stabil pada kondisi musim kemarau karena faktor keamanan lereng lebih besar dari 1.5.

**Tabel 4.4.** Nilai *Safety Factor* pada kondisi musim kemarau

Model Lereng pada Kondisi Musim Kemarau	Jumlah Angker	SF
	0	0.800
	3 angker	1.297
	5 angker	1.566
	7 angker	1.799



**Gambar 4.27.** Grafik hubungan antara jumlah angker dengan variasi cuaca terhadap *Safety Factor*

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada musim hujan lereng tanpa perkuatan faktor keamanan 0.664 sedangkan lereng dengan perkuatan 3 angker faktor keamanan meningkat menjadi 1.070 (47.49%), perkuatan 5 angker faktor keamanan meningkat 1.308 (27.84%) dan perkuatan 7 angker faktor keamanan meningkat menjadi 1.519 (24.68%). Pada musim kemarau lereng tanpa perkuatan faktor keamanan 0.800, sedangkan lereng dengan perkuatan 3 angker faktor keamanan meningkat menjadi 1.297 (49.75%), perkuatan 5 angker faktor keamanan meningkat menjadi 1,566 (26.93%) dan perkuatan 7 angker faktor keamanan meningkat menjadi 1.799 (23.32%) Jadi, suatu lereng sangat bergantung pada jumlah angker yang digunakan, semakin banyak angker yang digunakan maka, faktor keamanan suatu lereng akan semakin besar.

### 4.3. Kondisi Lereng dengan Variasi Panjang dan Kedalaman Lereng.

Pada pembahasan ini, panjang dan kedalaman lereng yang digunakan dapat mempengaruhi faktor keamanan, sehingga dapat dibandingkan agar diperoleh panjang dan kedalaman yang tidak mempengaruhi faktor keamanan.

#### - Variasi panjang lereng

Data yang digunakan:

$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$      $c = 3 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 25$  (Lapisan Tanah 1)

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$      $c = 5 \text{ kN/m}^2$      $\phi = 20$  (Lapisan Tanah 2)

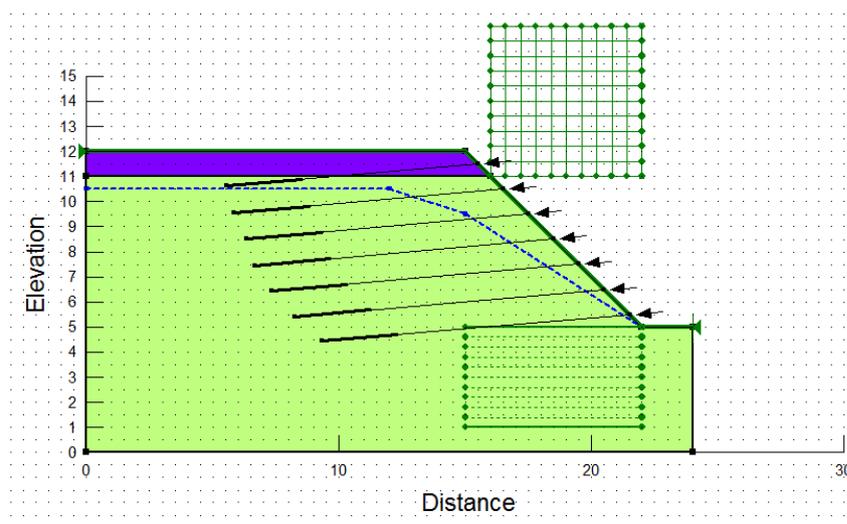
Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggiannya 7 m

Ukuran angker = SH60

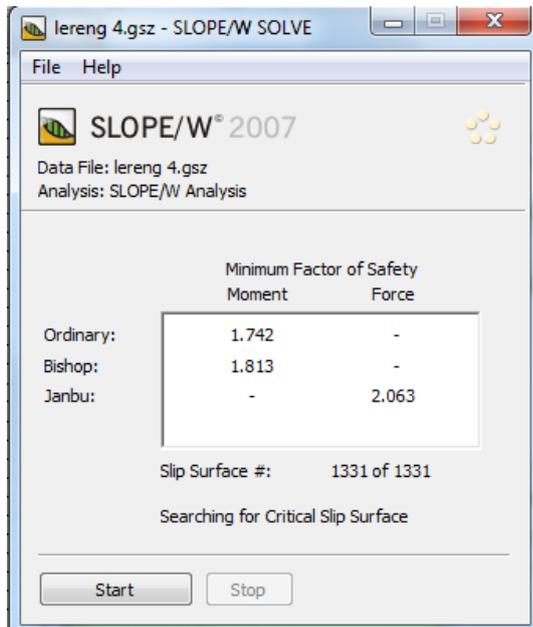
Jumlah angker = 7 buah

Panjang angker = 10-12 m

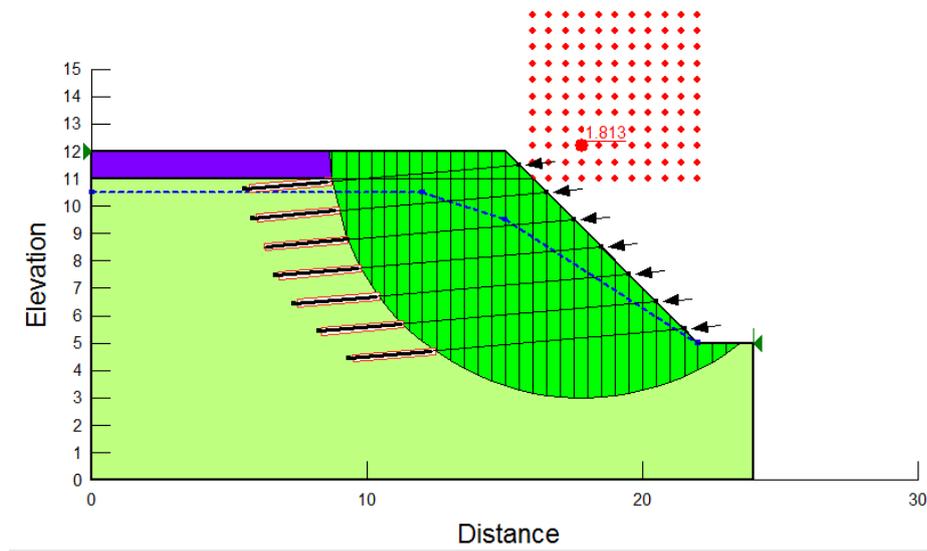
Kapasitas Kekuatan = 60 kN



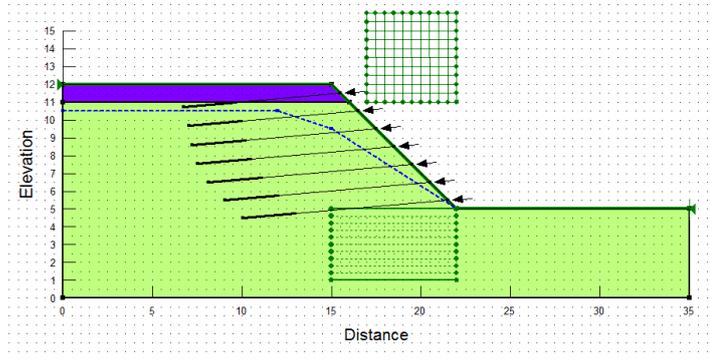
**Gambar 4.28.** Model lereng dengan panjang 2 m.



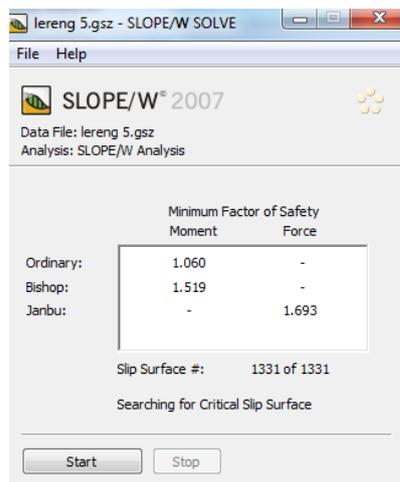
Gambar 4.29. Nilai faktor keamanan lereng.



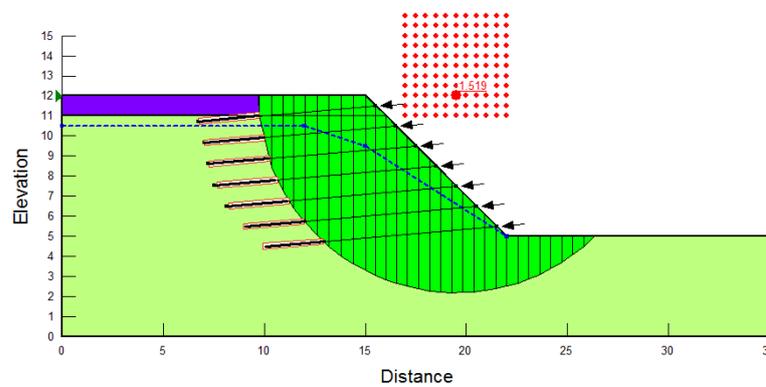
Gambar 4.30. Bidang longsor dengan panjang 2 m.



**Gambar 4.31.** Model lereng dengan panjang 13 m.

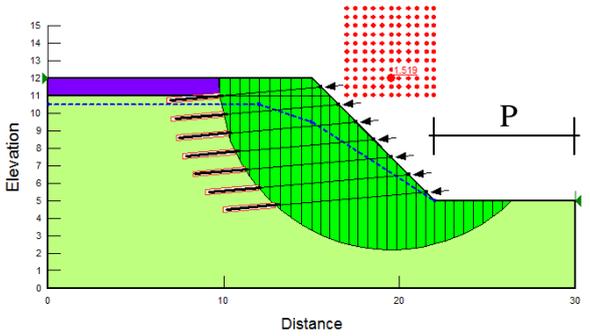
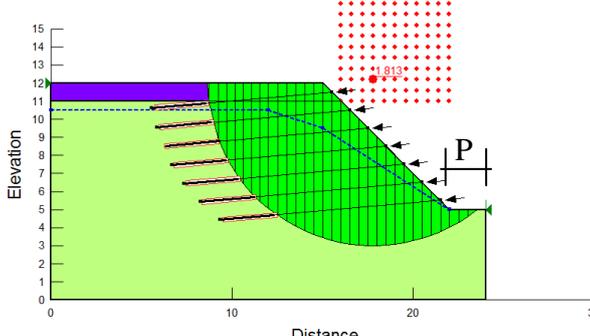
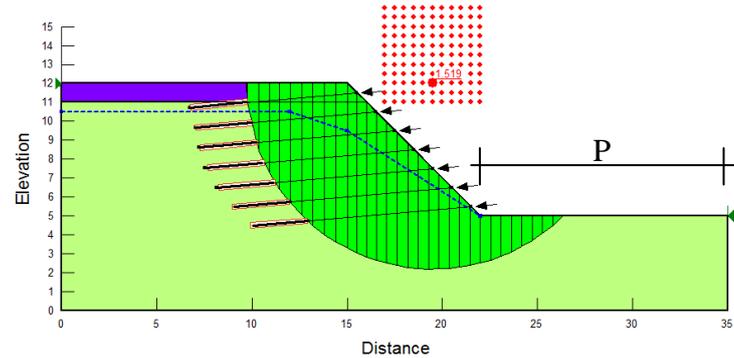


**Gambar 4.32.** Nilai faktor keamanan lereng.



**Gambar 4.33.** Bidang longsor dengan panjang 13 m.

**Tabel 4.5.** Nilai *Safety Factor* dengan variasi panjang lereng

Model Lereng pada Kondisi Musim Hujan	Panjang P	SF
	8 m	1.519
	2 m	1.813
	13 m	1.519

Perbandingan faktor keamanan yang dihasilkan oleh panjang lereng yang bervariasi dengan menggunakan parameter yang sama, diperoleh faktor keamanan

yang berbeda. Panjang lereng 2 m dapat mempengaruhi faktor keamanan karena panjang lereng membatasi bidang gelincir, maka harus ditambahkan panjang 8–13 m, agar tidak mempengaruhi faktor keamanan.

- **Variasi kedalaman lereng**

Data yang digunakan:

$\gamma = 12 \text{ kN/m}^3$        $c = 3 \text{ kN/m}^2$        $\phi = 25$  (Lapisan Tanah 1)

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$        $c = 5 \text{ kN/m}^2$        $\phi = 20$  (Lapisan Tanah 2)

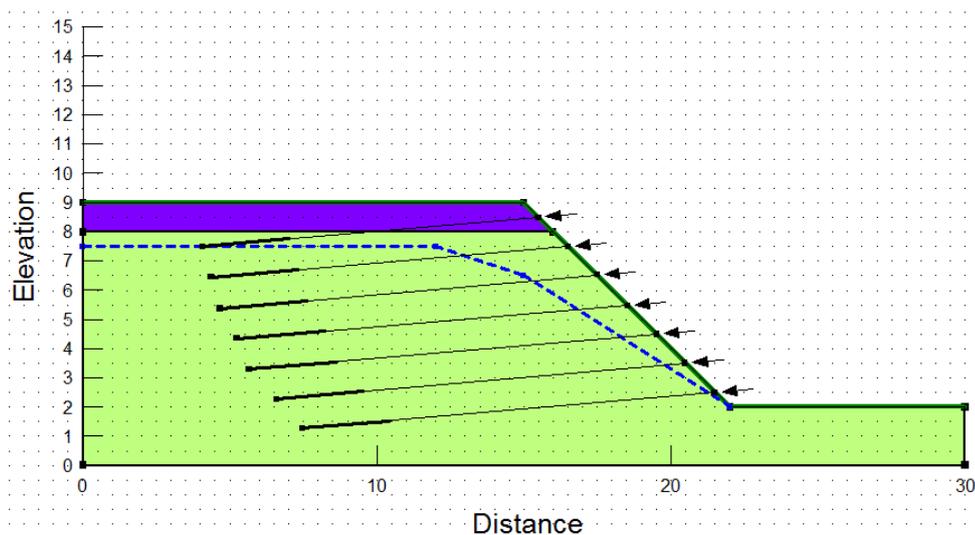
Lereng yang akan diperkuat memiliki kemiringan  $45^\circ$  dan ketinggiannya 7 m

Ukuran angker = SH60

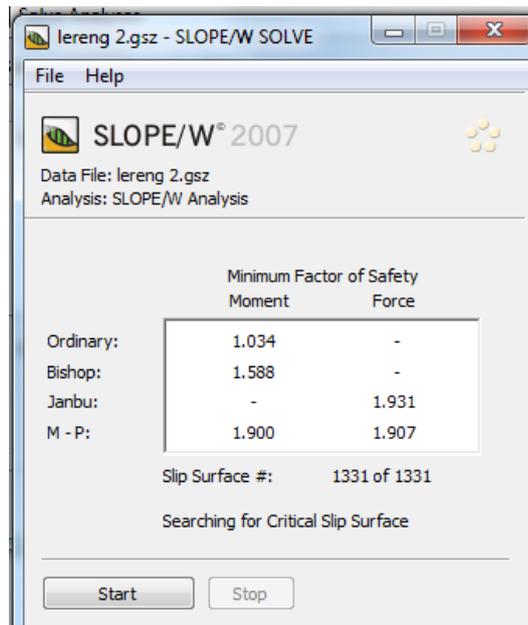
Jumlah angker = 7 buah

Panjang angker = 8-11 m

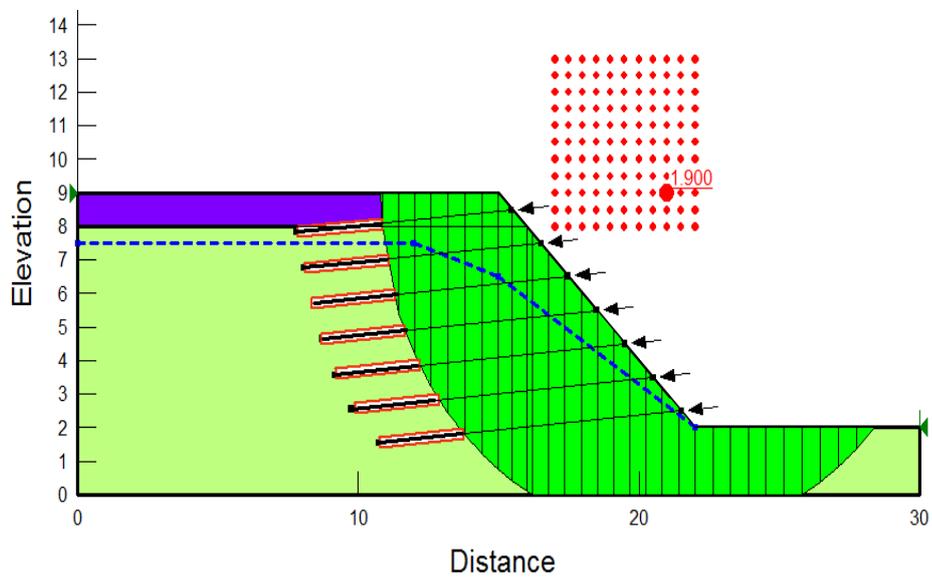
Kapasitas Kekuatan = 60 kN



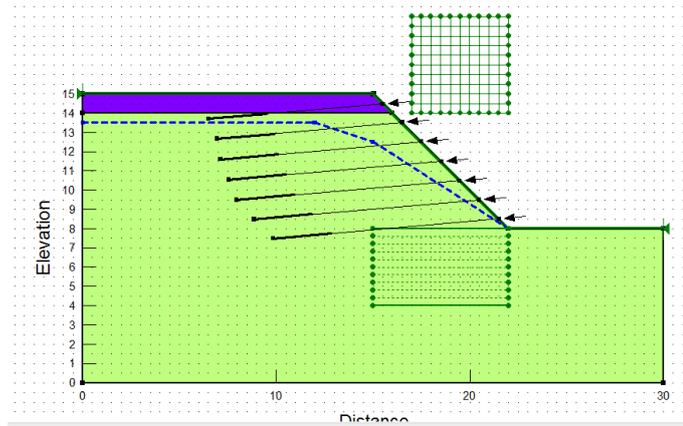
**Gambar 4.34.** Model lereng dengan kedalaman 2 m.



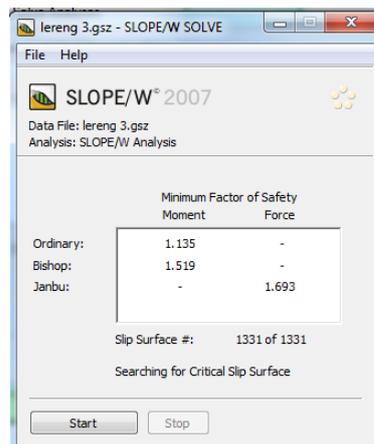
**Gambar 4.35.** Nilai faktor keamanan lereng.



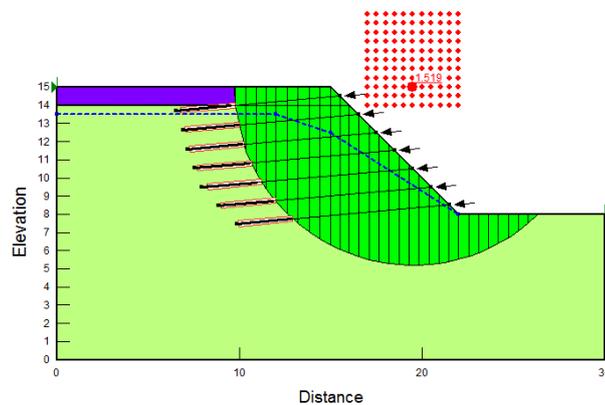
**Gambar 4.36.** Bidang longsor dengan kedalaman 2 m.



**Gambar 4.37.** Model lereng dengan kedalaman 8 m.

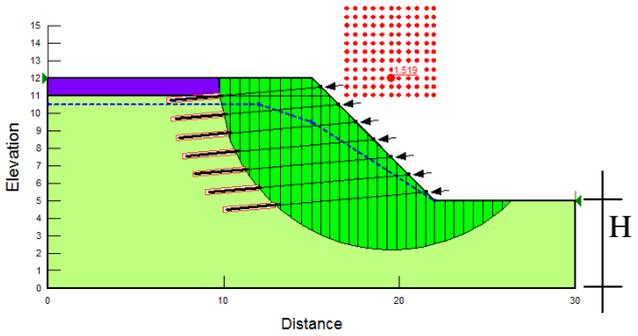
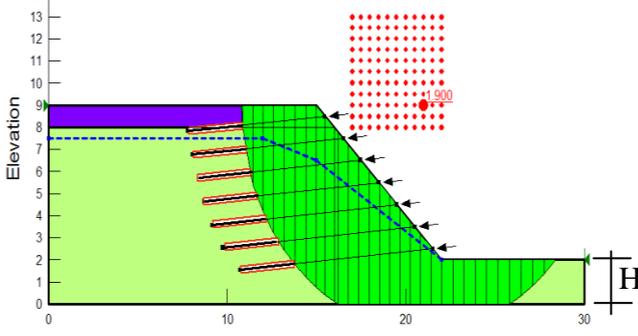
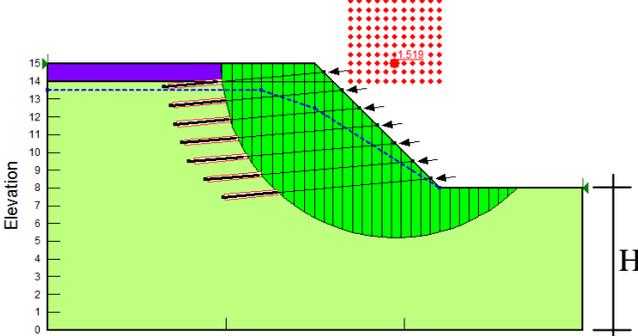


**Gambar 4.38.** Nilai faktor keamanan lereng.



**Gambar 4.39.** Bidang longsor dengan kedalaman 8 m.

**Tabel 4.6.** Nilai *Safety Factor* dengan variasi kedalaman lereng

Model Lereng pada Kondisi Musim Hujan	Tinggi H	SF
	5 m	1.519
	2 m	2.900
	8 m	1.519

**Tabel 4.7.** Rekapitulasi *Safety Factor* Lereng

<b>Kondisi</b>	<b>Jumlah Angker</b>	<b>Tinggi</b>	<b>Panjang</b>	<b>SF</b>	<b>Keterangan</b>
Musim Hujan	0	5	8	0.664	tidak stabil
Musim Hujan	3	5	8	1.070	tidak stabil
Musim Hujan	5	5	8	1.308	tidak stabil
Musim Hujan	7	5	8	1.519	stabil
Musim Kemarau	0	5	8	0.800	tidak stabil
Musim Kemarau	3	5	8	1.297	tidak stabil
Musim Kemarau	5	5	8	1.566	stabil
Musim Kemarau	7	5	8	1.799	stabil
Musim Hujan	7	5	8	1.519	panjang tidak berpengaruh terhadap Safety Factor
Musim Hujan	7	5	2	1.813	panjang berpengaruh terhadap Safety Factor
Musim Hujan	7	5	13	1.519	panjang tidak berpengaruh terhadap Safety Factor
Musim Hujan	7	5	8	1.519	tinggi tidak berpengaruh terhadap Safety Factor
Musim Hujan	7	2	8	2.900	tinggi berpengaruh terhadap Safety Factor
Musim Hujan	7	8	8	1.519	tinggi tidak berpengaruh terhadap Safety Factor

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada musim hujan dan musim kemarau tanpa perkuatan angker, lereng dalam keadaan tidak stabil maka lereng perlu perkuatan angker. Pada musim hujan dengan perkuatan angker meningkat

menjadi 1.070, 1.308 dan 1.519, sedangkan pada musim kemarau meningkat menjadi 1.297, 1.566 dan 1.799.

Perbandingan faktor keamanan yang dihasilkan oleh panjang dan kedalaman lereng yang bervariasi, diperoleh faktor keamanan yang berbeda. Panjang lereng 2 m dapat mempengaruhi faktor keamanan karena membatasi bidang gelincir. Kedalaman 2 m juga mempengaruhi faktor keamanan lereng, maka panjang dan kedalaman 2 m harus ditambahkan kedalaman dan panjang lereng.

## B A B V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis kasus stabilitas lereng dengan menggunakan *Software Slope /W* maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Hasil analisis faktor keamanan lereng tanpa perkuatan pada kondisi musim hujan adalah 0.664, sedangkan pada kondisi musim kemarau faktor keamanannya adalah 0.800. Oleh karena itu lereng tersebut dalam keadaan tidak stabil terhadap bahaya longsor, dimana faktor keamanannya lebih kecil dari 1.5.
2. Faktor keamanan lereng dengan perkuatan anker pada kondisi musim hujan meningkat menjadi 1.070, 1.308 dan 1.519, sedangkan pada kondisi musim kemarau meningkat menjadi 1.297, 1.566 dan 1.799, dengan beban kuat tarik anker 60 kN.
3. Hasil analisis pada musim hujan 7 anker diperhitungkan efektif bekerja dengan panjang anker 9-11 m, sedangkan musim kemarau 5 anker diperhitungkan efektif bekerja dengan panjang anker 7.5-10 m.
4. Kedalaman/panjang dapat mempengaruhi faktor keamanan apabila kedalaman/panjang lereng membatasi bidang gelincir lereng, maka harus ditambahkan kedalaman/panjang lereng.

## **5.2. Saran**

1. Dalam melakukan analisis sangat dibutuhkan data-data yang lengkap, jelas dan teruji kebenarannya.
2. Diperlukan ketelitian dalam memasukkan data-data input karena kesalahan dalam input data akan berakibat fatal.
3. GEO-SLOPE dan program analisis yang lain hanyalah sebuah instrument, sehingga hasil dari analisisnya sangat tergantung pada pengetahuan, keahlian , dan pengalaman dalam menganalisis dan menterjemahkan data – data yang ada menjadi input yang benar – benar sesuai dengan kondisi nyatanya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, I. & Munawir, S., (2005), *Studi Stabilitas Lereng dengan Menggunakan Software Slope / W*, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Das, B. M., (2002). *Principles of Geotechnical Engineering*, Edisi ke- 5, Wadsworth Group : USA.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1987), *Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsor*, SKBI – 2.3.06., Yayasan Badan Penerbit PU.
- Hardiyatmo, H. C., (2007), *Mekanika Tanah II*, Edisi-4, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hidayah, S. & Gratia, Y. R., (2007), *Program Analisis Stabilitas Lereng*, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Musrina, H. W. O. & Wahyuni, S., (2007), *Analisis Perkuatan Angker Tembok Jl. Abdullah Dg. Sirua Makassar dengan Aplikasi Plaxis*, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Soedarmo, G. D. & Edy Purnomo, S. J., (1997) *Mekanika Tanah 2*, Kanisius, Yogyakarta.
- \_\_\_\_\_, (2008), *Stability Modeling with SLOPE / W 2007 Version*, Third Edition, GEO-SLOPE International Ltd, University of Alberta, Canada.
- \_\_\_\_\_,(2008), *Reinforcement with Anchors*, GEO-SLOPE International Ltd, University of Alberta, Canada.