

**SIMULASI PENGGUNAAN PROGRAM *GEOSTUDIO SLOPE/W 2007*  
DALAM MENGANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN JENIS  
TANAH LEMPUNG BERPASIR PADA KONDISI TIDAK JENUH,  
KONDISI JENUH SEBAGIAN, DAN KONDISI JENUH**

**(Skripsi)**

**Oleh :**

**YOTA PENTAWAN**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

## ABSTRAK

### **SIMULASI PENGGUNAAN PROGRAM *GEOSTUDIO SLOPE/W 2007* DALAM MENGANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN JENIS TANAH LIAT BERDEBU PADA KONDISI TIDAK JENUH, KONDISI JENUH SEBAGIAN, DAN KONDISI JENUH**

Oleh

**YOTA PENTAWAN**

Tanah longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi di Provinsi Lampung khususnya di Kabupaten Lampung Barat. Kelongsoran yang terjadi diakibatkan peningkatan tegangan air pori tanah di musim penghujan. Berdasarkan penelitian-penelitian tentang lereng terdapat nilai faktor aman yang dapat digunakan sebagai acuan tingkat stabilitas lereng. Salah satu metode untuk menganalisis nilai faktor aman lereng adalah dengan program *Geostudio Slope/W 2007*.

Dalam penelitian ini, disimulasikan beberapa bentuk potongan melintang lereng dengan 4 kondisi muka air tanah yang berbeda. *Index properties* tanah yang diperlukan antara lain : kohesi,  $c$ ; sudut geser dalam tanah,  $\phi$ ; dan berat volume tanah,  $\gamma$ .

Dari hasil analisis menunjukkan bentuk potongan melintang lereng berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Hasil analisis pada lereng dengan kondisi jenuh dan setengah jenuh memiliki nilai faktor aman  $<1,25$  dan tergolong pada kondisi yang tidak aman terkecuali pada simulasi 1 di kondisi setengah jenuh yang memiliki faktor aman  $>1,25$ . Pada kondisi tidak jenuh seluruh simulasi tergolong lereng yang stabil, sedangkan pada kondisi kritis simulasi 1 merupakan simulasi dengan batas tinggi muka air tertinggi dibanding yang lain. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa lereng berstatus tidak aman maka disarankan untuk melakukan penanganan untuk mencegah kelongsoran.

Kata kunci : tanah, stabilitas lereng, faktor aman, geostudio slope/w.

## **ABSTRACT**

### ***A SIMULATION OF GEOSTUDIO SLOPE/W 2007 PROGRAM ON DUSTY CLAY AT UNSATURATED, HALF-SATURATED, AND SATURATED CONDITIONS***

***By***

**YOTA PENTAWAN**

*Landslide is a natural disaster that often occurs in Lampung Province, particularly in West Lampung regency. The sliding occurs due to an increase in soil pore water stress in the rainy season. Based on the research on the slopes, there is a safety factor value that can be used as a reference for the degree of slope stability. One method to analyze the value of slope safety factor is by using the Geostudio Slope / W 2007 program.*

*In this study, some cross sections of slope were simulated with 4 different water table conditions. The required soil properties index are: cohesion,  $c$ ; natural angle of repose,  $\phi$ ; and unit weight of density,  $\gamma$ .*

*The analysis result shows that slope transversal cut shape have influence on slope stability. The analysis results on slopes with saturated and half-saturated conditions have a safety factor value of  $<1.25$  and are classified under unsafe conditions excluding simulation 1 in half-saturated conditions with a safety factor of  $> 1.25$ . In the unsaturated condition, the whole simulation are classified into stable slope, whereas in critical condition, simulation 1 is the simulation with highest water table limit compared to other conditions. Based on the analysis result, it can be inferred that the slope has insecured status. Thus, it is suggested to conduct such actions in order to prevent landslide.*

*Key words : soil, slope stability, safety factor, geostudio slope/w.*

**SIMULASI PENGGUNAAN PROGRAM *GEOSTUDIO SLOPE/W* 2007  
DALAM MENGANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN JENIS  
TANAH LEMPUNG BERPASIR PADA KONDISI TIDAK JENUH,  
KONDISI JENUH SEBAGIAN, DAN KONDISI JENUH**

**Oleh**

**Yota Pentawan**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

Judul Skripsi

**: SIMULASI PENGGUNAAN PROGRAM  
GEOSTUDIO SLOPE/W 2007 DALAM  
MENGANALISIS STABILITAS LERENG  
DENGAN JENIS TANAH LEMPUNG  
BERPASIR PADA KONDISI TIDAK  
JENUH, KONDISI JENUH SEBAGIAN,  
DAN KONDISI JENUH**

Nama Mahasiswa

**: Yota Pentawan**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215011115

Program Studi

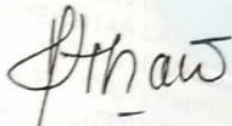
**: Teknik Sipil**

Fakultas

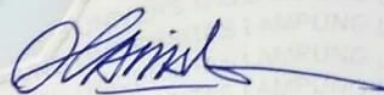
**: Teknik**

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing



**Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.**  
NIP 19650510 199303 2 008



**Amril Siregar, S.T., M.T.**  
NIP 19850228 201212 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil



**Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19700915 199503 1 006

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua**

**: Dr. Ir. Lusmellia Afriani, D.E.A. ....**



**Sekretaris**

**: Amril Siregar, S.T., M.T. ....**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Ir. Idharmahadi Adha, M.T. ....**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Prof. Dr. Suharno, M.Sc.**

**NIP 19620717 198703 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Agustus 2017**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul simulasi penggunaan program *geostudio slope/w* 2007 dalam menganalisis stabilitas lereng dengan jenis tanah liat berpasir pada kondisi tidak jenuh, kondisi jenuh sebagian, dan kondisi jenuh adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 9 - 8 2017

 Pembuat Pernyataan  
Yota Pentawan

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Branti Raya, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 9 Mei 1995, sebagai anak kelima dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Haidirsyah dan Ibu Maryati.

Riwayat pendidikan penulis melakukan pendidikan Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2000-2006 di SD Negeri 2 Tanjung Senang, Bandar Lampung, Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada tahun (2006-2009) di SMP Negeri 19 Bandar Lampung, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) pada tahun (2009-2012) di SMA Negeri 15 Bandar Lampung.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2012 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) tertulis. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai kepala departemen kaderisasi.

Pada tahun 2015 Penulis melakukan Kerja Praktek pada Proyek Pembangunan Gedung Serba Guna Pramuka selama 3 bulan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ujung Gunung Ilir, Kecamatan Menggala, Kabupaten Pesawaran selama 60 hari pada periode Januari-Maret 2016.



# *Persembahan*

*Untuk papa Haidirsyah dan mama Maryati tercinta yang selalu ada untuk mendoakan dan mendukungku dalam segala hal, terima kasih telah orang tua terbaik yang pernah ada bagiku.*

*Untuk Ajeng, Tuan, Ses, Tati tersayang yang selalu mendoakan mendukung dalam segala hal, terimakasih telah menjadi kakak-kakak terbaik yang pernah ada bagiku.*

*Untuk saudara dan kerabat yang telah memberikan dukungan dan doa. Terimakasih telah menjadi saudara dan kerabat terbaik yang pernah ada bagiku.*

*Untuk semua guru-guru dan dosen-dosen tercinta yang telah mengajarkan banyak hal kepadaku. Terimakasih telah menjadi guru-guru dan dosen-dosen terbaik yang pernah ada bagiku.*

*Untuk para sahabat terdekatku yang selalu ada disebelahku dari mulai mahasiswa baru hingga kini untuk selalu mendukung langkahku. Terimakasih telah menjadi sahabat terbaik yang pernah ada bagiku.*

*Untuk teman-teman di Teknik Sipil Universitas Lampung, terkhusus angkatan 2012 dalam hal beribu-ribu bantuan dan dukungannya. Terimakasih telah menjadi teman terbaik yang pernah ada bagiku.*

# MOTO

*Tetaplah menjadi bermanfaat dan menjadi baik sesulit apapun keadaan yang sedang dialami*

*Lebih baik diasingkan daripada menyerah pada kemunafikan*  
**(Soe Hok Gie)**

*Salah satu nasekerdilan terkeiam dalam hidun adalah membiarkan nikiran yang cemerlang menjadi budak hasi tubuh vanø malas, yang mendahulukan istirahat sebelum lelah*  
**(Buya Hamka)**

*Aku meminta kekuatan dan Allah memberikanku kesulitan untuk membuatku semakin kuat.*

*Aku meminta kebijaksanaan dan Allah memberikanku permasalahan untuk kuselesaikan.*

*Aku meminta kemakmuran dan Allah memberiku kecakapan dan energi untuk bekerja.*

*Aku meminta keberanian dan Allah memberikanku rintangan untuk kuatasi.*

*Aku meminta cinta dan Allah memberikanku orang-orang yang dalam masalah untuk kutolong.*

*Aku meminta kemurahan hati dan Allah memberikanku kesempatan.*

*Aku tidak selalu mendapatkan apa yang aku inginkan, tetapi aku selalu mendapatkan apa yang aku butuhkan*

**(Salahuddun Al Ayyubi)**

*Memuntut ilmu adalah bagian dari jihad di jalan Allah karena agama ini bisa terjaga dengan dua hal yaitu dengan ilmu dan berperang (berjihad) dengan seniata*

**(Syaiikh Muhammad bin Sholih Al 'Utsaimin rahimahullah)**

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Simulasi Penggunaan Program Geostudio Slope/W 2007 dalam Menganalisis Stabilitas Lereng dengan Jenis Tanah Liat Berpasir pada Kondisi Tidak Jenuh, Kondisi Jenuh Sebagian, dan Kondisi Jenuh*”. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Atas terselesainya skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung;
3. Ibu Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., selaku Dosen Pembimbing Utama atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Amril Siregar, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 skripsi saya yang telah membimbing dalam proses penyusunan skripsi;
5. Bapak Idharmahadi Adha, M.T.selaku Dosen Penguji skripsi terimakasih untuk saran-saran dan masukan pada seminar terdahulu;

6. Bapak Iswan, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing akademik;
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan;
8. Papa Haidirsyah dan ibu Maryati, terimakasih atas seluruh do'a, dukungan, dan motivasi yang selalu diberikan;
9. Kakak dan saudaraku, yang telah membantu dan memberikan dukungan dengan caranya masing-masing;
10. Teman-teman seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2012 beserta seluruh Abang-abang, dan adik-adik yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semoga Allah SWT melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua.

Bandar Lampung, Juli 2017

Penulis

**Yota Pentawan**

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR .....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GRAFIK.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK .....	xv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanah.....	5
2.2 Karakteristik Tanah di Lokasi Penelitian .....	9
2.3 Teori Mengenai Longsor .....	12
2.4 Lereng .....	21
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng .....	22
2.6 Mengatasi Kelongsoran Lereng .....	26
2.7 Metode Analisa Kestabilan Lereng .....	30
2.8 Analisa Kestabilan Lereng .....	31
2.9 Analisa Kestabilan Lereng .....	35
2.10 Metode untuk Menentukan Faktor Keamanan pada Lereng .....	37
2.11 Faktor yang Mempengaruhi Ketepatan Perhitungan Analisis Stabilitas Lereng.....	37
2.12 Tegangan Efektif.....	38
2.13 Penelitian Terdahulu .....	39

### III. METODE PENELITIAN

3.1	Lokasi Penelitian .....	48
3.2	Tahapan Pengumpulan Data .....	49
3.3	Tahapan Analisis Stabilitas Lereng .....	50
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	58

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Klasifikasi Jenis dan Data Tanah .....	60
4.2	Peta Kontur Lereng Tinjauan .....	61
4.3	Karakteristik Lereng .....	62
4.4	Analisis Sabilitas Lereng dengan Slope/W .....	62
4.5	Hasil Analisis Lereng .....	63

### V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan .....	138
5.2	Saran .....	139

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gaya-gaya yang mengontrol kestabilan suatu lereng .....	15
2. Proses terjadinya gerakan tanah dan komponen-komponen penyebabnya.....	16
3. Memperkecil Sudut Kemiringan Lereng .....	27
4. Memperkecil Ketinggian Lereng .....	28
5. Penanganan dengan <i>Counterweight</i> .....	28
6. Mengurangi tegangan air pori .....	29
7. Hasil <i>Running Software Geostudio SLOPE/W 2007</i> Tanah C (Tanah Ladang) pada Saat Kondisi Kering .....	40
8. Hasil <i>Running Software Geostudio SLOPE/W 2007</i> Tanah C (Tanah Ladang) pada Saat Kondisi Ada Rembesan .....	40
9. Hasil <i>Running Software Geostudio SLOPE/W 2007</i> Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan .....	41
10. Peta Lokasi Penelitian.....	48
11. Pengaturan pada <i>KeyIn Analyses</i> .....	52
12. Mengatur Ukuran Halaman .....	53
13. Mengatur Skala .....	53
14. Mengatur <i>Grid</i> .....	54
15. Meggambar Potongan Melintang Lereng .....	54
16. Memasukan Data Material di Menu <i>KeyIn Materials</i> .....	55
17. Menghubungkan Data Material ke Potongan Geometri .....	55

18. Menggambar Garis Tekanan Air Pori.....	56
19. Menggambar <i>Slip Surface Radius</i> .....	56
20. Mengecek Data Melalui Menu <i>Verify</i> .....	57
21. Gambar Hasil Analisis .....	58
22. Diagram Alir Penelitian .....	59
23. Kontur Lokasi Penelitian. ....	61
24. Kontur Lokasi Penelitian (Lanjutan). ....	62
25. Simulasi Potongan Melintang 1 .....	64
26. Tinggi Muka Air Kondisi Jenuh .....	64
27. Hasil Akhir Analisis Simulasi 1 Kondisi Jenuh.....	68
28. Tinggi Muka Air Kondisi Setengah Jenuh.....	69
29. Hasil Akhir Analisis Simulasi 1 Kondisi Setengah Jenuh.....	71
30. Tinggi Muka Air Kondisi Tidak Jenuh.....	72
31. Hasil Akhir Analisis Simulasi 1 Kondisi Tidak Jenuh .....	75
32. Tinggi Muka Air Kondisi Kritis .....	76
33. Hasil Akhir Analisis Simulasi 1 Kondisi Kritis.....	80
34. Simulasi Potongan Melintang 2 .....	81
35. Tinggi Muka Air Simulasi 2 Kondisi Jenuh .....	81
36. Tinggi Muka Air Simulasi 2 Kondisi Setengah Jenuh.....	82
37. Tinggi Muka Air Simulasi 2 Kondisi Tidak Jenuh.....	82
38. Tinggi Muka Air Simulasi 2 Kondisi Kritis (11,6m).....	82
39. Hasil Akhir Analisis Simulasi 2 Kondisi Jenuh.....	84
40. Hasil Akhir Analisis Simulasi 2 Kondisi Setengah Jenuh.....	87
41. Hasil Akhir Analisis Simulasi 2 Kondisi Tidak Jenuh .....	90



42. Hasil Akhir Analisis Simulasi 2 Kondisi Kritis.....	93
43. Simulasi Potongan Melintang 3 .....	94
44. Tinggi Muka Air Simulasi 3 Kondisi Jenuh .....	94
45. Tinggi Muka Air Simulasi 3 Kondisi Setengah Jenuh.....	95
46. Tinggi Muka Air Simulasi 3 Kondisi Tidak Jenuh.....	95
47. Tinggi Muka Air Simulasi 3 Kondisi Kritis (12,1 m).....	95
48. Hasil Akhir Analisis Simulasi 3 Kondisi Jenuh.....	98
49. Hasil Akhir Analisis Simulasi 3 Kondisi Setengah Jenuh.....	101
50. Hasil Akhir Analisis Simulasi 3 Kondisi Tidak Jenuh .....	104
51. Hasil Akhir Analisis Simulasi 3 Kondisi Kritis.....	107
52. Simulasi Potongan Melintang 4 .....	108
53. Tinggi Muka Air Simulasi 4 Kondisi Jenuh .....	109
54. Tinggi Muka Air Simulasi 4 Kondisi Setengah Jenuh.....	110
55. Tinggi Muka Air Simulasi 4 Kondisi Tidak Jenuh.....	110
56. Tinggi Muka Air Simulasi 4 Kondisi Kritis (10,7 m).....	110
57. Hasil Akhir Analisis Simulasi 4 Kondisi Jenuh.....	112
58. Hasil Akhir Analisis Simulasi 4 Kondisi Setengah Jenuh.....	114
59. Hasil Akhir Analisis Simulasi 4 Kondisi Tidak Jenuh .....	118
60. Hasil Akhir Analisis Simulasi 4 Kondisi Kritis.....	121
61. Simulasi Potongan Melintang 5 .....	123
62. Tinggi Muka Air Simulasi 5 Kondisi Jenuh .....	123
63. Tinggi Muka Air Simulasi 5 Kondisi Setengah Jenuh.....	124
64. Tinggi Muka Air Simulasi 5 Kondisi Tidak Jenuh.....	124
65. Tinggi Muka Air Simulasi 5 Kondisi Kritis (12,25 m).....	124

66. Hasil Akhir Analisis Simulasi 5 Kondisi Jenuh.....	125
67. Hasil Akhir Analisis Simulasi 5 Kondisi Setengah Jenuh.....	129
68. Hasil Akhir Analisis Simulasi 4 Kondisi Tidak Jenuh .....	132
69. Hasil Akhir Analisis Simulasi 5 Kondisi Kritis.....	135

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS .....	8
2. Klasifikasi longsor menurut swanston dan swanson tahun 1980.....	21
3. Asumsi-asumsi Dan Kondisi Kesetimbangan yang Digunakan oleh Beberapa Metode Irisan .....	31
4. Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor.....	36
5. Tabulasi hasil perhitungan dengan menggunakan <i>Software Geostudio SLOPE/W 2007</i> .....	40
6. Perbandingan hasil Faktor Keamanan secara Manual dan dengan <i>Software Geostudio SLOPE/W 2007</i> .....	41
7. Prosentase Penurunan nilai faktor Keamanan .....	42
8. Resume nilai faktor aman analisis stabilitas lereng dengan menggunakan analisis rumus dan program <i>Plaxis V.8.2</i> .....	43
9. Resume nilai faktor aman dengan <i>bishop</i> dan diagram <i>Taylor</i> .....	45
10. Perbandingan hasil perhitungan faktor aman secara manual dengan program <i>Plaxis V.8.2</i> .....	47
11. Data yang Diperoleh dari Uji Laboratorium.....	49
12. Data Tanah pada Kondisi Jenuh .....	50
13. Data Tanah pada Kondisi Setengah Jenuh.....	51
14. Data Tanah pada Kondisi Tidak Jenuh .....	51
15. Data yang Dibutuhkan pada Program .....	61
16. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Jenuh .....	65
17. <i>Critical Slip Surfaces 1</i> Kondisi Jenuh .....	65

18. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Jenuh. ....	66
19. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Jenuh.....	67
20. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Setengah Jenuh ....	69
21. <i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 1 Kondisi Setengah Jenuh .....	70
22. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Setengah Jenuh.....	70
23. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Setengah Jenuh....	71
24. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Tidak Jenuh.....	73
25. <i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 1 Kondisi Tidak Jenuh.....	74
26. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Tidak Jenuh .....	74
27. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Tidak Jenuh .....	75
28. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Kritis .....	77
29. <i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 1 Kondisi Kritis .....	78
30. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Kritis.....	78
31. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Kritis.....	79
32. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Jenuh .....	83
33. <i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 2 Kondisi Jenuh .....	83
34. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Jenuh .....	83
35. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Jenuh.....	84
36. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Setengah Jenuh ....	86
37. <i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 2 Kondisi Setengah Jenuh .....	86
38. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Setengah Jenuh.....	86
39. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Setengah Jenuh....	87
40. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Tidak Jenuh.....	89
41. <i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 2 Kondisi Tidak Jenuh.....	89

42.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Tidak Jenuh .....	89
43.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Tidak Jenuh .....	90
44.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Kritis .....	92
45.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 2 Kondisi Kritis .....	92
46.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Kritis.....	92
47.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Kritis.....	93
48.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Jenuh.....	97
49.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 3 Kondisi Jenuh .....	97
50.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Jenuh .....	97
51.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Jenuh.....	98
52.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Setengah Jenuh. ..	100
53.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 3 Kondisi Setengah Jenuh .....	100
54.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Setengah Jenuh.....	100
55.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Setengah Jenuh..	101
56.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Tidak Jenuh.....	103
57.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 3 Kondisi Tidak Jenuh.....	103
58.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Tidak Jenuh .....	103
59.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Tidak Jenuh .....	104
60.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Kritis .....	106
61.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 3 Kondisi Kritis .....	106
62.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Kritis.....	106
63.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Kritis.....	107
64.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Jenuh.....	111
65.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 4 Kondisi Jenuh .....	111

66.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Jenuh .....	111
67.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Jenuh.....	112
68.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Setengah Jenuh. ..	114
69.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 4 Kondisi Setengah Jenuh .....	114
70.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Setengah Jenuh.....	114
71.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Setengah Jenuh..	115
72.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Tidak Jenuh.....	117
73.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 4 Kondisi Tidak Jenuh.....	117
74.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Tidak Jenuh.....	117
75.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Tidak Jenuh .....	118
76.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Kritis .....	120
77.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 3 Kondisi Kritis .....	120
78.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Kritis.....	120
79.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Kritis.....	121
80.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Jenuh.....	125
81.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 5 Kondisi Jenuh .....	125
82.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Jenuh .....	125
83.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Jenuh.....	126
84.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Setengah Jenuh. ..	128
85.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 5 Kondisi Setengah Jenuh .....	128
86.	<i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Setengah Jenuh.....	128
87.	Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Setengah Jenuh..	129
88.	Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Tidak Jenuh.....	131
89.	<i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 5 Kondisi Tidak Jenuh.....	131

90. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Tidak Jenuh .....	131
91. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Tidak Jenuh .....	132
92. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Kritis .....	134
93. <i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 5 Kondisi Kritis .....	134
94. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Kritis.....	134
95. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Kritis.....	135
96. Nilai Faktor Aman .....	137

## DAFTAR GRAFIK

Grafik .	Halaman
1. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 1 Kondisi Jenuh.....	13
2. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 1 Kondisi Setengah Jenuh .....	71
3. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 1 Kondisi Tidak Jenuh ....	75
4. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 1 Kondisi Kritis.....	79
5. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 2 Kondisi Jenuh.....	84
6. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 2 Kondisi Setengah Jenuh .....	87
7. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 2 Kondisi Tidak Jenuh ....	90
8. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 2 Kondisi Kritis.....	93
9. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 3 Kondisi Jenuh.....	98
10. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 3 Kondisi Setengah Jenuh .....	101
11. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 3 Kondisi Tidak Jenuh ..	104
12. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 3 Kondisi Kritis.....	107
13. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 4 Kondisi Jenuh.....	112
14. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 4 Kondisi Setengah Jenuh .....	115
15. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 4 Kondisi Tidak Jenuh ..	118
16. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 4 Kondisi Kritis.....	121
17. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 5 Kondisi Jenuh.....	126



18. Hubungan Antara *PWP* dan Jarak Simulasi 5 Kondisi Setengah Jenuh ..... 129
19. Hubungan Antara *PWP* dan Jarak Simulasi 5 Kondisi Tidak Jenuh.. 132
20. Hubungan Antara *PWP* dan Jarak Simulasi 5 Kondisi Kritis..... 135

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran

1. Hasil Pengujian Sampel Tanah
2. Lokasi Penelitian
3. Potongan Lereng Tinjauan
4. Hasil Analisis *Software*
5. Lembar Asistensi
6. Surat Menyurat

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Salah satu bencana alam yang kerap terjadi pada daerah perbukitan di Provinsi Lampung adalah bencana tanah longsor, terutama pada lokasi penelitian yaitu di Kabupaten Lampung Barat, Kecamatan Semaka dimana dilokasi tersebut merupakan salah satu daerah perbukitan di Provinsi Lampung. Biasanya kelongsoran terjadi di musim penghujan dikarenakan peningkatan kondisi air pori tanah. Begitu banyak kerugian yang diakibatkan bencana longsor diantaranya kerugian harta benda, korban jiwa, kerusakan jalan, dan fasilitas-fasilitas lainnya.

Bencana longsor yang terjadi saat musim penghujan dikarenakan hujan yang terjadi secara terus-menerus dan mengakibatkan kondisi tanah menjadi jenuh, yaitu kondisi dimana tanah sudah tidak mampu lagi menampung air dalam porinya. Dengan demikian tekanan air pori akan naik dan menyebabkan pengurangan nilai kuat geser tanah serta penurunan nilai kohesif tanah sehingga tanah menjadi tidak stabil dan rawan longsor.

Data tanah dan potongan melintang lereng yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari lereng buatan dengan kondisi yang cukup tinggi sehingga perlu dilakukan simulasi bentuk lereng yang sesuai serta analisis stabilitas

lereng sebagai antisipasi kelongsoran apakah lereng tersebut aman atau tidak.

Dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng yang dapat memodelkan sesuai dengan kondisi asli di lapangan dan untuk mengetahui faktor keamanan lereng di lokasi penelitian. Program *GeoStudio SLOPE/W 2007* dapat digunakan untuk menganalisis faktor aman dan memudahkan dalam memodelkan penanganannya.

Dengan menggambarkan potongan melintang lereng ke dalam program *GeoStudio SLOPE/W* dan diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan, dengan harapan pelaksanaan di lapangan dapat didekati sedekat mungkin pada program. Dalam menganalisa stabilitas lereng pada perangkat lunak tersebut digunakan menu *SLOPE/W*, adapun metode yang digunakan di dalam program ini adalah Metode *Limit Equilibrium*

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang terjadi untuk diteliti pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Diperlukan analisis nilai faktor aman untuk mengetahui apakah potongan melintang lereng yang disimulasikan pada kondisi jenuh, kondisi setengah jenuh, dan kondisi tidak jenuh tergolong pada lereng yang stabil/aman atau lereng yang tidak stabil/tidak aman.
- b. Mencari alternatif antisipasi kelongsoran lereng dengan meninjau data-data tanah yang ada dan mensimulasikan lima potongan melintang yang tepat dan ideal.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan peneliti menganalisis stabilitas lereng pada tiga kondisi yang berbeda dengan program *GeoStudio SLOPE/W 2007* pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Penggunaan *GeoStudio SLOPE/W 2007* sebagai perangkat lunak (*software*) untuk mencari nilai faktor aman pada lima simulasi potongan melintang lereng di kondisi jenuh, kondisi setengah jenuh, dan kondisi tidak jenuh.
- b. Mengetahui bentuk potongan melintang lereng yang paling ideal pada lokasi penelitian dengan menggunakan Program *GeoStudio SLOPE/W 2007*.

### 1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan dan keterbatasan waktu maupun kemampuan pada penelitian analisis stabilitas lereng di Kecamatan Semaka, Kabupaten Lampung Barat dengan menggunakan program *GeoStudio SLOPE/W* ini maka dilakukan pembatasan sebagai berikut :

- a. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data tanah yang diambil sampelnya hanya di daerah Kecamatan Semaka, Kabupaten Lampung Barat.
- b. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan program *GeoStudio SLOPE/W 2007*.
- c. Lereng ditinjau berdasarkan data tanah dan potongan melintang lereng dengan tinggi sesuai di lokasi yang diteliti.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat didapatkan dari penelitian penggunaan program *GeoStudio SLOPE/W 2007* dalam menganalisis stabilitas lereng di Kecamatan Semaka, Kabupaten Lampung Barat antara lain :

- a. Untuk mencari faktor aman dalam stabilitas lereng.
- b. Dapat mengetahui potongan melintang paling ideal sebagai anitipasi kelongsoran di wilayah penelitian.
- c. Menambah pengetahuan dan referensi yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah

Menurut Hardiyatmo (2002), Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya.

Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, kasar, maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air dan proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut.

## A. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das Braja M, 1995).

Jenis dan sifat tanah yang sangat bervariasi ditentukan oleh perbandingan banyak fraksi-fraksi (kerikil, pasir, lanau dan lempung), sifat plastisitas butir halus. Klasifikasi bertujuan untuk membagi tanah menjadi beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang serupa.

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

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineers* selama Perang Dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, sistem ini disempurnakan. Das Braja M. (1995).

Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam dua



kategori utama, yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil dan S untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, perlu memperhatikan faktor-faktor berikut ini :

1. Prosentase fraksi kasar yang lolos ayakan no.200.
2. Prosentase fraksi kasar yang lolos ayakan no.40.
3. Cu dan Cc untuk tanah dimana 0-12% lolos ayakan no.200.
4. Batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan no.40 (untuk tanah 5% atau lebih lolos ayakan no.200).

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
		Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
				SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	Pasir dengan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200		Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
				CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )	
		OL		Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
		Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis		
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )			
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Sumber : Das Braja M. (1995)

## 2.2 Karakteristik Tanah di Lokasi Penelitian

Menurut Das Braja M. (1995) Air sangat mempengaruhi sifat tanah lempung, karena butiran dari tanah lempung sangat halus, sehingga luas permukaan spesifikasinya menjadi lebih besar. Dalam suatu partikel lempung yang ideal, muatan positif dan negatif berada dalam posisi seimbang, selanjutnya terjadi substitusi isomorf dan kontinuitas perpecahan susunannya, sehingga terjadi muatan negatif pada permukaan partikel kristal lempung. Salah satu cara untuk mengimbangi muatan negatif, partikel tanah lempung menarik muatan positif (kation) dari garam yang ada di dalam air porinya. Hal ini disebut dengan pertukaran ion-ion. Pertemuan antar molekul air dan partikel lempung akan menimbulkan lekatan yang sangat kuat, sebab air akan tertarik secara elektrik dan air akan berada disekitar partikel lempung yang disebut air lapisan ganda, yaitu air yang berada pada lapisan air resapan. Lapisan air inilah yang menimbulkan gaya tarik menarik antar partikel lempung yang disebut *unhindered moisture film*.

Molekul bersifat dipolar, yang berarti memiliki muatan positif dan negatif pada ujung yang berlawanan, sehingga dapat tertarik oleh permukaan lempung secara elektrik dalam 3 kasus, yaitu :

1. Tarikan antar permukaan negatif dan partikel lempung dengan ujung positif dipolar.
2. Tarikan antara kation-kation dalam lapisan ganda dengan muatan negatif dari ujung dipolar. Kation-kation ini tertarik oleh permukaan partikel lempung-

yang bermuatan negatif.

3. Andil atom-atom hidrogen dalam molekul air, yaitu ikatan hidrogen antara atom oksigen dalam molekul-molekul air.

Jadi jelaslah bahwa semakin luas permukaan spesifik tanah lempung, air yang tertarik secara elektrik disekitar partikel lempung yang disebut air lapisan ganda jumlahnya akan semakin besar. Air lapisan ganda inilah yang menyebabkan sifat plastis pada tanah lempung.

Konsentrasi air resapan dalam mineral lempung memberi bentuk dasar dari susunan tanahnya sebagai berikut, tiap partikelnya terikat satu sama lain lewat lapisan air serapannya. Selain itu jarak antara partikel juga akan mempengaruhi hubungan tarik menarik atau tolak menolak antar partikel tanah lempung yang diakibatkan oleh pengaruh ikatan hidrogen, gaya *Van der Waals* serta macam ikatan kimia dan organiknya. Bertambahnya jarak akan mengurangi gaya antar partikel.

Jadi jelaslah bahwa ikatan antar partikel tanah yang disusun oleh mineral lempung akan sangat dipengaruhi oleh besarnya jaringan muatan negatif pada mineral, tipe, konsentrasi dan distribusi kation-kation yang berfungsi untuk mengimbangi muatannya.

Gaya elektrostatik (gaya tarik menarik antar partikel aluminium) yang terjadi pada permukaan lempung (bermuatan negatif) dengan kation-kation yang berada diantaranya, berpengaruh terhadap penyusutan ketebalan lapisan ganda karena-

jumlah air yang terhidrasi menjadi berkurang.

Lempung akan bersifat labil (kembang susutnya besar) bila kation-kation yang berada diantara partikel lempung adalah kation-kation yang lemah, atau dapat dengan mudah digantikan oleh kation-kation yang lain atau tergeser oleh molekul-molekul air yang konsentrasinya tinggi. Kation yang lemah adalah kation-kation yang berasal dari garam-garam mineral yang terdapat di alam (misalnya  $\text{Na}^+$ ). Sehingga akan dihasilkan gaya elektrostatis yang lemah serta jari-jari antar partikel besar, sehingga akan didapatkan lempung yang mengembang disaat banyak air dan menyusut pada saat air keluar dari lempung dengan perbedaan kembang susut yang besar.

Jenis tanah lempung antara lain : Pasir berlempung, lempung berpasir, lempung liat berpasir, lempung liat berdebu, lempung berliat, lempung berdebu. Jenis tanah di lokasi penelitian adalah lempung berpasir, berikut ini merupakan karakteristik tanah lempung berpasir :

#### **A. Karakteristik Lempung Berpasir**

Tanah lempung berpasir didominasi oleh partikel pasir, tetapi cukup mengandung tanah lempung dan sedimen untuk menyediakan beberapa struktur dan kesuburan. Ada empat jenis tanah lempung berpasir yang diklasifikasikan berdasarkan ukuran partikel pasir dalam tanah. Tanah lempung berpasir dipecah menjadi empat kategori, termasuk kasar lempung

berpasir, lempung berpasir halus, lempung berpasir dan lempung berpasir sangat halus. Ukuran partikel pasir diukur dalam milimeter dan konsentrasi mereka dalam tanah yang digunakan untuk menentukan kategori tanah yang berada di bawah.

Tanah lempung berpasir memiliki partikel yang terlihat seperti pasir dicampur ke dalam tanah. Tanah lempung berpasir sangat keras dalam kondisi kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Namun pada kadar air yang lebih tinggi lempung berpasir akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. Kohesif menunjukkan kenyataan bahwa partikel-partikel itu melekat satu sama lainnya sedangkan plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah. (Gosfaj, 2014, *Identifikasi Tanah Lempung Berpasir*, <http://blogsidual.blogspot.co.id/2014/12/identifikasitanahlempungberpasir.html>, diakses tanggal 18 mei 2017)

## **2.3 Teori Mengenai Longsor**

### **A. Definisi Tanah Longsor Menurut Para Ahli**

Berikut ini adalah definisi dari beberapa tokoh yang telah dipublikasikan di berbagai pustaka:

1. Skempton dan Hutchinson (1969), tanah longsor atau gerakan tanah didefinisikan sebagai gerakan menuruni lereng oleh massa tanah dan atau batuan penyusun lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan

peyusun lereng tersebut.

2. Varnes (1978) mengusulkan terminologi gerakan lereng (*slope-movement*) yang dianggap lebih tepat untuk mendefinisikan longsoran yaitu sebagai gerakan material penyusun lereng ke arah bawah atau keluar lereng di bawah pengaruh gravitasi bumi.
3. Brunsden (1984) mengusulkan gerakan massa (*mass movement*) yang dianggap lebih tepat dipakai dalam mendefinisikan proses gerakan massa penyusun lereng, daripada istilah longsoran (*landslide*) yang lebih populer dikenal di masyarakat.
4. Arsyad (1989) mengemukakan bahwa longsor terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume di atas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air. Dalam hal ini lapisan terdiri dari tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi dan juga dapat berupa lapidan batuan seperti napal liat (*clay shale*) setelah jenuh air akan bertindak sebagai peluncur.
5. Crudden (1991) mendefinisikan longsoran (*landslide*) sebagai pergerakan suatu massa batuan, tanah atau bahan rombakan, material penyusun lereng (yang merupakan pencampuran tanah dan batuan) menuruni lereng. Namun sebelumnya.
6. Brook dkk. (1991) mengatakan bahwa tanah longsor adalah salah satu bentuk dari gerak massa tanah, batuan, dan runtuh batuan/tanah yang terjadi seketika yang bergerak menuju lereng bawah yang dikendalikan oleh gaya gravitasi dan meluncur dari atas suatu lapisan kedap yang jenuh

air (bidang luncur). Oleh Karena itu tanah longsor dapat juga dikatakan sebagai bentuk erosi.

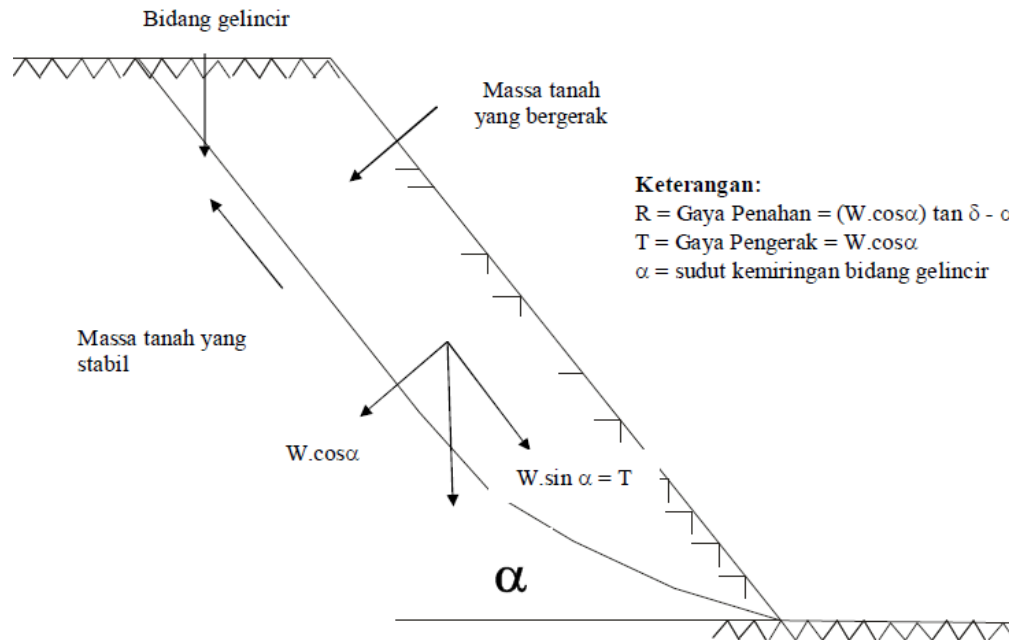
7. Selby (1993) menjelaskan bahwa longsor (*landslide*) hanya tepat-pada proses pergerakan massa yang melalui suatu bidang gelincir (bidang luncur) yang jelas.
8. Karnawati (2005) sebenarnya longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah ataupun batuan ataupun bahan rombakan yang menuruni lereng.

## **B. Penyebab Terjadinya Gerakan Massa Tanah**

Banyak faktor semacam kondisi-kondisi geologi dan hidrologi, topografi, iklim, dan perubahan cuaca dapat mempengaruhi stabilitas lereng yang mengakibatkan terjadinya longsor. Gerakan massa tanah terjadi jika dipenuhi tiga keadaan, yaitu:

1. Kelerengan cukup curam.
2. Terdapat bidang peluncur di bawah permukaan tanah yang kedap air.
3. Terdapat cukup air (dari hujan) di dalam tanah di atas lapisan kedap, sehingga tanah jenuh air. Air hujan yang jatuh di atas permukaan tanah yang kemudian menjenuhi tanah, sangat menentukan kestabilan lereng, yaitu menurunnya tanah ketahanan geser ( $t$ ) yang jauh lebih besar dari penurunan tekanan geser tanah ( $s$ ), sehingga faktor keamanan lereng ( $F$ ) menurun tajam ( $F=t/s$ ), menyebabkan lereng rawan longsor.

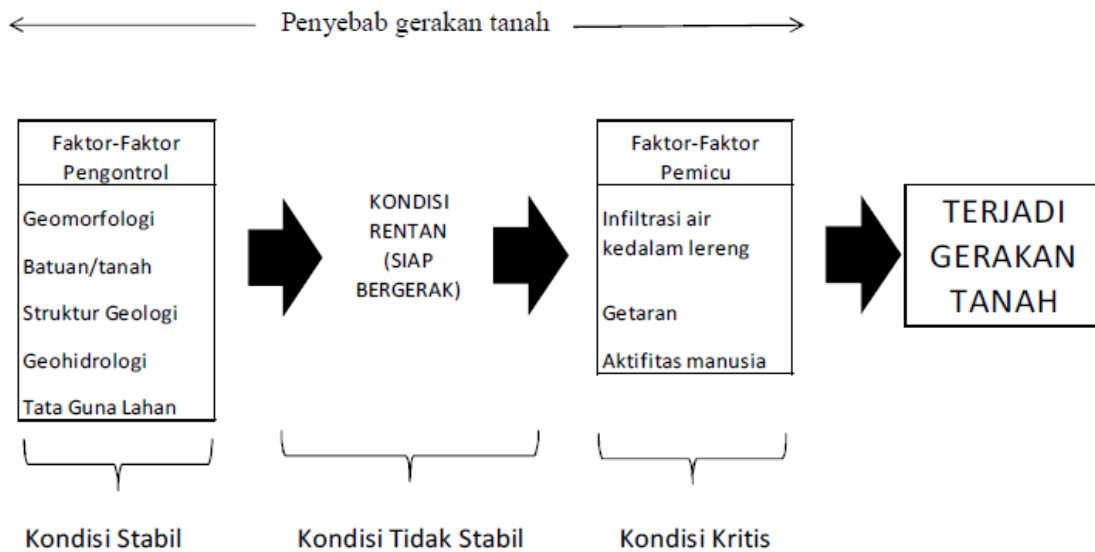




Gambar 1. Gaya-gaya yang mengontrol kestabilan suatu lereng (Karnawati, 2005)

### C. Proses Terjadinya Gerakan Massa Tanah

Karnawati (2005) menjelaskan bahwa pergerakan massa tanah/batuan pada lereng dapat terjadi akibat interaksi pengaruh beberapa kondisi yang meliputi kondisi morfologi, geologi, struktur geologi, hidrogeologi dan tata guna lahan. Kondisi-kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mengkondisikan suatu lereng menjadi rentan dan siap bergerak. Lereng yang rentan dan siap bergerak akan benar-benar bergerak apabila ada faktor pemicu gerakan. Faktor pemicu terjadinya gerakan dapat berupa hujan, getaran-getaran atau aktifitas manusia pada lereng, seperti pemotongan dan penggalian, pembebanan yang berlebihan dan sebagainya. Proses dan tahapan terjadinya gerakan tanah ini secara skematik seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Proses terjadinya gerakan tanah dan komponen-komponen penyebabnya (Karnawati, 2005)

Dari gambar 2 terlihat bahwa proses terjadinya gerakan tanah melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Tahap stabil,
2. Tahap rentan (siap bergerak),
3. Tahap kritis, dan
4. Tahap benar-benar bergerak.

Dari gambar 2 juga menunjukkan bahwa penyebab terjadinya gerakan tanah dapat dibedakan menjadi penyebab tidak langsung (penyebab yang berupa faktor pengontrol) yaitu faktor-faktor yang mengkondisikan suatu lereng menjadi rentan atau siap bergerak, dan penyebab langsung (yang berupa pemicu) yaitu proses-proses yang merubah kondisi lereng dari kondisi rentan (siap bergerak) menjadi kondisi benar-benar bergerak setelah melampaui batas kritis tertentu. Menurut proses terjadinya

(Swanston dan Swanson, 1980) tanah longsor dikelompokkan menjadi, jatuhan, longsor, aliran, rayapan, dan bandang. Masing-masing tipe terjadi pada medan dengan karakteristik yang berbeda satu dengan yang lain, hal ini karena gerakan tanah disebabkan oleh banyak faktor.

#### **D. Faktor Pergerakan Massa Tanah**

Menurut Karnawati (2005) faktor-faktor pengontrol pergerakan massa tanah merupakan fenomena yang mengkondisikan suatu lereng berpotensi untuk bergerak, meskipun pada saat tertentu lereng tersebut masih stabil atau belum bergerak/longsor. Lereng yang berpotensi untuk bergerak, apabila ada gangguan yang memicu terjadinya gerakan.

Berdasarkan pengamatan maka Karnawati (1996) mengidentifikasi faktor-faktor pengontrol terjadinya gerakan tanah di Indonesia, sebagai berikut:

1. Kondisi geomorfologi (kemiringan lereng).

Sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan wilayah perbukitan dan pegunungan, sehingga banyak dijumpai lahan miring atau perbukitan. Lereng pada lahan yang miring ini berpotensi untuk mengalami gerakan tanah. Semakin curam kemiringan (sudut kemiringan) suatu lereng, akan semakin besar gaya penggerak massa tanah/ batuan penyusun lereng.

2. Kondisi geologi.

Sebagian besar wilayah Indonesia merupakan wilayah yang kondisi geologinya dinamis. Hal ini disebabkan oleh terjadinya gerakan Lempeng Australia dan Lempeng Pasifik yang menumbuk di bawah Lempeng Benua Eurasia, sehingga terjadi zona penujaman. Akibat dari penujaman lempeng tersebut maka terjadi aktifitas gempa dan gunung api yang melampar sesuai jalur penujaman tadi.

Getaran gempa bumi pada lereng gunung api atau pegunungan dapat memicu longsor, karena getaran gempa dapat memperbesar gaya atau tegangan penggerak massa tanah/ batuan pada lereng, yang sekaligus juga mengurangi besarnya gaya atau tegangan penahan gerakan. Kehadiran gunung api tentunya mengakibatkan suatu lahan menjadi miring. Semakin miring suatu lahan, maka gaya penggerak massa tanah pada lereng akan semakin besar apabila tanah penyusun lereng merupakan tanah lepas-lepas atau merupakan batuan yang rapuh.

### 3. Kondisi tanah/batuan penyusun lereng.

Kondisi tanah/ batuan penyusun lereng sangat berperan dalam mengontrol terjadinya gerakan tanah. Meskipun suatu lereng cukup curam, namun gerakan tanah belum tentu terjadi apabila kondisi tanah/ batuan penyusun lereng tersebut cukup kompak dan kuat.

Tanah-tanah residual hasil pelapukan batuan yang belum mengalami pergerakan (masih insitu) dan tanah kolovial, serta lapisan batu lempung

jenis smektif, lapisan napal dan serpih seringkali merupakan massa tanah/ batuan yang rentan bergerak, terutama apabila kemiringan lapisan batuan searah kemiringan lereng.

#### 4. Kondisi iklim.

Kondisi iklim di Indonesia sangat berperan dalam mengontrol terjadinya longsor. Temperatur dan curah hujan yang tinggi sangat mendukung terjadinya proses pelapukan batuan pada lereng. Akibatnya sangat sering dijumpai lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah yang tebal, dengan ketebalan mencapai lebih dari 10 meter. Dari hasil pengamatan lapangan dapat diketahui bahwa lereng dengan tumpukan tanah yang lebih tebal relatif lebih rentan terhadap gerakan tanah.

Curah hujan yang tinggi atau menengah dan berlangsung lama sangat berperan dalam memicu terjadinya gerakan tanah. Air hujan yang meresap ke dalam lereng dapat meningkatkan kejenuhan tanah pada lereng, sehingga tekan air untuk merenggangkan ikatan tanah meningkat pula, dan akhirnya massa tanah terangkut oleh aliran air dalam lereng.

#### 5. Kondisi hidrologi lereng.

Kondisi hidrologi dalam lereng berperan dalam hal meningkatkan tekanan hidrostatis air, sehingga kuat tanah/ batuan akan sangat berkurang dan gerakan tanah terjadi.

Lereng yang air tanahnya dangkal atau lereng dengan akuifiler-

menggantung, sangat sangat sensitif mengalami kenaikan tekanan hidrostatik apabila air permukaan meresap ke dalam lereng. Selain itu, retakan batuan atau kekar sering pula menjadi saluran air masuk ke dalam lereng. Apabila semakin banyak air yang masuk melewati retakan atau kekar tersebut, tekanan air juga akan semakin meningkat. Mengingat jalur-jalur tersebut merupakan bidang dengan kuat geser lemah, maka kenaikan tekanan air ini akan sangat mudah menggerakkan lereng melalui jalur tersebut.

Di antara kondisi alam di atas, satu-satunya kondisi yang relatif mudah dikontrol adalah kondisi hidrologi (sistem tata air) pada lereng yang rawan longsor. Kondisi tata air inilah yang paling sensitif untuk berubah baik dalam dimensi waktu maupun ruang, akibat adanya air hujan yang meresap masuk ke dalam lereng (Hencher dan Masey, 1984; Karnawati, 1996a dan 2000b).

#### **E. Klasifikasi Longsor**

Menurut Swanston dan Swanson (1980) Longsor diklasifikasikan menjadi lima, yaitu jatuhan (*falls*), longsor (*slide*), aliran (*flows*), rayapan (*creep*), dan bandang (*debris, torrents*), Berikut disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. Klasifikasi longsor menurut swanston dan swanson tahun 1980

Jenis	Deskripsi	Pembentuk	Penyebab
Jatuhan ( <i>falls</i> )	Gerakan udara: melambung, memutar, menggelinding, sangat cepat	Pengangkatan atau lereng, curam, patahan batuan, kurangnya ketahanan vegetasi.	Pemindahan daya dukung, penjepit dan pengupil, gempa , kelebihan beban
Longsor ( <i>slide</i> )	Material yang bergerak tidak banyak berubah bentuk, bergerak sepanjang bidang luncur, lambat-cepat	Zona massif di atas zona lunak, adanya lapisan dasar yang kedap, buruknya sedimentasi, atau sedimen yang tak terkonsolidasi.	Terlalu curam, penurunan friksi internal.
Aliran ( <i>flow</i> )	Bergerak dalam bentuk cairan lumpur; lambat-cepat	Bahan tak terkonsolidasi, perubahan permeabilitas sedimen halus yang kedap pada batuan dasar	Penurunan friksi internal karena kandungan air
Rayapan ( <i>creep</i> )	Gerakan lambat ke arah lereng bawah, beberapa cm/ tahun	Tingginya perubahan temperatur harian, perubahan periode kering-hujan, siklus kembang kerut.	Goyangan pohon, penjepit dan pengupil, pemotongan tebing atau erosi jurang
Bandang ( <i>debris, torrents</i> )	Gerakan cepat dari air yang bermuatan tanah, batu dan material organik di saluran sungai	Saluran curam, lapisan tipis dari material yang tak terkonsolidasi di atas batuan induk di dalam saluran, lapisan partikel-partikel liat dari bidang luncur jika basah.	Debit aliran tinggi, tanah jenuh air, sering ditandai oleh longsor tanah/batu, penggundulan hutan.

Sumber : Karnawati (1996)

## 2.4 Lereng

Menurut Haninda Putri dkk, (2014) lereng adalah suatu tepian yang terletak antara landasan dan tanjakan, berdasarkan macamnya lereng dibagi menjadi tiga macam, yaitu: lereng alam, lereng buatan tanah asli, dan lereng buatan tanah yang dipadatkan. Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng. Wesley (1977) membagi lereng menjadi 3-

macam ditinjau dari segi terbentuknya, yaitu :

- a. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan alam, seperti erosi, gerakan tektonik dan sebagainya.
- b. Lereng yang buatan, akibat penggalian atau pemotongan pada tanah asli.
- c. Lereng timbunan tanah, seperti urugan untuk jalan raya.

Gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) cenderung menyebabkan ketidakstabilan (*instability*) pada lereng alami (*natural slope*), pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan pada lereng tanggul serta bendungan tanah (*earth dams*). Craig (1989)

## 2.5 Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Kekuatan yang sangat berperan dalam analisa kestabilan lereng terdiri dari sifat fisik dan sifat mekanik dari tanah tersebut. Sifat fisik tanah yang digunakan dalam menganalisa kemantapan lereng adalah bobot isi tanah ( $\gamma$ ), sedangkan sifat mekaniknya adalah kuat geser batuan yang dinyatakan dengan parameter kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Kekuatan geser tanah ini adalah kekuatan yang berfungsi sebagai gaya untuk melawan atau menahan gaya penyebab kelongsoran. (Bonaventura, 2013, *Kestabilan Lereng Tambang*, <http://lerengtambang.blogspot.co.id/>, diakses tanggal 18 mei 2017)

Berikut ini merupakan penjelasan dari faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng:



### **A. Bobot Isi Tanah atau Batuan ( $\gamma$ )**

Nilai bobot isi tanah atau batuan akan menentukan besarnya beban yang diterima pada permukaan bidang longsor, dinyatakan dalam satuan berat per volume. Bobot isi batuan juga dipengaruhi oleh jumlah kandungan air dalam batuan tersebut. Semakin besar bobot isi pada suatu lereng tambang maka gaya geser penyebab kelongsoran akan semakin besar. Bobot isi diketahui dari pengujian laboratorium. Nilai bobot isi batuan untuk analisa kestabilan lereng terdiri dari 3 parameter yaitu nilai Bobot isi batuan pada kondisi asli ( $\gamma_n$ ), kondisi kering ( $\gamma_d$ ) dan Bobot isi pada kondisi basah ( $w$ ).

### **B. Kohesi ( $c$ )**

Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam tanah, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi batuan akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Nilai kohesi ( $c$ ) diperoleh dari pengujian laboratorium yaitu pengujian kuat geser langsung (*direct shear strength test*) dan pengujian triaxial (*triaxial test*).

### **C. Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )**

Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya.

Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya.

Untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dalam, dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\tau_{nt} = \sigma_n \tan \phi + c \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- $\tau_{nt}$  = tegangan geser
- $\sigma_n$  = tegangan normal
- $\phi$  = sudut geser dalam
- $c$  = kohesi

Prinsip pengujian *direct shear strength test* atau juga dikenal dengan *shear box test* adalah menggeser langsung contoh tanah atau batuan di bawah kondisi beban normal tertentu. Pergeseran diberikan terhadap bidang pecahnya, sementara untuk tanah dapat dilakukan pergeseran secara langsung pada contoh tanah tersebut. Beban normal yang diberikan diupayakan mendekati kondisi sebenarnya di lapangan.

#### **D. Struktur Geologi**

Keadaan struktur geologi yang harus diperhatikan pada analisa kestabilan lereng penambangan adalah bidang-bidang lemah dalam hal ini bidang ketidakselarasan (*discontinuity*).

Ada dua macam bidang ketidakselarasan yaitu :

1. *Major discontinuity*, seperti kekar dan patahan.
2. *Minor discontinuity*, seperti kekar dan bidang-bidang perlapisan.

Struktur geologi ini merupakan hal yang penting di dalam analisa kemantapan lereng karena struktur geologi merupakan bidang lemah di dalam suatu masa batuan dan dapat menurunkan atau memperkecil kestabilan lereng.

### **E. Geometri Lereng**

Geometri lereng yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng meliputi tinggi lereng, kemiringan lereng dan lebar berm (b), baik itu lereng tunggal (*Single slope*) maupun lereng keseluruhan (*overall slope*). Suatu lereng disebut lereng tunggal (*Single slope*) jika dibentuk oleh satu jenjang saja dan disebut keseluruhan (*overall slope*) jika dibentuk oleh beberapa jenjang.

Lereng yang terlalu tinggi akan cenderung untuk lebih mudah longsor dibanding dengan lereng yang tidak terlalu tinggi dan dengan jenis batuan penyusun yang sama atau homogen. Demikian pula dengan sudut lereng, semakin besar sudut kemiringan lereng, maka lereng tersebut akan semakin tidak stabil. Sedangkan semakin besar lebar berm maka lereng tersebut akan semakin stabil.

### **F. Tinggi Muka Air Tanah**

Muka air tanah yang tinggi menjadikan lereng sebagian besar basah dan

batuannya mempunyai kandungan air yang tinggi, kondisi ini menjadikan kekuatan batuan menjadi rendah dan batuan juga akan menerima tambahan beban air yang dikandung, sehingga menjadikan lereng lebih mudah longsor.

### **G. Iklim**

Iklim berpengaruh terhadap kestabilan lereng karena iklim mempengaruhi perubahan temperatur. Temperatur yang cepat sekali berubah dalam waktu yang singkat akan mempercepat proses pelapukan batuan. Untuk daerah tropis pelapukan lebih cepat dibandingkan dengan daerah dingin, oleh karena itu singkapan batuan pada lereng di daerah tropis akan lebih cepat lapuk dan ini akan mengakibatkan lereng mudah tererosi dan terjadi kelongsoran.

### **H. Gaya luar**

Gaya luar yang mempengaruhi kestabilan lereng penambangan adalah beban alat mekanis yang beroperasi diatas lereng, getaran yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan, dll.

## **2.6 Mengatasi Kelongsoran Lereng**

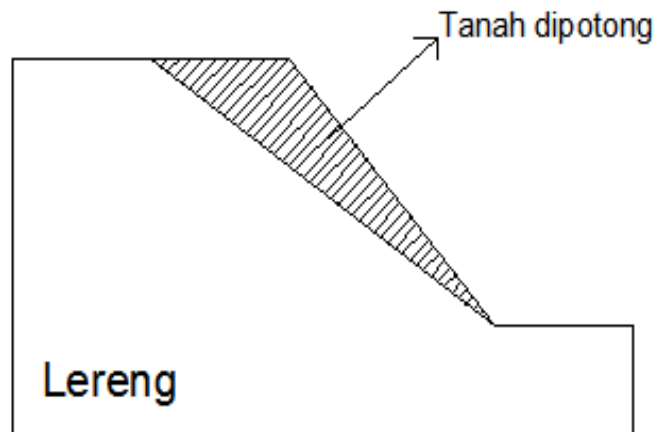
Dalam menghadapi persoalan bagaimana caranya memperbaiki atau menstabilkan lereng pada suatu daerah yang terjadi kelongsoran, Terdapat beberapa teori yang berkaitan dengan hal tersebut. Seperti menurut (Wesley, 1977) ada dua cara untuk membuat lereng supaya menjadi lebih aman, yaitu :

## A. Memperkecil Gaya Penggerak atau Momen Penggerak

Memperkecil Gaya Penggerak atau Momen Penggerak, yaitu dengan mengubah bentuk lereng. Cara yang dilakukan yaitu :

### 1. Membuat Lereng Lebih Datar

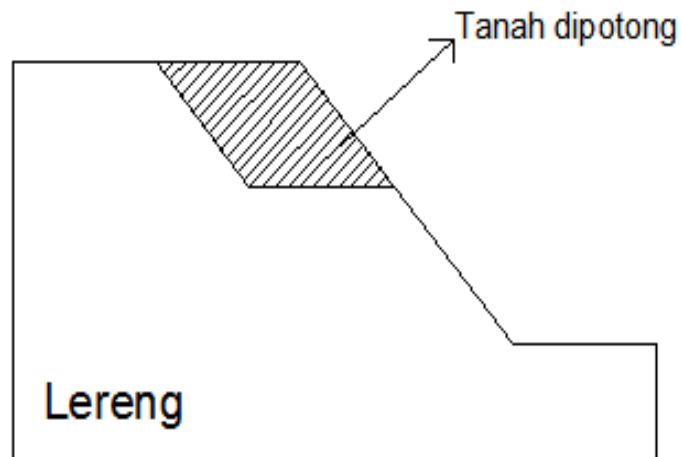
Membuat lereng lebih datar yaitu dengan mengurangi sudut kemiringan, seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Memperkecil Sudut Kemiringan Lereng (Wesley, 1977).

### 2. Memperkecil Ketinggian Lereng

Cara ini hanya dapat dipakai pada lereng yang ketinggiannya terbatas, yaitu dalam hal kelongsoran yang bersifat “*rational slide*”.



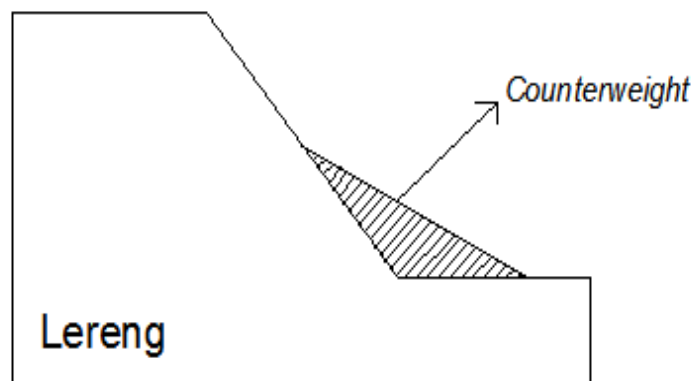
Gambar 4. Memperkecil Ketinggian Lereng (Wesley, 1977).

## B. Memperbesar Gaya Melawan

Memperbesar gaya melawan, yang dapat dilakukan dengan beberapa cara:

### A. *Counterweight*

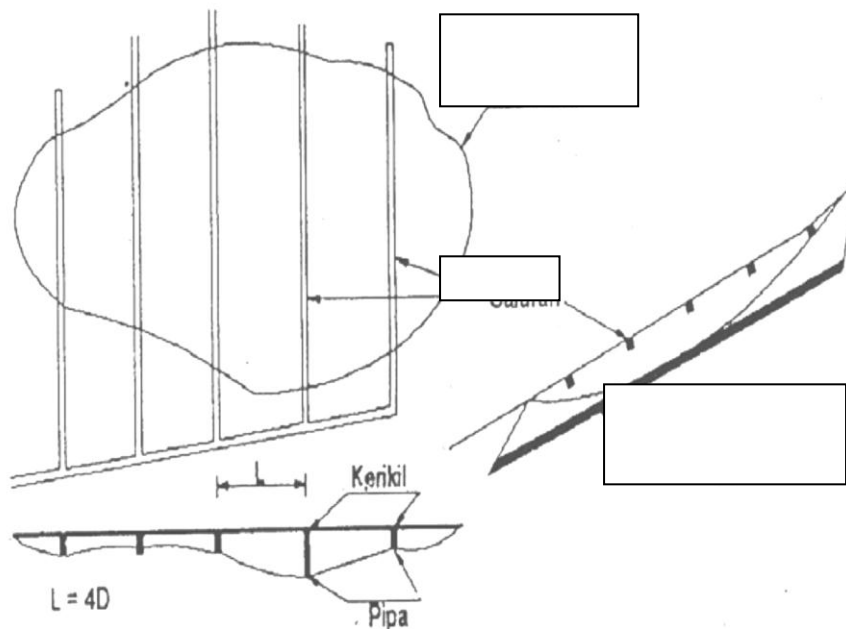
Dengan memakai *counterweight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng, lihat gambar 5.



Gambar 5. Penanganan dengan *Counterweight* (Wesley, 1977).

## B. Mengurangi Tegangan Air Pori

Dengan mengurangi tegangan air pori di dalam lereng, seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Mengurangi Tegangan Air Pori (Wesley, 1977).

## 3. Injeksi

Dengan cara injeksi, yaitu dengan menambah tanah timbunan pada kaki lereng, membuat selokan secara teratur pada lereng dengan mengurangi tegangan air pori pada tanah, dengan menambahkan bahan kimia atau semen dipompa melalui pipa supaya masuk ke dalam lereng.

## 4. Mekanis

Dengan cara mekanis, yaitu dengan membuat dinding penahan atau dengan

memancang tiang. Cara ini dilakukan jika lereng tersebut mempunyai tingkat kelongsoran yang kecil.

## **2.7 Metode Analisa Kestabilan Lereng**

Cara analisis kestabilan lereng banyak dikenal, tetapi secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu: cara pengamatan visual, cara komputasi dan cara grafik (Pangalar, 1985) sebagai berikut :

### **A. Metode Pengamatan Visual**

Metode pengamatan visual adalah cara dengan mengamati langsung di lapangan dengan membandingkan kondisi lereng yang bergerak atau diperkirakan bergerak dan yang yang tidak, cara ini memperkirakan lereng labil maupun stabil dengan memanfaatkan pengalaman di lapangan (Pangalar, 1985 dalam Feriyansyah, 2013). Cara ini kurang teliti, tergantung dari pengalaman seseorang. Cara ini dipakai bila tidak ada resiko longsor terjadi saat pengamatan. Cara ini mirip dengan memetakan indikasi gerakan tanah dalam suatu peta lereng.

### **B. Metode Komputasi**

Metode komputasi adalah dengan melakukan hitungan berdasarkan rumus (*Fellenius, Bishop, Janbu, Sarma, Bishop modified* dan lain- lain) untuk mendapatkan faktor keamanan lereng dan dianalisis kekuatannya.



### C. Metode Grafik

Metode grafik adalah dengan menggunakan grafik yang sudah standar (*Taylor, Hoek & Bray, Janbu, Cousins dan Morganstren*). Cara ini dilakukan untuk material homogen dengan struktur sederhana. Material yang heterogen (terdiri atas berbagai lapisan) dapat didekati dengan penggunaan rumus (cara komputasi). Stereonet, misalnya diagram jaring Schmidt dapat menjelaskan arah longsoran atau runtuhuan batuan dengan cara mengukur *strike/dip* kekar-kekar (*joints*) dan *strike/dip* lapisan batuan.

### 2.8 Analisa Kestabilan Lereng

Pada penelitian ini digunakan empat metode analisis yaitu Metode *Bishop, Janbu, Fellenius/Ordinary, dan Morgenstern* dengan beberapa pengertian sebagai berikut:

Tabel 3. Asumsi-asumsi Dan Kondisi Kesetimbangan yang Digunakan oleh Beberapa Metode Irisan

Metode	Asumsi
Irisan Biasa (Fellenius)	Resultan gaya antar-irisan sama dengan nol dan bekerja sejajar dengan permukaan bidang runtuh.
Bishop Yang Disederhanakan	Gaya geser antar-irisan sama dengan nol ( $X=0$ ).
Janbu Yang Disederhanakan	Gaya geser antar-irisan sama dengan nol ( $X=0$ ). Faktor koreksi digunakan sebagai faktor empiris untuk memasukkan efek dari gaya geser antar irisan.
Morgenstern-Price.	Kemiringan gaya geser antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan

Sumber : Gideon dkk (2017)

### A. Metode *Fellenius/Ordinary*

Ada beberapa metode untuk menganalisis kestabilan lereng, yang paling umum digunakan ialah metode irisan yang dicetuskan oleh Fellenius (1939). Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang tersusun oleh tanah, dan bidang gelincirnya berbentuk busur (*arc-failure*).

Metode Fellenius dapat digunakan pada lereng-lereng dengan kondisi isotropis, non isotropis dan berlapis-lapis. Massa tanah yang bergerak diandaikan terdiri dari atas beberapa elemen vertikal. Lebar elemen dapat diambil tidak sama dan sedemikian sehingga lengkung busur di dasar elemen dapat dianggap garis lurus. Dalam metode ini, semua gaya *interslice* diabaikan. Berat irisan dipecahkan menjadi kekuatan sejajar dan tegak lurus terhadap dasar irisan. Gaya tegak lurus terhadap irisan dasar adalah *base normal force*, yang digunakan untuk menghitung kekuatan geser yang tersedia

Komponen berat yang sejajar dengan dasar irisan adalah gaya gravitasi. Pemisahan momen tentang titik yang digunakan untuk menggambarkan bidang gelincir juga digunakan untuk menghitung faktor keamanan. Faktor keamanan adalah total. Kekuatan geser yang tersedia sepanjang permukaan bidang gelincir dibagi dengan penjumlahan dari kekuatan pendorong gravitasi. Bentuk paling sederhana dari faktor biasa persamaan keselamatan tanpa adanya tekanan air pori. Zakaria (2009)

## **B. Metode *Bishop***

Metode ini pada dasarnya sama dengan metode *Fellenius*, tetapi dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada. Metode *Bishop* mengasumsikan bidang longsor berbentuk busur lingkaran. Pertama yang harus diketahui adalah geometri dari lereng dan juga titik pusat busur lingkaran bidang lurus, serta letak rekahan. Untuk menentukan titik pusat busur lingkaran bidang lurus dan letak rekahan pada longsoran busur dipergunakan grafik.

Metode *Bishop* yang disederhanakan merupakan metode sangat populer dalam analisis kestabilan lereng dikarenakan perhitungannya yang sederhana, cepat dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti. Kesalahan metode ini apabila dibandingkan dengan metode lainnya yang memenuhi semua kondisi kesetimbangan seperti Metode *Spencer* atau Metode *Kesetimbangan Batas Umum*, jarang lebih besar dari 5%. Metode ini sangat cocok digunakan untuk pencarian secara otomatis bidang runtuh kritis yang berbentuk busur lingkaran untuk mencari faktor keamanan minimum.

Metode *Bishop* sendiri memperhitungkan komponen gaya-gaya (horizontal dan vertikal) dengan memperhatikan keseimbangan momen dari masing-masing potongan. Metode ini dapat digunakan untuk menganalisa tegangan efektif. Zakaria (2009)

### C. Metode *Janbu*

Metode ini digunakan untuk menganalisis lereng yang bidang longsornya tidak berbentuk busur lingkaran. Bidang longsor pada analisa metode janbu ditentukan berdasarkan zona lemah yang terdapat pada massa batuan atau tanah.

Cara lain yaitu dengan mengasumsikan suatu faktor keamanan tertentu yang tidak terlalu rendah. Kemudian melakukan perhitungan beberapa kali untuk mendapatkan bidang longsor yang memiliki faktor keamanan terendah. *Janbu* (1954) mengembangkan suatu cara analisa kemantapan lereng yang dapat diterapkan untuk semua bentuk bidang longsor. Zakaria (2009)

### D. Metode *Morgenstern-Price*

Metode ini adalah salah satu metode yang berdasarkan prinsip kesetimbangan batas yang dikembangkan oleh Morgenstern dan Price pada tahun 1965, dimana proses analisisnya merupakan hasil dari kesetimbangan setiap gaya-gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut baik gaya. Dalam metode ini, dilakukan asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antara gaya geser di sekitar irisan (X) dan gaya normal di sekitar irisan(E) dengan persamaan :

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \dots \dots \dots (2)$$

dimana  $f(x)$  adalah asumsi dari sebuah nilai suatu fungsi dan  $\lambda$  adalah

suatu faktor pengali yang nilainya akan diasumsi dalam perhitungan ini. Nilai dari asumsi yang tidak diketahui dalam metode Morgenstern-Price yaitu *factor of safety* (F), faktor pengali ( $\lambda$ ), gaya normal yang bekerja pada dasar bidang irisan (P), Gaya di sekitar bidang irisan yang bekerja secara horizontal dan titik dimana gaya di sekitar bidang irisan bekerja (*Thrust Line*). Dari hasil analisa dengan kesetimbangan maka asumsi diatas akan dapat diketahui, dan komponen gaya geser yang bekerja di sekitar bidang irisan (X) dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

## 2.9 Teori Analisis Kestabilan Lereng

Dalam prakteknya, analisis kestabilan lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*). Adapun maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dengan diketahuinya faktor keamanan memudahkan pekerjaan pembentukan atau perkuatan lereng untuk memastikan apakah lereng tersebut mempunyai resiko longsor atau cukup stabil. Menurut Hardiyatmo, (2003) dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat, yaitu :

- a. Kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
- b. Massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda masif.
- c. Tahanan geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat

geser tanah dianggap isotropis.

- d. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih dari 1.

Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, atau :

$$F = \frac{\tau}{\tau d} \dots\dots\dots(2)$$

dengan  $\tau$  adalah tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah,  $\tau d$  adalah tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor, dan  $F$  adalah faktor aman.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan dan studi-studi yang menyeluruh tentang keruntuhan lereng, maka dibagi 3 kelompok rentang Faktor Keamanan ( $F$ ) ditinjau dari intensitas kelongsorannya (Bowles, 1989), seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor

<b>Nilai Faktor Keamanan</b>	<b>Kejadian/Intensitas Longsor</b>
F kurang dari 1,07	Longsor terjadi biasa/sering (lereng labil)
F antara 1,07 sampai 1,25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
F diatas 1,25	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

Sumber : (Bowles, 1989)

## 2.10 Metode untuk Menentukan Faktor Keamanan pada Lereng

### A. Limit Equilibrium Method (LEM)

LEM atau *Limit Equilibrium Method* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metode analisis ini pertama-tama mengasumsikan bidang kelongsoran yang dapat terjadi. Terdapat dua asumsi bidang kelongsoran, yaitu bidang kelongsoran berbentuk *circular* dan bidang kelongsoran berbentuk *non-circular* atau bisa juga disebut planar. Perhitungan dilakukan dengan membagi-bagi tanah yang berada dalam bidang longsor dalam irisan-irisan oleh karena itu metoda ini dikenal juga dengan nama metoda irisan (*method of slice*) Haninda,dkk (2014).

### B. Geostudio SLOPE/W

*Geostudio* merupakan perangkat lunak di bidang geoteknik yang dikembangkan dari Kanada. Dalam penelitian ini program ini dipakai untuk menganalisa stabilitas lereng. Dalam menganalisa stabilitas lereng pada perangkat lunak tersebut kita menggunakan menu *SLOPE/W*, adapun metode yang digunakan di dalam program ini adalah Metode *Limit Equilibrium* Haninda,dkk (2014).

## 2.11 Faktor yang Mempengaruhi Ketepatan Perhitungan Analisis Stabilitas Lereng

Sejumlah anggapan yang telah dibuat dalam analisis stabilitas lereng sering kali

memberikan hasil analisis tidak seperti yang diperkirakan. Beberapa masalah yang menjadikan ketidakentuan hasil analisis stabilitas lereng, antara lain (Hardiyatmo, 2003) :

- a. Kelongsoran lereng umumnya adalah masalah bidang 3 dimensi.
- b. Kondisi pembebanan pada waktu pengujian di laboratorium (biasanya uji
- c. triaksial kompresi) mungkin tidak cocok dengan kondisi kedudukan tegangan-tegangan di lapangan. Kerusakan contoh benda uji juga sangat mempengaruhi hasil pengujian.
- d. Sifat kuat geser tanah di lapangan yang anisotropis menyebabkan nilai parameternya bervariasi di sepanjang permukaan bidang longsor

## **2.12 Tegangan Efektif**

Tanah dapat divisualisasikan sebagai suatu partikel padat tanah (*solid skeleton*) yang membatasi pori-pori yang mengandung air maupun udara. Volume kerangka tanah secara keseluruhan dapat berubah akibat penyusunan kembali partikel-partikel padat pada posisinya yang baru, terutama dengan cara menggelinding dan menggelincir yang menyebabkan terjadinya perubahan gaya-gaya yang bekerja di antara partikel-partikel tanah. Pada tanah jenuh, pengurangan volume hanya terjadi bila sebagian airnya dapat melepaskan diri dan ke luar dari pori-pori. Craig (1989)

Tegangan geser dapat ditahan oleh partikel padat tanah dengan memanfaatkan gaya-gaya yang timbul karena persinggungan antar partikel. Tegangan normal



ditahan oleh gaya-gaya antar partikel pada kerangka tanah. Jika tanah dalam-kondisi sempurna, air pori akan naik menahan tegangan normal.

Terzaghi (1923, dalam Carig, 1989) mengemukakan prinsip tegangan efektif yang didasarkan pada data hasil percobaan. Prinsip tersebut hanya berlaku untuk tanah jenuh sempurna. Tegangan-tegangan yang berhubungan dengan prinsip tersebut adalah :

- a. Tegangan normal total ( $\sigma$ ) pada bidang di dalam tanah, yaitu gaya per satuan luas yang ditransmisikan pada arah normal bidang, dengan menganggap bahwa tanah adalah maerial padat saja (fase tunggal).
- b. Tekanan air pori ( $u$ ), yaitu tekanan air pengisi pori-pori di antara partikel-partikel padat.
- c. Tegangan normal efektif ( $\sigma'$ ) pada bidang, yang mewakili tegangan yang dijajarkan hanya melalui kerangka tanah saja.

Hubungan dari ketiga tegangan di atas adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \sigma' + u \dots\dots\dots(3)$$

### 2.13 Penelitian Terdahulu

Adapun beberapa penelitian terdahulu dalam menganalisis stabilitas lereng:

- a. Haninda,dkk (2014), Aplikasi Software *Geostudio SLOPE/W 2007* Untuk Analisis Penyebab Kelongsoran di Perumahan Royal Sigura-Gura Malang. Penelitian ini bertujuan agar dapat mengetahui nilai faktor keamanan

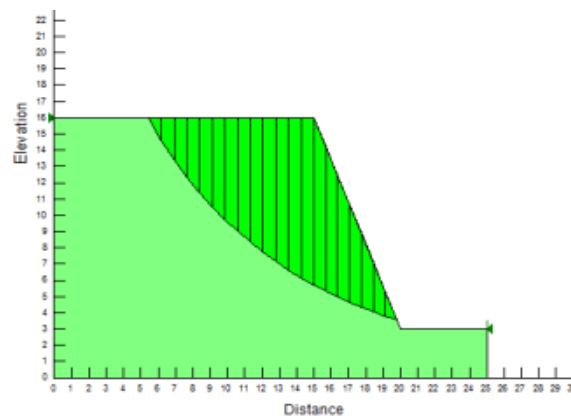
dari lereng tersebut serta mencari penyebab kelongsoran di lokasi. Hasil dari analisis stabilitas lereng dengan *Geostudio SLOPE/W 2007*.

Tabel 5. Tabulasi hasil perhitungan dengan menggunakan *Software Geostudio SLOPE/W 2007*

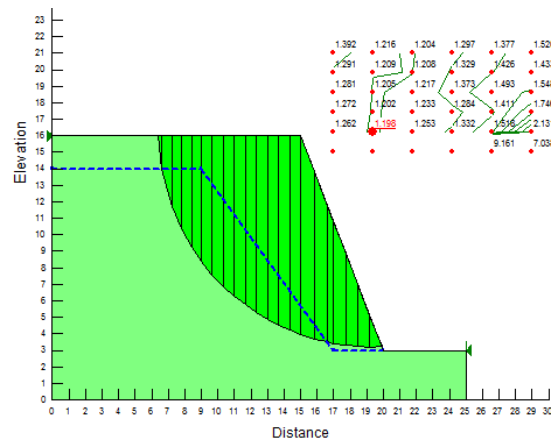
Simulasi	<i>Software Geostudio SLOPE /W 2007</i>		
	<i>Metode Fellenius</i>	<i>Metode Bishop</i>	<i>Metode Janbu</i>
1	1,369	1,358	1,431
2	1,248	1,198	1,28
3	0,608	0,591	0,683
4	0,536	0,534	0,584
5	0,54	0,532	0,572
6	0,501	0,507	0,502

Sumber : Haninda,dkk (2014)

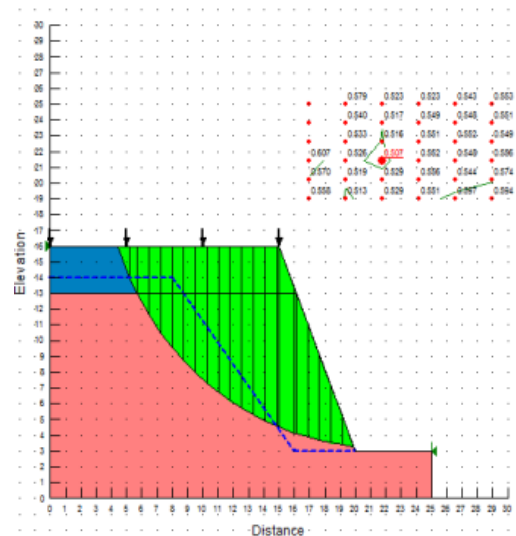
Berikut merupakan beberapa contoh gambar hasil *Running Software*:



Gambar 7. Hasil *Running Software* Tanah pada Saat Kondisi Kering.



Gambar 8. Hasil *Running Software* Tanah C pada Saat Kondisi Ada Rembesan.



Gambar 9. Hasil *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007* Tanah A (Tanah Atas) dan Tanah B (Tanah Bawah) Pada Saat Kondisi Ada Beban dan Ada Rembesan.

Dari kedua cara analisis tersebut maka dapat diketahui perbandingan = 1 v 2 hasil Faktor aman antara hasil perhitungan manual dan perhitungan dengan *Software Geostudio SLOPE/W 2007* menggunakan Metode Bishop. Berikut merupakan perbandingan hasil analisis stabilitas lereng :

Tabel 6. Perbandingan hasil Faktor Keamanan secara Manual dan dengan *Software Geostudio SLOPE/W 2007*

Simulasi	Nilai Faktor Keamanan Metode Bishop	
	Manual	<i>Software Geostudio SLOPE/W 2007</i>
1	-	1,358
2	-	1,198
3	0,89	0,591
4	0,73	0,534
5	0,8	0,532
6	0,68	0,507

Sumber : Hasil Perhitungan dan *Running Software Geostudio SLOPE/W 2007*.

Dapat dilihat bahwa pada saat perhitungan dengan Software hasil Faktor

Keamanannya lebih kecil, hal tersebut bisa terjadi karena tingkat keakurasiannya lebih tinggi. Selain itu dari hasil tersebut bisa kita lihat bahwa pada saat ada rembesan terjadi penurunan nilai Faktor Keamanan sebesar 17,98% untuk perhitungan manual dan 9,64% untuk *Running Software* terhadap nilai Faktor Keamanan kondisi kering.

Berikut ini merupakan prosentase penurunan nilai Faktor Keamanan dengan berbagai kondisi yaitu kondisi adanya rembesan, kondisi rembesan, kondisi kering beban dan yang terakhir kondisi kondisi adanya rembesan dan beban, ketiga kondisi tersebut dibandingkan terhadap nilai faktor keamanan dalam kondisi kering.

Tabel 7. Prosentase Penurunan nilai faktor Keamanan

Simulasi	Prosentase penurunan nilai Faktor Keamanan terhadap kondisi kering (%)	
	Manual	Software GeostudioSLOPE/W 2007
1	17,98	9,64
2	10,11	10,15
3	23,6	14,21

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil tersebut prosentase penurunan Faktor Keamanannya yang terbesar terdapat pada simulasi ketiga yaitu kondisi adanya beban dan rembeasan sebesar 23,60% pada perhitungan manual dan 14,21% dengan menggunakan *Software Geostudio SLOPE/W 2007*.

Dari simulasi yang telah dilakukan sebelumnya dapat diketahui bahwa nilai Faktor Keamanannya  $< 1$  dalam kondisi ada beban dan rembesan yang berarti bahwa lereng tersebut dalam kondisi tidak aman. Maka

rekomendasi yang disarankan agar lereng tersebut menjadi aman adalah dengan menggunakan data tanah yang ada di sekitar lokasi. Tanah di sekitar lokasi bisa di kondisikan sebagai Tanah C (Tanah Ladang).

Perbaikan lereng yang disarankan yaitu : Lereng trap alami (tanpa plengsengan). Perbaikan ini bisa menaikkan nilai Faktor Keamanan sebesar 54,57 % (berdasarkan perhitungan menggunakan *Software Geostudio SLOPE/W 2007*) dari kondisi awal.

- b. Wibawa G (2016), Analisis Stabilitas Lereng Dengan Menggunakan Metode Plaxis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi nilai faktor aman pada lokasi penelitian berdasarkan analisis menggunakan *Plaxis V.8.2* dan rumus analisis lereng tak terhingga dan memanfaatkan program *Plaxis* sebagai salah satu cara untuk menganalisis dan mencari solusi penanganan stabilitas lereng. Berikut ini merupakan Hasil Analisis Stabilitas Lereng Metode Rumus tak Terhingga dan Program *Plaxis*
- Setelah dilakukan perhitungan, diperoleh faktor aman sebagai berikut:

Tabel 8. Resume nilai faktor aman analisis stabilitas lereng dengan menggunakan analisis rumus dan program *Plaxis V.8.2*.

Metode Analisis Stabilitas Lereng	Faktor Aman (Fs)		
	Kodisi tidak Jenuh	Kondisi Jenuh Penuh	Kondisi Jenuh Sebagian
Rumus Tak Terhingga	0,308	0,268	0,153
Program <i>Plaxis V.8.2</i>	0,3872	0,3566	0,2847

Sumber : Wibawa G (2016),

Berdasarkan resume Tabel 8 di atas, semua hasil analisis stabilitas lereng memiliki faktor aman pada kondisi kritis ( $F_s < 1$ ). Besarnya nilai faktor aman analisis stabilitas lereng dengan metode rumus dan program *Plaxis* V.8.2 memiliki sedikit perbedaan meskipun masih berada pada kondisi kritis, hal ini dikarenakan faktor perbedaan kondisi lereng yang dianalisis berdasarkan kondisi tidak jenuh, jenuh penuh, dan jenuh sebagian. Faktor perbedaan ini antara lain, penentuan titik muka air tanah (MAT) pada potongan lereng, tidak adanya input modulus elastisitas tanah (E) dan angka *poisson* ( $\nu$ ) pada analisis metode rumus tak terhingga, analisis dengan menggunakan program *Plaxis* memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi dalam pemodelan analisis lereng sehingga hasil analisis dapat lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan metode rumus tak terhingga.

Berdasarkan nilai faktor aman di atas, kondisi lereng pada saat jenuh sebagian memiliki nilai faktor aman terkecil dari 3 kondisi yang dianalisis. Faktor ini disebabkan karena jenis tanah merupakan tanah pasir yang merupakan material *granuler*. Tanah *granuler* merupakan tanah yang memiliki sifat meloloskan air yang mengakibatkan mudah terjadinya kelongsoran.

Kondisi lereng jenuh sebagian merupakan pemodelan kondisi asli di lapangan, longsoran yang terjadi diakibatkan oleh kikisan air di bawah permukaan lereng dan butiran pasir yang kurang mampu dalam menyerap

air sehingga meningkatkan tegangan air pori dalam tanah yang mengakibatkan terjadi kelongsoran.

- c. Ratna F (2016), Analisa Stabilitas Lereng Menggunakan *Simplified Bishop Method*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi nilai faktor aman pada lokasi penelitian berdasarkan analisis menggunakan *Simplified Bishop Method* dan Diagram *Taylor*. Berikut ini hasil analisis stabilitas lereng dengan *simplified bishop method*, diagram *taylor* dan program Plaxis.

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan *simplified bishop method* dan diagram *Taylor*, diperoleh nilai faktor aman sebagai berikut:

Tabel 9. Resume nilai faktor aman dengan *bishop* dan diagram *Taylor*

Metode Analisis Stabilitas lereng	Faktor Aman		
	Tanah <i>Submerged</i>	Tanah Jenuh Sebagian	Tanah Jenuh
<i>Simplified Bishop Method</i>	0,59	0,50	0,41
Diagram <i>Taylor</i>	0,7408	0,3065	0,2511

Sumber : Ratna F (2016),

Dari hasil analisis pada Tabel 9, terdapat perbedaan nilai faktor aman. Hal ini dikarenakan analisis dengan diagram *Taylor* tidak memperhitungkan berat tanah di atas muka air ( $W_1$ ), berat efektif tanah terendam di bawah muka air ( $W_2$ ), tekanan air ( $u$ ), dan juga tinggi tekanan air dalam irisan yang ditinjau ( $h_w$ ).

Tidak seperti diagram *Taylor* yang menggunakan sudut kemiringan lereng, *simplified bishop method* lebih memperhitungkan komponen gaya-gaya (horizontal dan vertikal) dengan memperhatikan keseimbangan momen dari masing-masing potongan.

Berdasarkan nilai faktor aman pada Tabel 9 kondisi lereng pada saat tanah jenuh penuh memiliki nilai faktor aman terkecil dari 3 kondisi yang dianalisis. Longsoran yang terjadi diakibatkan oleh kikisan air di bawah permukaan lereng dan butiran pasir yang kurang mampu dalam menyerap air sehingga meningkatkan tegangan air pori dalam tanah yang kemudian mengakibatkan terjadinya kelongsoran.

Semakin kecilnya tekanan air pori yang bekerja di dalam tanah, maka tegangan efektif tanah lereng akan semakin besar sehingga stabilitas lereng menjadi semakin stabil. Seperti pada analisis stabilitas lereng pada saat kondisi tanah *submerged* yang memiliki nilai faktor aman lebih besar dibandingkan dengan kondisi tanah jenuh sebagian dan kondisi tanah jenuh penuh.

Analisis stabilitas lereng dengan menggunakan *simplified bishop method* yang dikontrol dengan diagram *Taylor* secara manual ini kemudian dibandingkan hasil perhitungannya dengan penelitian terdahulu dengan menggunakan program *Plaxis V.8.2*.



Tabel 10. Perbandingan hasil perhitungan faktor aman secara manual dengan program *Plaxis V.8.2*

Metode Analisis Stabilitas Lereng	Faktor Aman Kondisi Tanah Jenuh Penuh		
	Tanah <i>Submerged</i>	Tanah Jenuh Sebagian	Tanah Jenuh Penuh
<i>Simplified Bishop Method</i>	0,59	0,50	0,41
<b>Diagram Taylor</b>	0,7408	0,3065	0,2511
<b>Program Plaxis</b>	0,3872	0,2847	0,3566

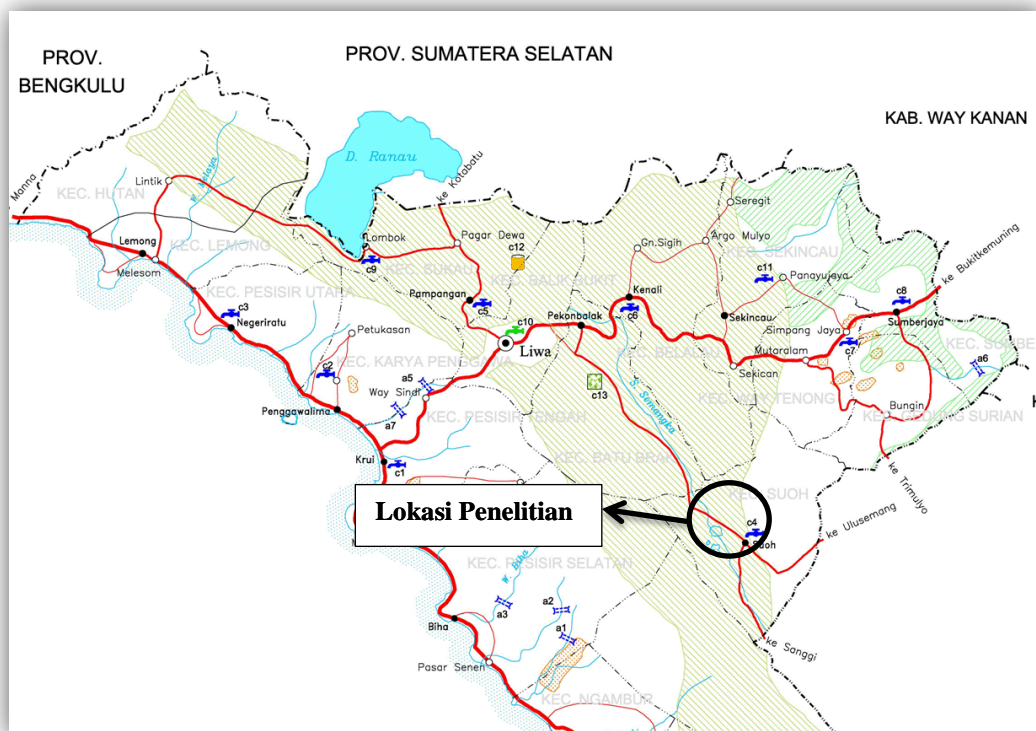
Sumber : Ratna F (2016),

Berdasarkan resume **Tabel 10** di atas, menunjukkan bahwa semua hasil dari analisis stabilitas lereng dengan *simplified bishop method*, diagram *Taylor*, dan juga program *Plaxis V.8.2*, memiliki faktor aman pada kondisi kritis ( $F_s < 1$ ). Besarnya nilai faktor aman analisis stabilitas lereng dengan *simplified bishop method*, diagram *Taylor* dan program *Plaxis V.8.2* memiliki perbedaan meskipun masih sama berada pada kondisi kritis.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Kecamatan Semaka, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Didaerah tersebut banyak dibuat lereng buatan untuk kepentingan manusia (transportasi dan PLTA) sehingga dibutuhkan analisis kestabilan lereng demi mengantisipasi bencana longsor yang akan timbul.



Gambar 10. Peta Lokasi Penelitian.

### 3.2 Tahapan Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu menggunakan data sekunder.

#### A. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan berupa data hasil uji tanah pada lokasi penelitian di laboratorium mekanika tanah.

1. Indeks Properti tanah yang didapatkan dari *Unconsolidated Undrained Triaxial Test*. Pada Tabel 11 berikut ini merupakan data-data yang dibutuhkan untuk analisis kestabilan lereng dengan menggunakan Program *GeoStudio SLOPE/W 2007*, antara lain kohesi tanah ( $c$ ), sudut geser tanah ( $\phi$ ), berat tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), dan berat tanah kering ( $\gamma_d$ ).

Tabel 11. Data yang Diperoleh dari Uji Laboratorium

Tinggi Lapisan Tanah (m)	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$\gamma_{sat}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )
0 – 9	0,15	27	1,55	1,05
9 – 18	0,21	23	1,61	1,12
18 – 25	0,32	28	1,82	1,57

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

2. Mensimulasikan lima bentuk potongan melintang pada kondisi jenuh, kondisi setengah jenuh, dan kondisi tidak jenuh dengan perbedaan sudut kemiringan lereng di masing-masing simulasi. Simulasi disesuaikan dengan kondisi asli dilapangan (tinggi dan lebar lereng) yang selanjutnya akan dianalisis menggunakan program *Geostudio Slope/W 2007*.

### 3.3 Tahapan Analisis Stabilitas Lereng

#### 1. Potongan Melintang Lereng

Langkah awal pada penelitian ini adalah menentukan bentuk dari potongan melintang lereng yang akan disimulasikan. Pada penelitian ini variasi kemiringan lereng dibuat antara sudut  $30^\circ$  sampai  $45^\circ$ , di buat demikian agar menghindari kelongsoran yang diakibatkan kemiringan lereng dan mendapatkan bentuk lereng yang ideal.

#### 2. Penentuan Kondisi Analisis

Langkah selanjutnya adalah menentukan kondisi yang akan dianalisis, apakah kondisi jenuh, kondisi jenuh sebagian, kondisi tidak jenuh, karena pada saat penggambaran akan disesuaikan tinggi muka air tanah sehingga data tanah yang dimasukkan pada program pun berbeda.

Pada analisa stabilitas lereng kondisi jenuh, yaitu kondisi dimana tinggi muka air tanah berada pada tinggi maksimum lereng, data yang dimasukkan pada program *GeoStudio SLOPE/W 2007* adalah:

Tabel 12. Data Tanah pada Kondisi Jenuh

Kondisi	Ketinggian (m)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$\gamma_{sat}$ (g/cm <sup>3</sup> )
Jenuh	0 - 9	0.15	27	1,55
	9 - 18	0.21	23	1,61
	18 - 25	0.32	28	1,82

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Lalu pada analisa stabilitas lereng kondisi setengah jenuh, yaitu kondisi dimana tinggi muka air tanah berada pada setengah dari tinggi maksimum lereng, data yang dimasukkan pada program adalah:

Tabel 13. Data Tanah pada Kondisi Setengah Jenuh

Kondisi	Ketinggian (m)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )
Setengah Jenuh	0 - 8	0.15	27	$\gamma_{sat}$ : 1,55
	8 - 12,5	0.21	23	$\gamma_{sat}$ : 1,61
	12,5 - 18	0.21	23	$\gamma_d$ : 1,12
	18 - 25	0.32	28	$\gamma_d$ : 1,57

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Selanjutnya pada analisa stabilitas lereng kondisi tidak jenuh, yaitu kondisi dimana tinggi muka air tanah berada pada dasar lereng, data yang dimasukan pada program *GeoStudio SLOPE/W 2007* adalah:

Tabel 14. Data Tanah pada Kondisi Tidak Jenuh

Kondisi	Ketinggian (m)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )
Tidak Jenuh	0 - 9	0.15	27	1,05
	9 - 18	0.21	23	1,12
	18 - 25	0.32	28	1,57

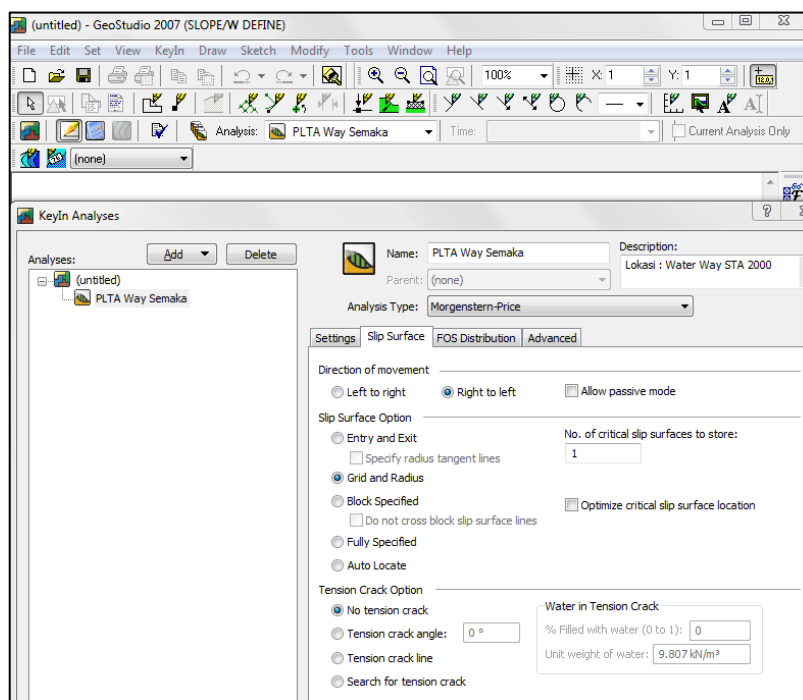
Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Dan yang terakhir adalah pada analisa stabilitas lereng kondisi kritis, yaitu kondisi dimana menggunakan metode *trail and error* untuk menentukan tinggi muka air tanah agar dapat mengetahui batas ketinggian muka air berapakah lereng dapat tetap mempertahankan posisinya (stabil). Tinggi muka air yang paling mendekati hasil analisis nilai faktor aman 1,25 adalah tinggi muka air yang akan dipakai. Data yang dimasukan pada program *GeoStudio SLOPE/W 2007* disesuaikan dengan tinggi muka air yang didapat, sama halnya dengan kondisi setengah jenuh perbedaanya hanya pada  $\gamma$  yang digunakan, apabila lapisan tanah berada diatas tinggi muka air maka digunakan  $\gamma_d$ , dan apabila lapisan tanah berada dibawah tinggi muka air digunakan  $\gamma_{sat}$ .

### 3. Menganalisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program *GeoStudio SLOPE/W 2007*

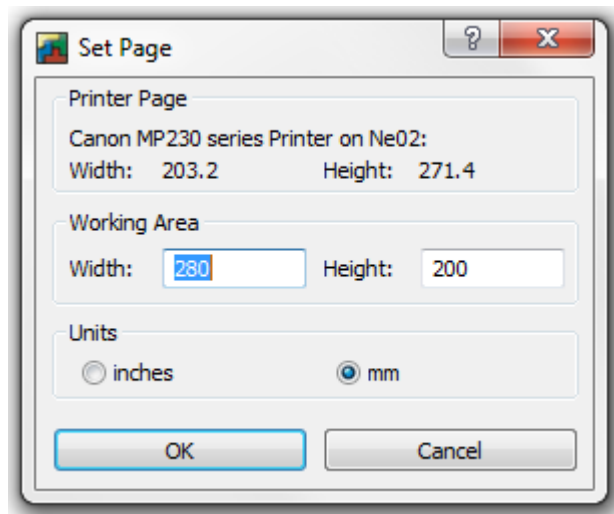
Setelah mengumpulkan data properti tanah dan membuat 5 simulasi bentuk potongan melintang lereng, selanjutnya ialah menginput data-data tersebut pada program *GeoStudio SLOPE/W 2007* untuk dianalisis lebih lanjut. Berikut ini merupakan tahapan pemodelan lereng dalam program *GeoStudio SLOPE/W 2007* :

1. Langkah awal adalah membuka program *Geostudio 2007* dan memilih sub program *SLOPE/W*. Selanjutnya akan muncul jendela *keyin analyses* yang digunakan untuk membuat analisis pada data, dan untuk mengatur properti dan metode dari setiap analisis. Pada penelitian ini akan digunakan metode tipe analisis *Morgenstern-Price*, *Bishop*, *Ordinary*, dan *Janbu*.



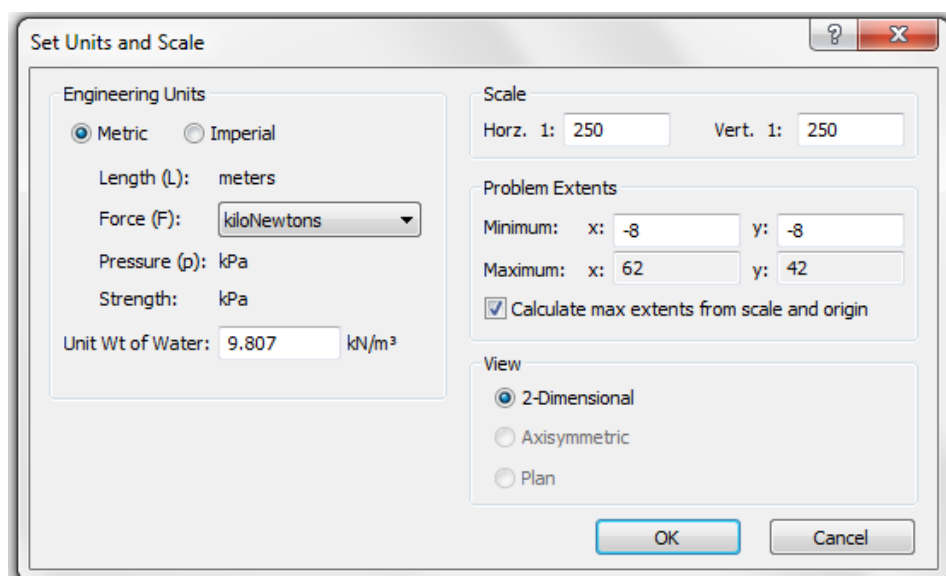
Gambar 11. Pengaturan pada *KeyIn Analyses*.

- Setelah masuk pada halaman kerja, langkah selanjutnya adalah mengatur bidang kerja gambar dengan mengatur ukuran halaman, mengatur *scale*, *unit*, dan mengatur *grid* untuk mempermudah penggambaran/pemodelan bentuk geometri lereng, yang ditunjukkan pada gambar 12-14.

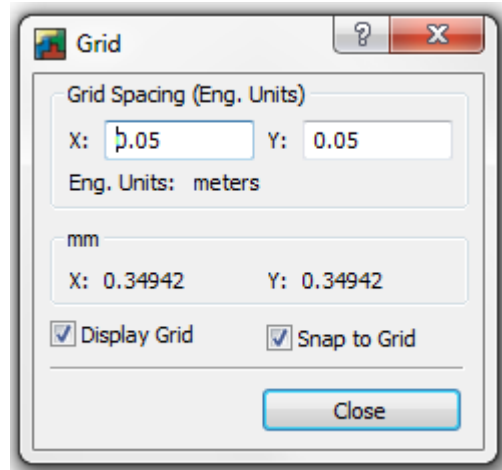


Gambar 12. Mengatur Ukuran Halaman.

Tampilan menu *Set Unit and Scale* pada program *Geostudio SLOPE/W* 2007

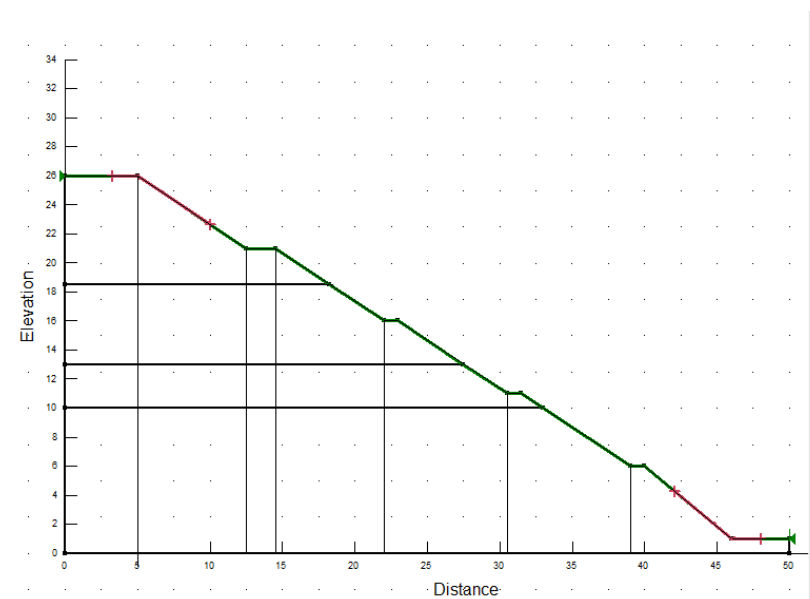


Gambar 13. Mengatur Skala.



Gambar 14. Mengatur *Grid*.

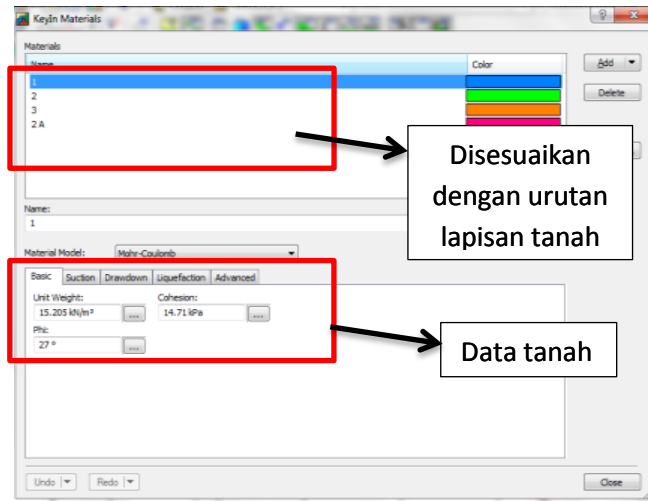
3. Menggambar geometri dua dimensi penampang lereng seperti pada gambar 15. Pada awal penggambaran kita menggunakan menu *draw-polygon* untuk membuat garis bantu agar memudahkan pada penggambaran lapisan tanah (region). Setelah selesai menggambar potongan melintang lereng dan batas-batas lapisan tanah, selanjutnya menggambar wilayah lapisan tanah pada menu *draw-regions* dengan mengikuti garis yang telah dibuat sebelumnya .



Gambar 15. Menggambar Potongan Melintang Lereng

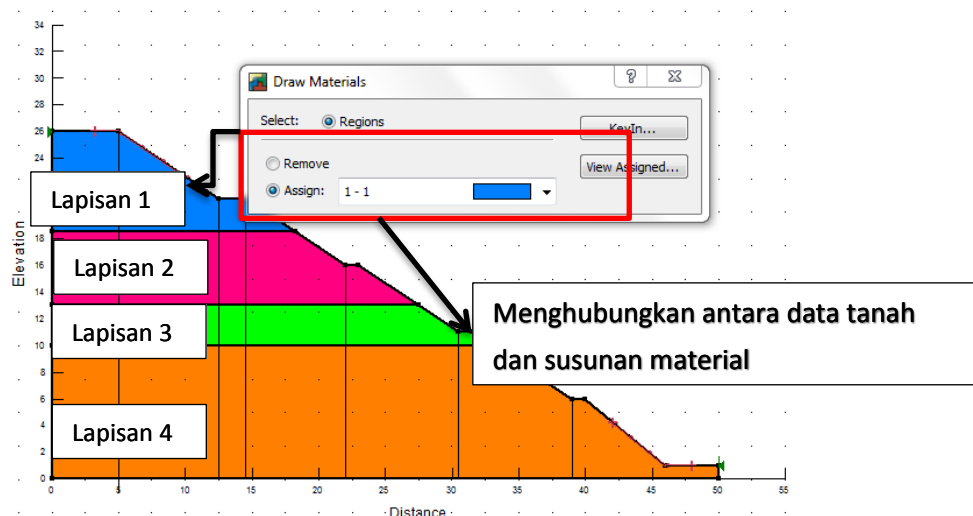


4. Memasukkan data-data material pada masing masing lapisan tanah yang dibutuhkan dari uji laboratorium pada menu *KeyIn Materials*, data yang diperlukan yaitu kohesi tanah ( $c$ ), sudut geser tanah ( $\phi$ ), berat tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), dan berat tanah kering ( $\gamma_d$ ) sesuai dengan kondisi yang dianalisis:



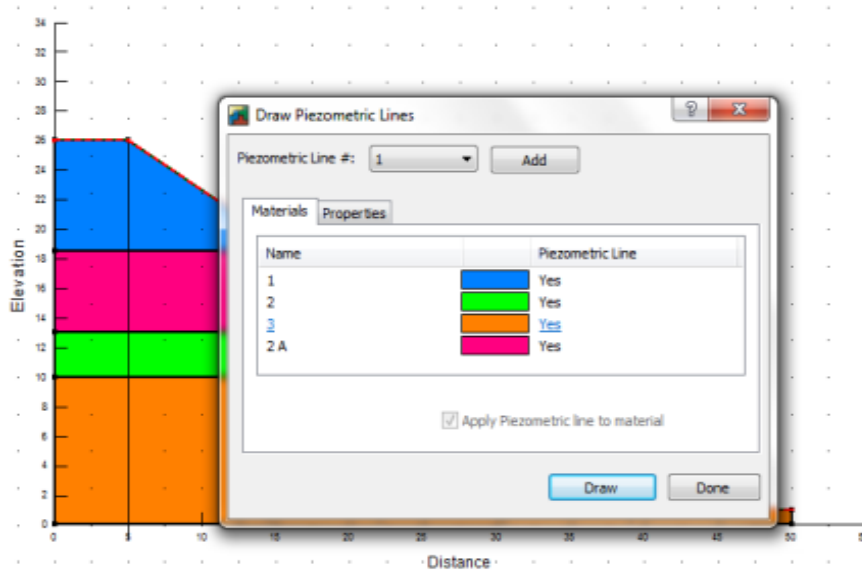
Gambar 16. Memasukkan Data Material di Menu *KeyIn Materials*.

5. Menghubungkan susunan data material sesuai *regions/wilayah* lapisan material tanah pada gambar geometri penampang lereng menggunakan menu *draw-material*.



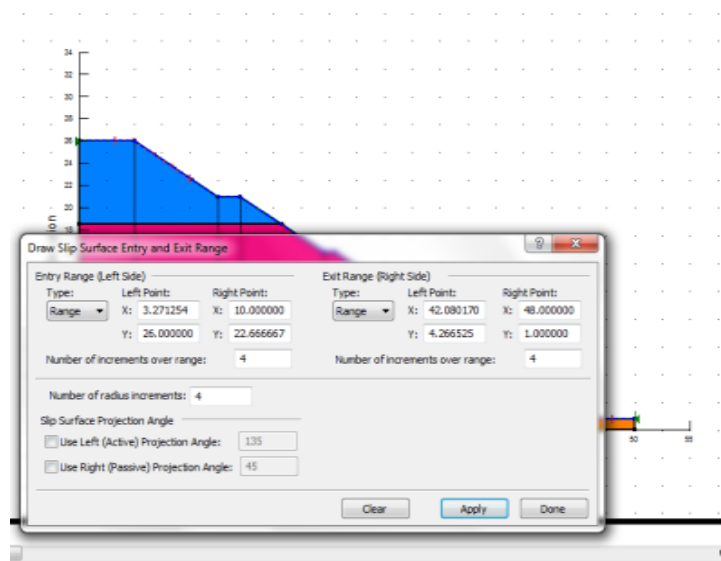
Gambar 17. Menghubungkan Data Material ke Potongan Geometri

6. Menggambar tinggi muka air tanah sesuai dengan kondisi 4 analisis yaitu, kondisi jenuh, kondisi setengah jenuh, kondisi tidak jenuh, dan kondisi kritis.



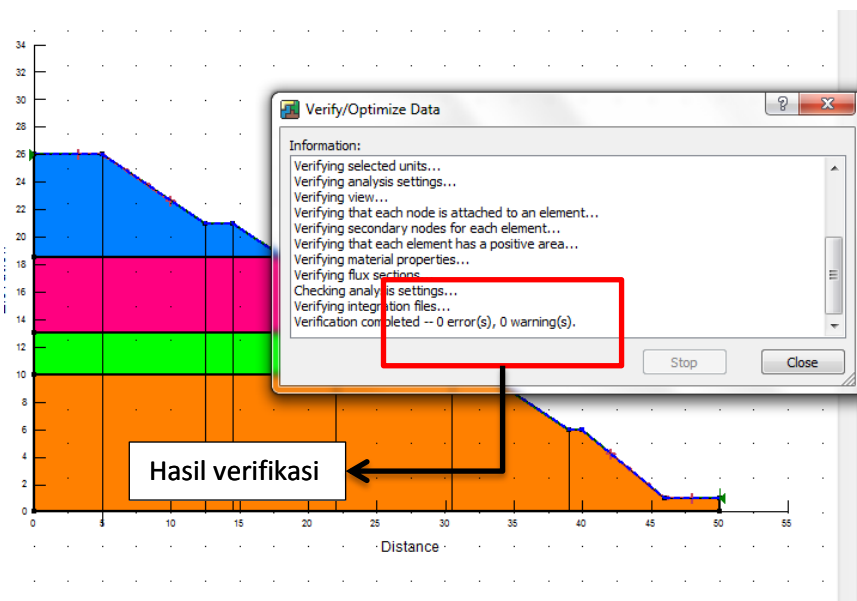
Gambar 18. Menggambar Garis Tekanan Air Pori

7. Menggambar *Slip Surface - Entry and Exit* untuk mengetahui rentang kemungkinan bidang gelincir yang terjadi pada hasil akhir analisis.



Gambar 19. Menggambar *Slip Surface*

8. Mengecek data dan gambar yang kita buat apakah sudah benar atau belum melalui menu verifikasi, apabila tidak terjadi kesalahan (*error*) sama sekali pada keterangan hasil verifikasi maka potongan lereng yang kita modelkan dapat langsung dianalisis.



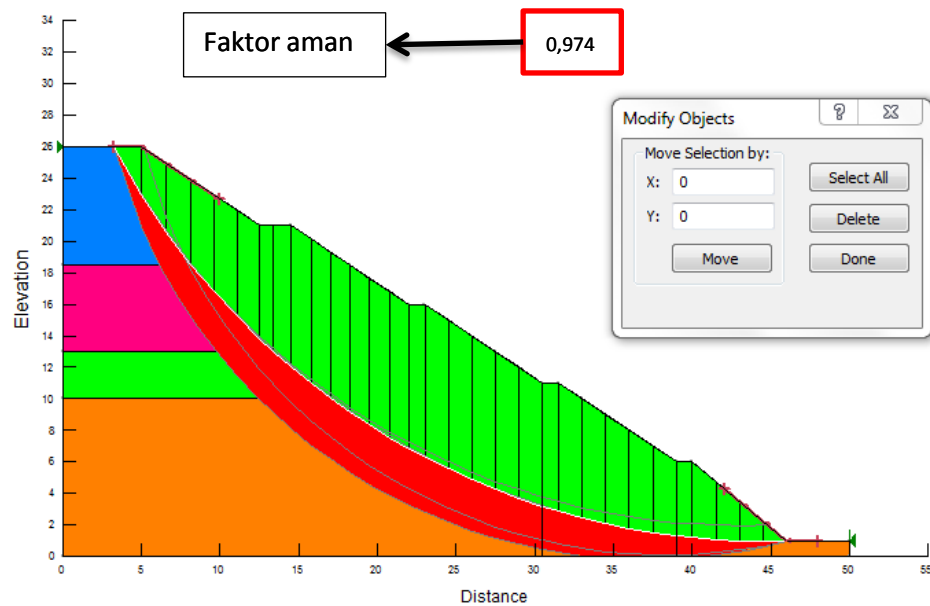
Gambar 20. Mengecek Data Melalui Menu *Verify*

## b. Analisis

Menganalisis lereng yang telah dimodelkan dengan menggunakan *Solve Analyses* untuk mendapatkan nilai faktor aman dan data data lainnya pada setiap *Slice Slip Surface*.

## c. Output

1. Tampilan hasil akhir dari pemodelan lereng berupa gambar kemungkinan bidang gelincir yang terjadi dan disertai dengan beberapa keterangan faktor keamanan, yang selanjutnya akan dibahas pada bab selanjutnya.

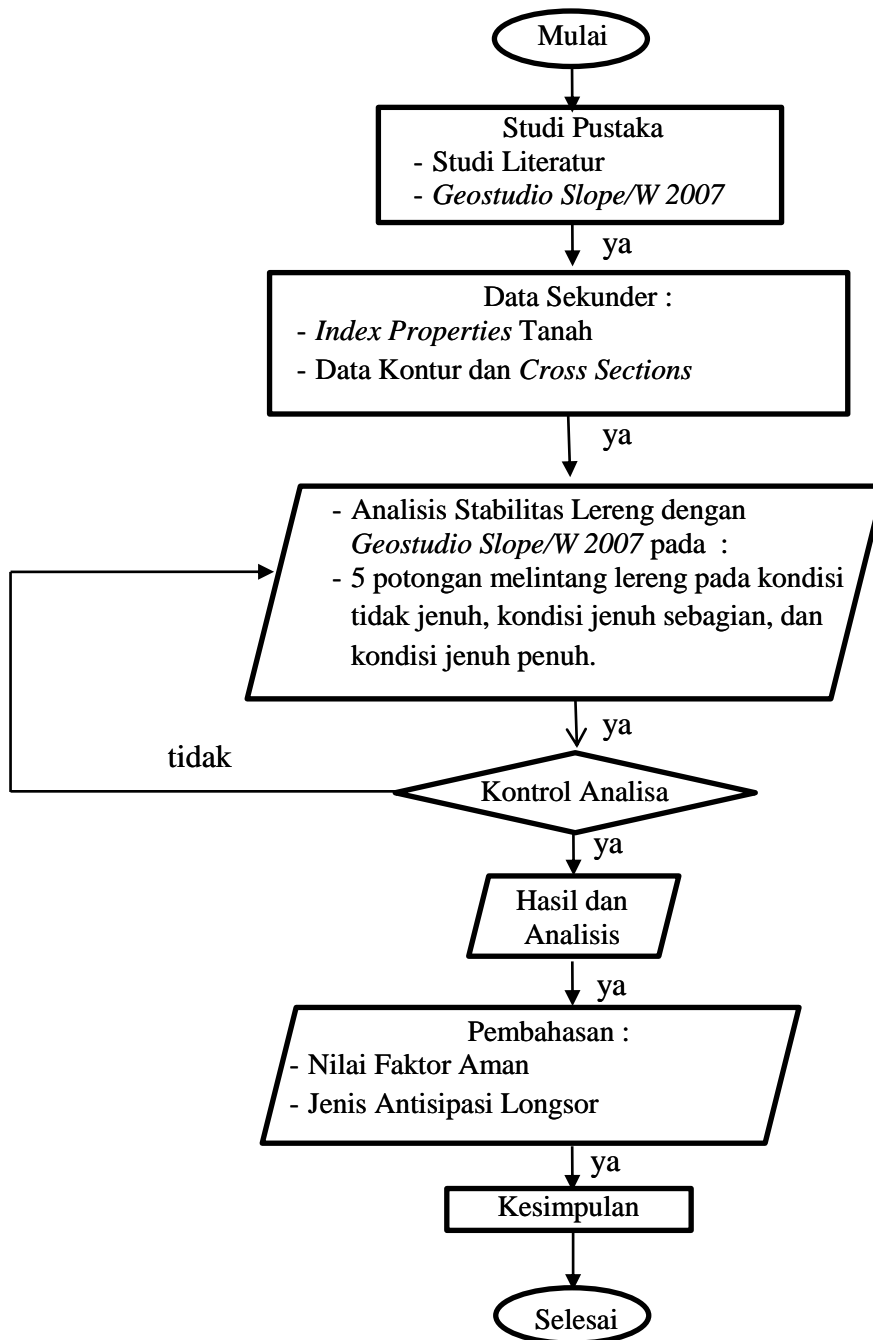


Gambar 21. Gambar Hasil Analisis

2. Diagram potongan lereng beserta datanya di setiap *slice* pada bidang gelincir
3. Report dari seluruh analisa yang telah dilakukan.
4. Grafik hubungan antara tegangan air pori dan lebar lereng.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dalam menganalisis kestabilan lereng di skemakan dalam diagram alir. Diagram alir merupakan sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menyatakan aliran proses yang menampilkan langkah-langkah penelitian dan memberi solusi selangkah demi selangkah untuk penyelesaian masalah yang ada di dalam tersebut. Diagram penelitiannya adalah sebagai berikut :



Gambar 22. Diagram Alir Penelitian.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis stabilitas lereng adalah sebagai berikut :

- a. Hasil analisis program *GeoStudio Slope/W 2007* dengan menggunakan 4 metode analisis yaitu *Ordinary*, *Bishop*, *Janbu* dan *Morgenstern Price* didapatkan nilai faktor aman yang berbeda, metode *Morgenstern Price* dan metode *Bishop* memiliki nilai faktor aman yang cenderung sama dan lebih besar dibandingkan metode *Ordinary* dan metode *Janbu* yang cenderung memiliki faktor aman yang lebih kecil.
- b. Bentuk potongan melintang lereng pada simulasi 1 merupakan bentuk dengan nilai faktor aman/tingkat kestabilan tertinggi dibandingkan dengan simulasi lainnya.
- c. Pada kondisi kritis simulasi 1 muka air tanahnya yaitu 13,9 m, ketinggian ini merupakan nilai terbesar dibanding simulasi lainnya.
- d. Sudut kemiringan lereng dan tinggi muka air tanah sangat berpengaruh terhadap hasil nilai faktor aman lereng.
- e. Dengan karakteristik dari tanah lempung berpasir yang sangat keras /kaku pada kadar air rendah dan sangat lunak/mudah berubah bentuk pada kadar air yang tinggi, hal ini sesuai dengan hasil analisis yang

menunjukkan lereng tergolong stabil pada kondisi tidak jenuh (kering), sedangkan kondisi jenuh lereng tergolong tidak stabil/tidak aman.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil dari analisis stabilitas lereng, saran yang diajukan adalah sebagai berikut:

- a. Perlu dilakukannya perhitungan dan penanganan kelongsoran agar faktor aman lereng pada kondisi jenuh menjadi lebih aman/stabil.
- b. Dari hasil analisis lereng menunjukkan tekanan air pori adalah hal utama yang menyebabkan menurunnya nilai faktor aman, maka saran penanganan yang dilakukan adalah mengurangi tegangan air pori dengan membuat saluran-saluran air pada permukaan lereng untuk mengelola jalannya air agar tidak langsung masuk ke dalam tanah/lereng.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arrozi, dkk., 2015, *Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Pengaruh Hujan Bulanan Maksimum di DAS Tirtomoyo Wonogiri Menggunakan Metode Bishop yang Disederhanakan*, Jawa Timur.
- Bowles, J.E., 1989, *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Craig, R.F., 1989, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, Surabaya.
- Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2003, *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Novalia, 2007, *Analisis Stabilitas Lereng dengan Simplified Bishop Method dan Janbu Menggunakan Program Mathcad*, Jakarta.
- Pangular, J.V., 1985, *Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Putri, Haninda, dkk., 2014, *Aplikasi Software GeoStudio SLOPE/W 2007 Untuk Analisis Penyebab Kelongsoran Di Perumahan Royal Sigura-Gura Malang*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Wesley, Laurence D., 2012, *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*, Andi, Yogyakarta.