

**ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG DENGAN JENIS TANAH
LEMPUNG BERPASIR PADA KONDISI TIDAK JENUH, KONDISI
JENUH SEBAGIAN DAN KONDISI JENUH MENGGUNAKAN
PROGRAM KOMPUTASI**

(Skripsi)

Oleh :

DATRA PETA SAPUTRA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG DENGAN JENIS TANAH LEMPUNG BERPASIR PADA KONDISI TIDAK JENUH, KONDISI JENUH SEBAGIAN DAN KONDISI JENUH MENGGUNAKAN PROGRAM KOMPUTASI

Oleh

DATRA PETA SAPUTRA

Bencana alam sering terjadi pada daerah perbukitan di Provinsi Lampung yaitu bencana tanah longsor. Kelongsoran yang terjadi dikarenakan peningkatan tekanan air pori tanah. Program *GeoStudio SLOPE/W* 2012 dapat menganalisis stabilitas lereng yang dapat memodelkan sesuai dengan kondisi asli di lapangan dan dapat mengetahui nilai faktor aman lereng. Dalam penelitian ini, ada tiga potongan melintang lereng dengan tiga kondisi muka air tanah yaitu kondisi muka air tanah berada pada dasar lereng, setengah tinggi lereng dan mengikuti tinggi maksimal potongan melintang lereng.

Data properti tanah yang dibutuhkan antara lain : kohesi, sudut geser dalam tanah dan berat isi tanah. Kestabilan lereng akan tercapai apabila gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak. Hasil analisis stabilitas lereng menunjukkan kondisi muka air tanah sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng, dapat dilihat dari hasil analisis *GeoStudio SLOPE/W* 2012 pada simulasi 1 dan simulasi 2 nilai faktor aman yang didapat $>1,25$ yaitu lereng dalam status aman, sedangkan pada simulasi 3 di kondisi jenuh memiliki faktor aman $<1,25$ yaitu lereng berstatus tidak aman atau terjadi kelongsoran, maka disarankan untuk melakukan penanganan untuk mencegah kelongsoran.

Kata kunci : tanah, stabilitas lereng, faktor aman, geostudio slope/w 2012.

ABSTRACT

ANALYSIS FACTOR SAFETY OF SLOPES WITH SANDY LOAM SOIL TYPES ON CONDITIONS NOT SATURATED, SATURATED CONDITIONS AND PARTIALLY SATURATED CONDITIONS USING COMPUTING PROGRAM

By

DATRA PETA SAPUTRA

Natural disasters often occur in hilly areas in Lampung Province, namely landslides. Landslides that occur due to increased pore water pressure. The 2012 GeoStudio SLOPE / W program can analyze slope stability that can be modeled according to the original conditions in the field and can know the value of the safe slope factor. In this study, there were three cross section slopes with three groundwater conditions, namely the condition of the groundwater level at the base of the slope, half the height of the slope and following the maximum height of the cross section of the slope.

Land property data needed include : cohesion, shear angle in soil and weight of soil contents. Slope stability is achieved when the retention force is greater than the driving force. The results of the analysis of slope stability show that the condition of the groundwater is very influential on slope stability, can be seen from the results of GeoStudio SLOPE / W 2012 analysis in simulation 1 and simulation 2 safe factor values obtained >1.25 that is slopes are in safe status, while in simulation 3 the saturated condition has a safe factor <1.25 that is unsafe slopes or landslides, it is recommended to take care to prevent landslides.

Key words : soil, slope stability, safety factor, geostudio slope/w 2012

**ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG DENGAN JENIS TANAH
LEMPUNG BERPASIR PADA KONDISI TIDAK JENUH, KONDISI
JENUH SEBAGIAN DAN KONDISI JENUH MENGGUNAKAN
PROGRAM KOMPUTASI**

Oleh

Datra Peta Saputra

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi

**: ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG
DENGAN JENIS TANAH LEMPUNG
BERPASIR PADA KONDISI TIDAK
JENUH, KONDISI JENUH SEBAGIAN
DAN KONDISI JENUH MENGGUNAKAN
PROGRAM KOMPUTASI**

Nama Mahasiswa

: Datra Peta Saputra

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215011023

Program Studi

: Teknik Sipil

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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



Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.
NIP 19670514 199303 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil



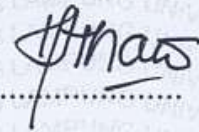
Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

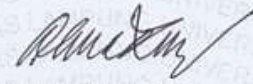
Ketua

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



Sekretaris

: **Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Setyanto, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Desember 2019**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul analisis faktor keamanan lereng dengan jenis tanah lempung berpasir pada kondisi tidak jenuh, kondisi jenuh sebagian dan kondisi jenuh menggunakan program komputasi 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, Desember 2019

Pembuat Pernyataan



[Signature]
Datra Peta Saputra

RIWAYAT HIDUP



Peneliti dilahirkan di Kotabumi, Kabupaten Lampung Utara pada tanggal 05 Desember 1994, sebagai anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Pendi dan Ibu Husnawati.

Riwayat pendidikan peneliti Sekolah Dasar pada tahun 2000-2006 di SD Negeri 01 Teladan Kotabumi, Lampung Utara, Sekolah Menengah Pertama pada tahun (2006-2009) di SMP Negeri 10 Kotabumi, Lampung Utara dan Sekolah Menengah Atas pada tahun (2009-2012) di SMA Negeri 01 Kotabumi, Lampung utara. Peneliti terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2012 melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP).

Tahun 2015 peneliti telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wira Jaya, Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Mesuji selama 60 hari pada periode Januari-Maret 2016. Peneliti juga telah melakukan Kerja Praktek pada Proyek Pembangunan *SHOWROOM* AUTO 2000 Way Halim Bandarlampung selama 3 bulan. Dan pada bulan desember 2019 peneliti telah menyelesaikan skripsinya yang berjudul “Analisis Faktor Keamanan Lereng Dengan Jenis Tanah Lempung Berpasir Pada Kondisi Tidak Jenuh, Kondisi Jenuh Sebagian Dan Kondisi Jenuh Menggunakan Program Komputasi”.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Yang sangat utama dari segalanya..
Sembah sujud syukur kepada Allah SWT.
Yang telah memberikan aku karunia sehingga skripsi yang
kunanti dapat terselesaikan.

Ayah, Ibu dan Kakak Tercinta
Aku ucapkan Terimakasih yang tiada terbalas yang selalu
memberikan kasih sayang serta dukungan yang begitu besar.
Semoga persembahan ini bisa sedikit membalas atas semua
yang telah diberikan kepadaku.

Untuk semua guru dan dosen tercinta yang telah mengajarkan
banyak hal kepadaku. Terimakasih telah menjadi guru dan
dosen tersabar dan terbaik selama ini.

Untuk para sahabat di Teknik Sipil Universitas Lampung,
khusus angkatan 2012 dalam hal bantuan dan dukungannya
aku ucapkan terimakasih, telah menjadi teman serta partner
terbaikku dalam menyelesaikan studi, sehingga aku bisa
menjadi seorang sarjana teknik sipil.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ *Analisis Faktor Keamanan Lereng dengan Jenis Tanah Lempung Berpasir pada Kondisi Tidak Jenuh, Kondisi Jenuh Sebagian dan Kondisi Jenuh Menggunakan Program Komputasi*”. 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 Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Phd, selaku Dosen Pembimbing 2 skripsi saya yang telah membimbing dalam proses penyusunan skripsi;
5. Bapak Ir. Setyanto, M.T., selaku Dosen Penguji skripsi terimakasih untuk saran-saran dan masukan pada seminar terdahulu;

6. Ibu Ir. Laksmi Irianti, 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. Teman-teman seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2012 beserta seluruh Abang-abang, dan adik-adik yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini;
9. Ayah Ibunda dan Mbaku terimakasih atas seluruh do'a, dukungan dan motivasi yang selalu diberikan

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 2019

Penulis

Datra Peta Saputra

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GRAFIK	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
ABSTRAK	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanah	4
2.2 Karakteristik Tanah di Lokasi Penelitian	5
2.3 Longsor	8
2.4 Lereng	11
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng	11
2.6 Mengatasi Kelongsoran Lereng	16
2.7 Metode Analisa Kestabilan Lereng	19
2.8 Analisa Kestabilan Lereng	20
2.9 Teori Analisa Kestabilan Lereng	21
2.10 Faktor yang Mempengaruhi Ketepatan Perhitungan Analisis Stabilitas Lereng	23
2.11 Tegangan Efektif	23
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian	25

3.2	Tahapan Pengumpulan Data	26
3.3	Tahapan Analisis Stabilitas Lereng	26
3.4	Diagram Alir Penelitian	37

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Klasifikasi Jenis Tanah.....	39
4.2	Karakteristik Lereng	41
4.3	Analisis Stabilitas Lereng dengan Slope/W	41
4.4	Hasil Analisis Stabilitas Lereng	41

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Memperkecil Sudut Kemiringan Lereng (Wesley, 1977).....	16
2. Memperkecil Ketinggian Lereng (Wesley, 1977).	17
3. Penanganan dengan <i>Counterweight</i> (Wesley, 1977).	17
4. Mengurangi Tegangan Air Pori (Wesley, 1977).....	18
5. Peta Lokasi Penelitian.....	25
6. Simulasi 1 Kondisi Tidak Jenuh.	28
7. Simulasi 2 Kondisi Setengah Jenuh.	29
8. Simulasi 3 Kondisi Jenuh.....	30
9. Pengaturan pada <i>KeyIn Analyses</i>	31
10. Mengatur Ukuran Halaman.....	31
11. Mengatur Skala	32
12. Mengatur <i>Grid</i>	32
13. Menggambar Potongan Melintang Lereng	33
14. Memasukan Data Material di Menu <i>KeyIn Materials</i>	34
15. Menghubungkan Data Material ke Potongan Geometri	34
16. Menggambar Garis Tekanan Air Pori.....	35
17. Menggambar <i>Slip Surface</i>	35
18. Mengecek Data Melalui Menu <i>Verify</i>	36
19. Gambar Hasil Analisi	37

20. Diagram Alir Penelitian	38
21. Tinggi Muka Air Kondisi Tidak Jenuh	43
22. Bentuk Potongan Bidang Kelongsoran dan Bidang Gelincir (Tidak Jenuh)	44
23. Tinggi Muka Air Kondisi Jenuh Sebagian	48
24. Bentuk Potongan Bidang Kelongsoran dan Bidang Gelincir (Jenuh Sebagian)	49
25. Tinggi Muka Air Kondisi Jenuh	53
26. Bentuk Potongan Bidang Kelongsoran dan Bidang Gelincir (Kondisi Jenuh)	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi longsor menurut swanston dan swanson tahun 1980	10
2. Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor	23
3. Data Uji Laboratorium Borehole.....	40
4. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Tidak Jenuh.....	44
5. <i>Critical Slip Surfaces</i> Kondisi Tidak Jenuh	46
6. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Tidak Jenuh	46
7. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Tidak Jenuh.....	47
8. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Jenuh Sebagian	50
9. <i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 1 Kondisi Jenuh Sebagian.....	51
10. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Jenuh Sebagian	51
11. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Jenuh Sebagian	52
12. Angka Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Jenuh	54
13. <i>Critical Slip Surfaces</i> Simulasi 3 Kondisi Jenuh	56
14. <i>Slice Slip Surface</i> Kondisi Jenuh.....	56
15. Data Grafik <i>Pore-Water Pressure (PWP)</i> Kondisi Jenuh.....	57

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
1. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 1 Kondisi Tidak Jenuh ...	47
2. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 2 Kondisi Jenuh Sebagian.....	52
3. Hubungan Antara <i>PWP</i> dan Jarak Simulasi 3 Kondisi Jenuh.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Data Sekunder (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

Bencana alam yang sering terjadi pada daerah perbukitan di Provinsi Lampung terutama pada lokasi penelitian yaitu di Krui Kabupaten Pesisir Barat adalah bencana tanah longsor, 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* 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.

1.2 Perumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menganalisis nilai faktor aman stabilitas lereng pada kondisi tanah lempung berpasir.
- b. Menganalisis nilai faktor aman stabilitas lereng pada saat kondisi tanah tidak jenuh, jenuh sebgian dan kondisi jenuh.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan peneliti menganalisis lereng dengan program *GeoStudio SLOPE/W* adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan nilai faktor aman dari analisis stabilitas lereng yang ada di lokasi penelitian menggunakan Program *GeoStudio SLOPE/W* dengan 4 metode yaitu *Ordinary*, *Bishop*, *Janbu* dan *Morgenstern Price*.

- b. Mengetahui nilai faktor aman tertinggi pada saat kondisi tanah tidak jenuh ,kondisi tanah jenuh sebagian dan kondisi tanah jenuh.
- c. Mengetahui pengaruh muka air tanah terhadap kestabilan lereng.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan dan keterbatasan waktu serta kemampuan pada penelitian ini maka pembatasan masalahnya sebagai berikut:

- a. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data dan jenis tanah (lempung berpasir) yang diambil sampelnya hanya di satu lokasi penelitian yaitu Krui ibukota Kabupaten Pesisir Barat .
- b. Analisis nilai faktor aman lereng dilakukan dengan menggunakan program *GeoStudio SLOPE/W* .
- c. Lereng ditinjau berdasarkan data tanah dan potongan melintang lereng dengan tinggi sesuai di lokasi yang diteliti.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian nilai faktor aman lereng menggunakan program *GeoStudio SLOPE/W* di Krui Kabupaten Pesisir Barat antara lain :

- a. Untuk mencari nilai faktor aman dalam stabilitas lereng.
- b. Dapat mengetahui kondisi lereng aman atau tidak pada saat tanah kondisi tidak jenuh, jenuh sebagian dan jenuh.
- c. Menambah pengetahuan dan referensi yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Menurut Craig (1989), tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. 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 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.

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 penjelasan bahwa molekul bersifat dipolar yang di uraikan dari 3 kasus diatas 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 elektrostatis (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 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*)

2.3 Longsor

a. Definisi Tanah Longsor Menurut Para Ahli

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

1. 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
2. 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 penyusun lereng tersebut.
3. Brunsden (1984) mengusulkan gerakan massa (*mass movement*) yang dianggap lebih tepat dipakai dalam mendefinisikan proses gerakan massa

penyusun lereng, daripada istilah longsor (*landslide*) yang lebih populer dikenal di masyarakat

4. (Soepandji, 1995) mengemukakan bahwa lereng alami maupun buatan masih dibagi dalam dua jenis yaitu lereng dengan panjang tak hingga (*infinite slopes*) dan Lereng dengan panjang hingga (*finite slopes*). Lereng secara alami memiliki kekuatan geser tanah dan akar tumbuhan.
5. 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.
6. Crudden (1991) mendefinisikan longsor (*landslide*) sebagai pergerakan suatu massa batuan, tanah atau bahan rombakan, material penyusun lereng (yang merupakan pencampuran tanah dan batuan) menuruni lereng. Namun sebelumnya.
7. 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.
8. Selby (1993) menjelaskan bahwa longsor (*landslide*) hanya tepat-pada proses pergerakan massa yang melalui suatu bidang gelincir (bidang luncur) yang jelas.

9. Karnawati (2005) sebenarnya longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah ataupun batuan ataupun bahan rombakan yang menuruni lereng.

b. 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 1. 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 :

1. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan alam, seperti erosi, gerakan tektonik dan sebagainya.
2. Lereng yang buatan, akibat penggalian atau pemotongan pada tanah asli.
3. 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 (γ), sedangkan sifat mekaniknya adalah kuat geser batuan yang dinyatakan dengan parameter kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Kekuatan geser tanah ini adalah kekuatan yang berfungsi sebagai gaya untuk melawan atau menahan gaya penyebab kelongsoran. (Bonaventura, 2013, *Kestabilan Lereng Tambang*,)

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

a. Bobot Isi Tanah atau Batuan (γ)

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 (γ_n), kondisi kering (γ_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*). Pasir tidak mempunyai nilai kohesi (c) karena butiran pasir tidak saling mengikat. Lempung punya nilai

kohesi (c) karena sifatnya yang liat. Semakin tinggi nilai kohesi (c), semakin liat lempung tersebut.

c. Sudut Geser Dalam (ϕ)

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, dirumuskan oleh Coulomb dan Mohr dalam persamaan berikut ini :

$$\tau_{nt} = \sigma_n \tan \phi + c$$

Dimana :

τ_{nt}	=	tegangan geser
σ_n	=	tegangan normal
ϕ	=	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 batuan 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. Pengaruh Gaya

Gaya dari luar yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng antara lain: alat-alat berat mekanis yang beroperasi diatas atau disekitar lereng, getaran yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan, gempa bumi dll. Gaya itu semua akan memperbesar tegangan geser yang menyebabkan kelongsoran pada lereng.

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 :

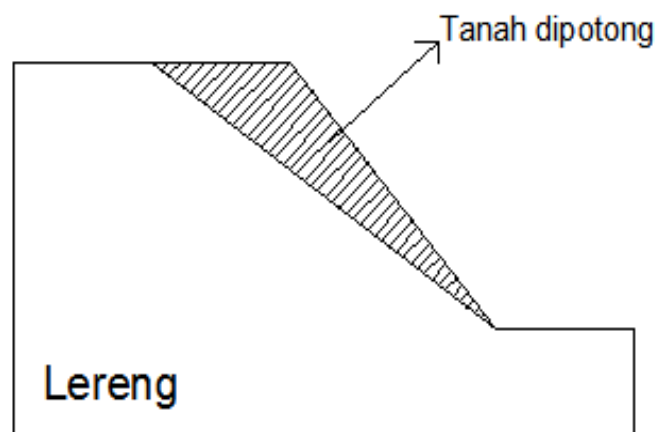
1. Memperkecil Gaya Penggerak atau Momen Penggerak

Mengubah gaya dengan cara memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak, yaitu bisa dilakukan dengan cara mengubah bentuk lereng.

Cara yang dimaksudkan diatas adalah sebagai berikut :

a. Membuat Lereng Lebih Datar

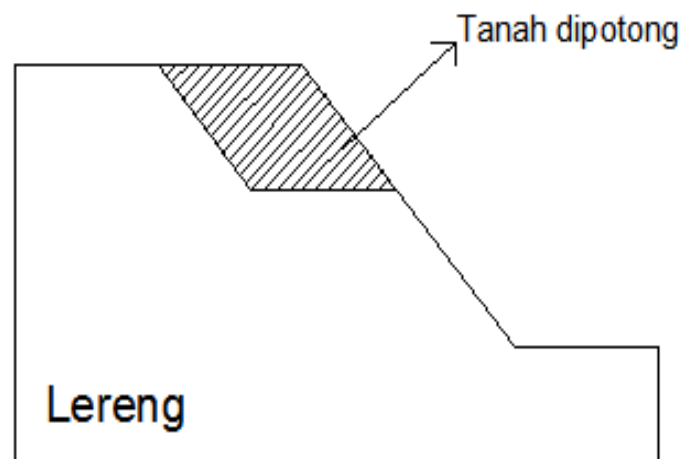
Membuat lereng lebih datar yaitu dengan mengurangi sudut kemiringan, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Memperkecil Sudut Kemiringan Lereng (Wesley, 1977).

b. Memperkecil Ketinggian Lereng

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



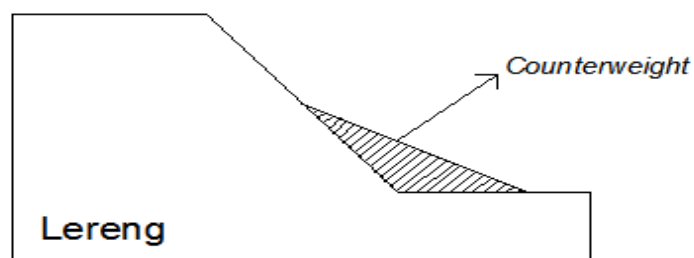
Gambar 2. Memperkecil Ketinggian Lereng (Wesley, 1977).

2. Memperbesar Gaya Melawan

Memperbesar gaya melawan, yang dapat dilakukan dengan beberapa cara:

a. *Counterweight*

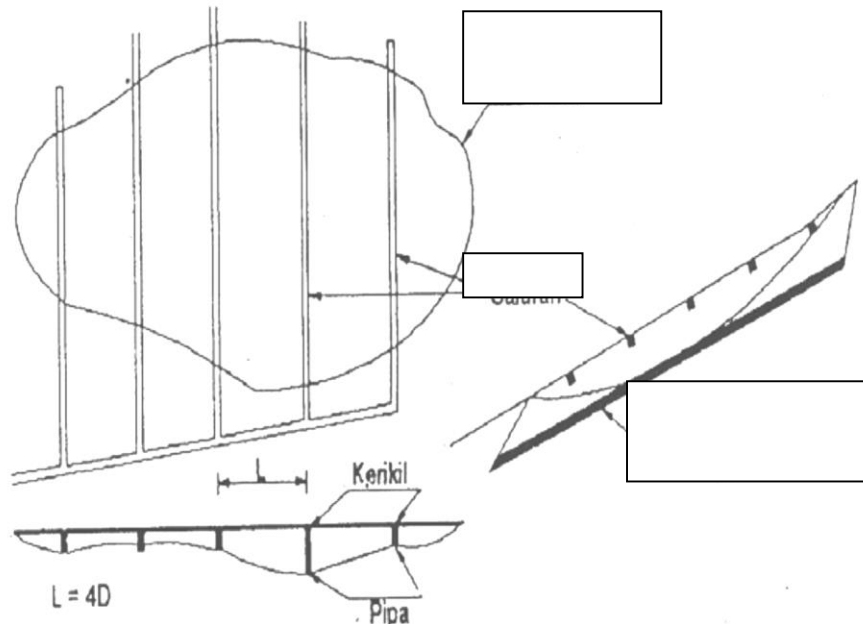
Dengan memakai *counterweight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng, lihat gambar 3.



Gambar 3. Penanganan dengan *Counterweight* (Wesley, 1977).

b. Mengurangi Tegangan Air Pori

Dengan mengurangi tegangan air pori di dalam lereng, seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Mengurangi Tegangan Air Pori (Wesley, 1977).

c. 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.

d. 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 (Pangular, 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 (Pangular, 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 runtuh batuan dengan cara mengukur *strike/dip* kekar-kekar (*joints*) dan *strike/dip* lapisan batuan.

2.8 Analisa Kestabilan Lereng

Pada penelitian ini digunakan metode komputasi menggunakan program *Geostudio SLOPE/W* versi *student*, dengan pengertian sebagai berikut:

a. 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 Putri, dkk (2014).

Metode *Limit Equilibrium* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya, metode ini juga dikenal dengan metode irisan karena bidang kelongsoran dari lereng tersebut dibagi menjadi beberapa bagian. Dalam Metode *Limit Equilibrium* terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu bidang kelongsorannya yang diasumsikan berbentuk *circular* dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk *non-circular*. Pada

metode kesetimbangan batas dengan asumsi bidang kelongsoran berbentuk *circular*.

Bishop (1955) memasukan gaya yang bekerja di sekitar bidang irisan diperhitungkan, tetapi hanya melakukan perhitungan dengan kesetimbangan momen. Yang terpenting dari metode ini adalah kenyataan bahwa dengan memasukkan pasukan interslicenormal, faktor keamanan menjadi persamaan nonlinier dan sebuah prosedur iteratif diperlukan untuk menghitung faktor keamanan. *Ordinary* banyak digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang tersusun oleh tanah, dan bidang gelincirnya berbentuk busur (arc-failure).

Janbu yang disederhanakan mirip dengan metode Bishop yang disederhanakan dalam hal itu termasuk gaya interslice normal dan mengabaikan kekuatan geser interslice. Perbedaan antara Bishop yang disederhana dan metode Janbu yang sederhana adalah bahwa metode Janbu yang sederhana memenuhi kesetimbangan gaya hanya terhadap arah horisontal.

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 :

$$F = \frac{\tau}{\tau d}$$

dengan τ adalah tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah, τd 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 2.

Tabel 2. Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian/Intensitas Longsor
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 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) :

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

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

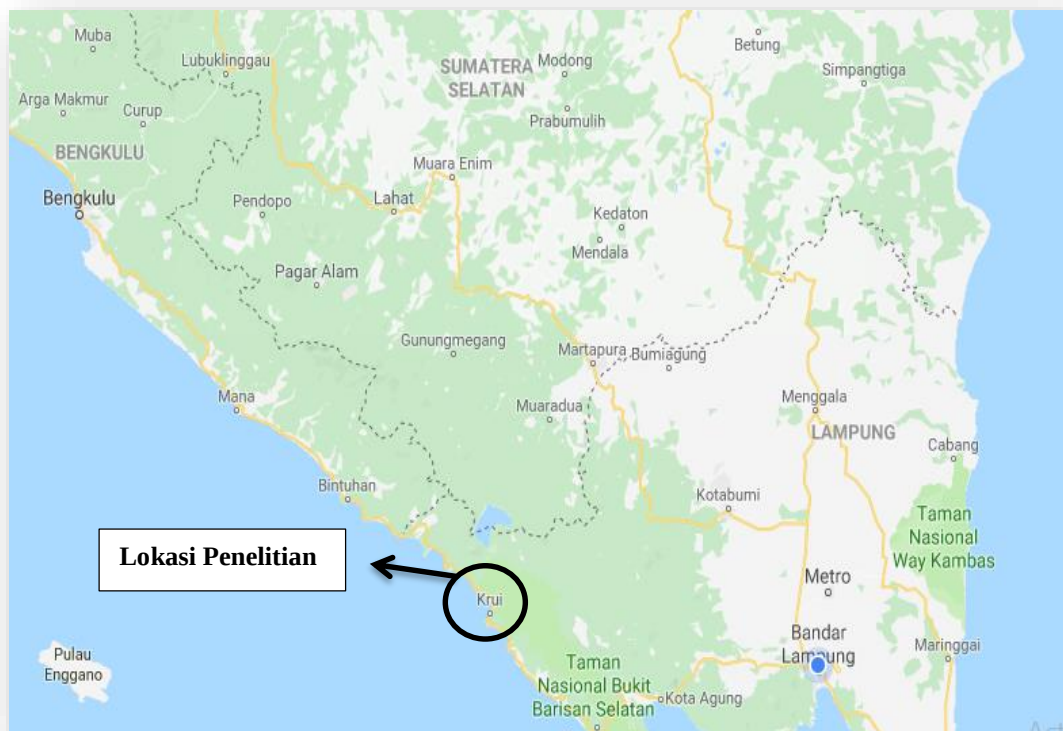
Hubungan dari ketiga tegangan di atas adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \sigma' + u$$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang akan dianalisis yaitu berada di Kabupaten Krui, Provinsi Lampung. Didaerah tersebut banyak daerah perbukitan sehingga dibutuhkan analisis kestabilan lereng demi mengantisipasi bencana longsor yang akan timbul.



Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian.

3.2 Tahapan Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu menggunakan data sekunder.

1. Data Sekunder

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

1. Indeks Properti tanah yang didapatkan dari *Unconsolidated Undrained Triaxial Test* merupakan data-data yang dibutuhkan untuk analisis kestabilan lereng dengan menggunakan Program *GeoStudio SLOPE/W 2012*, antara lain kohesi tanah (c), sudut geser tanah (ϕ), berat tanah jenuh (γ_{sat}), dan berat tanah kering (γ_d).
2. Mensimulasikan potongan melintang pada kondisi jenuh, kondisi jenuh sebagian dan kondisi jenuh. Simulasi disesuaikan dengan kondisi asli dilapangan (tinggi dan lebar lereng) yang selanjutnya akan dianalisis menggunakan program *Geostudio Slope/W 2012*.
3. Data sondir dan data bor mesin.

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 kemiringan

lereng yaitu 40° , di buat demikian agar menghindari kelongsoran yang diakibatkan kemiringan lereng dan mendapatkan bentuk lereng yang ideal.

2. Penentuan Kondisi Analisis

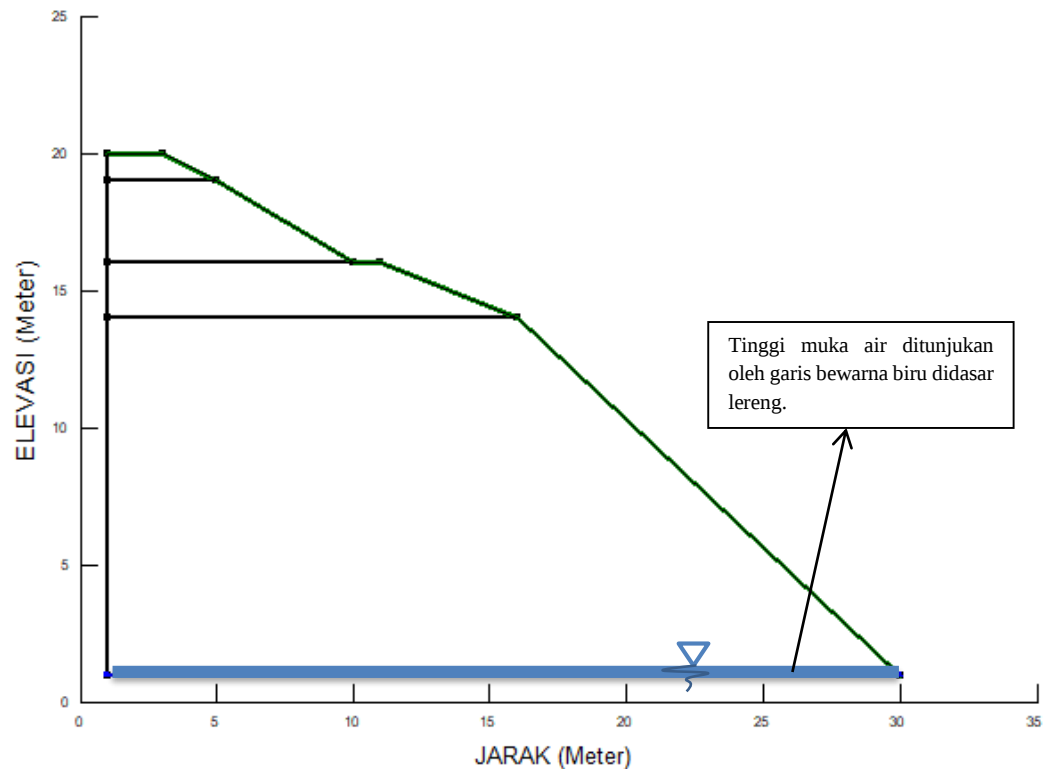
Langkah selanjutnya adalah menentukan kondisi yang akan dianalisis, apakah kondisi jenuh, kondisi jenuh sebagian, kondisi tidak jenuh, karena pada saat penggambaran akan disesuaikan tinggi muka air tanah sehingga data tanah yang dimasukan pada program pun berbeda.

Pada analisa stabilitas lereng yang saya tinjau menggunakan 3 kondisi yaitu kondisi jenuh, kondisi jenuh sebagian dan kondisi tidak jenuh. Kondisi jenuh yaitu kondisi dimana tinggi muka air tanah diasumsikan berada pada tinggi maksimum lereng yaitu 20 meter. Pada analisa stabilitas lereng kondisi setengah jenuh, yaitu kondisi dimana tinggi muka air tanah diasumsikan berada pada setengah dari tinggi maksimum lereng yaitu 10 meter. Pada analisa stabilitas lereng kondisi tidak jenuh, yaitu kondisi dimana tinggi muka air tanah diasumsikan berada pada dasar lereng. 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* 2012 disesuaikan dengan tinggi muka air yang didapat, sama halnya dengan kondisi setengah jenuh perbedaanya hanya pada γ yang digunakan, apabila lapisan tanah berada diatas tinggi muka air maka digunakan γ_d , dan apabila lapisan tanah berada dibawah tinggi muka air digunakan γ_{sat} .

A. Simulasi 1 Kondisi Tidak Jenuh

Potongan melintang lereng simulasi 1 digambar sesuai data lereng dibawah ini :

- Sudut kemiringan : 40°
- Tinggi muka air : Dasar lereng (0 meter)
- Tinggi lereng : 20 meter
- Lebar lereng : 30 meter



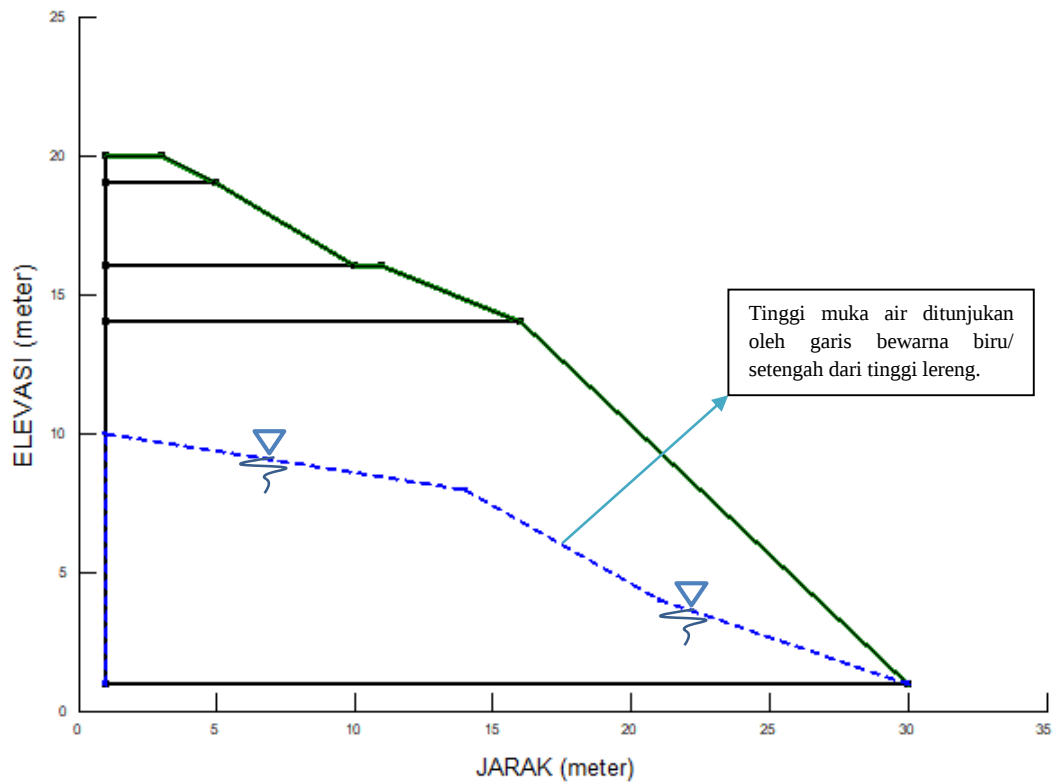
Gambar 6. Simulasi 1 Kondisi Tidak Jenuh

B. Simulasi 2 Kondisi Jenuh Sebagian

Potongan melintang lereng simulasi 2 digambar sesuai data lereng dibawah ini :

- Sudut kemiringan : 40°

- Tinggi muka air : 10 meter
- Tinggi lereng : 20 meter
- Lebar lereng : 30 meter

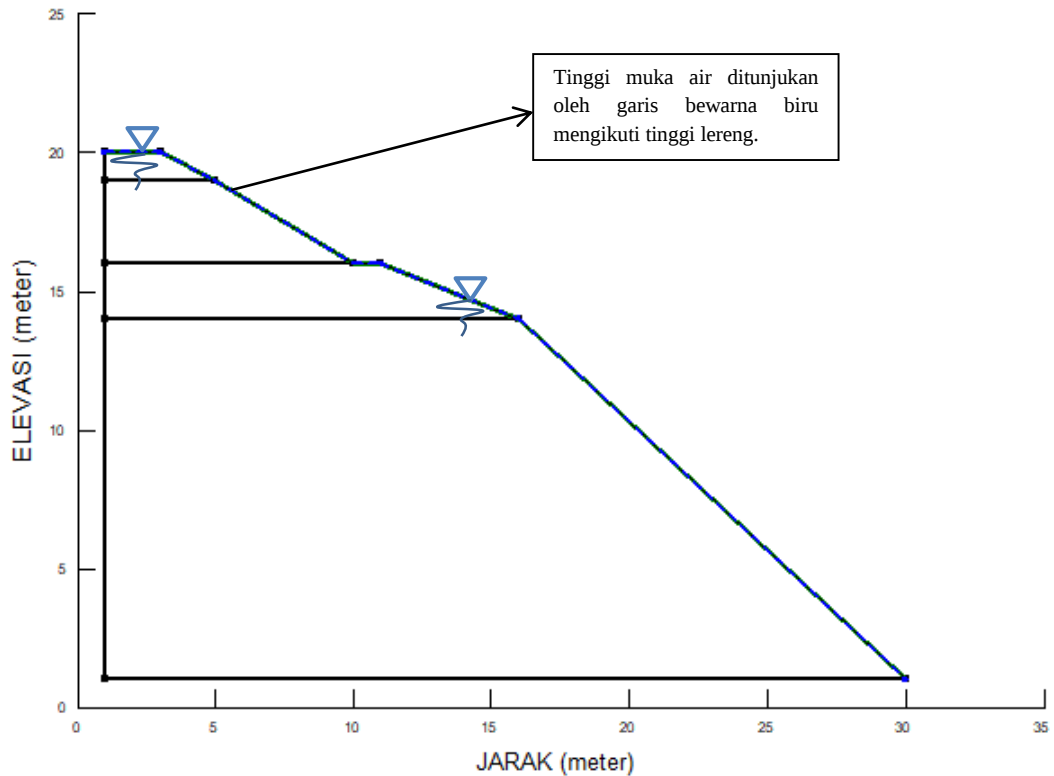


Gambar 7. Simulasi 2 Kondisi Setengah Jenuh

C. Simulasi 3 Kondisi Jenuh

Potongan melintang lereng simulasi 3 digambar sesuai data lereng dibawah ini :

- Sudut kemiringan : 40°
- Tinggi muka air : 20 meter
- Tinggi lereng : 20 meter
- Lebar lereng : 30 meter

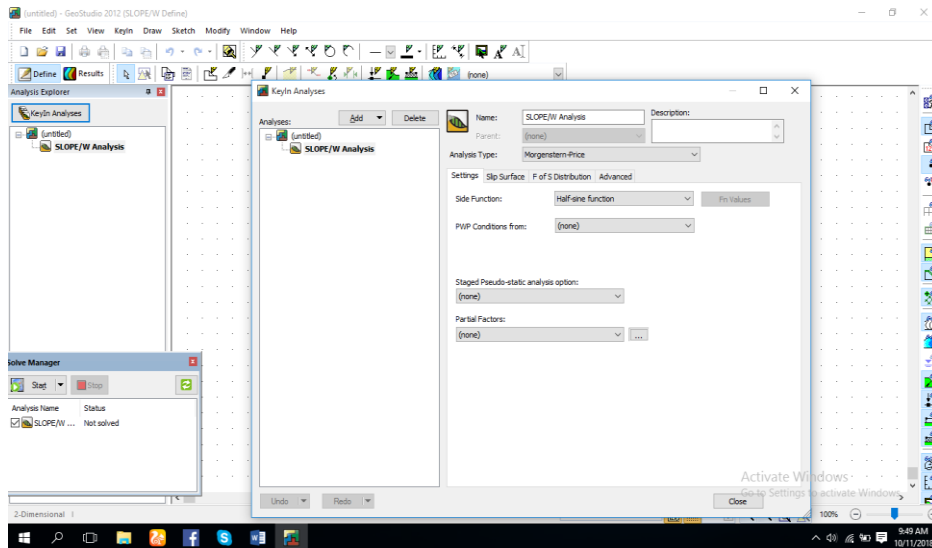


Gambar 8. Simulasi 3 Kondisi Jenuh

3. Menganalisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program *GeoStudio SLOPE/W 2012*

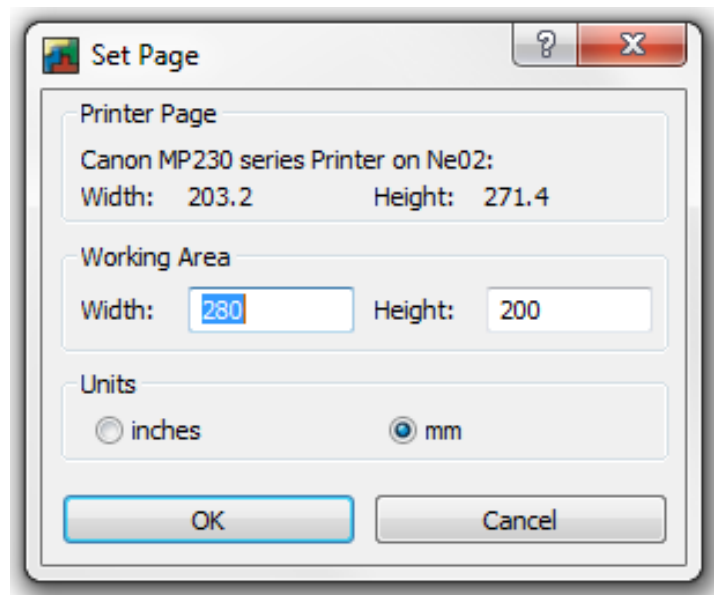
Setelah mengumpulkan data properti tanah dan membuat 5 simulasi bentuk potongan melintang lereng, selanjutnya ialah menginput data-data tersebut pada program *GeoStudio SLOPE/W 2012* untuk dianalisis lebih lanjut. Berikut ini merupakan tahapan pemodelan lereng dalam program *GeoStudio SLOPE/W 2012* :

1. Langkah awal adalah membuka program *Geostudio 2012* 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 *Morgenstren-Price*..



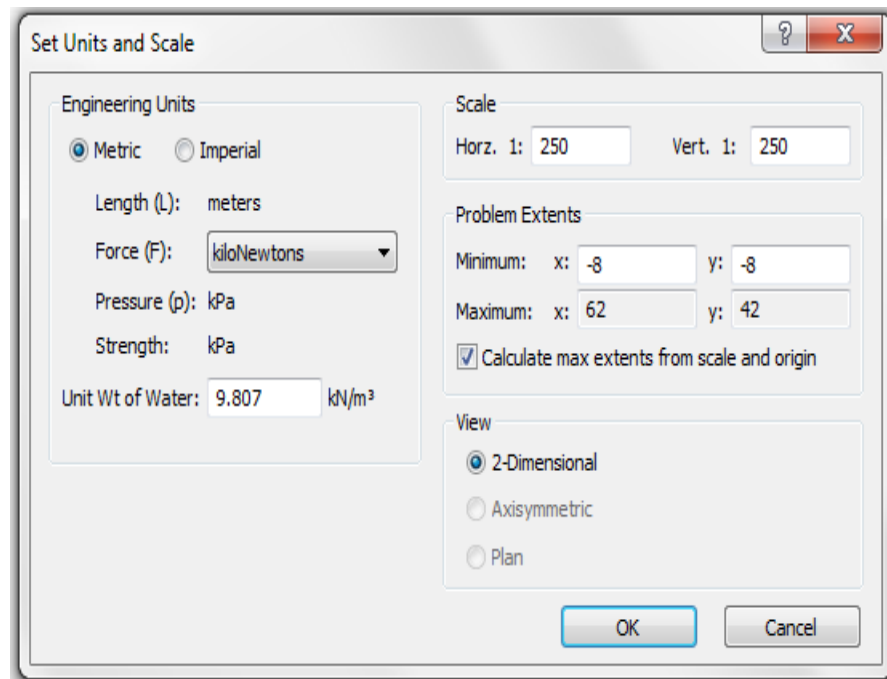
Gambar 9. Pengaturan pada *KeyIn Analyses*.

- Setelah masuk pada halaman kerja, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah mengatur bidang kerja gambar dengan cara mengatur ukuran halaman, mengatur *scale unit* dan mengatur *grid* untuk mempermudah penggambaran/pemodelan bentuk geometri lereng, yang ditunjukkan pada gambar 7-9.

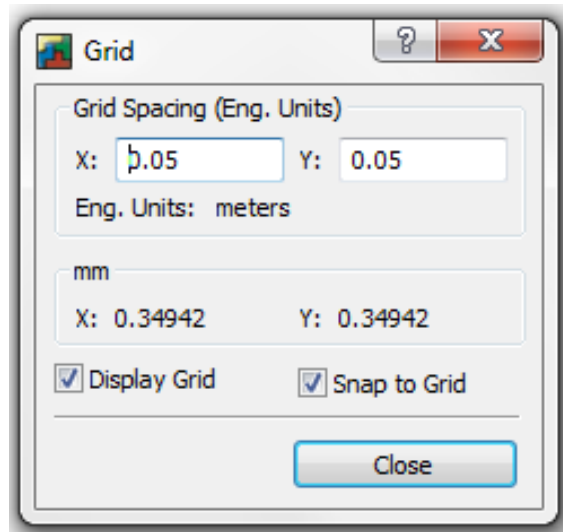


Gambar 10. Mengatur Ukuran Halaman.

Tampilan menu *Set Unit and Scale* pada program *Geostudio SLOPE/W* 2012



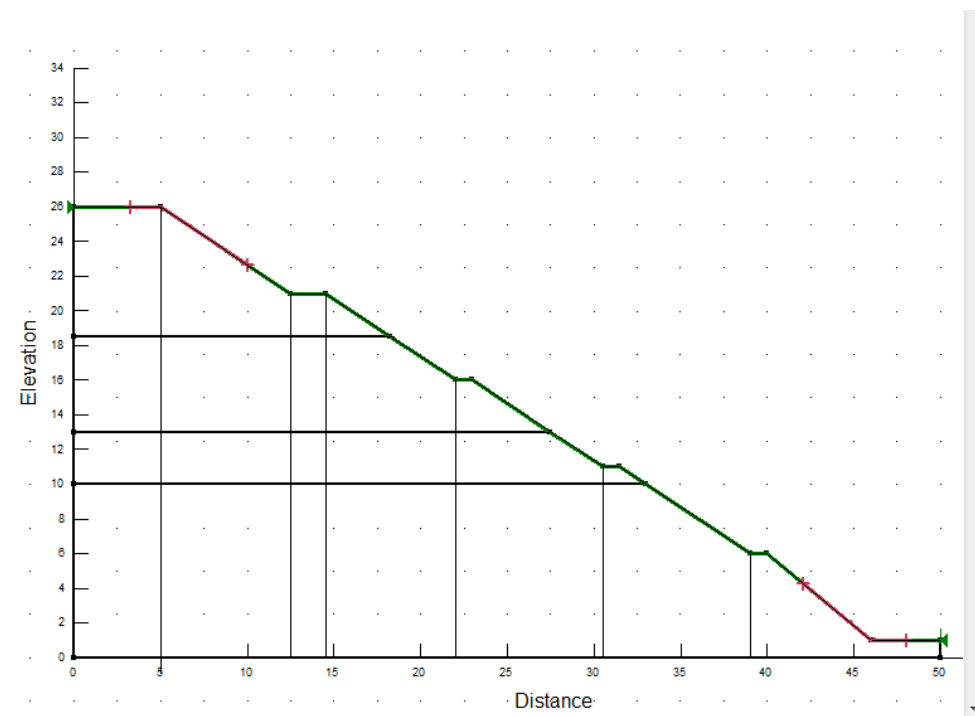
Gambar 11. Mengatur Skala.



Gambar 12. Mengatur *Grid*.

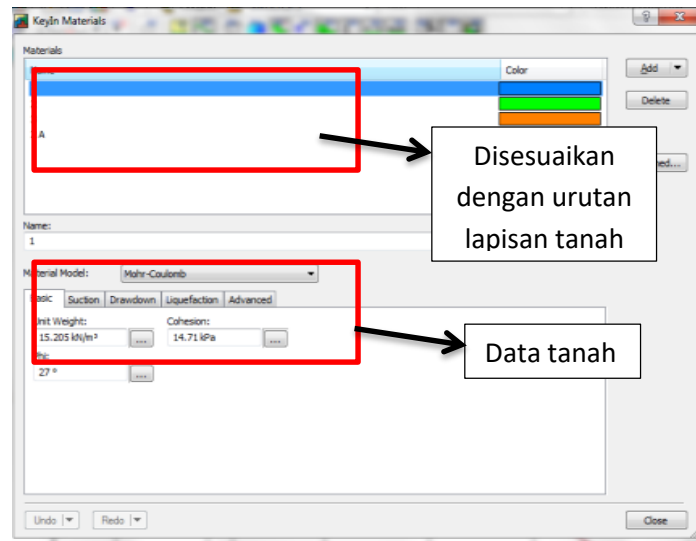
3. Menggambar geometri dua dimensi penampang lereng seperti pada gambar 10. Pada awal penggambaran kita menggunakan menu *draw-polygon* untuk membuat garis bantu agar memudahkan pada

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 .



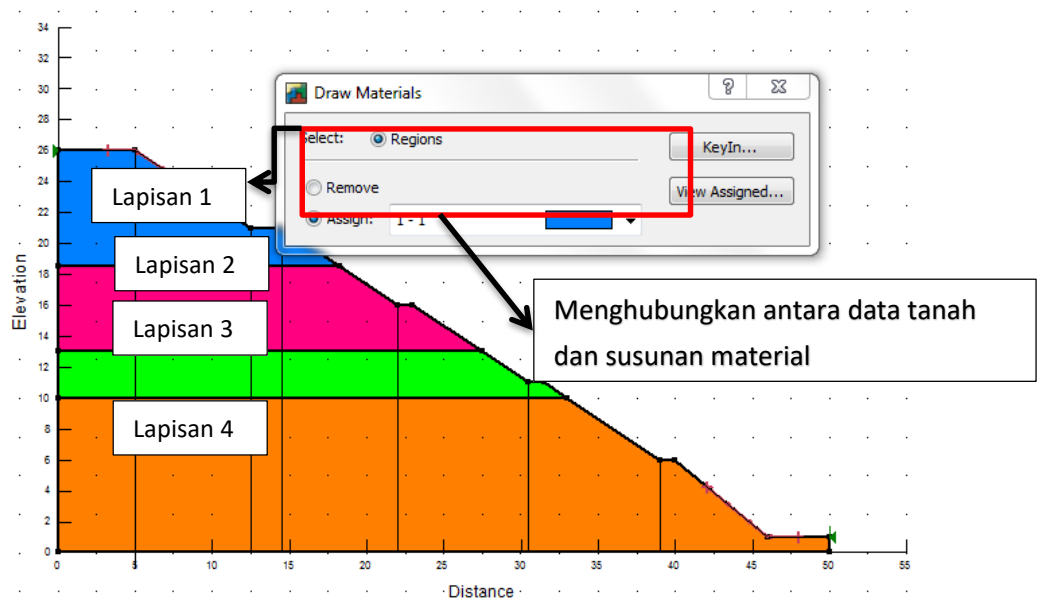
Gambar 13. Menggambar Potongan Melintang Lereng

4. Memasukan 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 (ϕ), berat tanah jenuh (γ_{sat}), dan berat tanah kering (γ_d) sesuai dengan kondisi yang dianalisis:



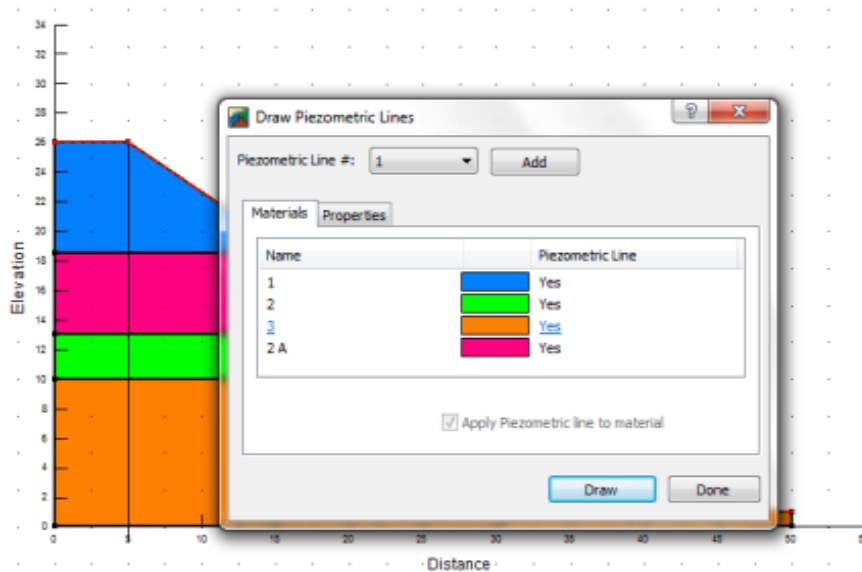
Gambar 14. Memasukan Data Material di Menu *KeyIn Materials*.

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



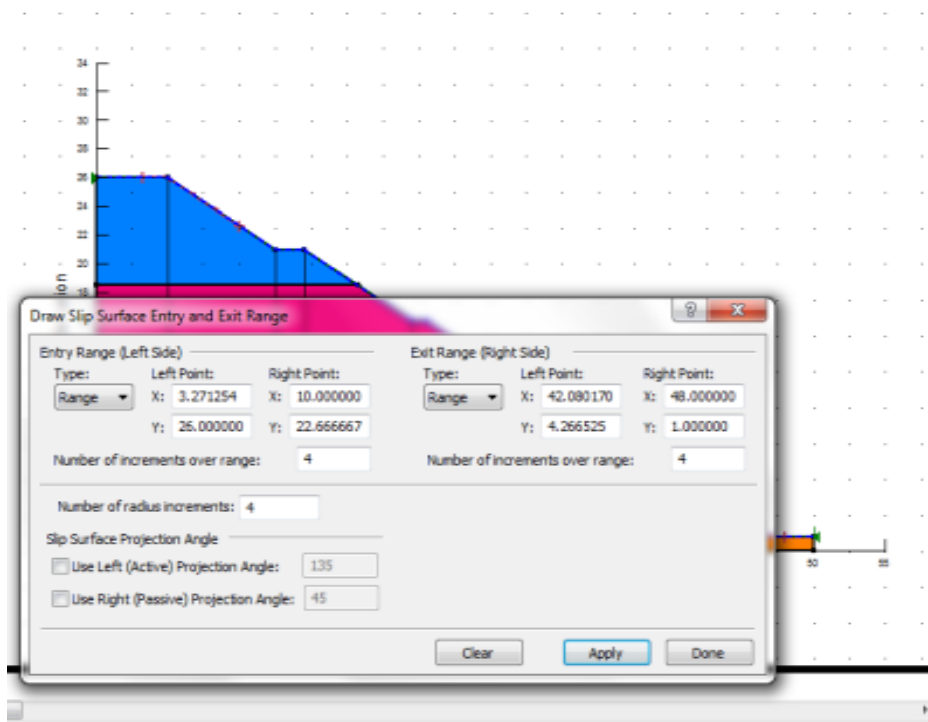
Gambar 15. Menghubungkan Data Material ke Potongan Geometri

6. Menggambar tinggi muka air tanah



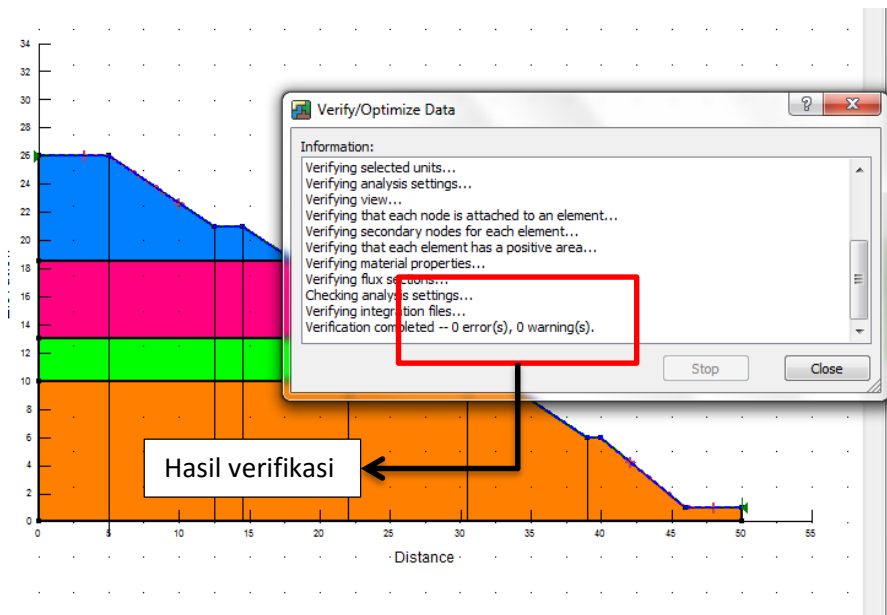
Gambar 16. Menggambar Garis Tekanan Air Pori

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



Gambar 17. 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.



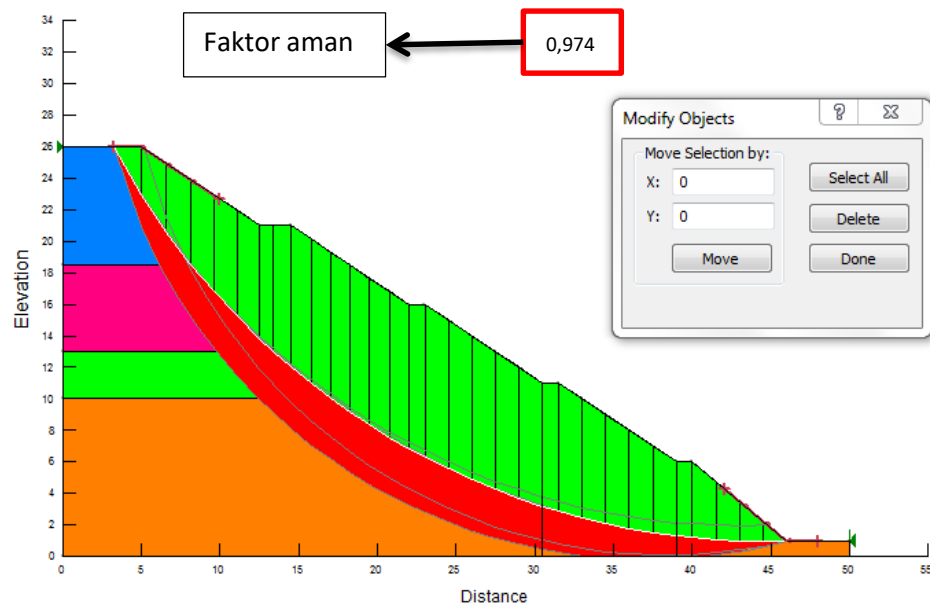
Gambar 18. Mengecek Data Melalui Menu *Verify*

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.

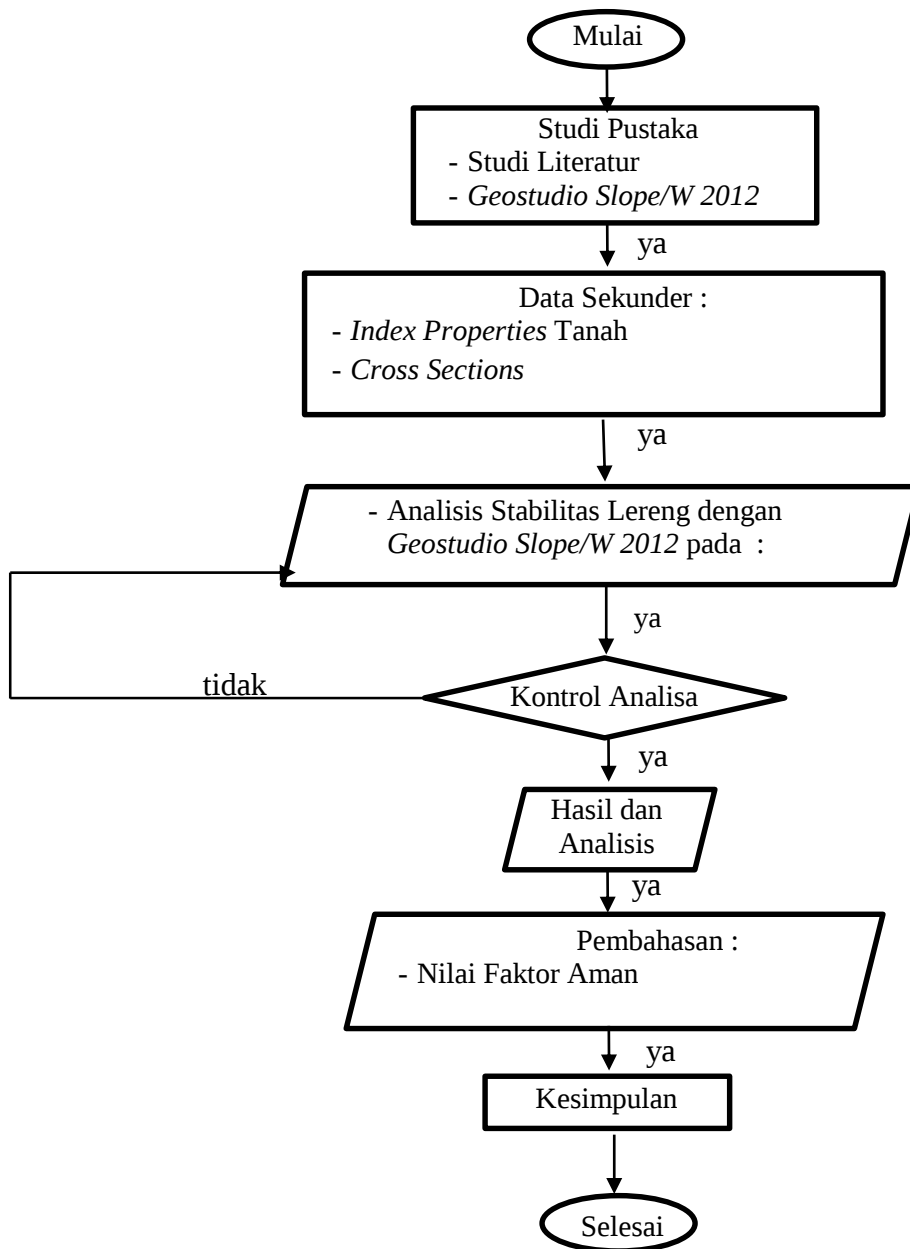


Gambar 19. Gambar Hasil Analisis

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



Gambar 20. 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 2012* 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 dengan nilai faktor aman/tingkat kestabilan tertinggi dibandingkan dengan simulasi 2 dan simulasi 3.
- c. Tinggi muka air tanah sangat berpengaruh terhadap hasil nilai faktor aman lereng. 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. Perlu dilakukan analisis faktor keamanan lereng menggunakan program lain sebagai perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- 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.
- Terzaghi., 1923, *Mekanika Tanah Jilid I*, Erlangga, Surabaya.
- Wesley, Laurence D., 2012, *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*,
Andi, Yogyakarta.
- Wesley, Laurence D., 1977, *Mekanika Tanah Cetakan ke 6*, Erlangga, Jakarta
Pusat.