

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH INFILTRASI AIR HUJAN TERHADAP KESTABILAN LERENG PADA KONTRUKSI TIMBUNAN TANAH

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan
Pendidikan Tingkat Sarjana Strata I (S1) pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang**



Disusun Oleh :

Muhammad Taufiq

02.207.2900

Panji Dewantanu

02.207.2904

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2011

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH INFILTRASI AIR HUJAN TERHADAP KESTABILAN LERENG



Disusun Oleh :

Muhammad Taufiq

02.207.2900

Panji Dewantanu

02.207.2904

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM. MT

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Tugas Akhir

Diperiksa

Dosen Pembimbing II

Tugas Akhir

Dr. Ir. Hj. Rinda Karlinasari, MT

Rifqi Brilyant A., ST, MT



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI

No. 371 / B2 / SA-T / VIII / 2011

Pada hari ini, Rabu, tanggal 20 April 2011 berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen pembimbing I
2. Nama : Rifqi Brilyant Arif, ST, MT
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa Mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir/Skripsi:

1. Nama : Muhammad Taufiq
Nim : 02.207.2900
2. Nama : Panji Dewantanu
Nim : 02.207.2904
Jurusan : Teknik Sipil
Judul : Analisis stabilitas lereng terhadap infiltrasi air hujan pada kontruksi timbunan tanah.

Dengan tahapan sebagai berikut:

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	4 Mei 2011	-
2	Proposal	18 Mei 2011	Acc
3	Pengumpulan Data	25 Mei 2008	-
4	Analisis Data	1 Juni 2011	-
5	Penyusunan Laporan	20 Agustus 2008	-
6	Selesai laporan	28 September 2008	Acc

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak – pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT)

(Rifqi Brilyant Arif, ST, MT)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNISSULA

(Abdul Rochim, ST, MT)

STUDI PENGARUH INFILTRASI AIR HUJAN TERHADAP KESTABILAN LERENG PADA KONTRUKSI TIMBUNAN TANAH

Oleh :

Panji Dewantanu¹⁾, Muhammad Taufiq¹⁾, Rindra Karlinasari²⁾, Rifqi Brilyant²⁾.

ABSTRAKSI

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh infiltrasi air hujan terhadap stabilitas lereng yang meliputi: kadar air, derajat kejenuhan (Sr), angka pori (e), kohesi (c), tegangan air pori negative (s), dan sudut geser dalam serta mengukur koefisien permeabilitas (k). Pada proses pelaksanaan pembangunan jalan sering terjadi kegagalan lereng yang dikarenakan adanya infiltrasi air hujan pada tanah tak jenuh terutama dimana kondisi lapisan tanah di daerah itu sangat labil terhadap gerakan tanah pada pertemuan antara lapisan tanah clay shale dengan tanah glanular (timbunan) yang ada di atasnya.

Kegagalan lereng dipicu karena aliran air (*seepage*) yang mengalir dari hulu ke hilir melewati badan jalan diatas lapisan *clay shale*. Dalam proses pendimensian dan faktor keamanan lereng dihitung dengan menggunakan program Geostudio.

Dari analisa diperoleh definisi terhadap faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng. Dari hasil perhitungan di dapat bahwa infiltrasi air hujan sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng, dimana faktor keamanan atau SF (*Safety Factor*) lereng menurun seiring dengan lamanya infiltrasi air hujan yang terjadi di daerah tersebut terutama saat proses penimbunan tanah terjadi, hal ini dapat di lihat dari hasil analisis Geostudio yang menunjukkan berkurangnya faktor keamanan lereng.

Kata kunci: Infiltrasi air hujan, tanah tak jenuh, stabilitas lereng, *seepage*

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Unissula Semarang.

²⁾ Dosen Fakultas teknik jurusan Teknik Sipil Unissula Semarang.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegagalan lereng (*slope failure*) merupakan fenomena alam, dalam hal ini kegagalan lereng di definisikan sebagai pergerakan tanah yang terjadi di karenakan adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhi dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah.

Masalah kegagalan lereng sering terjadi disebabkan keadaan geografi dan topografi yang berbeda, di beberapa tempat curah hujan yang cukup tinggi dianggap sebagai faktor utama kelongsoran karena air dapat mengikis suatu lapisan pasir, melumasi batuan ataupun meningkatkan kecepatan longsor. Kegagalan lereng sering terjadi disebabkan keadaan topografi di suatu wilayah dan di beberapa tempat memiliki curah hujan cukup tinggi dan tekanan air pori kadar air suatu lempung (clay shale) diatas lapisan tanah diatasnya sehingga mengurangi kekuatan geser tanah.

Gangguan pada keseimbangan lereng tersebut diakibatkan oleh kegiatan manusia dan oleh lereng itu sendiri. Kegiatan manusia terutama yang berkaitan dengan pemanfaatan lahan (tata guna lahan), seperti penebangan hutan secara liar, pembukaan lahan-lahan baru di lereng-lereng bukit, perkembangan perumahan di daerah perbukitan dan sebagainya. Sedangkan untuk kegiatan dari alam itu sendiri erat kaitannya dengan kondisi geologi antara lain jenis tanah, tekstur (komposisi), dari tanah pembentuk lereng, pengaruh gempa, geomorfologi (kemiringan daerah), iklim, terutama hujan dengan intensitas tinggi.

Sebab-sebab keruntuhan lereng pada suatu galian akan sangat berbeda dengan suatu timbunan, suatu galian adalah suatu kasus tanpa pembebanan dimana tanah dihilangkan, oleh karena itu menyebabkan sokongan tegangan di dalam tanah. Sebaliknya peninggian-peninggian tanah dan timbunan buangan dalam kasus pembebanan dan periode

pelaksanaannya merupakan periode yang paling kritis akibat timbulnya tekanan-tekanan pori selama pelaksanaan dengan konsekuensi pengurangan tegangan efektif.

Kegagalan lereng biasanya terjadi pada musim hujan, hal ini dikarenakan pada musim penghujan infiltrasi air hujan kedalam tanah akan terjadi dalam tahapan proses penimbunan tanah.

Daerah yang terjadi kegagalan lereng tersebut terdapat pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Pati – Kudus yang merupakan objek penelitian untuk menyusun laporan Tugas Akhir yang mengenai stabilitas suatu lereng terhadap bahaya kegagalan lereng. Untuk menganalisis kestabilan lereng perlu adanya data properties dan mekanis dari tanah dan batuan maka dari itu perlu mengumpulkan data-data tanah disekitar lokasi kegagalan lereng.

1.2 Perumusan masalah

Dalam analisis akan dilakukan sebuah perencanaan stabilitas lereng terhadap bahaya kegagalan lereng di Proyek Pembangunan Jalan Lingkar (Ring Road) Pati - Kudus. Serta solusi yang dapat dipakai di lapangan dalam menstabilkan lereng, maka dari itu tanah dan kemiringan lereng akan digunakan sebagai data dalam menganalisis suatu kelongsoran lereng.

Pada lokasi lereng alam, perlu dilakukan analisis terhadap kondisi geologi yang ada dilapangan sehingga lereng alam dapat dianggap aman terhadap gerakan tanah.

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang akan penulis bahas hanya pada batasan menganalisis data yang telah didapat dan kemudian data digunakan untuk menganalisis kelongsoran lereng. Untuk menganalisa stabilitas lereng pada Sta 5+600 Proyek Pembangunan Jalan Lingkar (Ring Road) diperlukan terlebih dahulu analisa *back analysis* untuk menentukan parameter yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Perhitungan *back analysis* dilakukan

dengan meninjau kemungkinan-kemungkinan terjadinya kondisi-kondisi sebagai berikut :

- Tingginya muka air tanah
- Tambahan tekanan air pori akibat aktifitas penimbunan
- Besarnya curah hujan
- Berkurangnya kuat geser tanah akibat terjadinya bidang geser

Perhitungan dilakukan dengan metode *Finite Element* dan *Limit Equilibrium* dengan program SIGMA/W, SEEP/W dan SLOPE/W. Dari dua metode penyelesaian diatas kami menghitung dengan memakai program komputer “GeoStudio” (full licenses). Perhitungan dilakukan pada kondisi awal tanpa air pori dan kondisi dengan air pori. Perhitungan awal dilakukan dengan memodelkan kondisi tegangan insitu pada tanah asli, kemudian dilakukan penimbunan dengan tanah timbunan pada lereng bersamaan dengan pemasangan bor pile di kaki lereng. Kondisi tegangan yang diperoleh dari perhitungan SIGMA/W kemudian menjadi kondisi awal untuk perhitungan aliran air dengan SEEP/W. Kondisi kestabilan lereng diperiksa untuk setiap tahapan dengan menggunakan SLOPE /W.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Manfaat teoritis dari hasil analisis ini adalah memberikan sumbangan ilmiah pada bidang Teknik Sipil, tentang perilaku tanah pada suatu lereng. Sedangkan tujuan dari evaluasi ini adalah untuk :

- a. Menganalisis stabilitas lereng terhadap kegagalan lereng dikarenakan adanya infiltrasi oleh air hujan pada saat hujan yang di terjadi pada tahap penimbunan tanah dimana muka air tanah naik dengan cepat kepermukaan tanah karena mendekati kondisi jenuh (*near saturated condition*) dalam zona tidak jenuh (*unsaturated*)
- b. Memberikan alternative pemecahan terhadap kegagalan lereng (*slope failure*) yang terjadi secara garis besar.

1.5 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Lokasi Proyek Jalan Lingkar Pati (Kudus) STA 5+600. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.1 Lokasi longsor berikut ini:

Gambar 1.1. Lokasi Longsoran

1.6 Sistematika Penyusunan laporan

Penyusunan Tugas Akhir terdiri dari 5 (lima) bab masing-masing terdiri dari:

BAB I, meliputi : PENDAHULUAN

Pada bab ini terdiri tentang latar belakang yang mendasari pembuatan Tugas Akhir, permasalahan yang timbul, pembatasan masalah yang ada, tujuan yang dicapai, lokasi penelitian untuk pembuatan tugas akhir, serta sistematika penyusunan laporan.

BAB II, meliputi : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan kepustakaan tentang gerakan tanah lereng pola keruntuhan lereng, stabilitas lereng, analisa tentang terjadinya kegagalan lereng, analisa stabilitas lereng secara umum.

BAB III, meliputi : METODE PENELITIAN

Metode berisi penjelasan tentang jenis penelitian yang dilakukan untuk menganalisis kestabilan lereng dengan *Finite Element* dan *Limit Equilibrium*, dengan program SIGMA/W, SEEP/W dan SLOPE/W..

BAB IV, meliputi : ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN

Pada bab ini berisi tentang analisis perhitungan dan analisis data dengan bantuan program komputer

software “Geostudio” , serta perbandingan kondisi lereng setelah dilakukan analisis kestabilan lereng

BAB V, meliputi : Pembahasan tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Gerakan tanah merupakan suatu massa tanah yang bergerak dari atas kebawah disepanjang lereng. Gerakan ini terjadi apabila gaya-gaya yang menahan (resisting force) massa tanah dilereng lebih kecil dari pada gaya yang mendorong atau meluncurkan tanah disepanjang lereng.

Gaya yang menahan massa tanah disepanjang lereng dipengaruhi oleh kedudukan muka air tanah, sifat fisik/mekanisme tanah terutama daya ikat tanah dan sudut geser tanah yang bekerja disepanjang bidang luncuran. Gaya pendorong tersebut dipengaruhi diantaranya oleh kandungan air, beban bangunan, dan massa tanah.

2.2. Pola Pergerakan Tanah

Dibagi menjadi tiga jenis yaitu gelincir (*slide*), jatuhan, dan aliran.

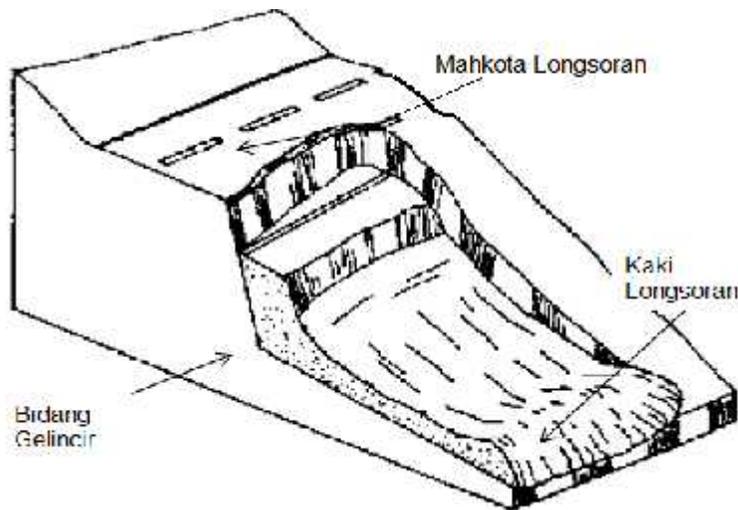
2.2.1 Gelincir (*slide*)

Gelincir terjadi akibat massa tanah bergerak pada suatu bidang yang disebut bidang gelincir. Jenis-jenis gelincir berupa translasi, rotasi atau kombinasi keduanya (majemuk)

a. Gelincir Translasi

- Keruntuhan terjadi sepanjang zona lemah baik pada tanah ataupun batuan.
- Massa tanah dapat bergerak jauh sebelum mencapai titik diamnya.
- Umum terjadi pada tanah berbutir kasar, sedangkan pada batuan biasanya terjadi bila posisi bidang lemahnya searah dan memotong kemiringan lereng

Keruntuhan translasi ada yang berbentuk gelincir baji (*wedge slides*), jenis ini terjadi ketika massa tanah atau batuan terpecah belah sepanjang kekar-kekar (*joints*), sisipan (*seams*), rekahan (*fissures*) atau zone lemah sebagai akibat, misalnya, pembekuan air. Massa yang terpecah bergerak sebagai blok dan bergerak turun dalam bentuk baji (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Tipe Keruntuhan Gelincir Translasi

b. Gelincir Rotasi

- Rotasi Pada Batuan;

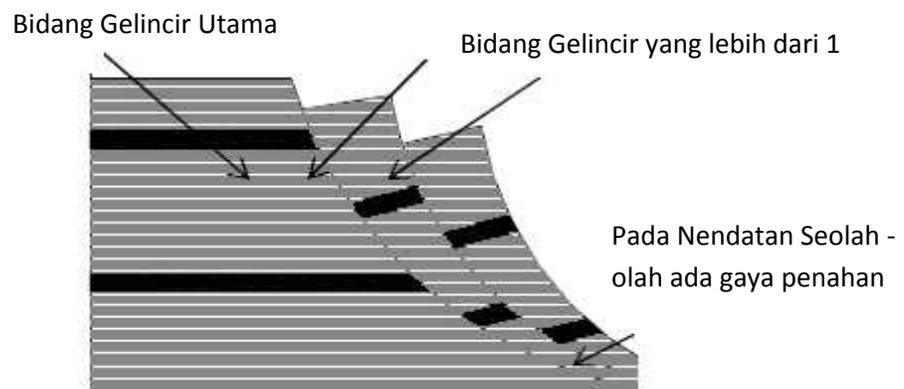
Tipe ini ditandai dengan adanya bentuk “sendok”. Bagian lereng atas terbentuk “gawir” melengkung dan di bagian tengah longsor terdapat bagian yang labil dan nampak adanya gelombang yang tidak rata (*bulging*). Jenis keruntuhan lereng ini sangat umum terjadi pada batuan contohnya pada serpih lapuk (*shale-marine*) dan mengalami retakan cepat. Gerakannya progresif serta meliputi daerah yang cukup luas

- Rotasi pada tanah;

Tipe ini ditandai dengan adanya bidang gelincir lengkung dan gerakan rotasi. Penyebab utama terjadinya keruntuhan lereng rotasi adalah gaya-gaya rembesan air tanah atau kemiringan lereng yang bertambah pada tanah residual. Bidang gelincir yang dalam biasanya terjadi pada

tanah lempung lunak dan kenyal. Keruntuhan lereng rotasi pada tanah koluvial biasanya dangkal.

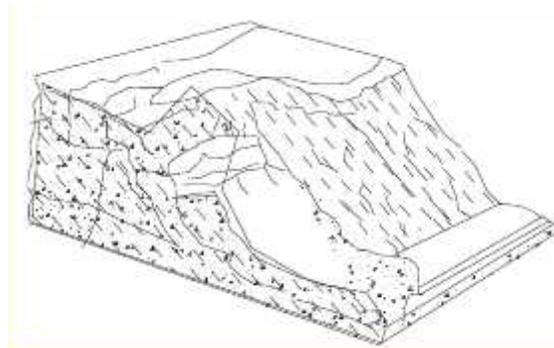
gelincir yang termasuk dalam gelincir rotasi adalah nendatan (*slump*), yaitu pergerakan tanah/batuan ke arah bawah dan keluar. Jumlah bidang gelincir yang terjadi adalah satu atau lebih (Gambar 2.2). Jenis pergerakan ini sering terjadi setelah kemiringan lereng dirubah



Gambar 2.2. Pergerakan pada nendatan

c. Gelincir kombinasi

Gelincir kombinasi merupakan bentuk gabungan gelincir translasi dan rotasi (Gambar 2.3). Tipe gelincir ini terjadi pada tanah maupun batuan lapuk.

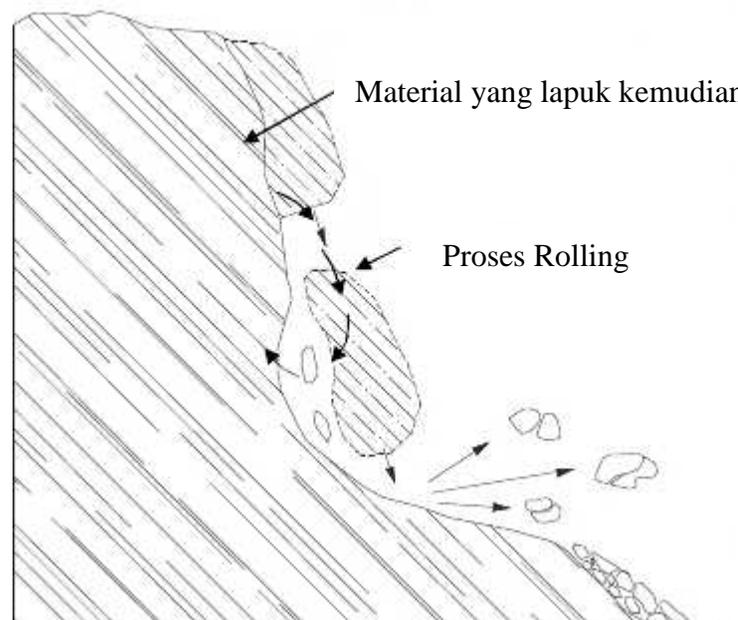


Gambar 2.2. Keruntuhan lereng tipe gelincir kombinasi

2.2.2 Jatuhan (fall)

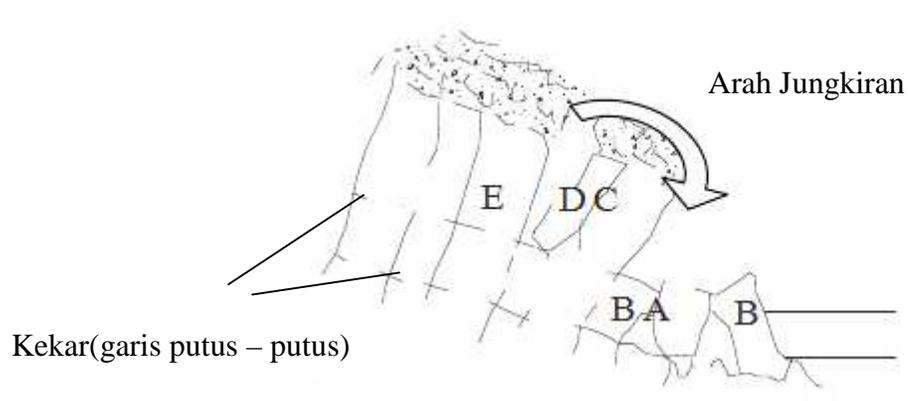
Termasuk ke dalam kategori jatuhan adalah jatuh bebas (*free fall*) dan *rolling* serta jungkiran

Jatuh bebas dan *rolling* adalah material jatuh bebas yang kehilangan kontak dengan permukaan batuan. Pergerakan massa bergerak dari ketinggian tertentu melalui udara (Gambar 2.3);



Gambar 2.3. Tipikal gerakan keruntuhan jatuhan

Jungkiran (*topless*) terjadi akibat momen guling yang bekerja pada suatu titik putar di bawah titik massa. Jungkiran terjadi pada batuan yang mempunyai banyak kekar (Gambar 2.4.);



Gambar 2.4. Tipe gerakan keruntuhan jungkiran

2.2.3. Aliran (flow)

Aliran adalah suatu material lepas (batuan lapuk atau tanah) yang setelah mengalami proses penjenuhan akan mengalir seperti sifatnya fluida. Jenis aliran adalah sebagai berikut:

a. Aliran batuan lapuk atau material lepas;

Aliran pada batuan lapuk termasuk ke dalam deformasi yang terus menerus, termasuk juga rangkak. Aliran jenis ini umumnya melibatkan rangkak dalam yang lambat dan perbedaan pergerakan antara unit –unit yang utuh. Ciri-ciri pergerakan aliran pada batuan lapuk adalah:

- terjadi di sepanjang permukaan geser yang tidak saling berhubungan;
- distribusi kecepatan mirip aliran fluida yang kental.

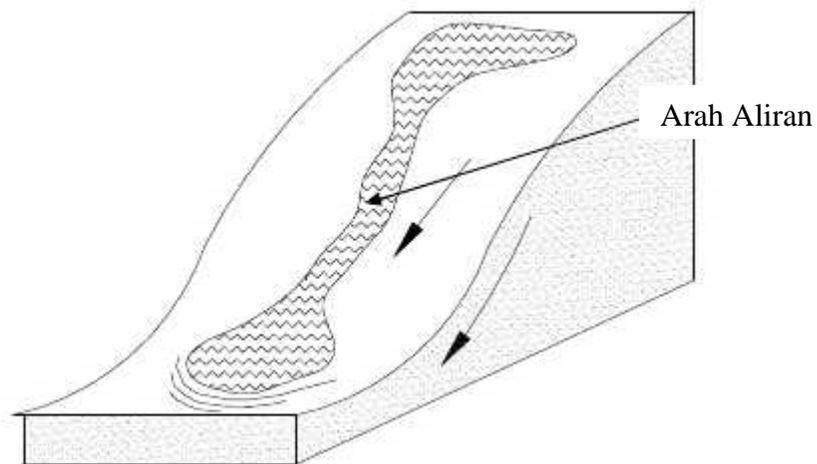
b. aliran pada tanah.

Aliran pada tanah adalah pergerakan material yang menyerupai fluida kental. Permukaan gelincir pada bidang material

yang bergerak dapat berupa permukaan tajam, perbedaan pergerakan atau suatu zona distribusi geser (Gambar 2.5.). Rentang pergerakan mulai dari sangat cepat sampai sangat lambat.

Ciri-ciri pergerakan aliran pada tanah adalah:

- i. pergerakan aliran terjadi ketika kondisi internal dan eksternal menyebabkan tanah
- ii. berperilaku seperti cairan dan mengalir ke bawah meskipun kemiringan lerengnya landai;
- iii. tanah mengalir bergerak ke berbagai arah serta tidak memiliki permukaan keruntuhan yang terdefinisi secara jelas;
- iv. permukaan keruntuhan berganda terbentuk dan berubah secara terus menerus selama proses aliran terjadi; dan
- v. pergerakan aliran terjadi pada tanah kering maupun tanah basah.



Gambar 2.5. Tipe keruntuhan lereng aliran dengan bentuk keruntuhan yang tidak berpola

2.3. Klasifikasi berdasarkan kecepatan pergerakan

Berdasarkan kecepatan pergerakannya, gerakan massa tanah/batuan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu pergerakan lambat, pergerakan sedang dan pergerakan cepat. Masing- masing kategori dibahas sebagai berikut;

2.3.1. Pergerakan lambat

Pergerakan lambat terjadi selama 0.3 m/5 tahun – 1.5 m/tahun serta meliputi rangkai/rayapan dan *solifluction*. Rangkai adalah pergerakan terus menerus pada kondisi tegangan konstan, sedangkan *solifluction* adalah pergerakan debris dalam kondisi jenuh. Pergerakan lambat ditandai dengan miringnya tiang-tiang dan pohon-pohon.

2.3.2. Pergerakan sedang

Pergerakan sedang terjadi selama 1.5 m/tahun – 0.3 m/menit. serta meliputi:

- Aliran tanah/lumpur (*earth flows*), yaitu pergerakan yang lambat tetapi dapat dideteksi dengan mudah. Hal ini biasanya terjadi pada tanah yang kadar airnya terus bertambah. Penambahan kadar air yang terus menerus ini menyebabkan terjadinya *Mud Flow*.
- Runtuhan debris (*debris slide*), yaitu pergerakan material tak terkonsolidasi yang relatif kering. Material runtuhan debris biasanya lebih besar dibandingkan dengan material aliran tanah/lumpur. Debris merupakan kumpulan massa tanah, atau tanah tercampur fragmen batuan, yang berpindah di sepanjang permukaan datar yang miring. Runtuhan debris terjadi secara progresif dan dapat berkembang menjadi “*avalanche*” atau aliran yang tiba-tiba meluncur cepat.
- Runtuhan ini sering terjadi pada tanah colluvial atau residual yang terletak di atas permukaan batuan dasar yang miring. Mula-mula

terjadi rekahan (*tersier crack*) yang kemudian bertambah lebar dan akhirnya 1 blok atau lebih tanah/batuan akan meluncur kebawah. Runtuhan akan terus terjadi hingga mencapai “*upper slope*” (lereng atas). Proses terjadinya runtuhannya debris pada batuan dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Tipe gerakan keruntuhan lereng debris pada batuan

- Aliran debris (*debris flow*)

Proses terjadinya aliran debris sama dengan terjadinya *debris avalanche*. Perbedaan terletak pada jumlah kadar air materialnya. Pada aliran debris, kadar air materialnya cukup besar sehingga membawa debris mengalir seperti cairan kental (*slurry*). Penyebab utama terjadinya aliran debris adalah curah hujan tinggi dan erosi permukaan yang besar. Aliran debris umumnya terjadi pada tebing-tebing sungai curam (*steep gullies*).

2.3.3. Pergerakan cepat

Pergerakan cepat terjadi selama > 0.3 m/menit serta terdiri dari:

- Debris avalanche

Debris avalanche adalah tipe perpindahan tanah/ batuan yang sangat cepat yang diawali dengan hancuran di sepanjang

permukaan runtuh. Penyebab utamanya adalah rembesan air tanah yang besar, curah hujan tinggi, gempa bumi atau rayapan yang berkembang sedikit demi sedikit dari suatu perlapisan batuan. Umumnya keruntuhan terjadi tanpa didahului oleh tanda-tanda serta tidak terduga terjadinya dan dampak kerusakan yang ditimbulkannya pada daerah permukiman sangat parah. Umumnya debris *avalanche* terjadi pada tanah residual di daerah pegunungan yang berlereng curam.

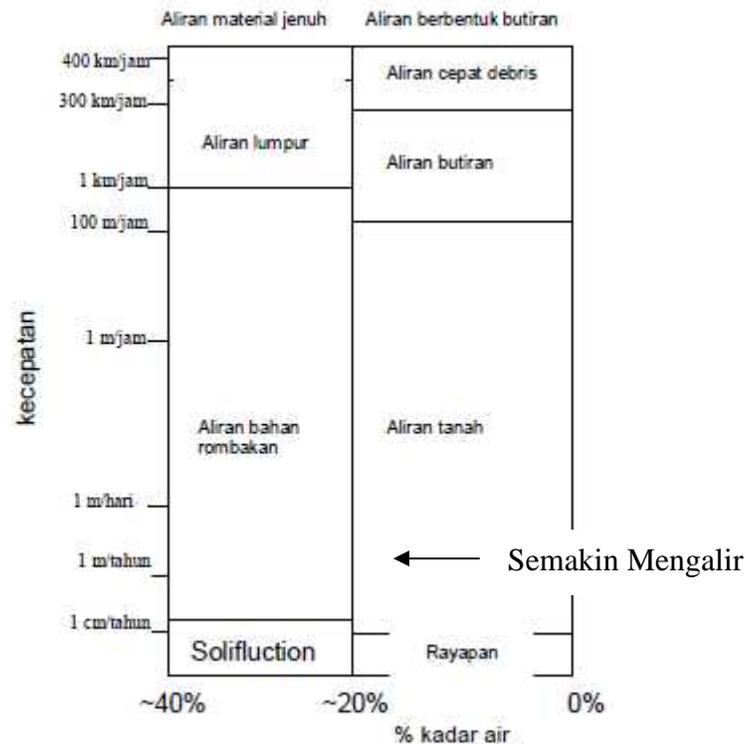
- Jatuh bebas batuan (*rock falls*)

Jatuh bebas batuan mengakibatkan terbentuknya akumulasi batuan pada dasar jurang yang disebut juga talus (Gambar 2.7.).



Gambar 2.7. Tipe jatuh bebas batuan (*rock fall*)

Beberapa jenis pergerakan dapat diidentifikasi melalui kadar air dan kecepatan pergerakan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Variasi tipe pergerakan berdasarkan hubungan kecepatan pergerakan dengan kadar air

2.4. Lereng

Lereng adalah suatu kenampakan permukaan alam disuatu beda tinggi apabila beda tinggi dua tempat tersebut dibandingkan jarak lurus mendatar sehingga diperoleh besarnya kelerengan(slopes). Lereng merupakan parameter topografi yang terbagi dalam dua bagian, yaitu kemiringan lereng dan beda tinggi relief. Dimana kedua bagian tersebut besar pengaruhnya terhadap penilaian suatu lahan kritis, yaitu suatu lahan yang karena tidak sesuainya kemampuan dan penggunaan lahan dapat merusak lahan secara fisik, kimia, dan biologi, sehingga akan membahayakan fungsi hidrologi, produksi, pertanian, dan pemukiman yang dapat menimbulkan erosi dan longsor di daerah hulu serta sedimentasi dan banjir di daerah hilir atau daratan.

(http://geomorfologi_lereng_htm).

2.4.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi terbentuknya lereng

- a. Faktor yang bersifat aktif, antara lain:
 1. Berkurangnya daya tahan suatu tanah terhadap adanya suatu erosi.
 2. Adanya pembebanan misalnya oleh air hujan, bangunan sehingga bobot dari massa batuan atau tanah menjadi lebih besar.
- b. faktor yang bersifat pasif, antara lain:
 1. pengaruh iklim (tropis, subtropics, sedang dan dingin)
 2. keadaan litologi (batuan beku, batuan *sediment*, dan batuan *metamorf*)
 3. keadaan stratigrafi (urut-urutan lapisan batuan)
 4. keadaan struktur geologi (daerah sesar dan lipatan)
 5. keadaan vegetasi

2.4.2. Bentuk-bentuk lereng

a. Lereng alam (*natural slope*)

Lereng alam terbentuk karena proses alam, material yang terbentuk memiliki kecenderungan tergelincir terbawa beratnya sendiri dan gaya-gaya luar yang ditahan oleh kuat geser tanah dan material. gangguan terhadap kesetabilan terjadi bilamana tahanan geser tanah tidak dapat mengimbangi gaya-gaya yang menyebabkan gelincir pada bidang longsor.

b. Lereng buatan (*man made slope*)

1. Lereng buatan dari tanah asli.

Lereng dibuat dari tanah asli dengan memotong kemiringan, kestabilan pemotongan ditentukan oleh kondisi geologi, sifat teknis tanah, tekanan akibat rembesan dan cara pemotongan.

2. Lereng buatan dari tanah asli yang dipadatkan (lereng timbunan).

Tanah dipadatkan untuk tanggul-tanggul jalan raya dan bendungan pada kereta api. Sifat teknis timbunan dipengaruhi oleh cara penimbunan dan derajat kepadatan tanah.

Untuk lereng timbunan dibedakan menjadi beberapa kondisi:

a. Timbunan tanah tak berkohesi diatas lapisan tanah kokoh.

Kestabilan dari lereng timbunan tak berkohesi tergantung pada:

- Sudut geser dalam dari bahan timbunan
- Kemiringan lereng
- Tekanan air pori

b. Timbunan tanah berkohesi diatas lapisan tanah kokoh.

Kestabilan dari lereng timbunan berkohesif seperti lempung, pasir kelempungan, dan lanau kelempungan tergantung pada :

- Kuat geser tanah timbunan
- Berat isi tanah timbunan
- Tekanan air pori

c. Timbunan dilaksanakan diatas tanah lembek.

Kestabilan lereng timbunan tergantung pada:

- kuat geser tanah timbunan
- berat isi tanah timbunan
- tinggi timbunan kemiringan lereng
- kuat geser tanah dasar

2.5. Pola keruntuhan lereng

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

Ada beberapa jenis tipe keruntuhan dalam dunia teknik sipil diantaranya, kelongsoran rotasi (rotasional slip) bentuk permukaan runtuh/longsoran pada potongannya dapat berupa busur lingkaran (circular arc) atau kurva bukan lingkaran.

Pada umumnya kelongsoran berhubungan dengan kondisi tanah homogeny dan kelongsoran bukan lingkaran berhubungan dengan kondisi tanah tidak homogen. Kelongsoran translasi (translational slip) dan kelongsoran gabungan (capound slip) terjadi bila bentuk permukaan runtuh dipengaruhi oleh adanya kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan. Kelongsoran translasi cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada dalam kedalaman yang relatif dangkal dibawah permukaan lereng dimana permukaan runtuhnya akan berbentuk bidang dan hampir sejajar dengan lereng. Kelongsoran gabungan biasanya terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih geser, dan permukaan runtuhnya terdiri dari bagian-bagian lengkung dan bidang (craig 1989). Infiltrasi air hujan terhadap lereng permukaan phreatic terbentuk oleh aliran paralel ke rintangan drainase (drainage barrier). Untuk hujan yang intens, muka air tanah naik dengan cepat kepermukaan tanah karena tanah kondisinya mendekati kondisi jenuh (near-saturated condition) dalam zona tidak jenuh. Kondisi ini menyebabkan kenaikan pore pressure secara tiba-tiba yang gilirannya akan menurunkan tahanan geser tanah. Pada akhirnya faktor keamanan lereng menurun dan menyebabkan keruntuhan permukaan (surficial failures). Mekanismenya infiltrasi air meyebabkan terjadinya *negative pore pressure* pada *unsaturated soils*. Terjadi penurunan tegangan efektif pada

permukaan tanah potensial sehingga terjadi penurunan kekuatan tanah sampai pada kondisi keseimbangan tidak dapat dipertahankan.

Kegagalan lereng dangkal sering terjadi selama atau sesudah hujan yang cukup intens. Karena kesulitan menentukan pore water pressure pada saat kegagalan lereng air yang meresap kedalam tanah embankment yang mengakibatkan kenaikan pore water pressure secara tiba-tiba dan efek lanjutannya adalah pegurangan kekuatan geser tanah. Mencegah masuknya air pada lereng maupun embankment merupakan hal yang sangat penting dan merupakan langkah yang pertama dalam mengurangi kegagalan lereng.

2.6. Stabilitas lereng

Dari beberapa bentuk lereng dan beberapa pola keruntuhan lereng yang ada, kita harus periksa dan mengadakan penilaian terhadap lereng tersebut. Dengan demikian stabilitas lereng akan terjaga. Stabilitas lereng dalam arti yang lugas merupakan kemantapan dan kekokohan sebuah lereng berdiri, dengan gaya yang terjadi padanya, baik gaya vertikal maupun gaya horisontal. Sebuah lereng dikatakan stabil, apabila terjadi keseimbangan antara gaya yang menyebabkan lereng tersebut bergeser dengan gaya yang melawan gaya geser tersebut.

Dan beberapa kasus kestabilan sebuah lereng berhubungan erat dengan kekuatan geser sebuah tanah didefinisikan sebagai tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser dibawah suatu kondisi yang bersangkutan dengan sifat-sifat drainase tanah. (*Smith 1984*). Kekuatan geser suatu tanah atau bahan terjadi akibat tak relative antar butirnya, sebab itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antar butir.

Secara umum faktor keamanan suatu lereng merupakan perbandingan nilai rata – rata kuat geser tenaga atau batuan di sepanjang bidang keruntuhan kritisnya terhadap beban yang diterima lereng di sepanjang bidang keruntuhannya.

Mengingat lereng terbentuk oleh material yang sangat beragam dan banyak faktor ketidak-pastian, maka dalam mendesain suatu penanggulangan selalu dilakukan penyederhanaan dengan berbagi asumsi. Secara teoritis massa yang bergerak dapat dihentikan dengan menaikkan faktor keamanannya.

Faktor penyebab yang mempengaruhi terjadinya longsoran ditentukan oleh menurunnya faktor keamanan kemantapan lereng sehingga menjadi kurang dari batas keseimbangan. Hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kriteria faktor keamanan adalah resiko yang dihadapi, kondisi beban dan parameter yang digunakan dalam melakukan analisis kemantapan lereng. Resiko yang dihadapi dibagi menjadi tiga, yaitu : tinggi, menengah, dan rendah. Dalam analisis harus dipertimbangkan kondisi beban yang menyangkut gempa dan tanpa gempa (normal).

Dasar pemikiran umum batas keseimbangan adalah faktor keamanan (FS) lereng terhadap Keruntuhan (kelongsoran) tergantung pada angka perbandingan antara kuat geser tanah ($M_{Penahan}$) dan tegangan geser yang bekerja ($M_{Peggerak}$) yang dinyatakan dengan persamaan :

$$F_s = \frac{M_{Penahan}}{M_{Peggerak}}$$

Jika $F_s < 1$ Lereng tidak stabil

$F_s = 1,5$ Lereng dalam keadaan kritis artinya dengan sedikit gangguan atau tambahan momen penggerak maka lereng menjadi tidak stabil.

$F_s > 1$ Lereng dalam keadaan stabil

2.7. Metode penanggulangan keruntuhan lereng

2.7.1 Mengendalikan air rembesan (drainase bawah permukaan)

Usaha mengeringkan atau menurunkan muka air tanah dalam lereng dengan mengendalikan air rembesan biasanya cukup sulit dan memerlukan penyelidikan yang cermat. Metode pengendalian air rembesan yang dapat digunakan adalah sumur dalam, penyalir tegak, penyalir mendatar, pelantar, sumur pelega, penyalir parit pencegat, penyalir liput dan elektro osmosis

2.7.2. Sumur dalam (*deep well*)

Sumur dalam telah banyak digunakan untuk menanggulangi keruntuhan lereng yang bidang longsornya dalam. Cara ini dinilai mahal karena harus dilakukan pemompaan terus menerus. Pada sumur ini biasanya dipasang indikator muka air tanah sehingga dapat diketahui kapan pemompaan mulai dilakukan. Cara ini efektif untuk daerah keruntuhan lereng yang mempunyai material sifat penyimpan air.

2.7.3. Penyalir tegak/saluran tegak (*vertikal drain*)

Metode ini dilakukan dengan mengalirkan air tanah sementara ke lapisan lulus air di bawahnya, sehingga dapat menurunkan tekanan hidrostatik. Efektifitas metode ini tergantung dari kondisi air tanah dan perlapisannya.

2.7.4. Penyalir mendatar/saluran mendatar (*horizontal drain*)

Penyalir mendatar dibuat untuk mengalirkan air atau menurunkan muka air tanah pada daerah keruntuhan lereng. Metode ini dapat digunakan pada keruntuhan lereng besar yang bidang longsornya dalam dengan membuat lubang setengah mendatar hingga mencapai sumber airnya. Air dialirkan melalui pipa dengan diameter 5 cm atau lebih yang berlubang pada dindingnya. Penempatan pipa penyalir tergantung dari jenis material yang akan diturunkan muka air tanahnya. Untuk material yang berbutir halus jarak

masing – masing pipa antara 3-8 meter, sedangkan untuk material berbutir kasar dengan jarak antara 8-15 meter. Efektifitas cara ini tergantung dari permeabilitas tanah yang akan menentukan banyaknya air yang dapat dialirkan keluar.

2.7.5 Pelantar (*drainase galery*)

Pelantar sangat efektif untuk menurunkan muka air di daerah keruntuhan lereng yang besar, tetapi pemasangannya sulit dan mahal. Cara ini lebih banyak dilakukan pada lapisan batu, karena umumnya memerlukan penyangga yang relatif sedikit daripada bila dilakukan pada tanah. Agar dapat berfungsi secara efektif, pelantar ini digali di bawah bidang longsor. Kemudian dari atas dibuat lubang yang berhubungan dengan pelantar untuk mempercepat aliran air dalam material yang longsor.

2.7.6. Sumur pelega (*relief well*)

Pada umumnya sumur pelega efektif untuk menanggulangi keruntuhan lereng berukuran kecil yang disebabkan oleh rembesan. Sumur tersebut dibuat dengan menggali bagian kaki keruntuhan lereng, dan galian ini harus segera diisi dengan batu. Hal ini untuk menjaga agar tidak kehilangan gaya penahan yang dapat mengakibatkan terjadinya keruntuhan lereng lebih besar.

2.7.7. Penyalir parit pencegat/saluran pemotong (*interceptor drain*)

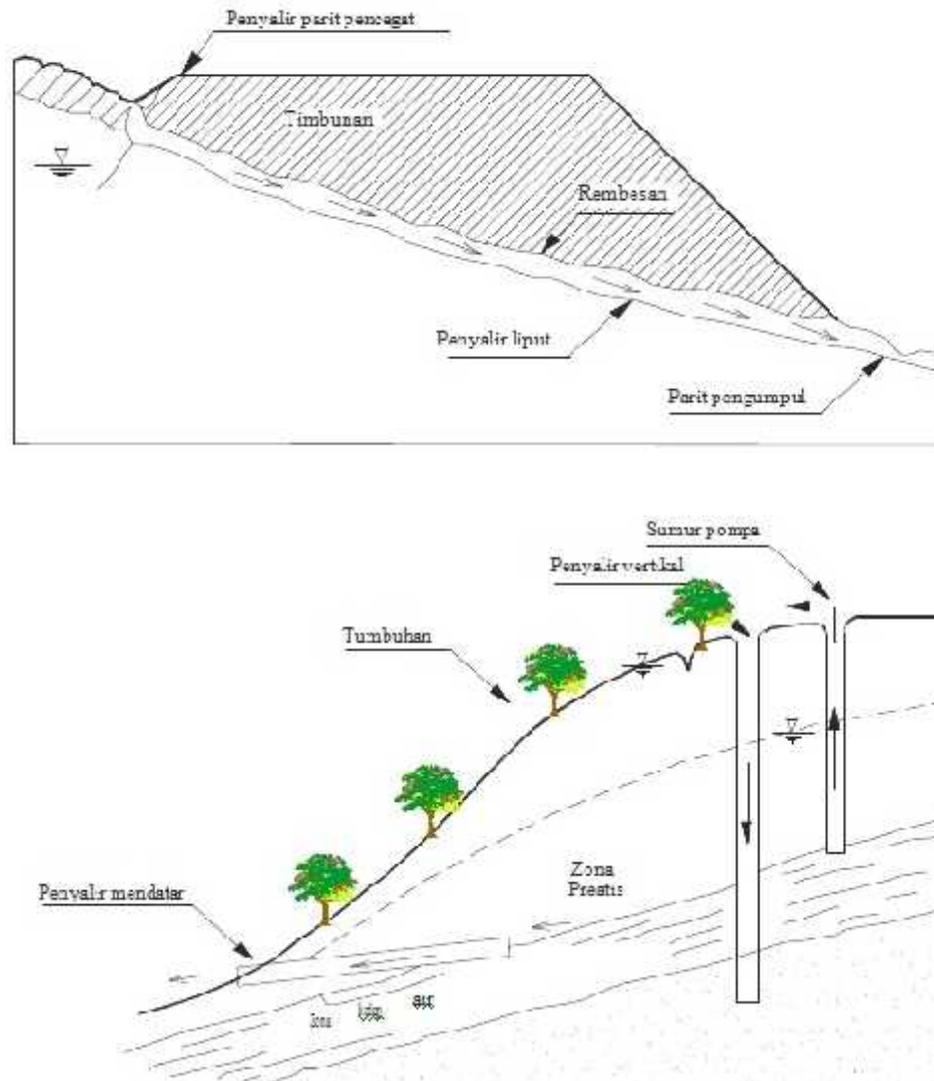
Penyalir parit pencegat dibuat untuk memotong aliran air tanah yang masuk ke daerah longsoaran. Parit ini digali di bagian atas mahkota sampai ke lapisan kedap air., sehingga air tanah terpotong oleh parit tersebut. Pada dasar galian dipasang pipa dengan dinding berlubang untuk mengalirkan air tanah. Pipa ini kemudian ditimbun dengan material yang dapat berfungsi sebagai filter. Cara ini dapat digunakan bila kedalaman lapisan kedap tidak lebih 3-5 meter. Efektifitas cara ini tergantung dari kondisi air tanah dan perlapisannya.

2.7.8. Penyalir liput (*blanket drain*)

Penyalir liput dipasang di antara lereng alam dan timbunan yang sebaiknya dilakukan pengupasan pada lereng alam sampai mencapai tanah keras. Sebelum penyalir liput dipasang, material berbutir dari penyalir ini dihamparkan menutupi seluruh lereng alam yang akan ditimbun. Air yang mengalir melalui penyalir liput ini ditampung pada penyalir terbuka yang digali di bawah kaki timbunan

2.7.9. Elektro osmosis

Elektro osmosis merupakan salah satu cara penanggulangan keruntuhan lereng khususnya untuk lanau dan lempung lanauan. Cara ini relatif mahal dan jarang digunakan, karena tidak dapat menyelesaikan masalah secara tuntas jika proses elektro osmosis tidak berjalan dengan baik. Metode ini dilakukan dengan menempatkan dua elektroda sampai kedalamam lapisan jenuh air yang akan dikeringkan, untuk kemudian dialiri arus listrik searah. Arus listrik terimbas menyebabkan air pori mengalir dari anoda ke katoda. Elektroda diatur agar tekanan air menjauhi lereng yang berfungsi mengurangi kadar air dan tekanan air pori sehingga meningkatkan kemantapan lereng.



Gambar 2.9. Macam – macam cara penanggulangan untuk pengendalian air rembesan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

2.7.10. Penambatan

Penambatan atau penempatan struktur perkuatan adalah tindakan yang merupakan cara penanggulangan bersifat mengikat atau menahan massa tanah dan batuan yang bergerak.

Penambatan untuk menanggulangi keruntuhan lereng dapat di gunakan dapat di lakukan dengan bangunan penambat antara lain bronjong, tembok penahan, tiang sumuran.

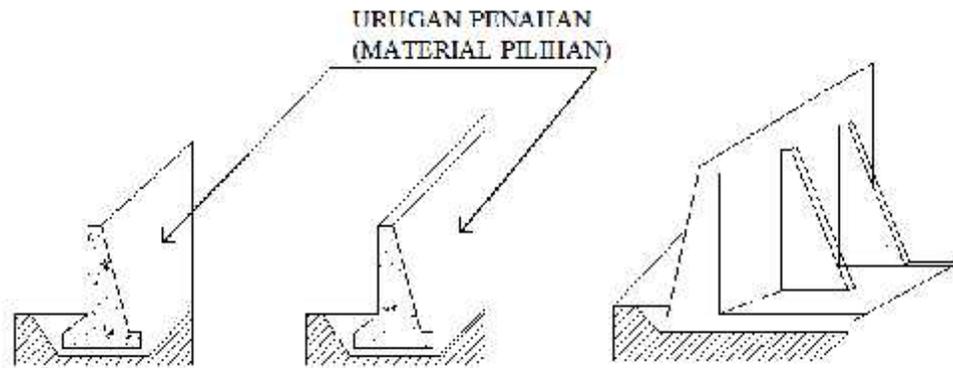
1) Bronjong

Bronjong merupakan bangunan penambat tanah dengan struktur bangunan berupa anyaman kawat yang diisi batu belah. Struktur bangunan berbentuk persegi dan disusun secara bertangga yang umumnya berukuran 2x1x0,5 m. Bangunan bronjong adalah struktur yang tidak kaku sehingga dapat menahan gerakan baik vertikal maupun horizontal dan bila runtuh masih bisa dimanfaatkan lagi. Di samping itu bronjong mempunyai sifat lulus air, sehingga tidak akan menyebabkan terbundungnya air permukaan. Bronjong umumnya dipasang pada kaki lereng yang disamping pada kaki lereng yang diasamping sebagai penahan keruntuhan lereng, juga berfungsi untuk mencegah penggerusan. Keberhasilan penggunaan bronjong sangat tergantung dari kemampuan bangunan ini untuk menahan geseran pada tanah di bawah alasnya. Oleh karena itu bronjong harus diletakan pada lapisan yang mantap di bawah bidang keruntuhan lereng. Bronjong akan efektif untuk keruntuhan lereng yang relatif dangkal tetapi tidak efektif untuk keruntuhan lereng berantai. Bronjong banyak digunakan karena material yang digunakan tidak sulit diperoleh, pelaksanaannya mudah dan biayanya relatif murah.

2) Tembok penahan

Tembok penahan merupakan bangunan penambat tanah dari pasangan batu, beton atau beton bertulang. Tipe tembok penahan terdiri dari dinding gaya berat, semi gaya berat dan dinding pertebalan. Sama halnya dengan bronjong, keberhasilan tembok penahan tergantung dari kemampuan menahan geseran, tetapi perlu pula ditinjau stabilitas terhadap guling. Selain digunakan untuk menahan pergerakan tanah, tembok penahan juga digunakan juga untuk melindungi bangunan dari

keruntuhan. Tembok penahan harus diberi fasilitas drainase seperti lubang penetes dan pipa salir yang diberi bahan filter supaya tidak tersumbat, sehingga tidak menimbulkan tekanan hidrostatik yang besar.



Gambar 3.0. Penahan tanah

3) Geosintetis

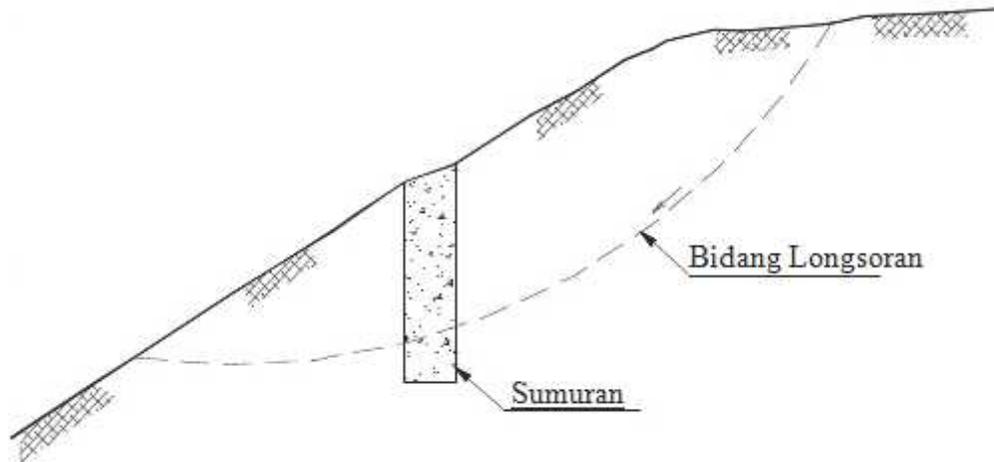
Bahan geosintetis merupakan material polimer lentur yang digunakan sebagai perkuatan dinding penahan tanah, stabilisasi tanah dan pondasi tanah. Material ini bisa dalam bentuk geotekstil ataupun geogrid tergantung kebutuhan dan kondisi tanahnya. Geotekstil merupakan polimer yang berbentuk anyaman ataupun bukan anyaman. Sedangkan geogrid merupakan material polimer yang terdiri dari kesatuan jaringan elemen tarik yang berbentuk kisi-kisi, yang dihubungkan satu sama lain melalui ekstrusi atau pengikatan. Lereng yang diperkuat merupakan suatu bentuk stabilisasi tanah secara mekanis yang menginkorporasikan elemen perkuatan planar pada pembuatan struktur lereng dengan sudut permukaan yang kurang dari 70° . Sedangkan struktur tanah yang distabilisasi secara mekanis dengan sudut permukaan 70° s.d 90° diklasifikasikan sebagai dinding penahan.

4) Sumuran

Sumuran (dengan diameter 0,5-2 m) dapat digunakan untuk menahan gerakan tanah dengan tipe keruntuhan lereng yang relatif tidak aktif, sumuran ini terdiri dari cincin-cincin beton pracetak dan dimasukkan pada sumuran yang digali sampai mencapai kedalaman di bawah bidang longsornya. Cincin ini kemudian diisi dengan

beton tumbuk, beton cyclop atau material berbutir tergantung dari kuat geser yang dikehendaki

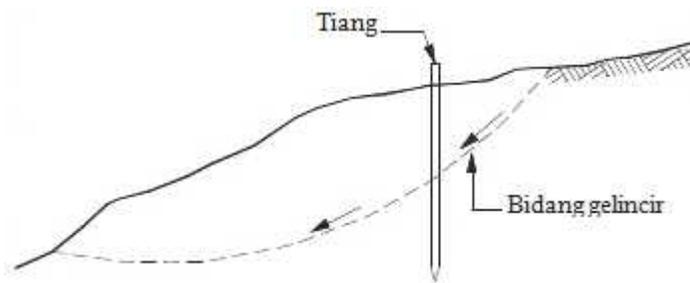
Pelaksanaan cara penanggulangan ini sebaiknya dilakukan dalam musim kemarau pada waktu tidak terjadi gerakan. Cara ini cocok untuk keruntuhan lereng dalam, karena dapat dibuat sampai kedalaman 15 meter.



Gambar 3.1 Sumuran

5) Tiang (Bore Pile)

Tiang dapat digunakan baik untuk pencegahan maupun penanggulangan keruntuhan lereng. Cara ini cocok untuk keruntuhan lereng yang tidak terlalu dalam, tetapi penggunaan tiang ini terbatas oleh kemampuan tiang untuk menembus lapisan keras atau material yang mengandung bongkah – bongkah. Cara ini tidak cocok untuk gerakan tipe aliran, karena sifat tanahnya sangat lembek yang dapat lolos melalui sela tiang. Penanggulangan keruntuhan lereng dapat menggunakan tiang pancang, tiang bor, turap baja. Untuk lapisan keras disarankan menggunakan tiang baja terbuka pada ujungnya atau tiang bor, walaupun demikian tiang bor mempunyai keterbatasan yang hanya dapat diterapkan pada keruntuhan lereng yang relatif diam. Tiang pipa baja dapat pula diisi beton atau komposit beton dengan baja profil untuk memperbesar modulus perlawanannya. Tiang pancang tidak disarankan untuk jenis tanah yang sensitif, karena dapat menimbulkan pencairan massa tanah sebagai akibat getaran pada saat pemancangan.



Gambar 3.1. Tiang

6) Teknik penguatan tanah

Tanah bertulang mempunyai fungsi untuk menambah tahanan geser yang prinsipnya hampir serupa dengan dinding penopang isian batu atau bronjong. Konstruksi ini terdiri dari timbunan tanah berbutir yang diberi tulangan berupa pelat – pelat strip dan panel untuk menahan material berbutir. Bangunan ini umumnya ditempatkan di ujung kaki lereng dan dipasang pada dasar yang kuat di bawah bidang keruntuhan lereng.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 PENDAHULUAN

Dalam melaksanakan analisa kestabilan lereng terhadap infiltrasi air hujan, maka diperlukan data-data lapangan yang cukup lengkap. Data tersebut diperoleh dari hasil survey dan investigasi dari daerah yang bersangkutan.

Kelengkapan dan keakuratan data sangat menunjang terhadap hasil perhitungan, sehingga dari hasil tersebut akan berpengaruh terhadap bentuk maupun kekuatan konstruksi bangunan.

3.2 LANGKAH UMUM PELAKSANAAN

3.2.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini kami mendapatkan data data penyelidikan geoteknik yang dilakukan oleh instansi terkait selain itu juga kami mencari data primer yang berupa pengamatan langsung ke lapangan dimana terjadinya kegagalan lereng dan melakukan wawancara langsung dengan pihak yang terkait. Untuk dapat melakukan analisa sebagaimana permasalahan yang diangkat, maka diperlukan beberapa data pendukung yang diperoleh dari berbagai sumber. Pada umumnya data – data tersebut dikelompokkan dalam.

1. Data Primer;

Data yang kami peroleh dari lapangan dengan melakukan pengamatan langsung.

2. Data Sekunder;

Data sekunder merupakan segala informasi yang di dapat secara tidak langsung, adapun data sekunder yang di dapat berupa;

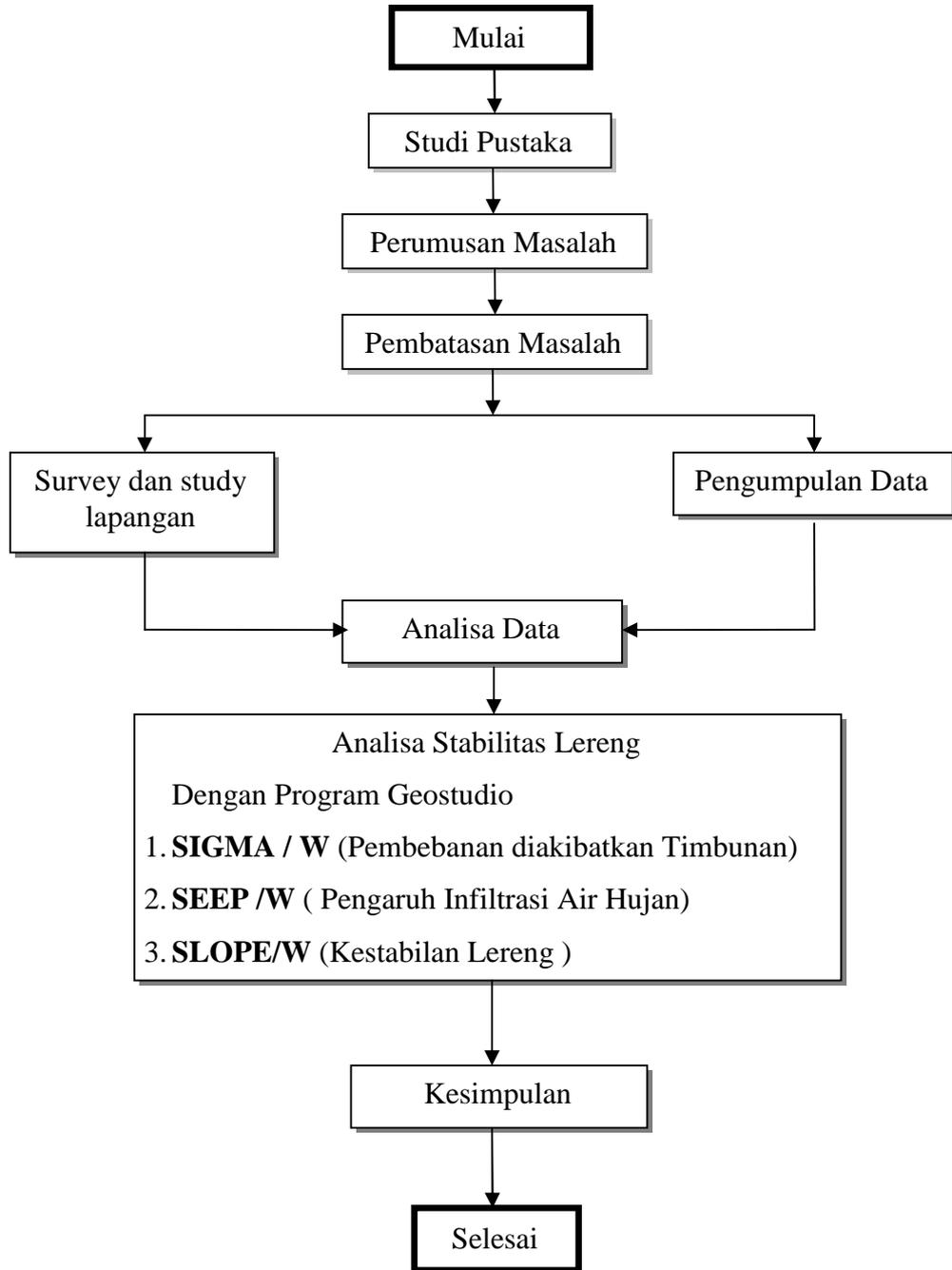
1. Hasil Penyelidikan tanah di sekitar daerah tersebut.
2. Sifat batuan dan data litologi.

3.2.2 Pengolahan Data

Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis sehingga didapatkan kesimpulan tentang kondisi lereng yang sedang dikerjakan.

3.3 FLOW CHART / BAGAN ALIR

Berikut dapat digambarkan bagan Analisa Kestabilan Lereng terhadap infiltrasi air hujan.

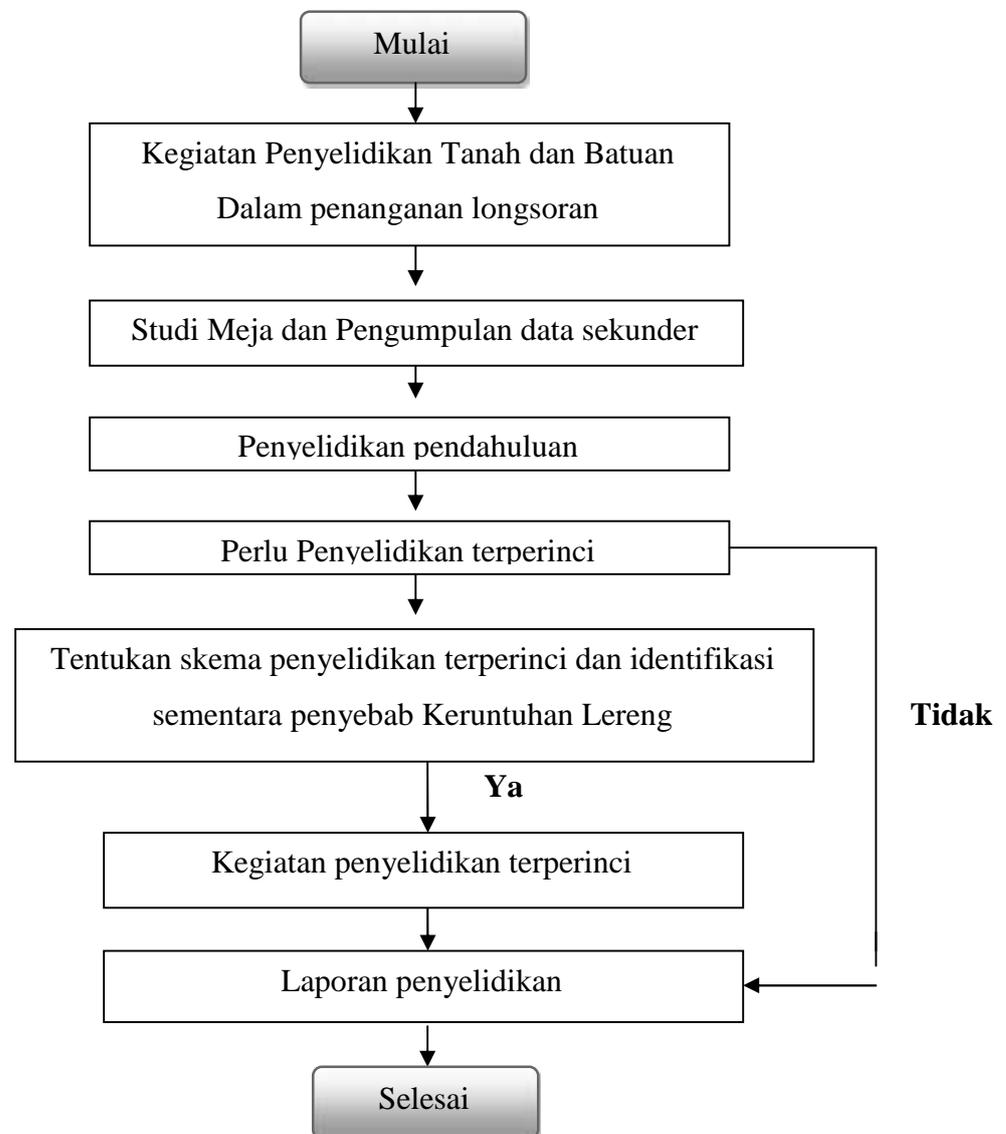


Gambar 3.1 Deskripsi Analisa Data

3.4 PENGUMPULAN DATA

3.2.3 Penyelidikan tanah dan batuan

Usaha penanggulangan akan berhasil dengan baik apabila perencanaannya didukung oleh data hasil penyelidikan dan pengujian yang baik. Data yang dihasilkan akan baik jika dilakukan melalui tahap-tahap penyelidikan yang benar. Tahap penyelidikan geoteknik di daerah gerakan tanah terdiri dari studi meja, penyelidikan pendahuluan dan penyelidikan terinci. Penyelidikan yang dilakukan mencakup pengujian di lapangan dan laboratorium.



Gambar 3.1. Bagan alir analisa data

3.2.4 Studi Meja

Studi meja dibutuhkan untuk menunjang pelaksanaan pekerjaan penyelidikan. Kegiatan yang dilakukan dalam studi meja adalah pengumpulan dan evaluasi data yang tersedia. Data yang dikumpulkan dan dievaluasi dapat berupa peta topografi, peta geologi, foto udara, peta tata guna lahan, data curah hujan dan laporan evaluasi teknis yang pernah dibuat sebelumnya, khususnya mengenai daerah keruntuhan lereng. Dari pengumpulan dan evaluasi dapat diperoleh gambaran umum daerah gerakan tanah. Data-data tersebut akan dibahas satu per satu sebagai berikut.

- Peta Topografi;

Peta topografi memberikan gambaran mengenai kemiringan lereng, relief, kerapatan sungai, pola aliran, ketinggian dan bentuk morfologi. Peta topografi juga dapat menafsirkan tingkat erosi suatu daerah. Hal-hal yang dapat mengakibatkan keruntuhan lereng pada tebing jalan raya, jalan kereta api, tebing penggalian batu dan tebing saluran perlu didata karena kemungkinan tidak akan terlihat di dalam peta topografi skala kecil. Gabungan antara kerapatan sungai dan kemiringan lereng pada peta topografi akan memberikan data yang lebih baik. Umumnya daerah yang berkerapatan sungai tinggi mempunyai kecenderungan longsor lebih besar. Peta topografi memberikan gambaran mengenai kemiringan lereng, relief, kerapatan sungai, pola aliran, ketinggian dan bentuk morfologi. Peta topografi juga dapat menafsirkan tingkat erosi suatu daerah. Hal-hal yang dapat mengakibatkan keruntuhan lereng pada tebing jalan raya, jalan kereta api, tebing penggalian batu dan tebing saluran perlu didata karena kemungkinan tidak akan terlihat di dalam peta topografi skala kecil. Gabungan antara kerapatan sungai dan kemiringan lereng pada peta topografi akan memberikan data yang lebih baik. Umumnya daerah yang berkerapatan sungai tinggi mempunyai kecenderungan longsor lebih besar, peta Topografi dapat di peroleh di Bakosurtanal dan Pusat Penelitian dan Pengembangan geologi dengan skala 1 : 25.000 atau 1 : 100.000 atau 1 : 200.000.

- Peta Geologi;

Peta geologi dapat memberikan gambaran geologi seperti sebaran batuan baik vertical maupun lateral, struktur geologi dan sejarah geologi. Peta geologi dengan skala 1:100.000 diperoleh di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Salah satu contoh pengaruh stratigrafi terhadap gerakan tanah adalah kedudukan antara lapisan.

Keruntuhan lereng dapat terjadi pada bidang kontak antara endapan koluvial dan batu lempung. Koluvial mempunyai sifat yang mudah meluluskan air, sehingga air hujan yang jatuh akan meresap dan tertahan oleh lempung. Akibatnya permukaan lempung menjadi licin dan dapat berfungsi sebagai bidang longsor. Struktur geologi yang berpengaruh terhadap gerakan tanah adalah lipatan, sesar dan kekar. Kekar dapat terbentuk bersamaan dengan proses persesaran dan perlipatan. Daerah di sepanjang zona sesar merupakan daerah yang tidak stabil atau labil sehingga mudah mengalami proses pelapukan dan perembasan air. Akibatnya daerah ini menjadi tidak mantap dan mudah longsor.

- Foto Udara;

Foto udara dapat diinterpretasikan dan data yang dihasilkan dapat digunakan untuk menentukan penyelidikan gerakan tanah. Dari interpretasi tersebut akan diperoleh sebaran, jenis, tempat gerakan tanah dan potensi yang membahayakan bangunan. Dengan mengetahui hal-hal tersebut akan diperoleh sasaran yang lebih sempit, sehingga penyelidikan dapat direncanakan dengan tepat. Data lain juga dapat diidentifikasi dari penafsiran foto udara seperti jenis batuan, struktur geologi, tingkat erosi, dan pola tata salir. Foto udara ini sangat disarankan sekali untuk kasus keruntuhan lereng skala besar. Cara mendapatkan foto udara ini bisa menghubungi Bakosurtanal atau untuk daerah yang banyak mengalami perubahan train perlu dilakukan foto udara ulang melalui konsultan-konsultan penyedia foto udara.

- Tata Guna Lahan;

Tata guna lahan dapat dipelajari dari peta tata guna lahan yang tersedia. Dari peta tata guna lahan dapat diketahui sejauh mana pengaruh penggunaan lahan terhadap gerakan tanah. Penggunaan lahan yang tidak sesuai dapat menjadi penyebab terjadinya gerakan tanah. Misalnya penggunaan lahan sebagai sawah atau kolam. Sebagai bahan pembanding perlu dipelajari riwayat tata guna lahan dari beberapa versi peta tata guna lahan berdasarkan tahun pembuatannya. Peta tata guna lahan bisa didapat di Bakosurtanal.

- Curah Hujan;

Data curah hujan diperlukan untuk merencanakan dimensi saluran drainase dan analisis hidrologi lereng. Data curah hujan yang diperlukan minimal adalah hujan 10

tahunan. Data curah hujan dapat diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika.

- Data Pelengkap Teknis Lainnya

Data sekunder dapat berupa riwayat Keruntuhan dan penanganan terdahulu, data analisis dan desain terdahulu serta gambar rencananya. Data ini bisa diperoleh di P3JJ atau Dinas Binamarga setempat.

Apabila konstruksi penanggulangannya berhasil dan akan digunakan sebagai model, maka tidak diperlukan penyelidikan mendetail lagi. Sebaliknya, apabila penanggulangan tersebut tidak berhasil, maka perlu dilakukan penyelidikan mendetail, untuk mengetahui adanya faktor-faktor yang belum diperhitungkan dalam perencanaannya

Penyelidikan pendahuluan dimaksudkan untuk mendapat penjelasan umum daerah keruntuhan. Ruang lingkup penyelidikan meliputi luas daerah yang dimaksud, jenis keruntuhan, kedalaman bidang keruntuhan, penyebab keruntuhan lereng dan jika mungkin keaktifannya. Jika tersedia, metode penanggulangan yang telah berhasil diterapkan di lokasi tersebut perlu juga dipelajari. Hal ini penting sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan langkah penanggulangannya.

- Rekonesan

Meliputi pengamatan visual (ciri, jenis dan penyebab keruntuhan lereng) dilakukan untuk memperoleh pemerian umum. Berdasarkan pemerian umum tersebut diharapkan dapat diambil keputusan untuk tahap pekerjaan berikutnya. Untuk kasus-kasus tertentu dengan dasar pemerian umum, dapat dibuat perencanaan untuk penanggulangan keruntuhan lereng, juga merupakan titik tolak untuk menentukan tahap pekerjaan berikutnya yaitu penyelidikan mendetail

- Survei Lapangan

Pada tahap penyelidikan pendahuluan dapat dilakukan pekerjaan yang meliputi pemetaan topografi, pemetaan geologi teknik, pendugaan geofisika, penggalian sumur dan parit uji; dan pengamatan visual (ciri, jenis, penyebab keruntuhan lereng), yang dibahas sebagai berikut:

- Pemetaan situasi dibutuhkan sebagai peta dasar untuk penyelidikan selanjutnya. Oleh karena itu peta situasi harus dapat memberikan gambaran keadaan lapangan di daerah keruntuhan lereng dengan baik. Di

samping itu, peta ini dipakai pula dalam pekerjaan desain. Sebagai kelengkapan dilakukan pula pengukuran penampang/profil pada lokasi-lokasi yang dipandang perlu, terutama as keruntuhan lereng, as jalan dan as saluran drainase. Untuk keperluan perencanaan dan penyelidikan yang lebih mendetail perlu dilakukan pengukuran peta situasi denganskala antara 1:200 sampai 1:500. Pengukuran ini juga disertai dengan pembuatan penampang melintang (khususnya untuk as keruntuhan lereng) dan penampang memanjang (as jalan, saluran-saluran drainase) melalui tempat-tempat yang dibutuhkan

- Pemetaan geologi teknik dibutuhkan untuk mengetahui jenis dan sebaran batuan dan struktur geologi, juga mencakup proses geologi yang berkaitan dengan keruntuhan lereng dan prakiraan tata air tanah di daerah penyelidikan
- Pendugaan geofisika didasarkan pada prinsip pengukuran sifat fisika tanah/batuan. Pekerjaan ini dilakukan dengan metode seismik dan geolistrik. Untuk keperluan praktis dengan harga yang relatif murah dapat digunakan metode geolistrik. Dari kedua cara tersebut dapat diperoleh data bawah permukaan, seperti susunan lapisan tanah/batuan, kondisi air tanah dan pendugaan kedalaman bidang keruntuhan lereng. Metode ini digunakan untuk keruntuhan lereng yang mencakup daerah yang luas, dengan keuntungan biaya yang relatif murah dan hasil bisa segera diperoleh. Untuk ketepatan hasil pendugaan dilakukan pembuatan sumur uji.
- Sumur dan parit uji digunakan untuk mengetahui keadaan bawah permukaan, terutama tanah, dengan cara membuat galian baik secara manual maupun masinal. Dari penggalian sumur dan parit uji ini dilakukan pengambilan contoh tanah dan batuan untuk pengujian di laboratorium dan dapat pula dilakukan pengujian lapangan.

3.2.5 Penyelidikan detail

Dari hasil penyelidikan detail diharapkan akan diperoleh perian yang mendetail secara kuantitatif mengenai data lapangan dan data laboratorium. Pemberian detail tersebut meliputi hal yang telah tercakup dalam pemeriksaan umum dan dilengkapi

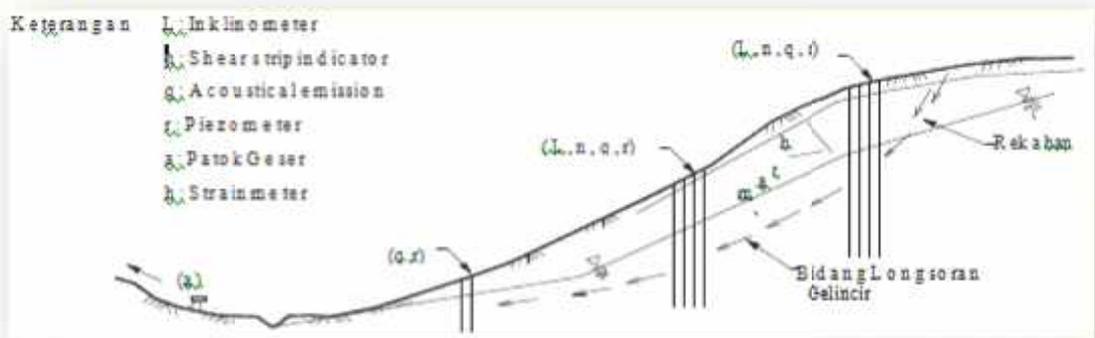
dengan parameter geoteknik untuk digunakan di dalam analisis dan pemilihan cara pengunggulannya. Untuk melaksanakan penyelidikan detail sesuai dengan pemerian umum yang diperoleh, perlu disusun program penyelidikan detail yang antara lain meliputi pemboran di lapangan, pengujian di laboratorium, penyelidikan geohidrologi dan pemetaan kerentanan keruntuhan lereng. Pengujian di lapangan dilakukan untuk mendapatkan sifat teknis tanah/batuan pada keadaan aslinya dan membuat penampang tanah/batuan. Pengujian ini dilakukan karena pengujian di laboratorium terhadap contoh yang diambil tidak dapat mewakili keadaan sebenarnya di lapangan. Pengujian di lapangan mencakup uji penetrasi standar (SPT, dilakukan per-2 m), coring menerus dan sondir (dibaca serapat mungkin). Pengujian sondir dapat dilakukan jika lapisan bidang gelincir relatif tanahnya lunak sampai kaku. Pengujian sondir ini sifatnya sebagai pelengkap untuk penentuan stratifikasi lereng, terutama sekali jika kondisi yang memungkinkan karena jumlah titik bor terbatas.

Penyelidikan geohidrologi dilakukan untuk mengetahui kondisi air dan pengaruhnya terhadap keruntuhan lereng. Pemetaan kerentanan keruntuhan lereng dilakukan untuk membagi daerah longsor berdasar tingkat kerentanannya. Tingkat kerentanan terbagi menjadi daerah kerentanan rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Peta ini berguna untuk melokalisir daerah penyelidikan misalnya untuk penentuan lintasan jalan, lintasan saluran dan pemukiman.

3.2.6 Penentuan dan fungsi instrumentasi

Pemasangan instrumen di daerah gerakan tanah dimaksud untuk memantau alihan di permukaan/di bawah permukaan, beban dan tekanan. Jenis Instrumen yang umum dipasang di daerah gerakan tanah dapat dilihat pada Tabel 4. Penentuan jenis instrumen yang akan dipasang tentunya harus disesuaikan dengan tujuan pengamatannya. Gambar 3.2. memperlihatkan jenis instrumen dan tempat pemasangannya di daerah gerakan tanah. Dengan memasang instrumen dapat diketahui gerakan yang mungkin terjadi dan berguna untuk sistem peringatan dini atau analisis selanjutnya.

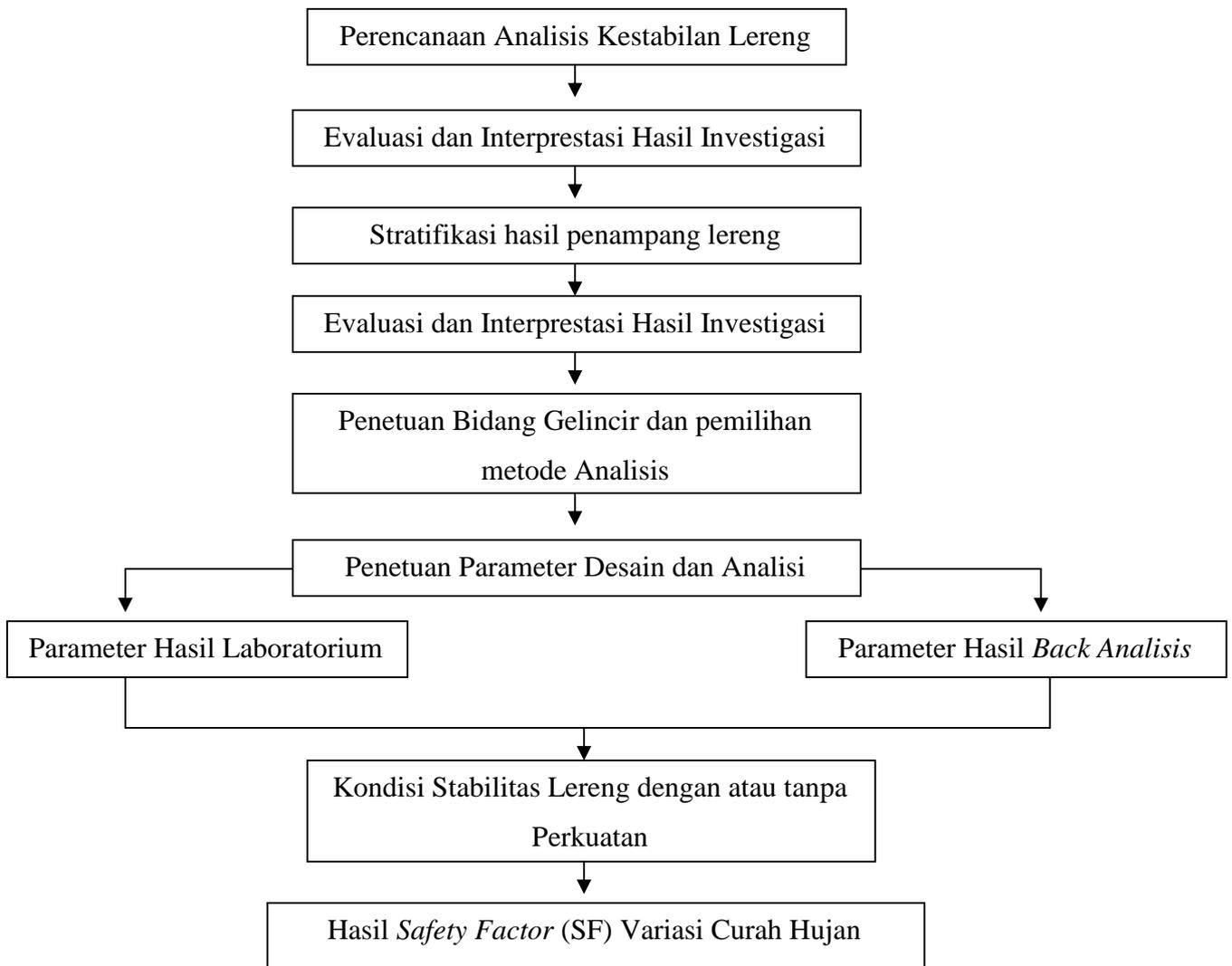
Tujuan Pengamatan	Instrumen	Material	
		Tanah	Batu
Gerakan di permukaan	1. Patok geser 2. Strainmeter	0 0	0 0
Gerakan di bawah permukaan	1. Inklinometer 2. Shear strip indicator 3. Acoustical emission	0 0 0	0 0 0
Beban dan tekanan	1. Piezometer 2. Strainmeter	0 -	0 0



Gambar 3.2 Skema pemasangan Instrumen di daerah gerakan tanah

3.5 ANALISA DATA

Secara umum tahapan analisis kestabilan lereng adalah evaluasi dan interpretasi parameter hasil investigasi, penentuan stratifikasi lereng, penentuan tipe bidang gelincir dan pemilihan metode analisis, penentuan parameter desain/analisis, serta analisis stabilitas kondisi lereng dengan dan tanpa penanganan.



Gambar 3.3 Tahapan analisis kestabilan lereng

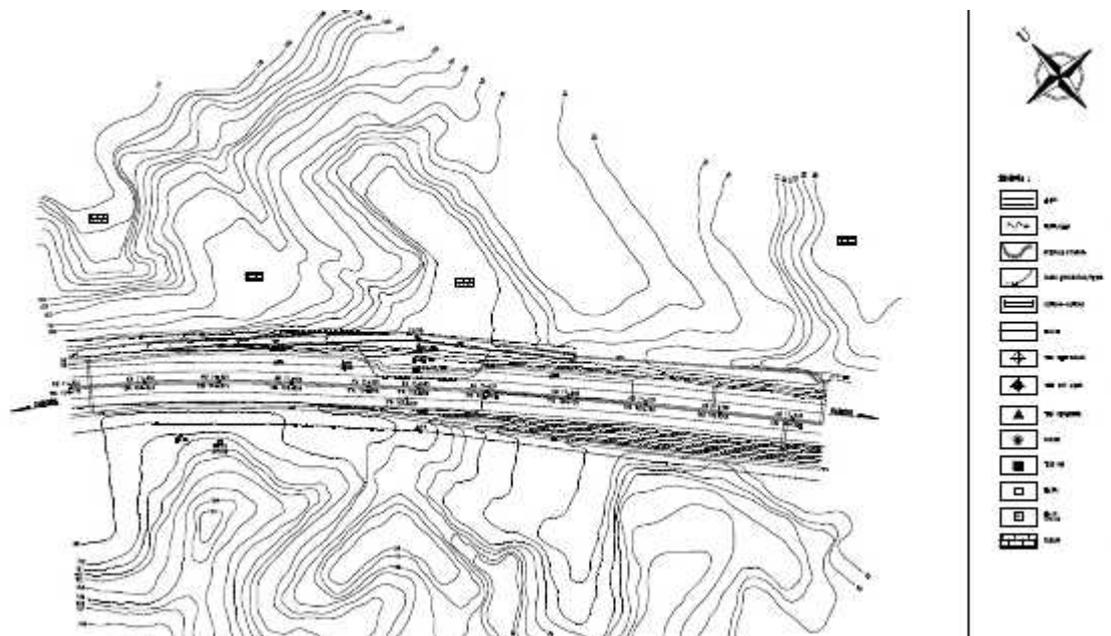
3.3.1. Evaluasi dan interpretasi parameter

Tahapan ini menjelaskan evaluasi kondisi detail topografi, geologi, kekuatan geser, kondisi muka air dan beban-beban eksternal yang dibutuhkan untuk analisis stabilitas lereng

- Topografi

Data 'site plan' yang akurat harus memperlihatkan posisi dari

titik uji (bor, sondir, geolistrik dll.), area retakan, area lokasi kekar, juga lokasi dari potongan melintang lereng yang akan dianalisis. Pada potongan melintang, survey harus dilakukan sedetail mungkin sehingga memungkinkan penggambaran pada skala yang cukup besar dan terbaca dimensinya dengan akurasi sekitar 1 meter, umumnya cukup digunakan skala 1:100. Skala yang lebih besar yaitu 1:50 atau 1:20, kemungkinan diperlukan untuk mendapatkan dimensi yang lebih akurat pada analisis stabilitas lereng dengan ketinggian kurang dari 10 meter



- Geologi

Kedalaman pelapukan, adanya lapisan colluvium atau timbunan serta adanya struktur yang segar dan batuan yang mengalami pelapukan harus diketahui dari hasil penyelidikan pada permukaan dan dalam tanah. Untuk kebutuhan analisis, data geologi harus diinterpretasikan secara normal pada kondisi pelapisan atau per-zona material dengan karakteristik teknis yang memiliki kemiripan dalam bentuk peta geologi lokal. Detail kondisi geologi pada lokasi yang tersedia untuk analisis biasanya didasarkan pada jumlah data yang sedikit, dimana seringkali terbuka untuk hasil interpretasi yang lebih dari satu, dan suatu area

yang mungkin terjadi harus dipertimbangkan ketika analisis stabilitas dilakukan. Struktur geologi yang diasumsikan untuk desain ditampilkan pada potongan melintang lereng.

- **Kuat Geser**

Untuk lereng yang belum mengalami keruntuhan, kekuatan geser material pembentuk lereng digambarkan pada kondisi parameter efektifnya (c' dan q'). Parameter efektif tersebut ditentukan dari hasil tes triaksial CU pada sampel tanah yang mewakili material matriknya (tanah residual dan batuan yang mengalami pelapukan) serta pada bidang lemahnya (kekar). Sampel tersebut harus diuji pada tegangan yang besarnya mendekati tegangan lapangannya, serta harus berada pada kondisi jenuh. Sedangkan untuk lereng yang sudah mengalami keruntuhan, kekuatan geser material pembentuk lereng menggunakan parameter kondisi residualnya atau kuat geser sisanya dengan menggunakan alat *ring shear* atau apat menggunakan alat uji geser langsung (*direct shear*) pada sampel remoldednya, dimana nilai kuat geser diambil saat kondisi sampel tanah digeser untuk kedua kalinya setelah mengalami pergeseran pertama. Kekuatan geser material tidak jenuh secara substansial umumnya lebih besar daripada material tersebut ada pada kondisi jenuh. Meskipun demikian, kondisi yang mendekati jenuh dapat dicapai pada kondisi lereng yang bervegetasi serta pada permukaan yang dilindungi, kecuali jika lereng secara efektif telah terlindung sedemikian rupa baik dari efek infiltrasi secara langsung maupun tidak langsung. Karena itu adanya hisapan tanah (*soil suction*) tidak harus secara umum diandalkan dalam desain sebagai faktor yang berkontribusi stabilitas lereng untuk jangka waktu yang lama.

- **Kondisi Air Tanah**

Tinggi muka air selama periode observasi tidak sepenuhnya memperlihatkan level puncak yang akan terjadi selama periode hujan rencana. Karena itu, estimasi harus dibuat

pada area yang lebih lebar daripada tinggi muka air tanah dalam lereng yang akan meningkat sebagai respon terhadap kejadian hujan dan faktor-faktor lain. Sebagai tambahan, lereng dengan kategori beresiko tinggi terhadap jiwa manusia di sekitarnya, harus dicek untuk memperkirakan sensitivitas kestabilannya pada level muka air di atas posisi yang diprediksi sebelumnya. Hal ini mengharuskan perencana untuk mempertimbangkan prediksi kondisi muka air tanah terburuk karena kondisi terburuk merupakan penyebab utama kegagalan kemampuan layan, seperti tersumbatnya filter atau saluran drainase, terutama pada kondisi hujan yang sangat deras serta terisinya '*tension crack*' dan kekar. Tinggi prediksi muka air tanah yang akan digunakan dalam analisis stabilitas kondisi terburuk harus diperlihatkan pada gambar potongan melintangnya. Pada lereng batuan, tekanan air maksimum kemungkinan terbentuk selama terjadinya hujan yang sangat lebat sebagai akibat dari adanya '*tension crack*' atau kekar terbuka yang terisi penuh dengan air. Tekanan air pada celah-celah kekar harus diperhitungkan menjadi maksimum pada dasar dari '*tension crack*', kemudian menurun mendekati nilai nol pada kekar di permukaan lereng. Tekanan air pada tiap kekar pada massa batuan akan bervariasi, tekanan yang terukur oleh piezometer hanya akan relevan bila adanya perpotongan dari letak kekar dengan filter yang mengelilingi ujung piezometer. Hal ini ditentukan jika letak filter berpotongan pada kekar tunggal. Kebocoran pada fasilitas pengairan seperti saluran pembuangan air kotor, air hujan dan saluran-saluran utama dari suatu jaringan drainase, yang dapat menyebabkan terjadinya penjumlahan dan meningkatnya tinggi muka air tanah yang harus di perhitungkan dalam desain.

- **Beban Dari Luar**

Kegiatan yang mempengaruhi stabilitas suatu lereng harus disertakan pengaruhnya pada proses analisis, dengan nilai faktor keamanan yang mencukupi yang telah memasukkan faktor-faktor

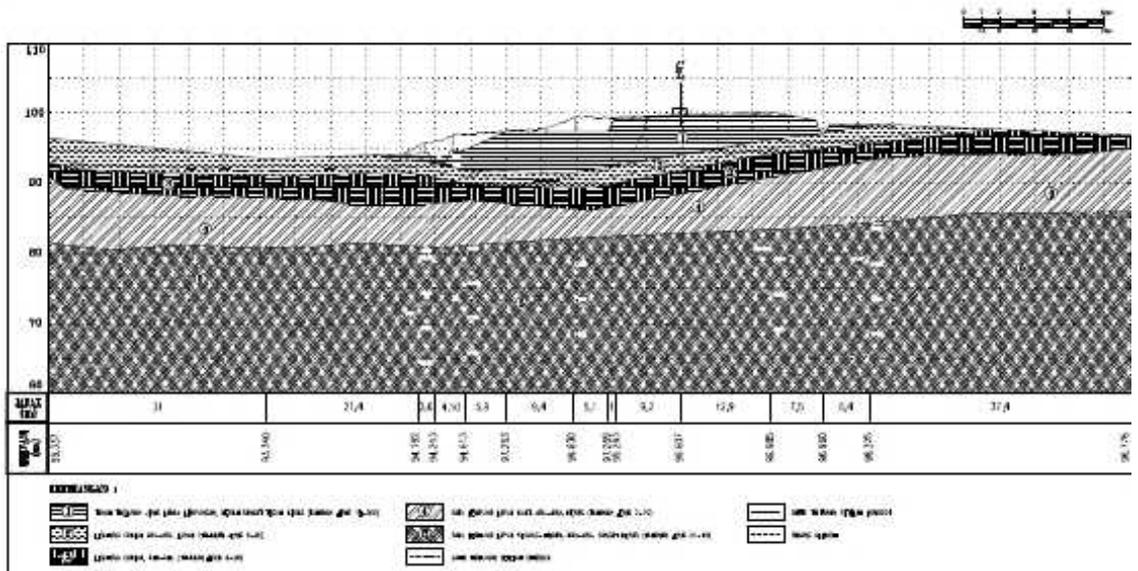
beban tersebut,berikut beban tanah pada waktu penimbunan dalam pembuatan lereng.

3.3.2. Stratifikasi penampang lereng

Stratifikasi penampang lereng adalah suatu penampang yang menunjukkan urutan lapisan tanah/batuan sepanjang yang dikehendaki dari muka tanah sampai batas kedalaman penyelidikan berdasarkan jenis, sifat fisik dan teknik lapisan tanah/batuan. Penampang ini dihasilkan dari korelasi lapisan yang didapat dari beberapa penyelidikan berdasarkan jenis, sifat fisik dan teknik lapisan tanah/batuan. Penampang ini dihasilkan dari korelasi lapisan yang didapat dari beberapa penyelidikan pemboran mesin atau pemboran tangan.

Stratifikasi penampang lereng dibuat pada sepanjang as keruntuhan lereng atau penampang lain yang dikehendaki dengan menggunakan peta geoteknik, peta topografi dan profil bor. Dalam mengkorelasi hasil penyelidikan terinci diperlukan latar belakang geologi daerah keruntuhan lereng. Penampang ini dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

- Menarik garis penampang pada peta geoteknik atau peta situasi daerah longsor, terutama garis penampang sepanjang as keruntuhan lereng yang memotong titik–titik penyelidikan maupun pengamatan.
- Mencantumkan profil bor yang telah dikoreksi dengan hasil pengujian laboratorium pada titik penyelidikan
- Dari korelasi ketiga profil bor akan didapat penampang geoteknik daerah keruntuhan



Gambar 3.3. Penampang Melintang (Cross Section)

3.3.3. Penentuan tipe bidang gelincir dan pemilihan metode analisis

A. Penentuan tipe bidang gelincir

- **Metode Langsung dan Tak Langsung**

Penentuan tipe bidang gelincir dapat diperoleh melalui metode langsung dan tak langsung. Metode langsung dilakukan dengan memasang instrumen di lapangan dengan pipa PVC/unting-unting ataupun dengan inklinometer, lalu diamati pergerakannya. Sedangkan metode tak langsung dilakukan dengan melakukan analisis balik lereng yang dimodelkan. Untuk menentukan tipe bidang gelincir dengan metode langsung pada penampang sepanjang as keruntuhan lereng, diperlukan minimal tiga titik instrumen yang menunjukkan letak atau kedalamannya. Salah satu dari ketiga titik tersebut biasanya diambil sebagai titik potong antara as keruntuhan lereng dengan retakan yang ada pada mahkota keruntuhan lereng. Dua titik lainnya didapat dari hasil pengamatan inklinometer atau pipa PVC/unting-unting.

- **Metode Analisis Balik (*Back Analysis*)**

Analisis balik dilakukan dengan *trial and error* sampai lereng

tersebut mempunyai nilai $SF \sim 1$, dengan variabel bebasnya nilai parameter sudut geser dalam efektif ϕ' untuk lapisan yang terdapat pada bidang lemah. Metode tak langsung ini hasilnya akan memuaskan jika didukung input data yang akurat, di antaranya stratifikasi dan parameter kuat geser material.

B. Pemilihan metode analisis

Ketika memilih metode yang akan digunakan untuk analisis stabilitas lereng, tipe keruntuhan dari lereng harus diperhitungkan. Metode yang dipilih harus mensimulasikan model keruntuhan. Banyak metode yang dapat dipergunakan untuk analisis lereng tanah/batuan. Dasar dari semua perhitungan ini disebut sebagai kondisi keseimbangan batas (*limit equilibrium*), walaupun metode ini didasarkan pada teori batas plastis dan beberapa didasarkan pada deformasi. Beberapa metode yang tersedia untuk analisis lereng batuan, sebagian besar dihitung pada kondisi keseimbangan batasnya juga. Metode-metode yang telah dikenal baik untuk analisis lereng tanah, batuan dan analisis yang digunakan dengan memperhitungkan efek dari tekanan air. Keuntungan-keuntungan dan keterbatasan masing-masing metode telah tercantum juga pada tabel tersebut, rekomendasi diberikan tergantung pada kondisi yang dihadapi di lapangan

C. Metode Analisis yang sering digunakan

Beberapa pertimbangan analisis berdasarkan type keruntuhan, ketersediaan data, lamanya ketersediaan waktu untuk analisis dan pertimbangan resiko :

- Desain awal dan resiko-resiko pada lereng yang diabaikan
- Untuk analisis awal atau untuk lereng dengan kategori resiko-resiko yang muncul akan diabaikan, Grafik Bishop & Morgenstern (1960) dan Hoek & Bray (1981), pada lereng terbatas, analisis keruntuhan blok sangat berguna sebagai analisis cepat terhadap kestabilan lereng tanah.
- Untuk lereng tak terbatas (*infinite slope*) dengan permukaan keruntuhan garis lurus dan kedalaman keruntuhan dangkal dapat dipergunakan metode Lambe & Whitman (1969).

- Lereng dengan resiko rendah dan tinggi
- Metode analisis *non circular* seperti yang diperkenalkan Janbu (1972) direkomendasikan untuk menganalisis sebagian besar lereng tanah yang berada di Indonesia. Untuk jenis keruntuhan blok atau lingkaran, analisis circular Bishop (1955) akan lebih sesuai.

3.2.7 Kesimpulan

Dari Serangkaian pengumpulan data dan metode analisa yang akan digunakan tersebut pada akhir pengerjaan Tugas Akhir ini akan ditarik kesimpulan dari serangkaian kajian yang dilakukan. Kesimpulan yang dihasilkan merupakan jawaban dari permasalahan yang dibahas dan merupakan rangkuman dari proses analisa kestabilan lereng terhadap infiltrasi air hujan dan pengolahan data yang telah dilakukan.

LAMPIRAN

BAB IV

ANALISIS DATA

4.1. Analisa Parameter Tanah

Untuk menganalisa stabilitas lereng terhadap infiltrasi air hujan diperlukan terlebih dahulu analisa *back analysis* untuk menentukan parameter yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Perhitungan *back analysis* dilakukan dengan meninjau kemungkinan-kemungkinan terjadinya kondisi-kondisi sebagai berikut :

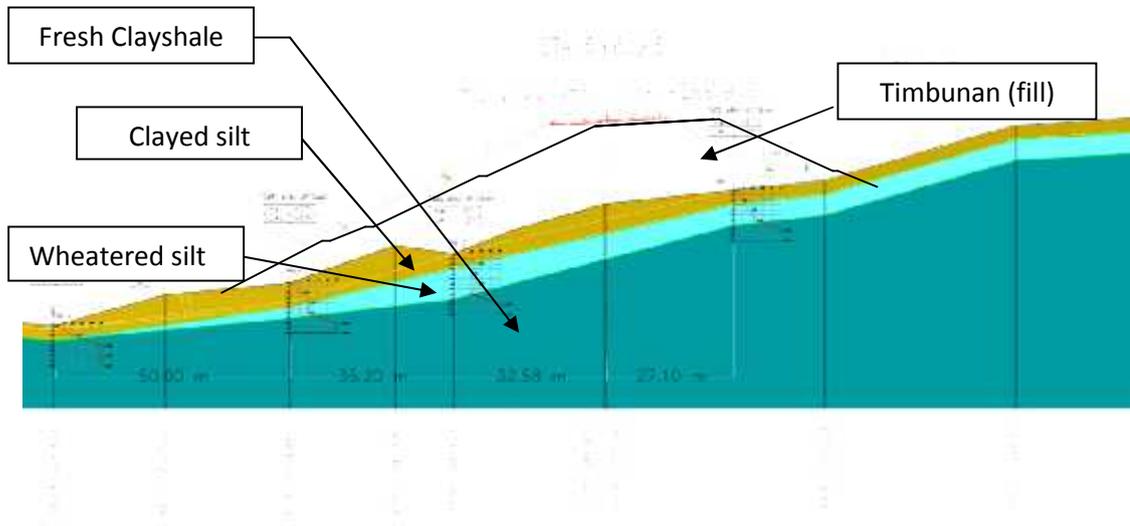
- 1) Tingginya muka air tanah
- 2) Tambahan tekanan air pori akibat aktifitas penimbunan
- 3) Besarnya curah hujan
- 4) Berkurangnya kuat geser tanah akibat terjadinya bidang geser

Dalam penelitian analisa ini menggunakan perhitungan yang di dilakukan dengan metode *Finite Element* dan *Limit Equilibrium*, dengan program SIGMA/W, SEEP/W dan SLOPE/W.

4.2. Analisis Stabilitas Lereng

Pada laporan tugas akhir ini penulis akan mengarahkan stabilitas lereng dengan menggunakan *Finite Element* dan *Limit Equilibrium*, yang di hitung dan di desain dengan program computer Geostudio program “SLOPE /W”, “SEEP/W” dan SIGMA/W” yang hasil dari perhitungan dan pendimensian tersebut di pakai untuk merencanakan kestabilan lereng. Adapun perhitungan analisis dihitung dalam beberapa tahap di antaranya :

1. Menghitung stabilitas lereng pada saat pembebanan yang terjadi pada proses penimbunan yang mempengaruhi kondisi air pori dengan “SIGMA/W”
2. Menghitung stabilitas lereng setelah adanya hujan yang mempengaruhi stabilitas lereng dengan “SEEP/W”
3. Mencari perbandingan faktor keamanan kritis pada kondisi pada kondisi dengan air pori dengan memberikan variasi ketinggian air muka tanah karena pengaruh waktu hujan dari perhitungan SEEP /W dengan pembebanan tanah dari perhitungan SIGMA/W dengan menggunakan program “SLOPE /W”



Gambar 4.1. Cross Section Rencana Penimbunan

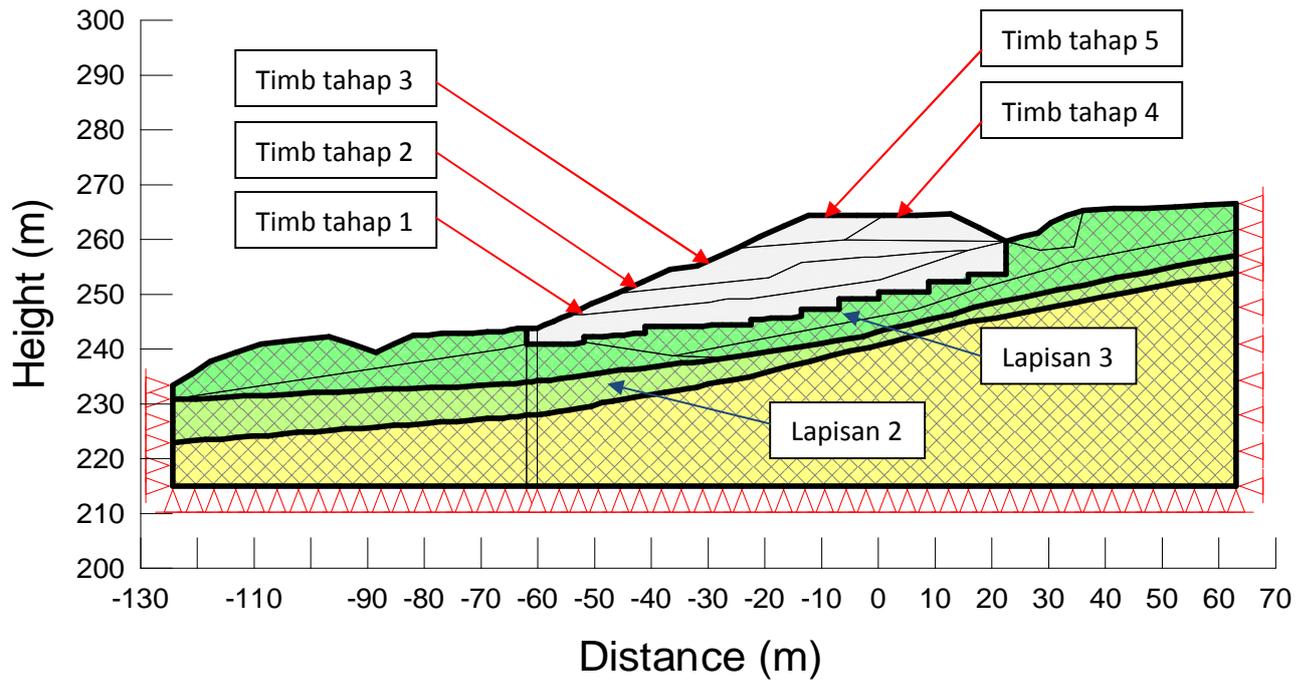
4.2.1 Peningkatan tekanan air pori pada tanah residual dengan konsistensi lunak, akibat dilakukannya penimbunan.

Lapisan yang berada tepat dibawah timbunan yaitu lapisan ke 2 (weathered clay shale) dan lapisan ke 3, mengalami peningkatan tekanan air pori akibat tambahan beban timbunan.

Sebagai ilustrasi pada mekanisme ini kami melakukan modelling menggunakan penimbunan bertahap sebagai berikut :

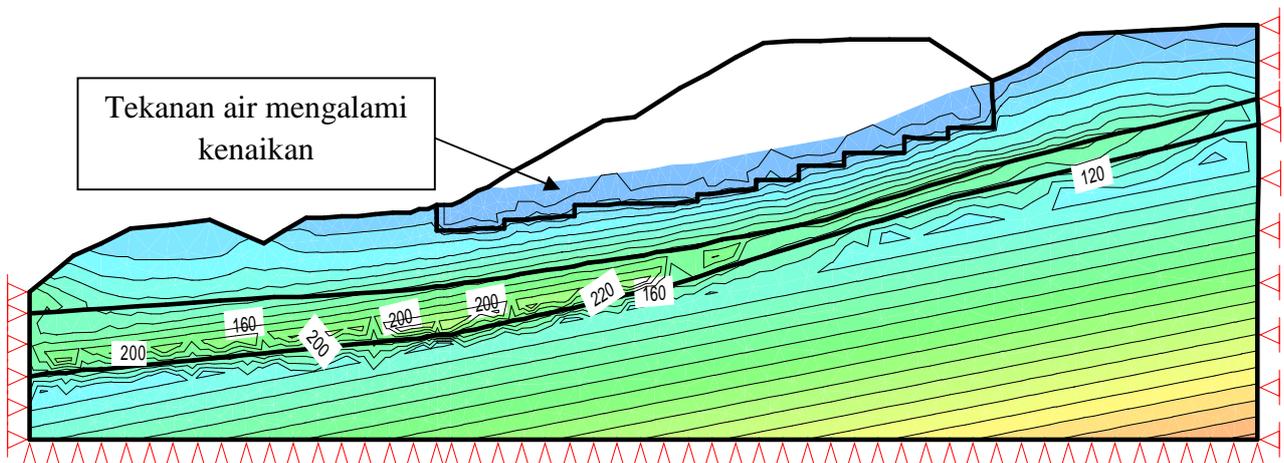
Penimbunan dilakukan secara bertahap dalam 5 tahap :

- 1) Tahap 1 pada hari ke 1
- 2) Tahap 2 pada hari ke 241
- 3) Tahap 3 pada hari ke 409
- 4) Tahap 4 pada hari ke 495
- 5) Tahap 5 pada hari ke 517



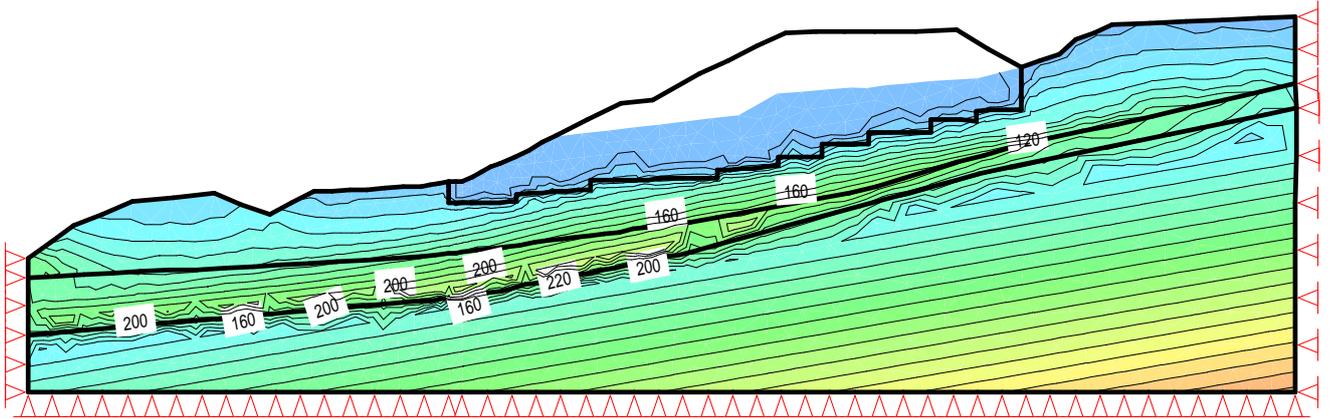
Gambar 4.2. Pemodelan tahapan penimbunan

Dalam analisa dengan menggunakan “SIGMA/w” Terlihat pada lapisan 2 dan lapisan ke 3 terjadi penambahan tekanan air pori yang diakibatkan berat timbunan.

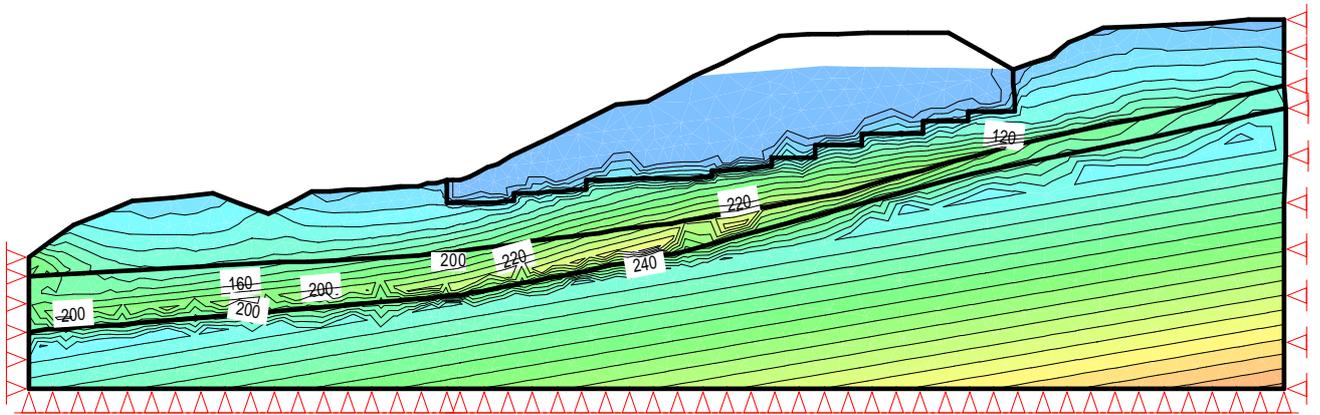


Gambar 4.3. Kontur tekanan air pada timbunan tahap ke 1

Dalam Analisa Pembebanan dengan menggunakan pemodelan “SIGMA/w” terlihat kontur tekanan air mengalami kenaikan yang di tunjukkan dengan warna biru.

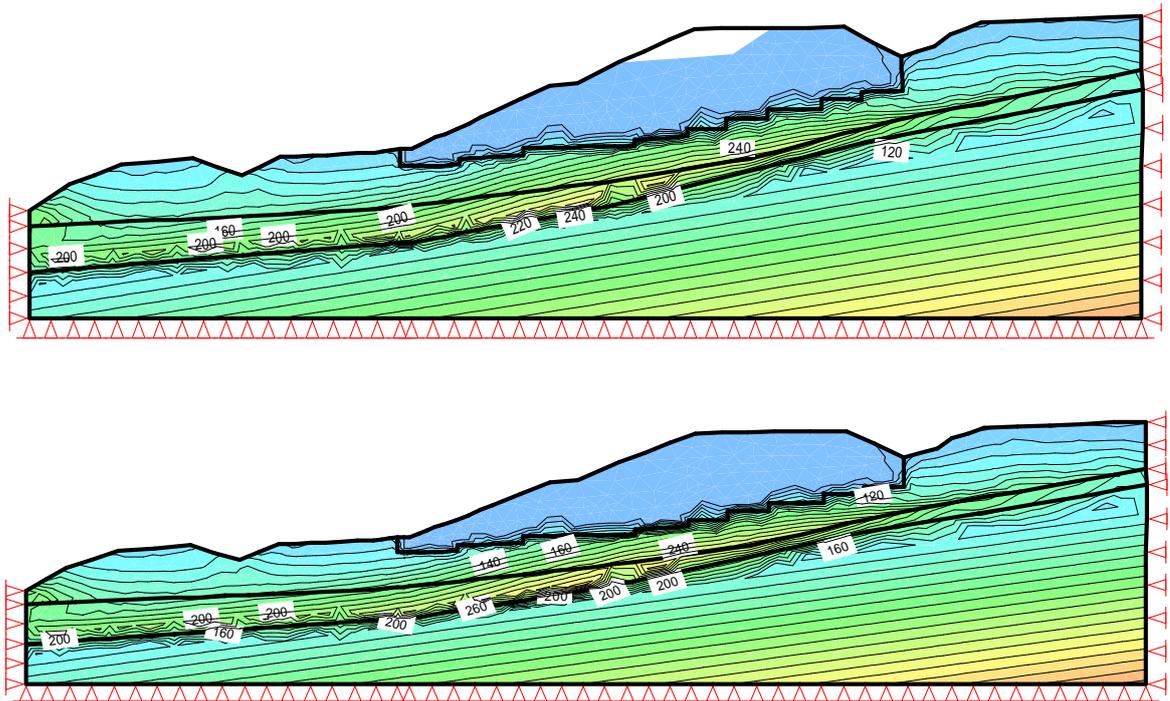


Gambar 4.4. Kontur tekanan air pori pada tahap penimbunan ke 2



Gambar 1.5 Kontur tekanan air pori pada tahap penimbunan ke 3

Gambar 4.6. Kontur tekanan air pori pada tahap penimbunan ke 4



Gambar 4.7. Kontur tekanan air pori pada tahap penimbunan ke 5

Dalam analisis diatas menunjukkan bahwa proses penimbunan mengakibatkan kondisi tekanan air pori naik seiring dengan tahapan proses penimbunan.

Selanjutnya akan di lakukan tahapan analisis infiltrasi air hujan yang mempengaruhi stabilitas lereng.

1. Pemodelan dengan SIGMA/W

Soil Type	Model	Vertical body load (kN/m ³)	Ko	E (kN/m ²)	c (kN/m ²)	μ
Fresh Clay Shale	Elastic Plastic	19	0.7	21000	60	26
Weathered Clay Shale	Elastic Plastic	17	0.5	14000	5	16
Weathered Breksi (clayey silt)	Elastic Plastic	17	0.5	3500	19	18
Fill (Timbunan)	Elastic Plastic	17	0.5	5600	56	23

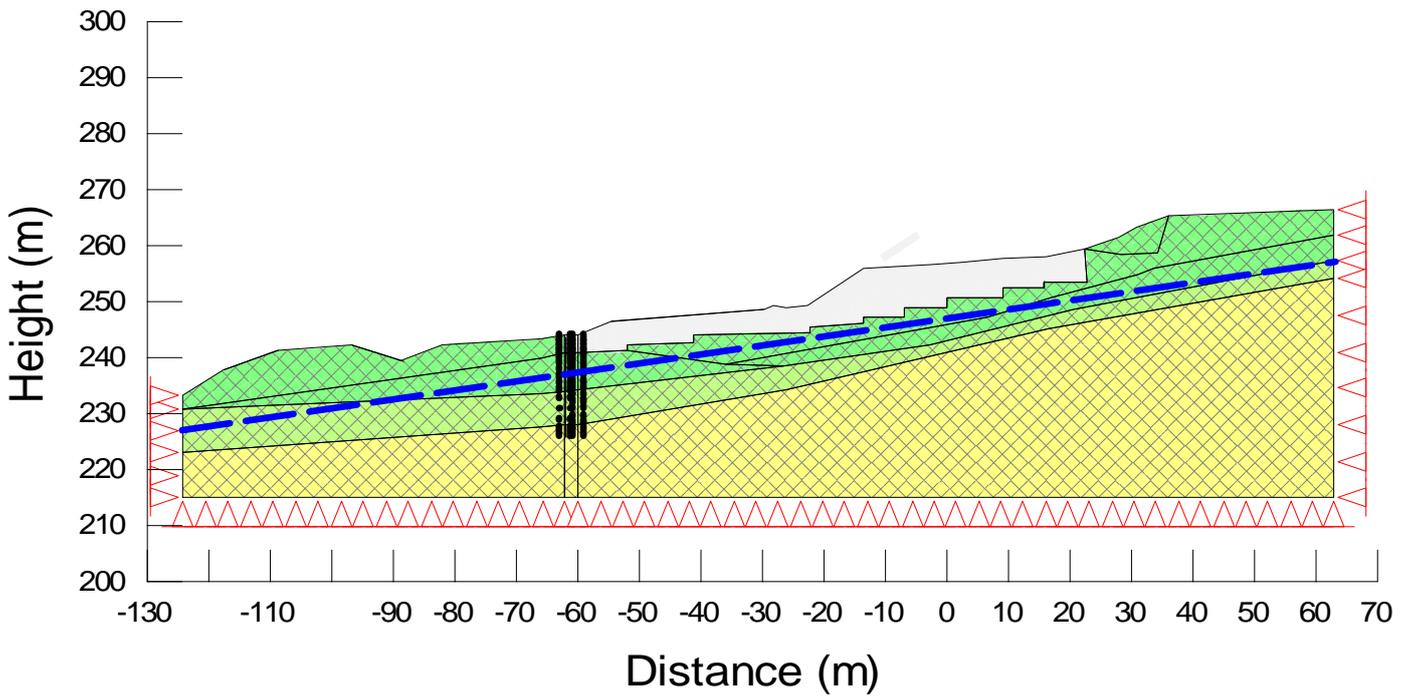
Parameter yang diambil adalah sebagai berikut :

Pemodelan Bor Pile sebagai berikut :

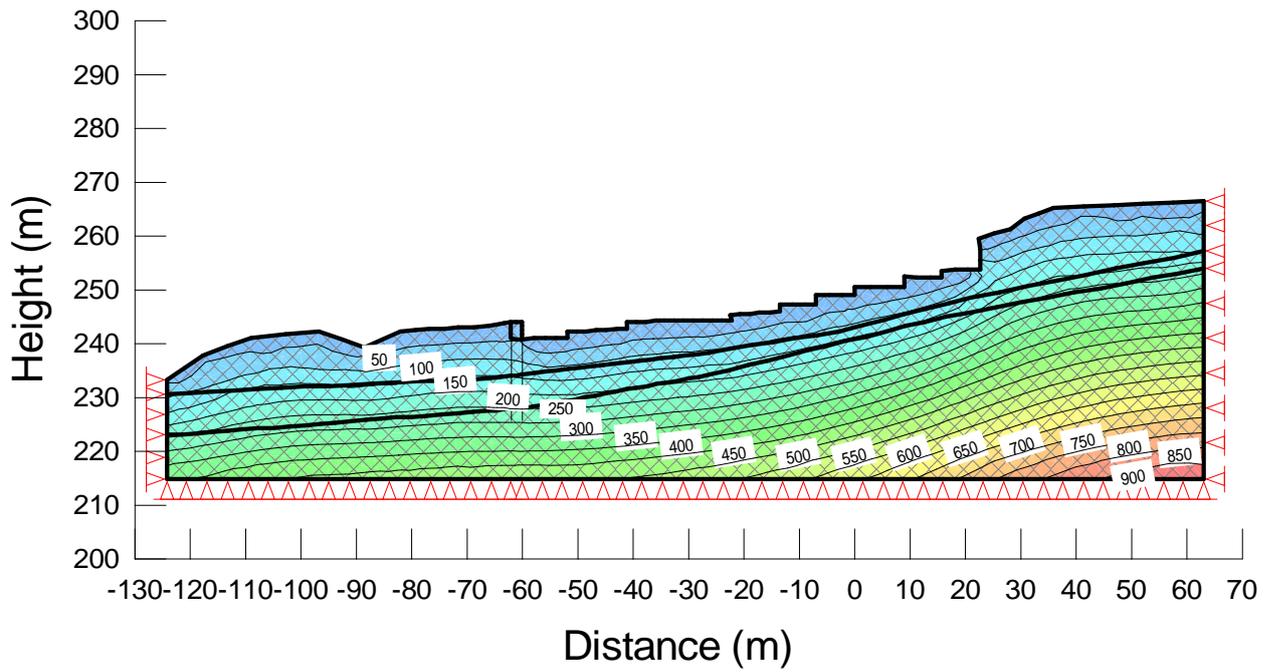
Bore Pile	E (kN/m ²)	I (m ³)	A (m ²)
Diameter 1 m c/c 2 m	2.10E+07	0.024544	0.785398

Perhitungan awal dilakukan dengan memodelkan kondisi tegangan insitu pada tanah asli, kemudian dilakukan penimbunan dengan tanah timbunan pada lereng bersamaan dengan

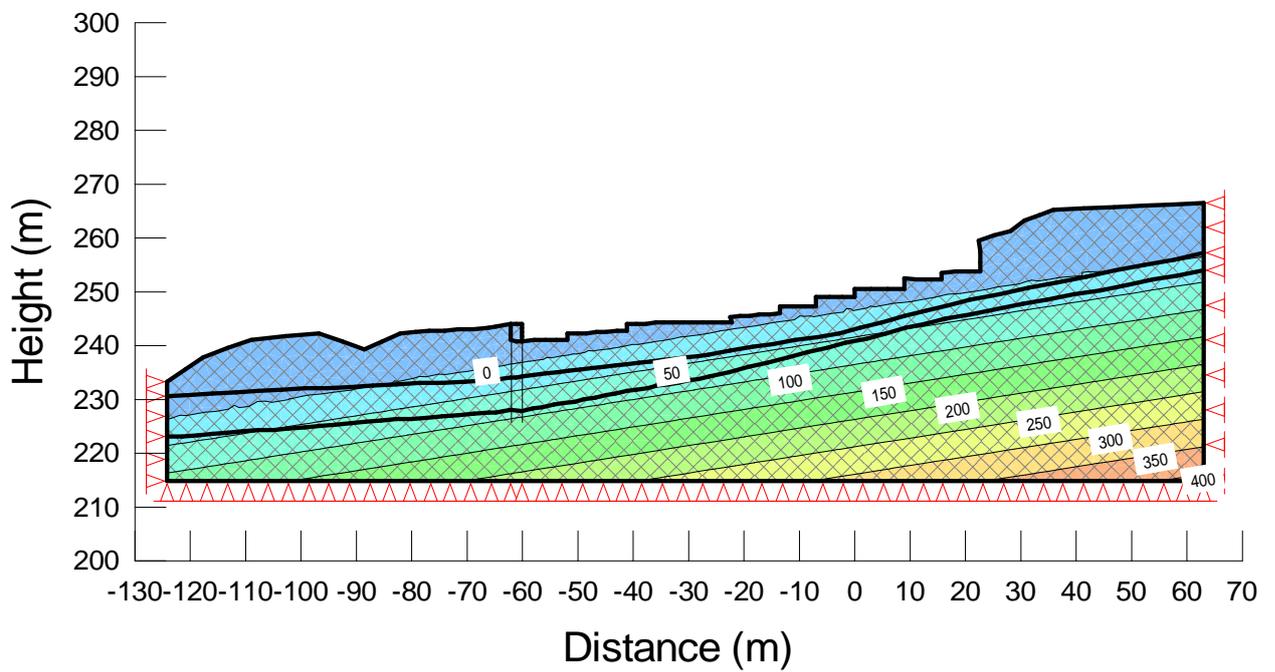
pemasangan bor pile di kaki lereng. Muka air tanah diambil cukup tinggi yaitu 6 m dibawah permukaan tanah (Gambar 4.8). Tegangan insitu sebelum dilakukan penimbunan dimodelkan dengan distribusi tegangan arah vertical (Gambar 4.9). Tekanan air pori insitu sebelum penimbunan tampak pada (Gambar 5.0). Tekanan air pori hasil perhitungan pada saat setelah penimbunan dan pemasangan bor pile ini ditampilkan pada (Gambar 5.1) berikut. Tampak terjadi penambahan tekanan air pori pada areal timbunan.



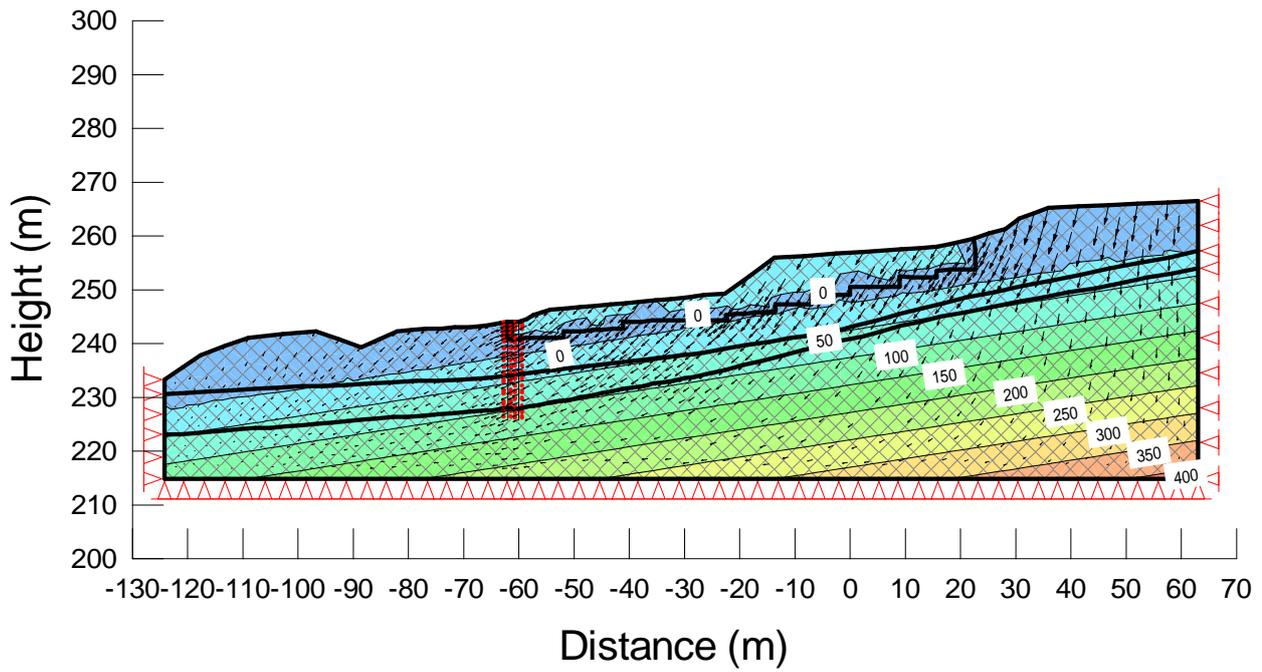
Gambar 4.8. Pemodelan lereng dengan ketinggian muka air tanah



Gambar 4.9. Kontur kondisi tegangan insitu awal



Gambar 5.0. Kontur tekanan air pori awal



Gambar 5.1. Kontur tekanan air pori pada tahapan penimbunan

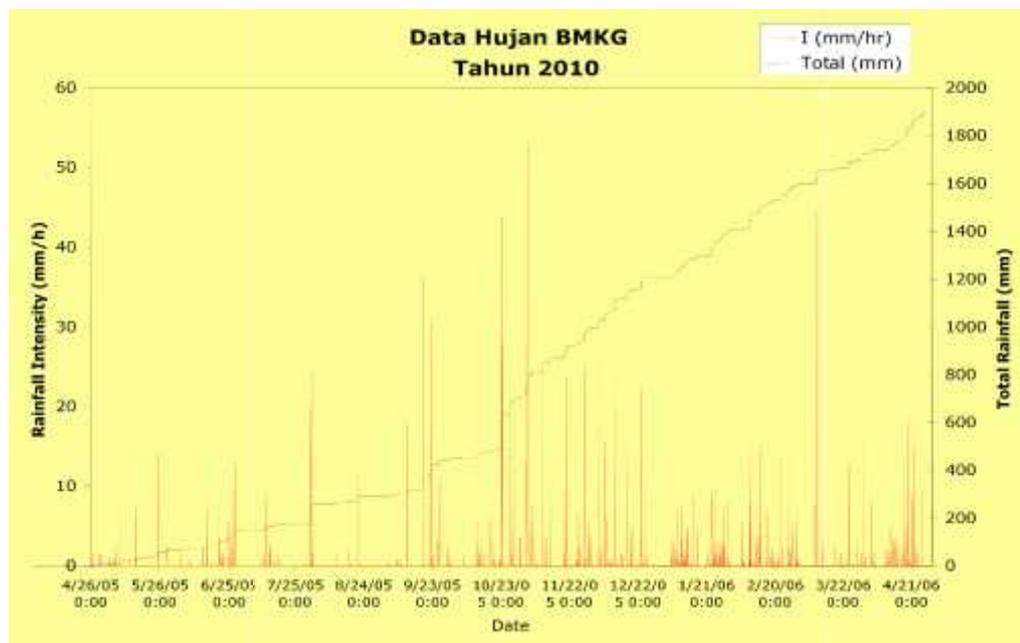
Dari hasil pemodelan di atas didapatkan bahwa kondisi lereng mengalami peningkatan tekanan air pori yang terjadi pada lapisan tanah di bawah timbunan. Hasil perhitungan perubahan tekanan air pori ini pada SIGMA/W setelah adanya pembebanan ini akan digunakan pada perhitungan dengan menggunakan SEEP/W.

2. Pemodelan dengan SEEP/W

Kondisi tegangan yang diperoleh dari perhitungan SIGMA/W kemudian menjadi kondisi awal untuk perhitungan aliran air dengan SEEP/W. Parameter yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

Soil Type	Volumetric water content	k_{sat} (m/sec)
Fresh Clay Shale	0.6	1E-10
Weathered Clay Shale	0.4	2.1E-7
Weathered Breksi (clayey silt)	0.57	2.52E-8
Fill (Timbunan)	0.5	1E-8

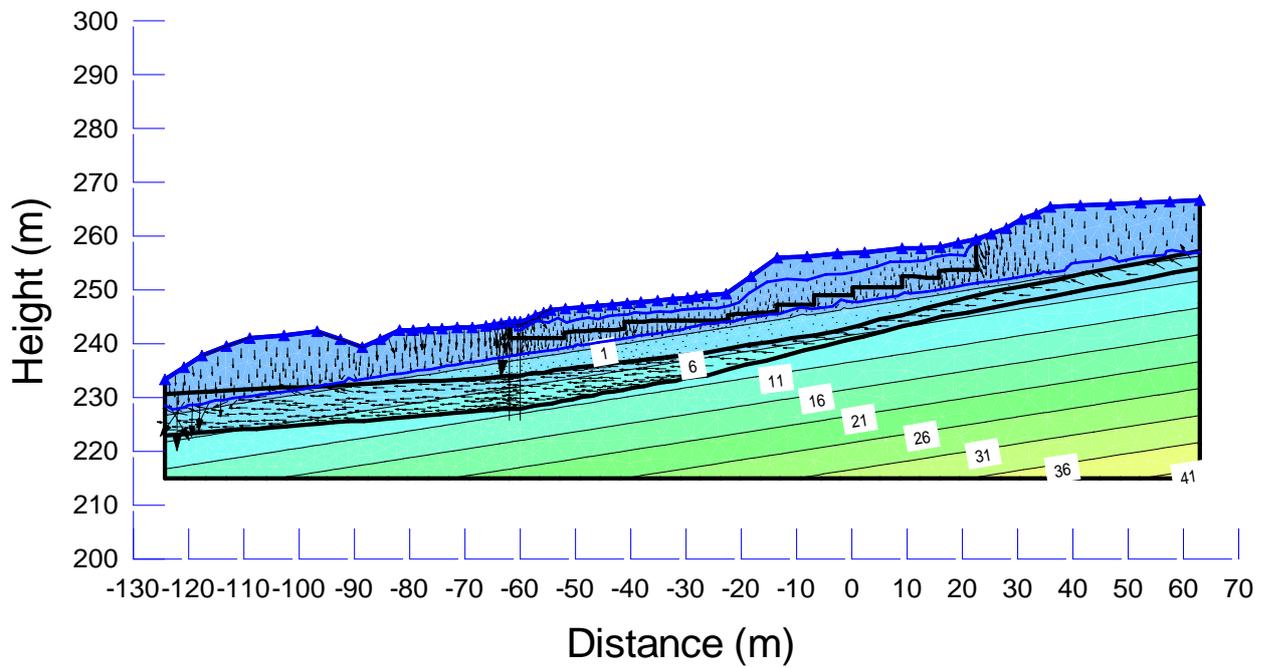
Parameter curah hujan yang dipergunakan adalah hasil data hujan dari BMKG yang dilakukan perhitungan tiap jam, yang terjadi pada saat proses penimbunan berlangsung yang diambil rata rata 5 jam per hari.



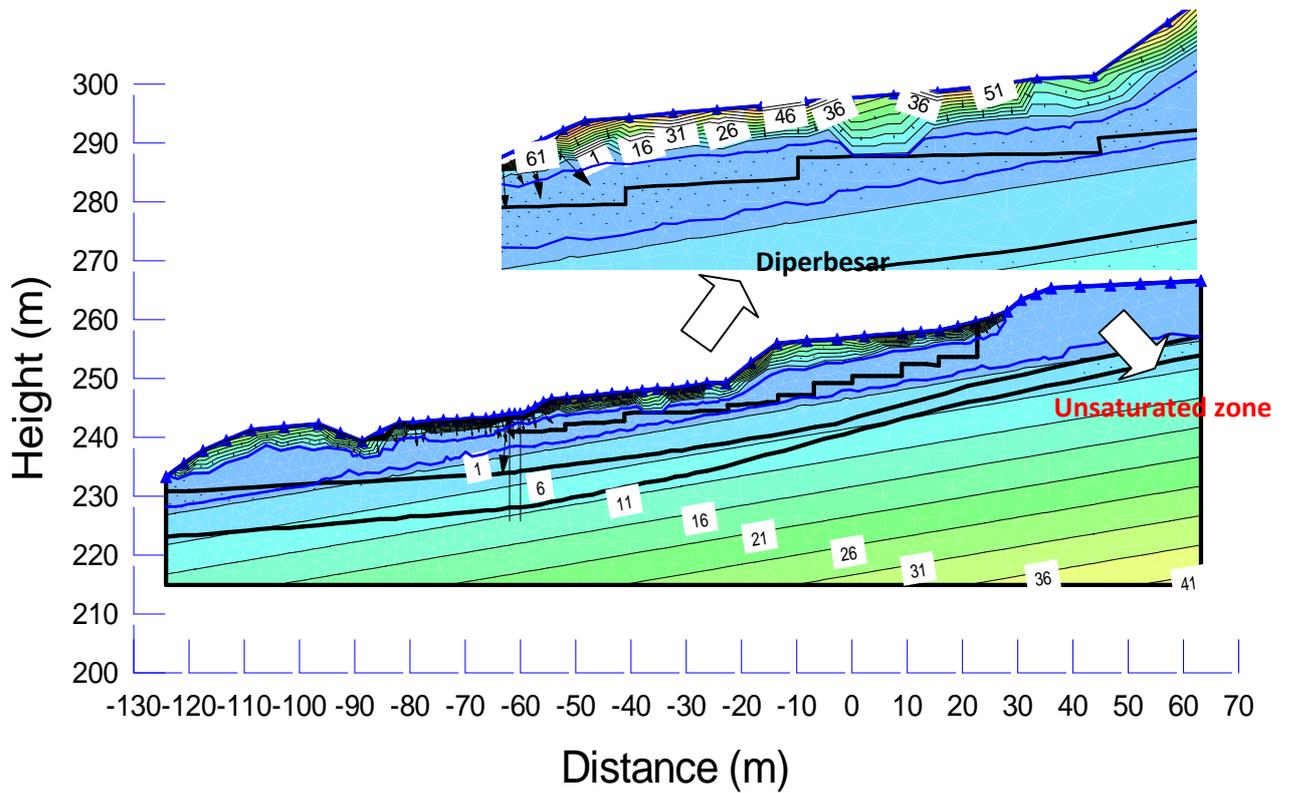
Gambar 5.2. Data Hujan yang di ambil di BMKG di sekitar lokasi proyek.

Hasil Perhitungan data hujan kemudian menjadi input dalam analisa perhitungan pemodelan dengan SEEP/W. perhitungan data hujan di buat menjadi per jam, yang

diamsumsi hujan terjadi selama 5 jam dalam sehari, yaitu diantara jam 16.00 – 20.00 yang terjadi selama proyek pengerjaan berlangsung.

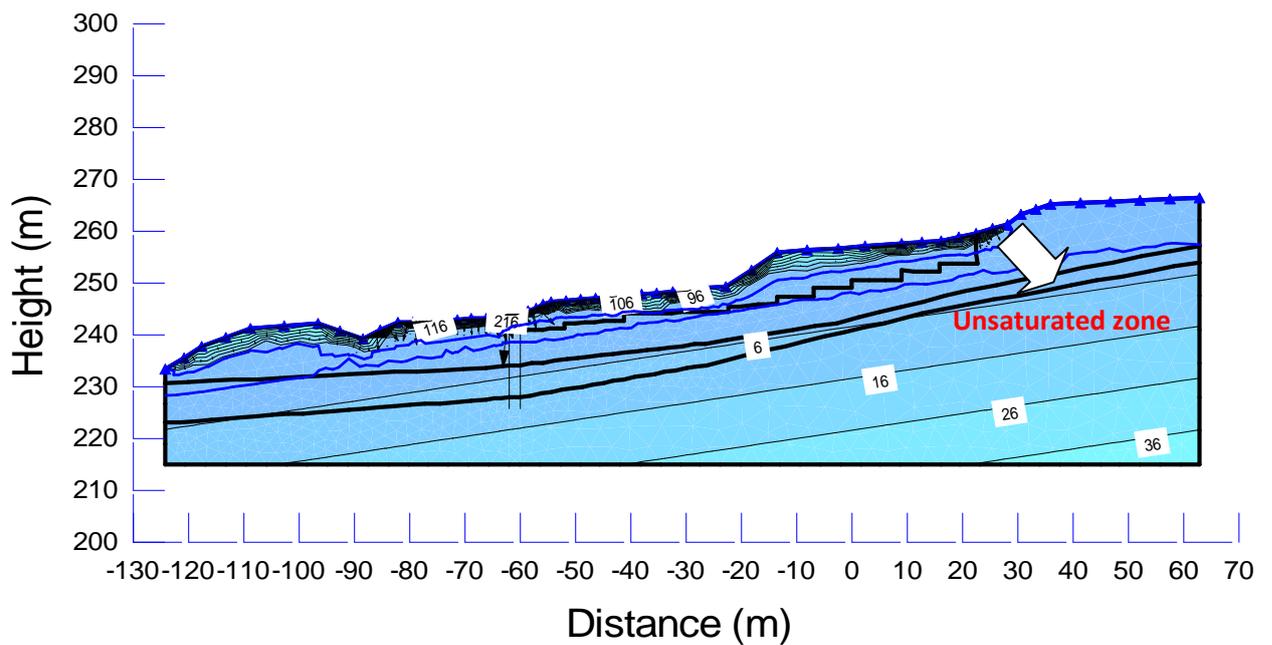


Gambar 5.3. Kontur *pressure head* pada menit yang pertama saat hujan ($t = 1$ menit)



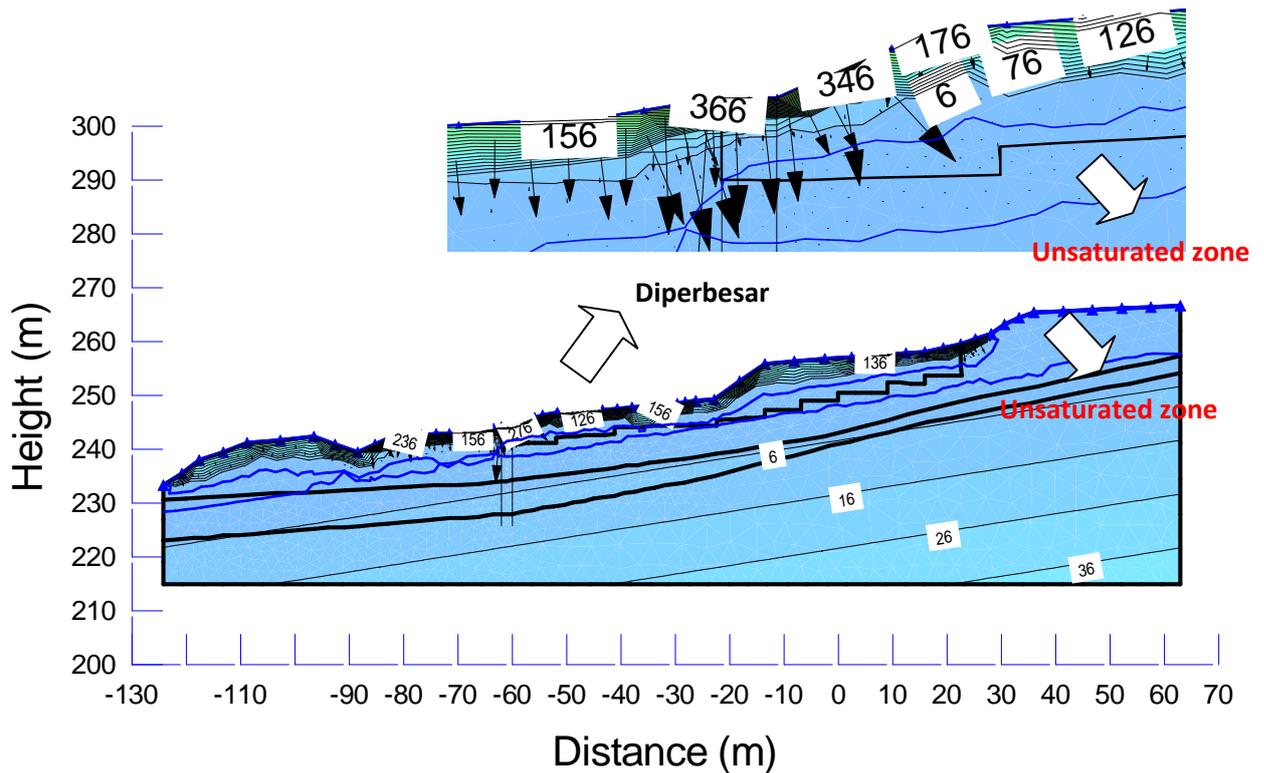
Gambar 5.4. Kontur *pressure head* pada saat hujan telah berlangsung selama 1 jam ($t = 60$ menit)

Pada saat hujan berlangsung selama 1 jam, tampak sudah terbentuk area dengan nilai *pressure head* yang tinggi pada permukaan lereng, namun tampak daerah tak jenuh air (*unsaturated*) masih meliputi keseluruhan permukaan lereng.



Gambar 7. Kontur *pressure head* pada saat hujan telah berlangsung selama 2 jam ($t = 120$ menit)

Pada saat hujan berlangsung selama 2 jam, tampak nilai *pressure head* bertambah tinggi pada permukaan lereng, tampak daerah tak jenuh air (*unsaturated*) berkurang luasnya (Gambar 7).



Gambar 5.4. Kontur *pressure head* pada saat hujan telah berlangsung selama 740 jam ($t = 180$ menit)

3. Pemodelan dengan SLOPE/W

Kondisi kestabilan lereng diperiksa untuk setiap tahapan sebagai berikut :

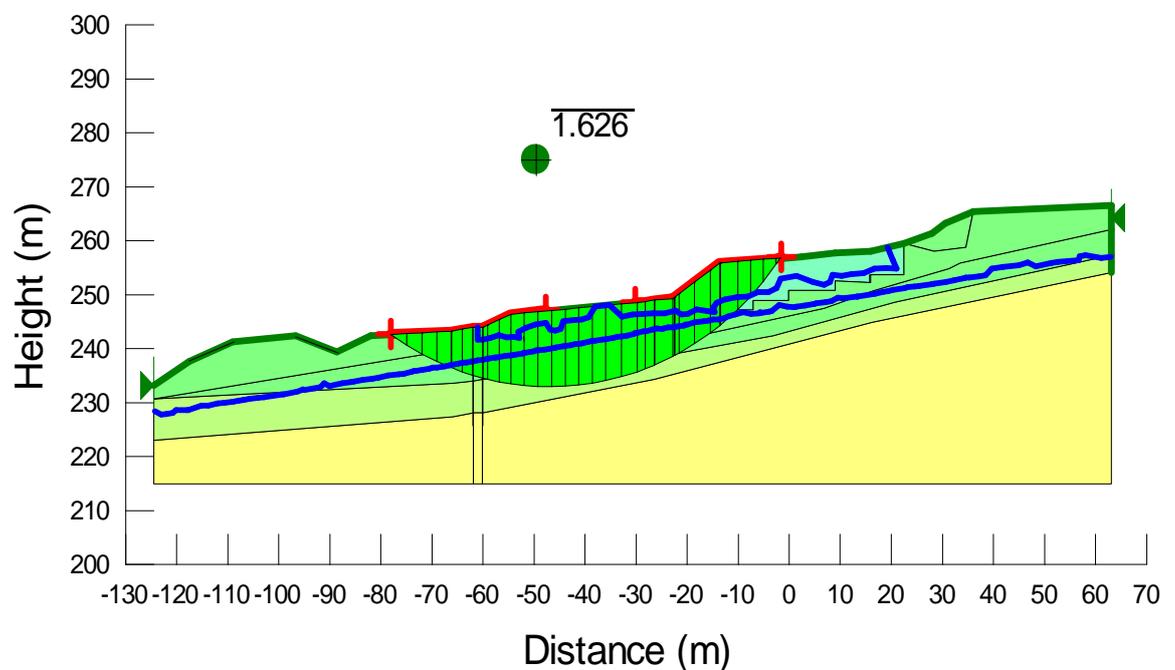
- Kondisi setelah dilakukan penimbunan
- Kondisi pada saat hujan telah berlangsung selama 1 jam hingga 740 jam.

Pemodelan dilakukan dalam rangka *back analysis* sehingga parameter yang digunakan dalam perhitungan merupakan fungsi dari angka keamanan (*safety factor*). Safety factor sama

dengan 1, yaitu kondisi kestabilan lereng kritis dimodelkan sesuai dengan keadaan di lapangan pada saat ini.

a. Kondisi setelah dilakukan penimbunan

Pada saat penimbunan dilakukan maka tekanan air pori positif bertambah besar. Pertambahan tekanan air pori tersebut menyebabkan kestabilan lereng berkurang. Tampak pada Gambar 9 berikut hasil perhitungan kestabilan lereng akibat dilakukannya penimbunan pada lereng.

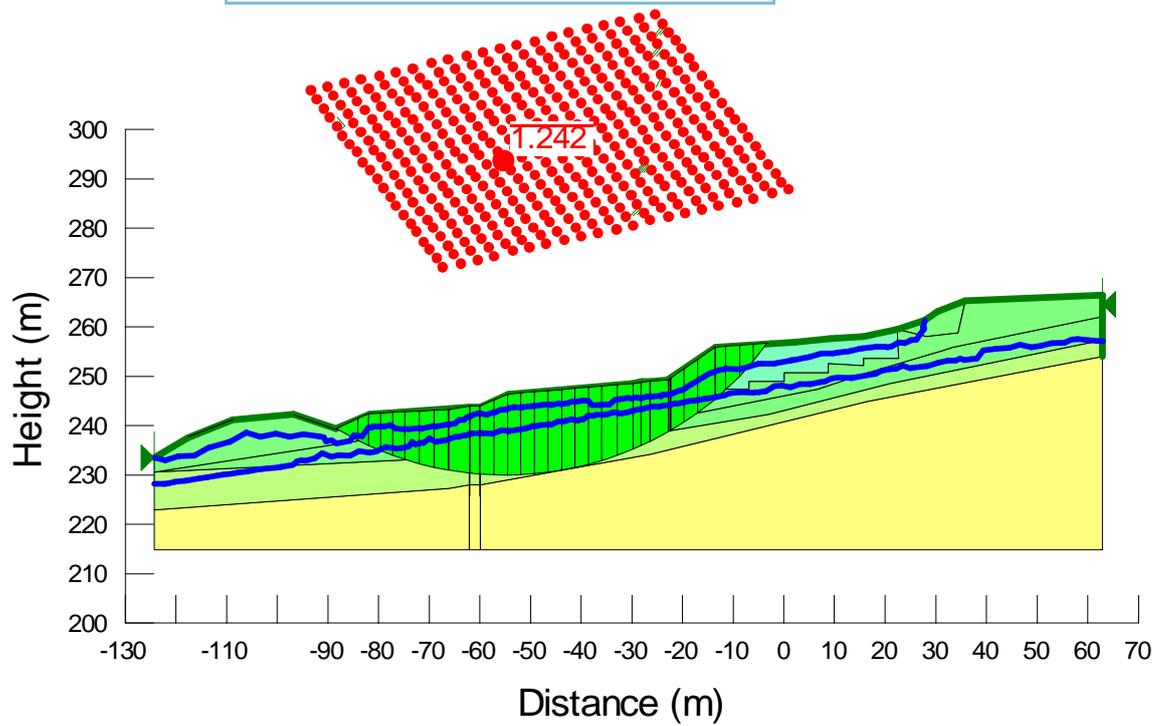


Gambar 5.5. FE safety factor akibat terjadinya penimbunan pada lereng sebesar 1.626

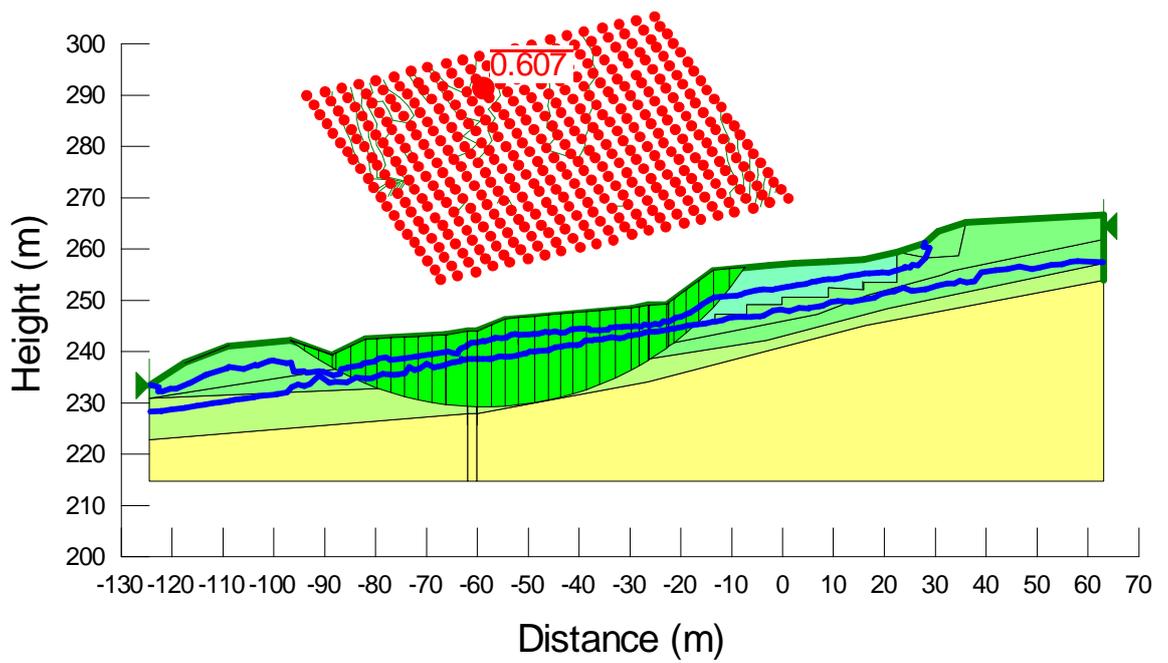
b. Kondisi pada saat hujan telah berlangsung selama 1 hingga 740 jam.

Setelah dilakukan penimbunan, pada saat hujan, adanya infiltrasi oleh air hujan hingga terjadinya aliran air menyebabkan tanah yang berada pada kondisi tak jenuh (diatas permukaan air tanah) menjadi jenuh air. Kondisi ini menyebabkan berkurangnya kestabilan lereng. Berikut diperlihatkan perubahan angka keamanan (berkurang) dengan bertambah lamanya infiltrasi oleh air hujan pada lereng.

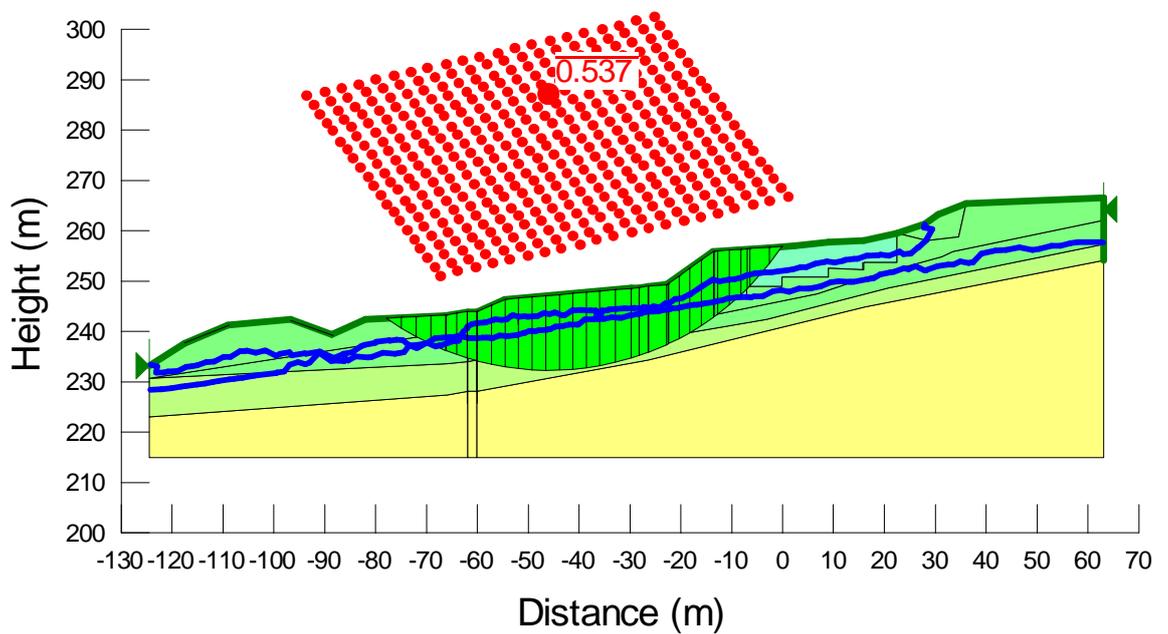
No.	Lamanya Hujan Berlangsung	Safety factor
1	0	1.626
2	1.0 jam (60 menit)	1.242
3	740 jam (30 hari)	1.179
4	1440 jam (60 hari)	0.607
5	GLE (740 jam)	1.012



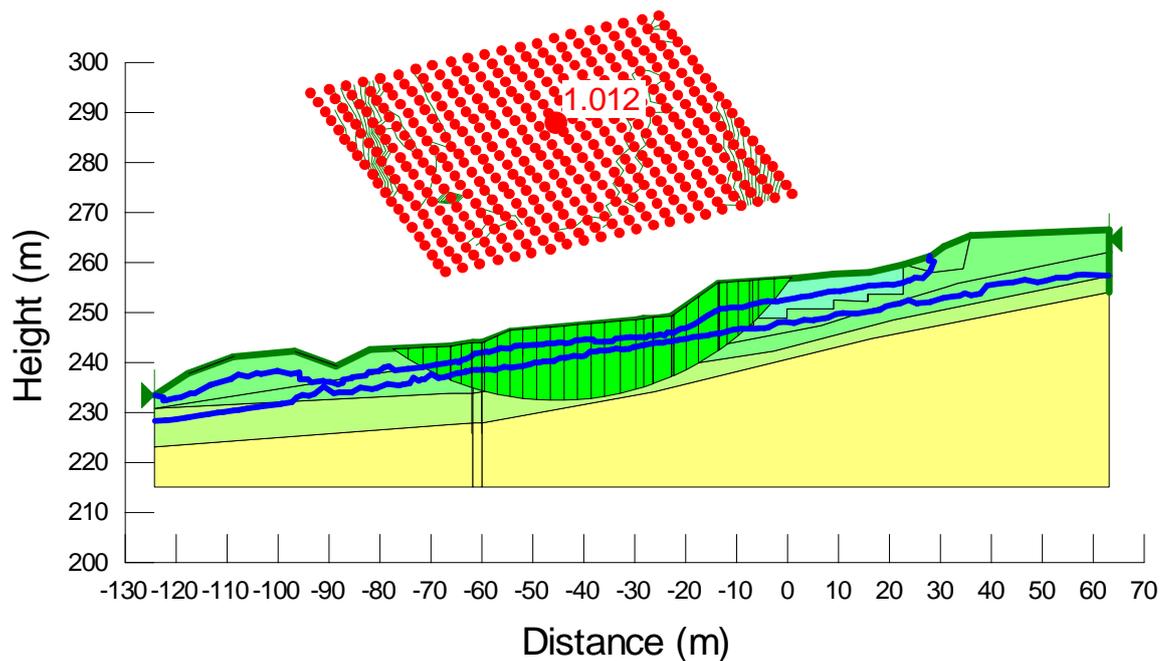
Gambar 5.6. FE *safety factor* akibat hujan selama 1 jam pada lereng sebesar 1.242



Gambar 5.7. FE safety factor akibat hujan selama 740 jam pada lereng sebesar 0.607



Gambar 5.8. FE safety factor akibat hujan selama 1440 jam step 1440 pada lereng sebesar 0.537



Gambar 5.9. GLE SF akibat hujan selama 740 jam pada lereng sebesar 1.012

Dengan Analisa Menggunakan *Limit Equilibrium* GLE hasil analisa perhitungan dengan SIGMA/W tidak di gunakan,yang mana proses penimbunan lereng di abaikan yang mana *Safety Factor* menunjukkan 1.012, hal ini menunjukkan infiltrasi air hujan berepengaruh sangat besar terhadap kestabilan lereng ketika proses tahapan penimbunan tanah berlangsung.

4. Kesimpulan

Kondisi yang mengakibatkan keadaan kritis pada lereng adalah pada saat penimbunan setinggi existing dilakukan, dan Intensitas curah hujan yang terjadi pada saat penimbunan. Infiltrasi air hujan mengakibatkan stabilitas lereng menurun di tunjukkan dengan nilai FS (*Safety Factor*) yang berkurang seiring dengan lama hujan yang terjadi pada saat proses penimbunan tanah terjadi.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan Analisa Stabilitas Lereng yang telah dilakukan dengan obyek penelitian lereng di Proyek Pembangunan Jalan Lingkar (*Ring Road*) Pati – Kudus maka didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Analisa Stabilitas Lereng dilakukan dengan memodelkan kondisi tegangan insitu pada tanah asli, kemudian dilakukan penimbunan dengan tanah timbunan pada lereng bersamaan dengan pemasangan bor pile di kaki lereng.
2. Untuk Kondisi lereng yang telah diteliti mempunyai faktor keamanan yang menurun akibat adanya intensitas hujan yang terjadi pada tahap pengerjaan.
3. Untuk mengetahui bidang gelincir maka dilakukan tes monitoring inclinometer dengan kedalaman yang bervariasi untuk mengetahui bidang gelincir tanah.
4. Konstruksi timbunan jalan berada pada area yang bergerak. Diduga bidang gelincir berada pada weathered clayshale.
5. Konstruksi timbunan (embankment) tidak dapat dilaksanakan tanpa perbaikan tanah dasar.

5.2. Saran

Dari penelitian Analisis Stabilitas Lereng yang telah dilakukan dalam pembuatan Tugas Akhir pada Proyek Pembangunan jalan lingkar Pati – Kudus, maka penulis ingin memberikan saran diantaranya :

1. Hal utama yang harus diperhatikan dalam kasus ini adalah pengendalian aliran air. Aliran air permukaan maupun air tanah harus dikontrol sedemikian rupa hingga tidak membasahi area konstruksi

timbunan jalan. Pemasangan sub drain dan saluran permukaan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak membasahi lapisan clayshale yang ada di kedalaman 3.0 – 8.0 m tersebut.

2. Pada alternatif menggunakan konstruksi timbunan, maka lapisan weathered clayshale tersebut harus dikupas dan setelah menemukan lapisan hard clayshale harus segera dicover misalnya dengan semen kamprot atau lapisan lempung yang impermeable dan dipadatkan setebal 1.0 m. Hal ini berguna untuk mencegah terjadinya degradasi pada lapisan clayshale. Setelah itu konstruksi sub drain dapat dipasang sehingga aliran air tanah tidak membasahi lapisan hard clayshale yang ada.
3. Timbunan rockfill dibutuhkan sebagai media aliran air ke sub drain dan juga sebagai struktur penahan pergerakan tanah yang ada.
4. Dilakukan usaha untuk mengeringkan badan timbunan dari air dengan horisontal drain.
5. Suatu konstruksi penahan air perlu dibangun, sehingga air tidak melewati bagian bawah timbunan. Air dikumpulkan pada bagian atas timbunan dan dialirkan secara terkontrol ke bagian bawah lereng. Konstruksi dapat berupa sheet pile yang cukup dalam dengan subdrain atau sumuran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles J.S., 1991, *Sifat sifat fisis dan geoteknik tanah* (Mekanika Tanah), edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
2. Connor J.J., *Finite Element Techniques for Fluid Flow*, Newness – Butterworths, London.
3. Ebonyawan Nur Wiyono, Widi Atmoko, 2009, *Analisa Stabilitas lereng terhadap bahaya longsor di desa deliksari Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang*, Tugas akhir Fakultas Teknik Unissula, Semarang.
4. Das, M. Braja, dkk,1994, *Mekanika Tanah (Prinsip Prinsip Rekayasa Geoteknis)* jilid 2, Erlangga, Jakarta.
5. Diktat kuliah Mekanika Tanah II
6. [http_Geomorfologi_lereng_hm](http://Geomorfologi_lereng_hm).
7. Hardiyatmo H.C., 2003, *Mekanika Tanah II*, Gajahmada University Press, Yogyakarta.
8. Smith M.J.,1984, *Mekanika Tanah edisi keempat*, Erlangga, Jakarta.
9. Terazaghi K., PeckR.B., 1987, *Mekanika Tanah dalam praktek Rekayasa Jilid I*, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
10. *Slope/w Tutorial, Seep/w tutorial, Sigma/w tutorial*, 2004, Geostudio
11. Soedarmo G.D., Purnomo S.J.E, 1993, *Perkuatan Lereng Terhadap Kelongsoran*, Kanisius, Malang.
12. Christady Hary, 2003, *Penanganan tanah longsor dan erosi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
13. Puolaras N, 2010, *Analisa Stabilitas Lereng dengan Slope/W*, Gajah Mada Press, Yogyakarta.
14. Junaedi didik, 2010, *Mekanisme Keruntuhan Lingkaran Circular*, Yudhistira, Yogyakarta.