

**KAJIAN KESTABILAN LERENG *HIGHWALL* BERDASARKAN ANALISIS
PROBABILITAS DI PT.TA TABANG KABUPATEN KUTAI
KARTANEGARA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh:

MUHAMMAD BIMA SAPUTRA

41502A0007

PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2019

TUGAS AKHIR

KAJIAN KESTABILAN LERENG *HIGHWALL* BERDASARKAN ANALISIS PROBABILITAS DI PT.TA TABANG KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Amd,T



Disusun Oleh:

MUHAMMAD BIMA SAPUTRA

41502A0007

PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2019

HALAMAN PERSETUJUAN

Setelah melakukan bimbingan dan koreksi terhadap laporan tugas akhir mahasiswa atas nama:



MUHAMMAD BIMA SAPUTRA
41502A0007

**KAJIAN KESTABILAN LERENG *HIGHWALL* BERDASARKAN ANALISIS
PROBABILITAS DI PT.TA TABANG KABUPATEN KUTAI
KARTANEGARA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

Laporan tugas akhir tersebut sudah dapat diajukan untuk sidang Tugas Akhir
Mataram, 10 Agustus 2019

Pembimbing Utama

Alpiana, ST., M.Eng
NIDN.08030128401

Pembimbing Pendamping

Joni Safaat Adiansyah, ST., M.Sc, Ph.D
NIDN.0807067303

Mengetahui,

Ketua Program Studi DIII Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram



Alpiana, ST., M.Eng
NIDN.08030128401

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : MUHAMMAD BIMA SAPUTRA
NIM : 41502A0007
Program Studi : DIII Teknik Pertambangan
Judul Tugas Akhir : Kajian Kestabilan Lereng *Highwall* Berdasarkan Analisis Probabilitas Di PT.TA Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji pada hari selasa, 13 Agustus 2019 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik Pertambangan pada Program Studi D3 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang


Alpiana, ST., M.Eng
NIDN.08030128401

Penguji I


Joni Safaat Adiansyah, ST., M.Sc, Ph.D
NIDN.0807067303

Penguji II


Dian Ramawati, ST., M.Sc
NIDN. 0805097701

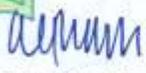
Mataram, 13 Agustus 2019

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram




Alpiana, ST., M.Eng
NIDN.0830086701

Ketua Program Studi
DIII Teknik Pertambangan


Alpiana, ST., M.Eng
NIDN.08030128401

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/KTI dengan judul:

"KAJIAN KESTABILAN LERENG *HIGHWALL* BERDASARKAN ANALISIS PROBABILITAS DI PT.TA TABANG KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR"

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/KTI ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir/KTI ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, Agustus 2019
Yang membuat pernyataan,




MUHAMMAD BIMA SANUTRA
NIM : 41502A0007

ABSTRAK

Kestabilan lereng tambang terbuka pada industri pertambangan merupakan salah satu isu penting, semakin lebar dan dalam tambang terbuka tersebut dilakukan penggalian, semakin besar resiko yang akan muncul atau semakin meningkatkan ketidakpastian pada faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tambang terbuka tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi desain geometri lereng tunggal, lereng keseluruhan yang optimum untuk *plan* pit, dan mengetahui parameter masukan yang paling berpengaruh terhadap kestabilan rencana lereng penambangan. Metode yang digunakan adalah metode probabilitas dengan menggunakan aplikasi *software slide 6.0*.

Hasil analisis lereng menunjukkan desain dari geometri lereng tunggal dengan tinggi 10 meter dengan sudut 60° material *overburden* dan material *coal*. Selain itu untuk dengan tinggi 90 meter menghasilkan 2 rekomendasi yaitu, pertama dengan sudut keseluruhan 32° dengan lebar *berm* 5 meter memiliki nilai FK (mean) 1,453 dan nilai PK 2,80%. Kedua, sudut lereng keseluruhan 28° dengan lebar *berm* 10 meter memiliki nilai FK (mean) 1,671 dan nilai PK 3,80%. Berdasarkan hasil analisis sensitifitas pada lereng keseluruhan didapatkan parameter masukan yang paling berpengaruh adalah *internal friction angle* material *overburden* pada sudut keseluruhan 32° dengan nilai FK $<1,0$ dan pada sudut keseluruhan 28° dengan nilai FK $<0,9$.

Kata kunci: Geoteknik, Batubara, Faktor Keamanan, Analisis Probabilitas

ABSTRACT

The slope stability in the mining industry in the open pit mine is one of the major issues. The wider and deeper the open pit mine, the greater risk will slope occur or it will increase the uncertainty for factors affecting the stability of the open pit mine. The purpose of the study is to recommend the single slope geometry design, the optimum overall slope for the plan pit, and to find the most important input parameters for the slope stability plan of the mining. The method used is the probability method by using the software slide 6.0.

Slope analysis results show the design of a single slope geometry with a height of 10 meters with an angle of 60° for overburden and coal material. In addition, the height of 90 meters generates two recommendations as follows: first, an overall angle of 32° with a berm of 5 meters has an FK value (mean) 1.453 and a PK value of 2.80%. Second, the overall slope angle of 28° with a berm of 10 meters has an FK (mean) value of 1.671 and a PK value of 3.80%. Based on the results of sensitivity analysis on the overall slope, the most influential input parameter is the internal friction angle of the material overburden at an overall angle of 32° with FK values <1.0 and at an overall angle of 28° with FK values <0.9 .

Keywords: *Geotechnical, mining slope, Coal, Safety Factors, Probability Analysis*

KATA PENGANTAR

Allhamdulillah puji syukur penyusun ucapkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “**KAJIAN KESTABILAN LERENG HIGHWALL BERDASARKAN ANALISIS PROBABILITAS DI PT.TA TABANG KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**”. Selama menempuh pendidikan dan penulisan serta penyelesaian laporan seminar ini banyak memperoleh dukungan dari berbagai pihak.

Pada kesempatan ini dengan kerendahan hati penyusun haturkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Drs. H. Arsyad Abd. Gani, M.Pd. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Isfanari, ST, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Alpiana, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Pertambangan Universitas Muhammadiyah Mataram
4. Alpiana, ST., M.Eng selaku pembimbing utama
5. Joni Sfaat Adiansyah, ST., M.Sc., Ph, D selaku pembimbing pendamping
6. Dr. Barlian Dwinagara selaku pimpinan CV Mineral & Coal Studio
7. Tubagus Hendarto selaku kordinator lapangan Geoteknik CV Mineral & Coal Studio di Tabang Kalimantan Timur
8. Pradoso Datu Prandaru selaku pengajar analisis geoteknik CV Mineral & Coal Studio di jogjakata
9. Keluargaku tercinta yang telah memberikan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini, terutama kepada kedua orang tuaku ayahanda Suhardin, ibunda Maarifah, istri, saudaraku, mertua dan keluarga tercinta yang selalu mendukungku dan menyemangatiku dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

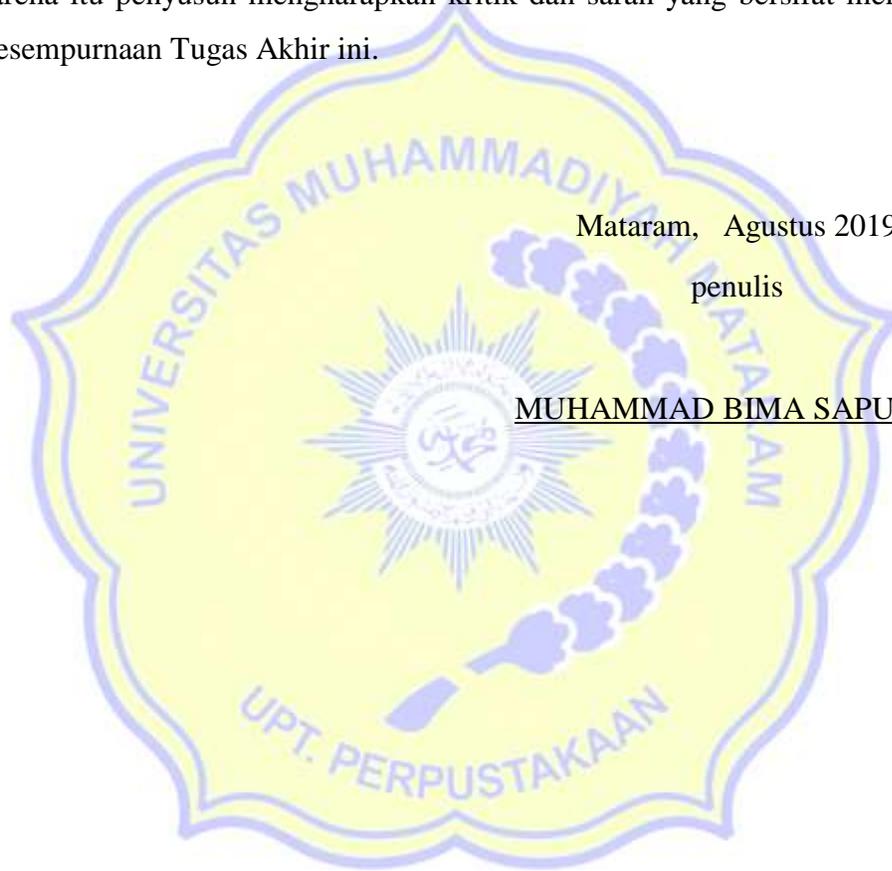
10. Teman-teman seperjuangan tambang universitas muhammadiyah mataram angkatan 2015 yang banyak membantu dan memberikan semangat.
11. Teman-teman kakak tingkat dan adik tingkat yang telah meluangkan waktunya menghadiri seminar tugas akhir penulis.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari tahap kesempurnaan. oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Mataram, Agustus 2019

penulis

MUHAMMAD BIMA SAPUTRA



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan masalah	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.7 Waktu Penelitian	4
1.8 Lokasi Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Prinsip Dasar Stabilitas Lereng	6
2.2 Analisis Probabilitas	7
2.2.1 Metode Bhisop Disederhanakan	11
2.3 Faktor Penyebab Dan Pemicu Terjadinya Longsor	12
2.4 Jenis Longsoran Pada Lereng Tambang	13
BAB III GEOLOGI DAERAH PENELITIAN	15
3.1 Geologi Regional	15
3.1.1 Fisiografi Regional	15
3.1.2 Stratigrafi Regional	17

3.1.3	Struktur Geologi Regional	18
3.1.4	Sejarah Geologi Regional	20
3.2	Geologi Daerah Penyelidikan.....	20
3.2.1	Stratigrafi Daerah Penyelidikan	20
BAB IV	METODE PENELITIAN	21
4.1	Jenis dan Sumber Data Penelitian	21
4.2	Teknik Pengumpulan Data	21
4.2.1	Observasi Lapangan	21
4.3	Pengolahan Data.....	29
4.4	Penyusunan Laporan	29
4.5	Diagram Alir Penelitian.....	29
BAB V	HASIL PENELITIAN	31
5.1	Penyelidikan Lapangan	31
5.1.1	Pengeboran dan Pengambilan Sampel	31
5.1.2	Pengujian Muka Air Tanah (<i>slug test</i>)	43
5.1.3	Pengujian Labolatorium.....	45
BAB VI	PEMBAHASAN.....	51
6.1	Permodelan Geoteknik	51
6.1.1	Analisis Stabilitas Lereng Tunggal (<i>Single Slope</i>).....	58
6.1.2	Analisis Stabilitas Lereng Keseluruhan (<i>Overall Slope</i>)	63
6.1.3	Analisis Sensitifitas.....	66
6.1.4	Rekomendasi Parameter Masukan <i>Single Slope</i> Dan <i>Overall Slope</i>	69
BAB VII	KESIMPULAN	74
7.1	Kesimpulan.....	74
7.2	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA		76
Lampiran		78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Kesampaian Daerah Google Earth	5
Gambar 2.1 Faktor Keamanan sederhana	6
Gambar 2.2 Fungsi Distribusi Probabilitas	7
Gambar 2.3 Fungsi Distribusi Probabilitas	8
Gambar 2.4 Pengaturan Metode Analisis yang Digunakan	9
Gambar 2.5 Convergence Plot Probabilitas Kelongsoran untuk Jumlah Sampel 1000	10
Gambar 2.6 Pengaturan Nilai Seed dan Tipe RNG yang Digunakan	10
Gambar 2.1 Metode Bishop Disederhanakan	11
Gambar 2.2 Hubungan Hasil Proyeksi Orientasi Struktur Dan Lereng Terhadap Tipe Longsoran	14
Gambar 3.1 Fisiografi Regional Kalimantan	15
Gambar 3.2 Sketsa Fisiografi Cekungan Kutai.....	16
Gambar 3.3. Kolom Stratigrafi Regional Cekungan Kutai.....	18
Gambar 3.4 Struktur Geologi Cekungan Kutai.....	19
Gambar 4.1 Papan Info Untuk Dokumentasi sample PT.TA.....	25
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 5.1 Pengeboran dan Pengambilan Sampel Geoteknik PT.TA.....	31
Gambar 5.2 Peta Lokasi Titik Bor Geoteknik PT.TA.....	32
Gambar 5.3 Form Data Slug Test	44
Gambar 6.4 Contoh Keluaran Analisis Kestabilan Lereng Tunggal Menggunakan Pendekatan Probabilitas Dengan Tinggi Lereng 10 Meter Dan Sudut 60° Dalam Kondisi Aman Pada Kondisi Lereng Setengah Jenuh.....	62
Gambar 6.5 Contoh Keluaran Analisis Kestabilan Lereng Tunggal Menggunakan Pendekatan Probabilitas Dengan Tinggi Lereng 15 Meter Dan Sudut 75° Dalam Kondisi Tidak Aman Pada Kondisi Lereng Jenuh.....	62
Gambar 6.6 Hasil Analisis Probabilitas <i>Overall Slope</i> Tinggi Jenjang 10 Meter Lebar <i>Berm</i> 10 Meter Dengan Sudut 32°.....	65
Gambar 6.7 Hasil Analisis Probabilitas <i>Overall Slope</i> Tinggi Jenjang 15 Meter Lebar <i>Berm</i> 5 Meter Dengan Sudut 41°.....	65
Gambar 6.8 Hasil Analisis Probabilitas <i>Overall Slope</i> Tinggi Jenjang 10 Meter Lebar <i>Berm</i> 10 Meter Dengan Sudut 28°.....	66

Gambar 6.9 Hasil Analisis Probabilitas <i>Overall Slope</i> Tinggi Jenjang 15 Meter Lebar <i>Berm</i> 10 Meter Dengan Sudut 36°	66
Gambar 6.10 Analisis Sensitivitas <i>Overall Slope</i> Dengan Tinggi 90 Meter Sudut <i>Overall Slope</i> 32° Tinggi Jenjang 10 Meter Sudut Jenjang 60° Dan Lebar <i>Berm</i> 5 Meter	67
Gambar 6.11 Analisis Sensitivitas <i>Overall Slope</i> Dengan Tinggi 90 Meter Sudut <i>Overall Slope</i> 41° Tinggi Jenjang 15 Meter Sudut Jenjang 60° Dan Lebar <i>Berm</i> 5 Meter	67
Gambar 6.12 Analisis Sensitivitas <i>Overall Slope</i> Dengan Tinggi 90 Meter Sudut <i>Overall Slope</i> 28° Tinggi Jenjang 10 Meter Sudut Jenjang 60° Dan Lebar <i>Berm</i> 10 Meter	68
Gambar 6.13 Analisis Sensitivitas <i>Overall Slope</i> Dengan Tinggi 90 Meter Sudut <i>Overall Slope</i> 36° Tinggi Jenjang 15 Meter Sudut Jenjang 60° Dan Lebar <i>Berm</i> 10 Meter	68
Gambar 6.14 Rekomendasi Lereng Tunggal <i>Overburden</i> Dalam Kondisi Setengah Jenuh Tinggi 10 Meter Dengan Sudut 60°	71
Gambar 6.15 Rekomendasi Lereng Tunggal <i>Overburden</i> Dalam Kondisi Jenuh Tinggi 10 Meter Dengan Sudut 60°	71
Gambar 6.16 Rekomendasi Lereng Tunggal <i>Coal</i> Dalam Kondisi Setengah Jenuh Tinggi 10 Meter Dengan Sudut 60°	72
Gambar 6.17 Rekomendasi Lereng Tunggal <i>Coal</i> Dalam Kondisi Jenuh Tinggi 10 Meter Dengan Sudut 60°	72

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1 Nilai Faktor Keamanan dan Ptoabilitas Longsor Lereng Tambang.....	8
Tabel 5.1 Hasil Pengeboran Lubang TA17_30GT	33
Tabel 5.2 Panjang Sampel Batuan Berdasarkan Jenis Pengujian	45
Tabel 5.3 banyaknya sampel batuan per litologi berdasarkan jenis pengujian	45
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Batuan	48
Tabel 6.1 Tinggi dan Sudut Lereng Permodelan	51
Tabel 6.2 Parameter Data Masukan Analisis Probabilitas <i>Slide 6.0</i>	52
Tabel 6.3 Hasil Karakterisasi Distribusi <i>Cohesion</i> Material <i>overburden</i>	53
Tabel 6.4 Hasil Karakterisasi Distribusi <i>Cohesion</i> Material <i>Coal</i>	54
Tabel 6.5 Hasil Karakterisasi Distribusi <i>Internal Friction Angle</i> Material <i>Overburden</i>	55
Tabel 6.6 Hasil Karakterisasi Distribusi <i>Internal Friction Angle</i> Material <i>Coal</i>	55
Tabel 6.4 Hasil Karakterisasi Distribusi <i>Density</i> Material <i>Overburden</i>	56
Tabel 6.5 Hasil Karakterisasi Distribusi <i>Density</i> Material <i>coal</i>	57
Tabel 6.6 Analisis Lereng Tunggal <i>Overburden</i> Tinggi 10 Meter	58
Tabel 6.7 Analisis Lereng Tunggal <i>Coal</i> Tinggi 10 Meter	59
Tabel 6.8 Analisis Lereng Tunggal <i>Overburden</i> Tinggi 15 Meter	59
Tabel 6.9 Analisis Lereng Tunggal <i>Coal</i> Tinggi 15 Meter	60
Tabel 6.10 Input Bentuk Dan Parameter PDF Properties Material Dari Hasil Karakterisasi Parameter Masukan	63
Tabel 6.11 Hasil Analisis Lereng Keseluruhan	64
Tabel 6.12 Hasil Analisis Rekomendasi Desain Lereng Tunggal	70
Tabel 6.13 Hasil Analisis Rekomendasi Desain Lereng keseluruhan	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kestabilan lereng tambang terbuka pada industri pertambangan merupakan salah satu isu penting, hal ini berkaitan dengan peningkatan produksi perusahaan tambang di Indonesia, akibatnya perusahaan tambang tersebut melakukan pelebaran dan pendalaman penggalian (Masagus Ahmad Azizi, 2011) dalam (Panji Kurnia Wiradani, 2018). Semakin lebar dan dalam tambang terbuka tersebut dilakukan penggalian, maka tentunya akan semakin besar resiko yang akan muncul atau semakin meningkatkan ketidakpastian pada faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tambang terbuka tersebut (Panji Kurnia Wiradani, 2018).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelongsoran lereng mencakup sifat fisik dan mekanik batuan, kondisi air tanah, karakterisasi massa batuan, struktur yang ada pada batuan serta geometri lereng. Banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam analisis kestabilan suatu lereng, serta terdapatnya sejumlah ketidakpastian terhadap faktor tersebut, membuat indikator kestabilan lereng yang digunakan saat ini faktor keamanan (FK) tidak mampu memberikan desain teoritis yang aman dalam desain praktek suatu lereng Hal ini terlihat dari beberapa lereng yang diteliti oleh Hoek & Bray, dimana masih terjadi longsor pada lereng yang memiliki kriteria faktor keamanan yang dapat diterima serta didapatkan beberapa lereng yang masih stabil pada kriteria faktor keamanan yang tidak dapat diterima. Atau dengan kata lain, ada lereng aman longsor dan ada lereng tidak aman tidak longsor (Panji Kurnia Wiradani, 2018).

Longsoran merupakan suatu bencana alam yang sering terjadi pada lereng – lereng alami maupun buatan kebanyakan longsor terjadi pada saat tekanan air tanah meningkat yang mengakibatkan penurunan kuat geser tanah (c), dan sudut geser

dalam (α) yang menyebabkan kelongsoran (Kornelis Bria, 2017). Pada saat merancang suatu tambang terbuka maka dilakukan suatu analisis terhadap kestabilan lereng yang terjadi karena proses penibunan atau penggalian sehingga dapat memberikan keamanan pada rancangan tersebut. Stabilitas dari suatu lereng biasanya menjadi masalah yang membutuhkan perhatian yang lebih bagi kelangsungan operasi penambangan setiap harinya.

Kajian geoteknik untuk penentuan geometri lereng meliputi kegiatan pengambilan sample dengan pemboran di lapangan, pengujian *properties* tanah dan batuan di laboratorium, pengolahan data dari lapangan dan laboratorium, serta analisis komprehensif terhadap seluruh data yang diperoleh (UPNVY, 2010).

Menurut (Masagus Ahmad Azizi), probabilistik adalah suatu cara untuk menentukan nilai faktor keamanan suatu sistem rekayasa dengan memperlakukan nilai masukan sebagai variabel acak, dengan demikian nilai faktor keamanan sebagai rasio antara gaya penahan dan gaya penggerak merupakan juga variabel acak. Pada proses ini nilai parameter masukan dan faktor keamanan akan dikarakterisasi distribusi nilai masing-masing. Di samping itu juga pendekatan ini dapat melihat faktor yang paling mempengaruhi kestabilan lereng melalui analisis sensitivitas perubahan nilai setiap parameter masukan terhadap nilai faktor keamanan.

Penentuan sudut kemiringan lereng yang dapat diterima (*acceptable angle of slope*) adalah suatu parameter paling penting dalam perencanaan tambang terbuka. Namun ketidakpastian yang terkait dengan geometri lereng, sifat fisik dan mekanik batuan, kondisi pembebanan dan reliabilitas model mengakibatkan proses pemilihan sudut kemiringan lereng yang sesuai menjadi lebih sulit. Hal menarik dari metode probabilistik adalah representasi yang eksplisit dari ketidakpastian dalam kajian stabilitas lereng. Nilai faktor keamanan disain lereng dapat dioptimasi dengan nilai probabilitas kelongsoran sehingga dapat memberikan tingkat keyakinan terhadap disain tersebut.

Sebagai upaya untuk mendapatkan hasil rancangan lereng yang dapat diterima (*acceptable*) dan dapat diterapkan (*applicable*) di lapangan, serta mengingat belum adanya penelitian sebelumnya, maka judul penelitian ini adalah **Kajian Kestabilan Lereng *Highwall* Berdasarkan Analisis Probabilitas Di PT.TA Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur.**

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang mendasari penelitian ini, sebagai mana disebutkan dalam latar belakang, antara lain:

1. Belum adanya kajian atau studi geoteknik pada daerah penelitian.
2. Belum adanya rancangan lereng untuk mendukung dan memberikan penilaian teknis terhadap rencana penambangan PT.TA
3. Batuan pada lokasi penelitian yang tergolong sebagai batuan sedimen, dimana karakteristik batuan turut dipengaruhi oleh cuaca dan air hujan.

1.3 Rumusan masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana desain geometri lereng tunggal (*single slope*) yang optimum untuk *plan* pit PT.TA?
2. Bagaimana desain geometri lereng keseluruhan (*overall slope*) yang optimum untuk *plan* pit PT.TA?
3. Dari sejumlah parameter masukan parameter mana yang paling berpengaruh terhadap kestabilan rencana lereng penambangan pit PT.TA?

1.4 Batasan Masalah

Karna keterbatasan waktu, kemampuan, dan biaya, maka penelitian dibatasi hanya pada *highwall plan* pit PT.TA. Kestabilan rancangan dianalisis menggunakan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian lapangan berlokasi pada titik pengeboran TA17_30GT.
2. Material diasumsikan menjadi lapisan penutup (*overburden*).
3. Analisis kestabilan rancangan lereng dilakukan dengan metode *Bishop* dan dihitung menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*).
4. Analisis probabilitas menggunakan metode carlo dengan bentuk fungsi distribusi probabilitas (*PDF/Probability Density Function*) diasumsikan berdasarkan penelitian yang sudah ada sebelumnya.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Memberikan rekomendasi desain geometri lereng tunggal yang optimum untuk *plan* pit PT.TA.
2. Memberikan rekomendasi desain geometri lereng keseluruhan yang optimum untuk *plan* pit PT.TA.
3. Mengetahui parameter masukan yang paling berpengaruh terhadap kestabilan rencana lereng penambangan pit PT.TA.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai:

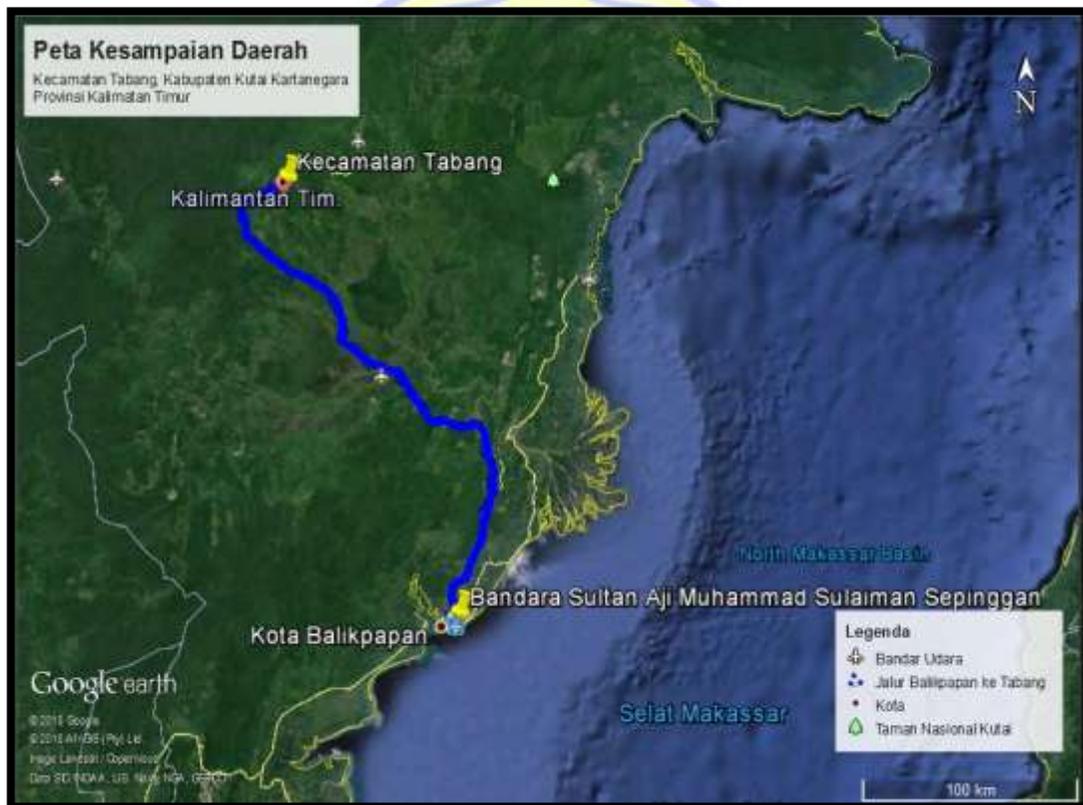
1. Mendapatkan rancangan lereng yang stabil untuk memungkinkan dapat dilakukan kegiatan penambangan.
2. Data masukan rancangan tambang dan dasar pengambilan keputusan bagi PT.TA.
3. Referensi bagi penelitian sejenis dan dasar penelitian lanjutan.

1.7 Waktu Penelitian

Penelitian lapangan dilakukan selama kurang lebih 4 bulan yaitu mulai dari tanggal 25 November 2018 sampai 4 april 2019.

1.8 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT.TA yang secara administratif lokasi penelitian berada di Kecamatan Tabang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Untuk mencapai lokasi dapat ditempuh melewati jalur transportasi darat, dari kota Balikpapan ke Kota Tenggarong dengan jarak tempuh kurang lebih 145 km dan selanjutnya dari Kota Tenggarong menuju Kecamatan Tabang dengan jarak tempuh kurang lebih 90 km (Gambar 1.1)



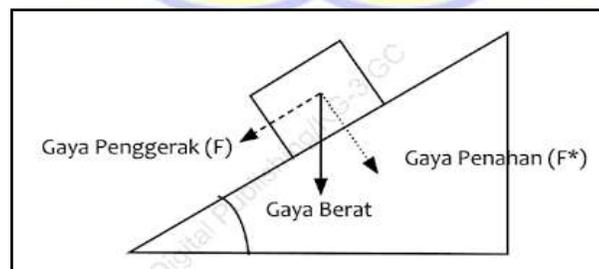
Gambar 1.1 Peta Kesampaian Daerah Google Earth (MCS, 2018)

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Prinsip Dasar Stabilitas Lereng

Kestabilan lereng, baik lereng alami maupun lereng buatan (buatan manusia) serta lereng timbunan, dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsor) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman). Namun, apabila gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerak, lereng tersebut tidak stabil dan akan terjadi longsor. Sebenarnya, longsor merupakan kondisi kestabilan lereng yang baru (keseimbangan baru), dimana gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak (Arif, 2016). Menurut (Masagus Ahmad Azizi) Kemantapan suatu lereng tergantung pada gaya-gaya penggerak dan gaya penahan yang ada pada lereng tersebut. Gaya-gaya penggerak berupa gaya berat, gaya tiris atau muatan, sedangkan gaya-gaya penahan berupa gaya gesekan atau geseran, kohesi dan kuat geser. Apabila gaya penggerak lebih besar dibandingkan dengan gaya penahan maka akan menyebabkan terjadinya kelongsoran. Tetapi bila gaya penahan ini lebih besar dari gaya penggerak, maka lereng tersebut tidak akan mengalami kelongsoran atau lereng dalam keadaan stabil.



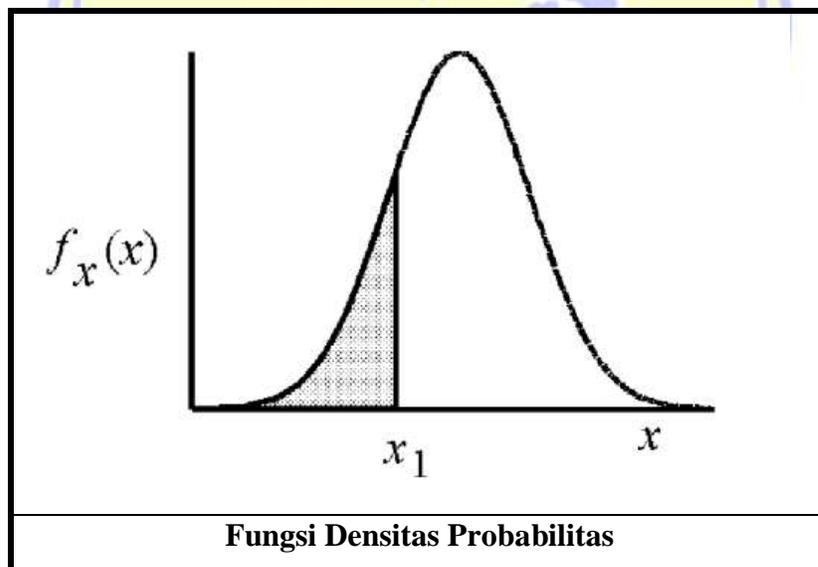
Gambar 2.1 Faktor Keamanan sederhana (Romana, 1993) dalam (Arif, 2016)

2.2 Analisis Probabilitas

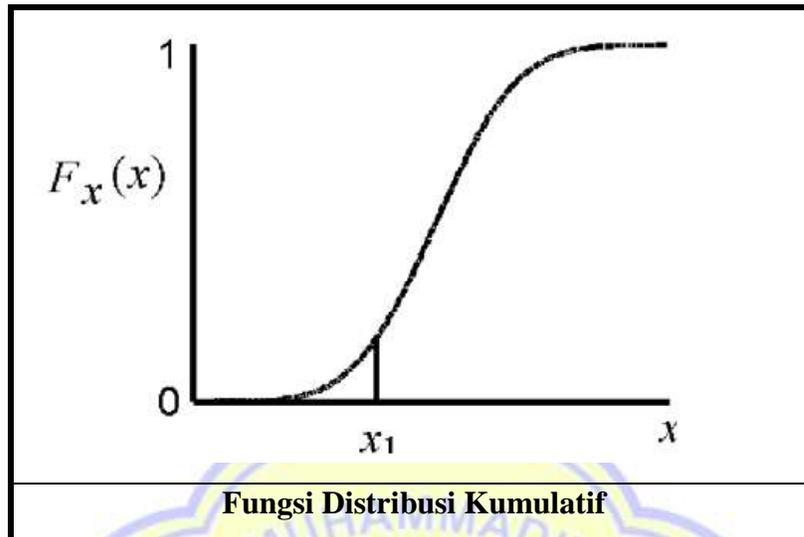
1. Fungsi Distribusi Probabilitas

Fungsi distribusi probabilitas menggambarkan penyebaran suatu variabel acak yang digunakan untuk memperkirakan nilai probabilitas kemunculan suatu parameter. Fungsi distribusi probabilitas memiliki sifat-sifat penyebaran yang khas dan unik yang menjadikan fungsi yang satu akan berbeda dengan fungsi yang lainnya. Tetapi hal ini tidak menutup kemungkinan bahwa suatu fungsi distribusi merupakan turunan dari fungsi yang lainnya. Sebagai contoh, fungsi distribusi eksponensial merupakan bentuk khusus dari fungsi distribusi gamma yang memiliki parameter bentuk (α) bernilai 1.

Gambar 2.2 dan gambar 2.3 menggambarkan fungsi distribusi probabilitas dideskripsikan menjadi fungsi densitas probabilitas (PDF, *Probability Density Function*) dan fungsi distribusi kumulatif (CDF, *Cumulative Distribution Function*). Fungsi densitas probabilitas mendeskripsikan daerah kemungkinan relatif dimana suatu bilangan acak dapat diasumsikan sebagai suatu nilai unik dibandingkan nilai lainnya. Untuk kurva distribusi faktor keamanan, maka luas kurva yang diarsir merupakan probabilitas kelongsoran lereng (Masagus Ahmad Azizi).



Gambar 2.2 Fungsi Distribusi Probabilitas (Masagus Ahmad Azizi)



Gambar 2.3 Fungsi Distribusi Probabilitas (Masagus Ahmad Azizi)

Lereng yang dianalisis dengan nilai input data yang didapat dilapangan akan menghasilkan suatu nilai dimana hasil tersebut dapat di bandingkan dengan memenuhi nilai kemampooterimaan atau ambang batas tertentu. Pengolahan data hasil penyelidikan geoteknik dan pengujian conto geoteknik yang menggambarkan model dengan parameter yang ditetapkan (KEPMEN, 2018).

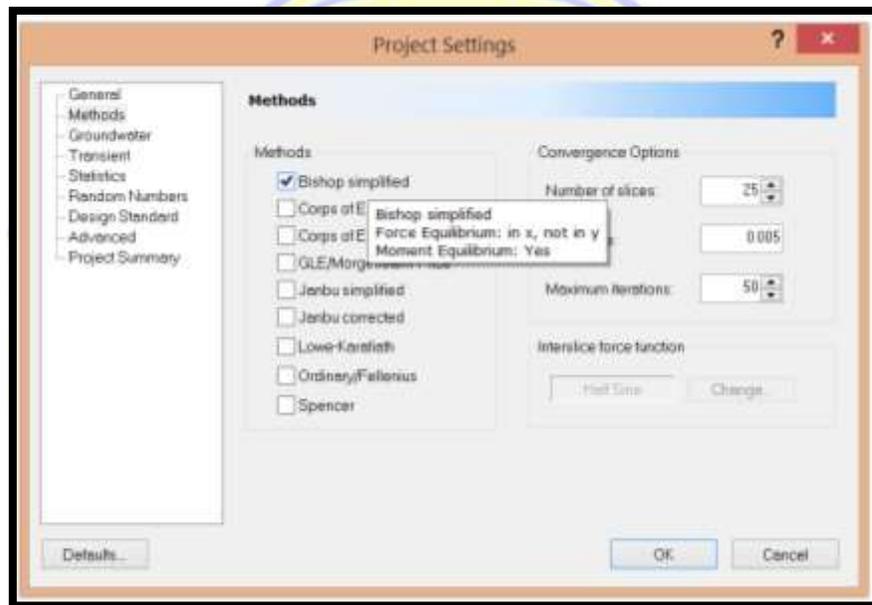
Jenis Lereng	Keparahan Longsor (Consequences of Failure/ CoF)	Kriteria dapat diterima (Acceptance Criteria)		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (min)	Probabilitas Longsor (Probability of Failure) (maks) PoF (FK≤1)
Lereng tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
Inter-ramp	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Tabel. 2.1 Nilai Faktor Keamanan dan Pprobabilitas Longsor Lereng Tambang (KEPMEN, 2018)

Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak (software) slide 6.0 dengan menggunakan batasan-batasan sebagai berikut (Panji Kurnia Wiradani, 2018):

2. Metode analisis yang digunakan

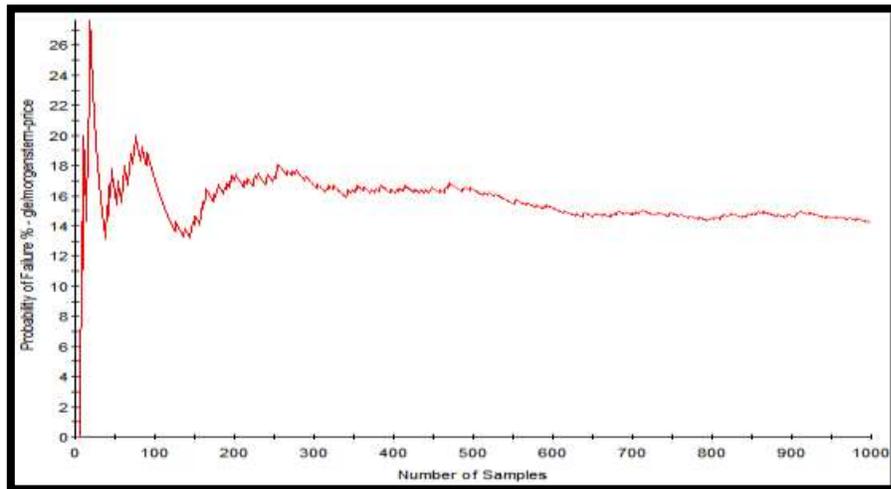
Kestabilan rancangan lereng dianalisis menggunakan metode irisan dengan metode analisis *Bhisop* yang di sederhanakan. Jumlah irisan, nilai toleransi dan maksimum iterasi, serta bentuk fungsi gaya geser antar irisan dalam perhitungan nilai Faktor Keamanan (FK).



Gambar 2.4 Pengaturan Metode Analisis yang Digunakan

3. Metode sampling, jumlah sampel, dan tipe analisis yang digunakan

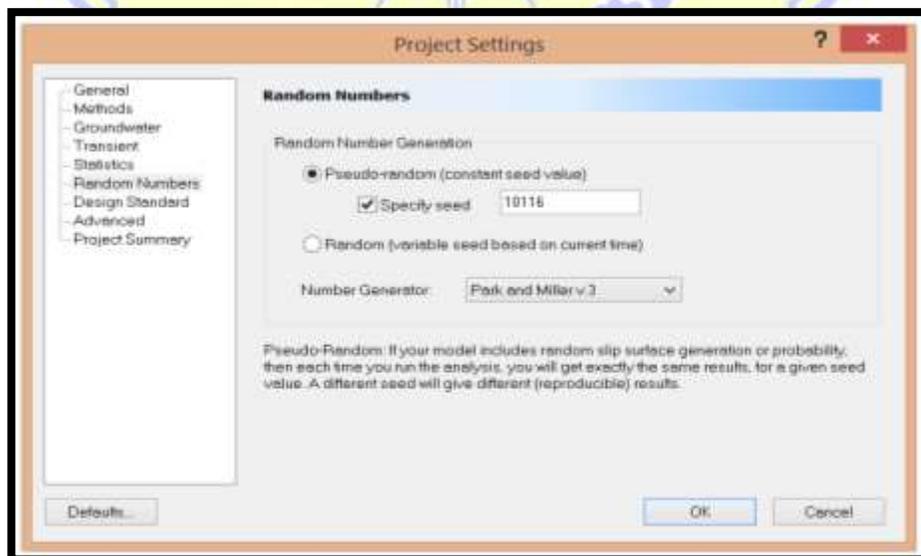
Analisis probabilitas pada penelitian ini dijalankan menggunakan metode sampling *Monte Carlo*, metode yang umum digunakan dalam analisis probabilitas kestabilan lereng, dengan jumlah sampel ditentukan sebanyak 1000 buah. Sampel sebanyak 1000 dinilai sudah cukup mampu memberikan hasil perhitungan probabilitas kelongsoran yang konvergen, ditunjukkan oleh *convergence plot* terlihat pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Convergence Plot Probabilitas Kelongsoran untuk Jumlah Sampel 1000

4. *Seed dan tipe Random Number Generation (RNG)* yang digunakan

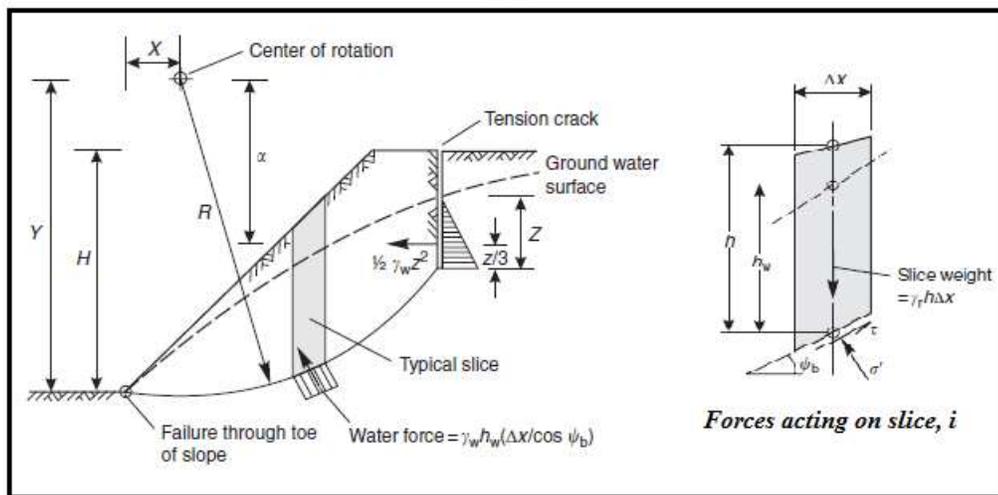
RNG dalam analisis probabilitas berfungsi menghasilkan nilai acak dengan urutan nilai acak (*sequence of random numbers*) ditentukan dan tergantung pada nilai seed yang menjadi nilai input RNG. Penggunaan jenis RNG dan/atau nilai *seed* yang berbeda akan menghasilkan nilai acak yang berbeda pula.



Gambar 2.6 Pengaturan Nilai *Seed* dan Tipe RNG yang Digunakan

2.2.1 Metode Bhisop Disederhanakan

Metode Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A.W. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Metode ini menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Rajagukguk dkk, 2014) dalam (Sony Mahardika, 2017).



Gambar 2.1 Metode Bishop Disederhanakan (Sony Mahardika, 2017)

Faktor Keamanan (FK) ditentukan dengan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$FK = \frac{\sum X / (1 + Y / FS)}{\sum Z + Q} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

$$X = [c + (\gamma_r \cdot h - \gamma_w \cdot h_w) \tan \phi] (\Delta x / \cos \psi_b)$$

$$Y = \tan \psi_b \cdot \tan \phi$$

$$Z = \gamma_r \cdot h \cdot \Delta x \cdot \sin \psi_b$$

$$Q = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot z^2 \cdot (z/R)$$

2.3 Faktor Penyebab Dan Pemicu Terjadinya Longsor

Faktor – faktor penyebab terjadinya tanah longsor dapat disebabkan karena adanya gaya gravitasi. Selain itu pula, faktor penyebab tanah longsor dapat dipengaruhi oleh :

1. Kemiringan lereng

Semakin besar sudut lereng, semakin besar pula daya dorong yang disebabkan meningkatnya tegangan geser (*shearing stress*) berbanding terbalik dengan tegangan normal (*normal strength*) berupa kekuatan penahan.

2. Litologi

Tergantung mudah/tidaknya batuan mengalami pelapukan batuan, besar kecilnya porositas/permeability. Semakin mudah batuan melapuk, semakin mengurangi kohesi dan kekuatan batuan penyusun kondisi stratigrafi batuan, terutama jika lapisan batuan keras berselang-seling dengan lapisan batuan lunak, maka batuan yang lunak dapat menjadi faktor penyebab tanah longsor.

3. Struktur geologi dan batuan.

Zona sesar merupakan zona batuan yang mengalami penghancuran disebabkan pergeseran blok – blok batuan pada bidang patahan. Pada zona sesar tersebut daya tahan menjadi lemah, sehingga lebih mudah mengalami proses pelapukan, erosi dan tanah longsor. Bidang permukaan sesar, lapisan batuan, kekar, retakan, zona bidang batas soil dan batuan dasar, kontak batuan merupakan bidang diskontinuitas, dapat menjadi bidang gelincir apabila arah kemiringannya searah dengan kemiringan lereng.

4. Kandungan air pori

Tinggi rendahnya permukaan airtanah (*water table*), terhadap bidang diskontinuitas dan permukaan lereng juga merupakan salah satu faktor pendorong

terjadinya gesekan massa. Beberapa macam kondisi yang dapat memicu terjadinya proses tanah longsor, diantaranya:

- a. Infiltrasi air kedalam lereng
- b. Pembebanan lereng
- c. Perubahan fisik lereng
- d. Getaran mesin, alat berat dan gaya berat.

2.4 Jenis Longsoran Pada Lereng Tambang

Berdasarkan jenis longsor dan prosesnya, dibedakan menjadi empat macam untuk longsor batuan (Hoek and Bray, 1981) dalam (Audah, 2017) yaitu:

1. Longsoran Bidang (*Plane Failure*)

Longsoran Bidang adalah longsor yang terjadi karena pada bidang luncurnya rata. Seperti pada sesar, kekar maupun bidang perlapisan batuan. Longsoran bidang terjadi karena syarat syarat berikut:

- a) Jurus (*strike*) mendekati sejajar atau hampir sejajar terhadap arah permukaan lereng (tidak lebih 20°).
- b) kemiringan bidang luncur kurang dari kemiringan bidang permukaan lereng ($\psi_p < \psi_f$).
- c) Sudut geser dalam lebih kecil dari kemiringan bidang luncur ($\phi < \psi_p$).

2. Longsoran Baji (*Wedge Failure*)

Longsoran Baji adalah longsor yang terjadi karena pada lereng tersebut adanya perpotongan dari dua bidang lemah dengan arah orientasi bidang lemah searah lereng atau berada pada zona *daylight*. Longsoran baji terjadi karena syarat syarat berikut:

- a) Kemiringan garis potong kedua bidang lemah lebih kecil dari kemiringan lereng ($\psi_i < \psi_{fi}$).

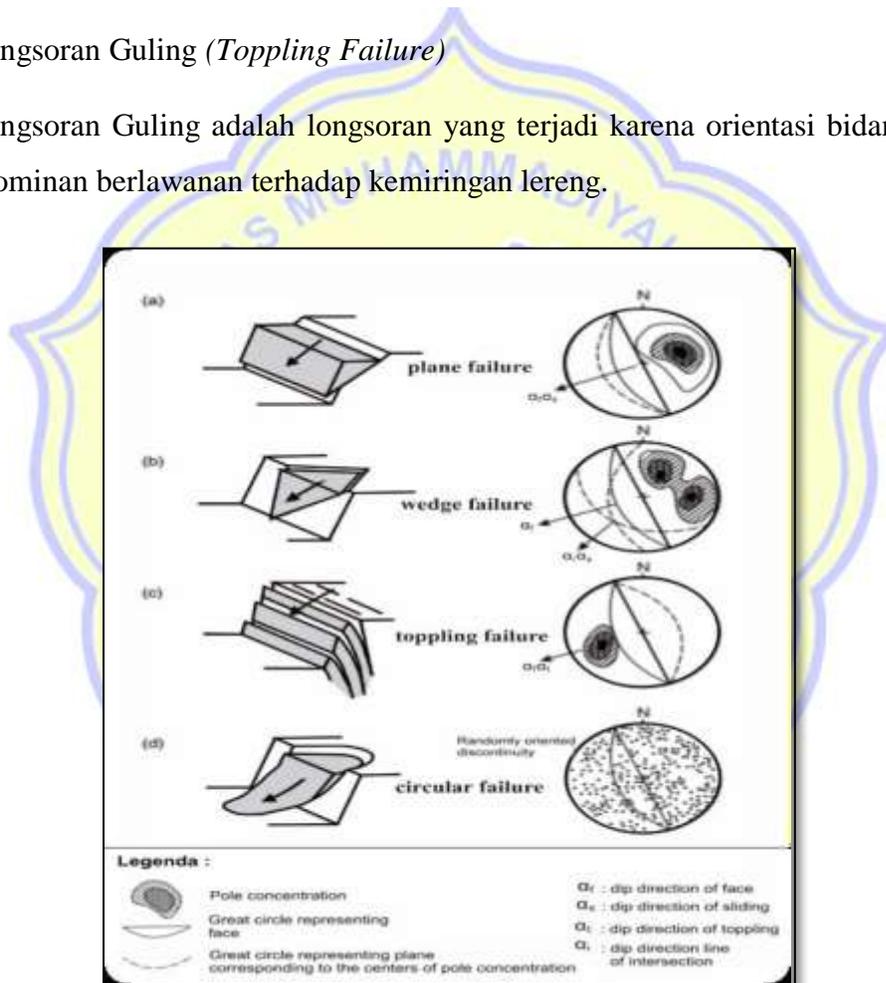
b) Sudut geser dalam lebih kecil dari sudut garis perpotongan kedua bidang lemah ($\theta < \psi_{fi}$).

3. Longsoran Busur (*Circular Failure*)

Longsoran Busur adalah longsor yang terjadi karena pada lereng tersebut terdapat banyak kekar atau bidang lemah yang menyebar dan tidak mempunyai arah umum.

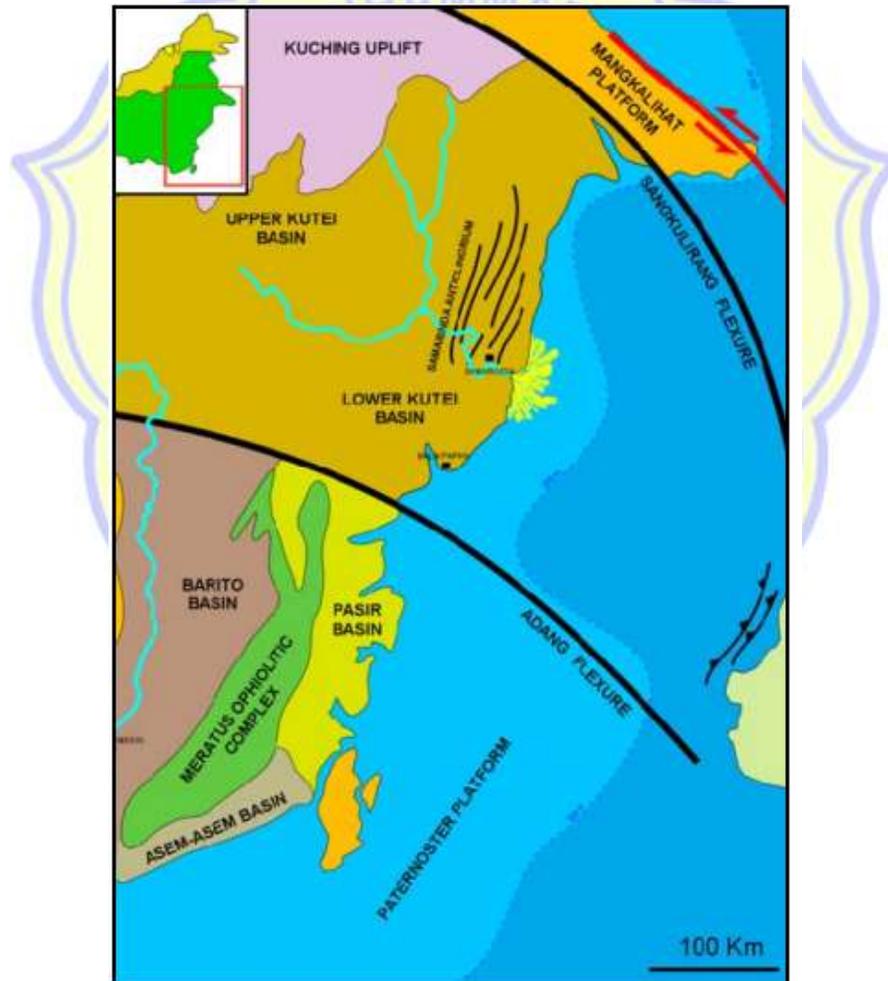
4. Longsoran Guling (*Toppling Failure*)

Longsoran Guling adalah longsoran yang terjadi karena orientasi bidang lemah yang dominan berlawanan terhadap kemiringan lereng.



Gambar 2.1 Hubungan Hasil Proyeksi Orientasi Struktur Dan Lereng Terhadap Tipe Longsoran (Hoek Dan Bray, 1981 Dengan Modifikasi) dalam (Audah, 2017)

Cekungan Kutai dibatasi di bagian Utara oleh suatu daerah tinggian batuan dasar yang terjadi pada Oligosen (*Chambers dan Moss, 2000*), yaitu Tinggian Mangkalihat dan Sesar Sangkulirang yang memisahkannya dengan Cekungan Tarakan. Di bagian Timur daerah cekungan ini, terdapat Delta Mahakam yang terbuka ke Selat Makassar. Di bagian Barat, cekungan dibatasi oleh Tinggian Kucing (*Central Kalimantan Range*) yang berumur Kapur (*Chambers dan Moss, 2000*) dalam (MCS, 2018). Di bagian Tenggara cekungan ini, terdapat Paparan Partenoster yang dipisahkan oleh gugusan Gunung Meratus. Di bagian Selatan cekungan ini, dijumpai Cekungan Barito yang dipisahkan oleh Sesar Adang Dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Sketsa Fisiografi Cekungan Kutai (MCS, 2018)

3.1.2 Stratigrafi Regional

Susunan stratigrafi zona Cekungan Kutai dengan batuan penyusunnya yang berumur *Eocene* hingga *Holocene* atau dari urutan tua dan muda meliputi :

a. Formasi Haloq

Terdiri dari batupasir kuarsa, halus-kasar dengan sisipan batulempung, serpih hitam, napal dan lanau. Umur formasi ini adalah Eosen Tengah – Eosen Akhir. Formasi ini mempunyai hubungan menjari dengan Anggota Batugamping (bioklastik) Ritan, dan di atasnya ditutupi selaras oleh Formasi Batukelau.

b. Anggota Batugamping Ritan (Bioklastik) Formasi Haloq

Terdiri dari batugamping bioklastik yang berumur sama dengan Formasi Haloq dan berhubungan menjari, keduanya terbentuk pada lingkungan pengendapan laut dangkal, delta, atau lagoon.

c. Formasi Batukelau

Terdiri dari *shale*, batulanau, batulumpur, dan batupasir halus – kasar sebagai penyeling, perlapisan baik dan sebagai karbonan. Umur Formasi Batukelau adalah Eosen Atas, dengan lingkungan pengendapan laut dangkal, delta atau *lagoon*. Formasi Batukelau memiliki kontak yang selaras dengan Formasi Batuayau yang berada di atasnya.

d. Formasi Batuayau

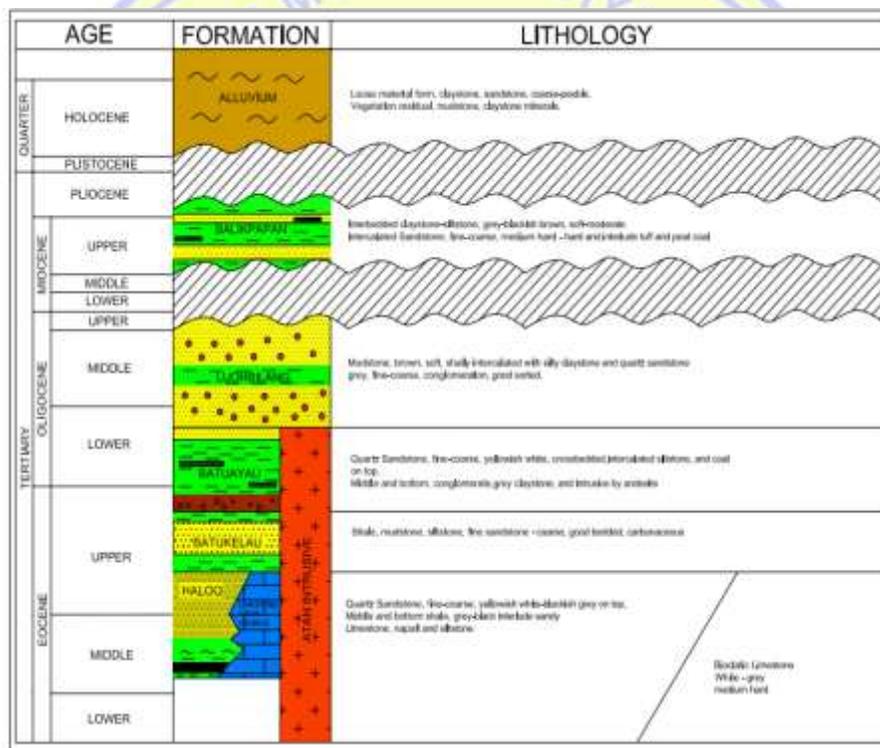
Terdiri dari batupasir kuarsa halus – kasar, warna putih kekuningan, silangsiur, berselang – seling dengan batulanau dan batulempung, pada bagian bawah dijumpai konglomerat dan sisipan batubara, di sebagian tempat Formasi Batuayau diterobos oleh batuan *intrusive* andesit. Umur formasi diperkirakan Eosen Atas - Oligosen Bawah dengan lingkungan pengendapan laut dangkal dan delta.

e. Formasi Ujohbilang

Formasi ini terdiri dari batulumpur menyerpih berwarna coklat dan batulempung warna abu-abu menyerpih, batupasir kuarsa sedang – kasar konglomeratan, putih kelabu, pemilahan baik. Umur dari formasi ini Oligosen Bawah – Oligosen Tengah, lingkungan pengendapan laut dangkal.

f. Formasi Balikpapan

Perselingan antara batulempung lanauan abu-abu kecokelatan dengan batupasir kuarsa butir halus – kasar dan sisipan tufa dan batubara. Diperkirakan berumur Miosen Atas – Pliosen, mempunyai hubungan tidak selaras dengan formasi batuan di atasnya, dengan lingkungan pengendapan *delta front – delta plain*.



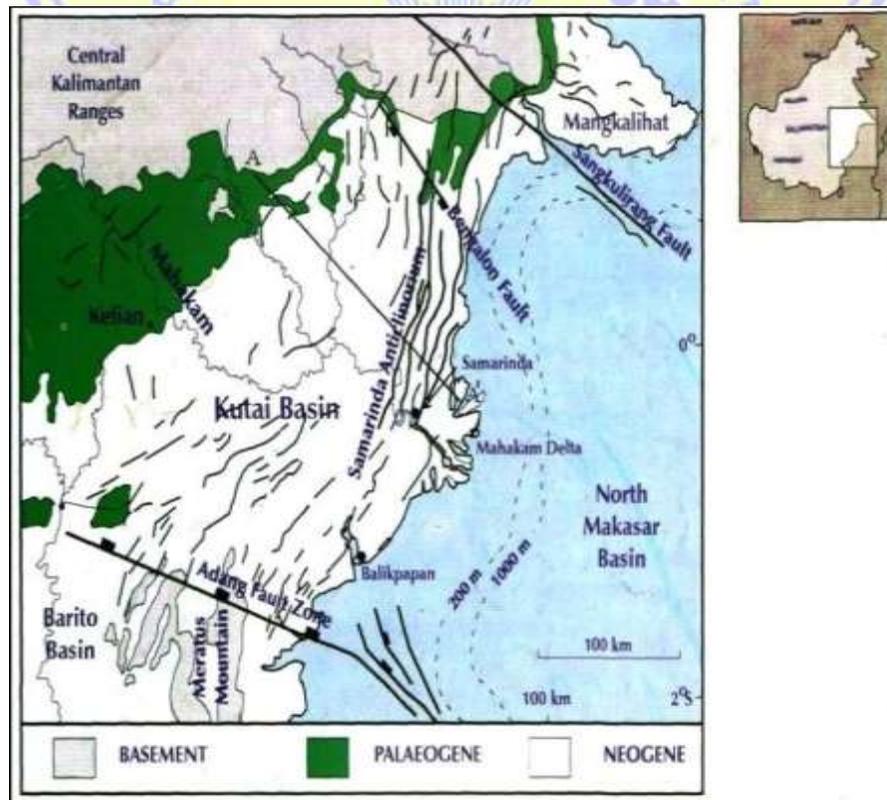
Gambar 3.3. Kolom Stratigrafi Regional Cekungan Kutai (MCS, 2018)

3.1.3 Struktur Geologi Regional

Struktur tektonik yang berkembang pada Cekungan Kutai mengarah dari Timur Laut-Barat Daya (NE-SW) yang dibentuk oleh Antiklinorium Samarinda, yang

berada di bagian Timur – Tenggara cekungan (*Supriatna dkk, 1995*). Antiklinorium Samarinda tersebut memiliki karakteristik terlipat kuat, antiklin asimetris dan dibatasi oleh sinklin-sinklin yang terisi oleh sedimen silisiklastik Miosen (*Satyana dkk, 1999*) dalam (MCS, 2018)

Teori mengenai asal terbentuknya struktur-struktur pada Cekungan Kutai masih dalam perdebatan. Beberapa peneliti mengajukan teori seperti *Vertical diapirism*, *gravitational gliding* oleh *Rose dan Hartono, 1978*; *Inversion trough regional wrenching* oleh *Biantoro dkk., 1992*; *Micro-continental collision, detachment folding above overpressured sediment* oleh *Chambers dan Daley, 1992*; *differential loading on deltaic sediment and inverted delta growth fault system* oleh *Ferguson dan McClay, 1997*. Secara umum digambarkan bahwa sesar dan struktur yang mempengaruhi pembentukan Cekungan Kutai dapat dilihat dalam Gambar 3.4



Gambar 3.4 Struktur Geologi Cekungan Kutai (MCS, 2018)

3.1.4 Sejarah Geologi Regional

Batuan dasar (*basement*) dari Cekungan Kutai diduga sebagai karakter benua dan samudera yang dikenal sebagai transisi mengambang (*rafted transitional*). Batuan dasar Cekungan Kutai berkaitan dengan segmen yang lebih awal pada periode waktu Kapur Akhir – Paleosen (70 – 60 MA). Cekungan pada bagian timur dan tenggara Kalimantan dikontrol oleh adanya proses pergerakan lempeng kerak samudera dari arah Tenggara yang mengarah ke Barat Laut Kalimantan.

3.2 Geologi Daerah Penyelidikan

3.2.1 Stratigrafi Daerah Penyelidikan

Daerah penyelidikan terdiri dari satuan-satuan batuan yang termasuk dalam formasi berikut ini.

1. *Formasi Balikpapan (Tmb).*

Perselingan antara batulempung lanauan abu-abu kecokelatan dengan batupasir kuarsa butir halus – kasar dan sisipan tufa dan batubara.

2. *Formasi Batuayau (Tea)*

Terdiri dari batupasir kuarsa halus – kasar, warna putih kekuningan, silangsiur, berselang seling dengan batulanau dan batulempung, pada bagian bawah dijumpai konglomerat dan sisipan batubara.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Data penelitian dapat dibagi atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung sebagai hasil observasi lapangan dan pengujian laboratorium, sedangkan data sekunder merupakan data-data yang disiapkan dan diperoleh dari perusahaan atau sumber lain. Data primer meliputi kondisi perlapisan batuan, kondisi muka air tanah, serta sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan. Data sekunder meliputi informasi umum perusahaan, peta topografi lubang bor, keadaan geologi daerah penelitian dan hasil analisis uji laboratorium.

4.2 Teknik Pengumpulan Data

4.2.1 Observasi Lapangan

Observasi lapangan meliputi kegiatan supervisi, deskripsi, dan pengambilan sampel *core* hasil pemboran, serta pengukuran Muka Air Tanah (MAT). Dari observasi lapangan diperoleh data primer berupa kondisi perlapisan tanah dan batuan serta kedalaman muka air tanah di masing-masing titik bor. Pengambilan sampel dan pengukuran muka air tanah dilaksanakan berdasarkan SOP pengambilan sampel geoteknik PT. Studio Mineral Batubara (Hendarto, 2018)

1. Prosedur Operasi Standar Pengambilan *Sample* Geoteknik

Mendapatkan *sample* geoteknik (Batuan atau Tanah) dalam bentuk *core* (inti bor) dari pemboran *coring* yang selanjutnya *sample* tersebut akan dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanik di laboratorium.

A. Peralatan Yang Digunakan

1. Seperangkat alat bor untuk *coring*.

2. GPS (untuk menentukan koordinat dan elevasi)

3. Penggaris

4. Meteran (minimal 3 meter)

5. Kamera Digital

6. *Core Box*

7. *Cutter* dan gunting

B. Perlengkapan Yang Dibutuhkan

1. Papan info (untuk dokumentasi)

2. Spidol Permanent dan tidak permanent

3. Lakban (Isolasi)

4. *Plastic Wrap*

5. *Aluminum Foil*

6. Pita atau lakban kertas / *marking tape* (Untuk *Id Sample*)

7. Plastik Rol (diameter Plastik Rol > diameter core)

8. Pipa Paralon (panjang paralon pengepakan \pm 1 meter, diameter 3 inci)

9. Serbuk Gergaji/sekam/busa (untuk mengisi sisa ruang pada pengepakan pada pipa paralon)

10. Tutup pipa paralon

11. Gergaji Besi

C. Alat Pelindung Diri

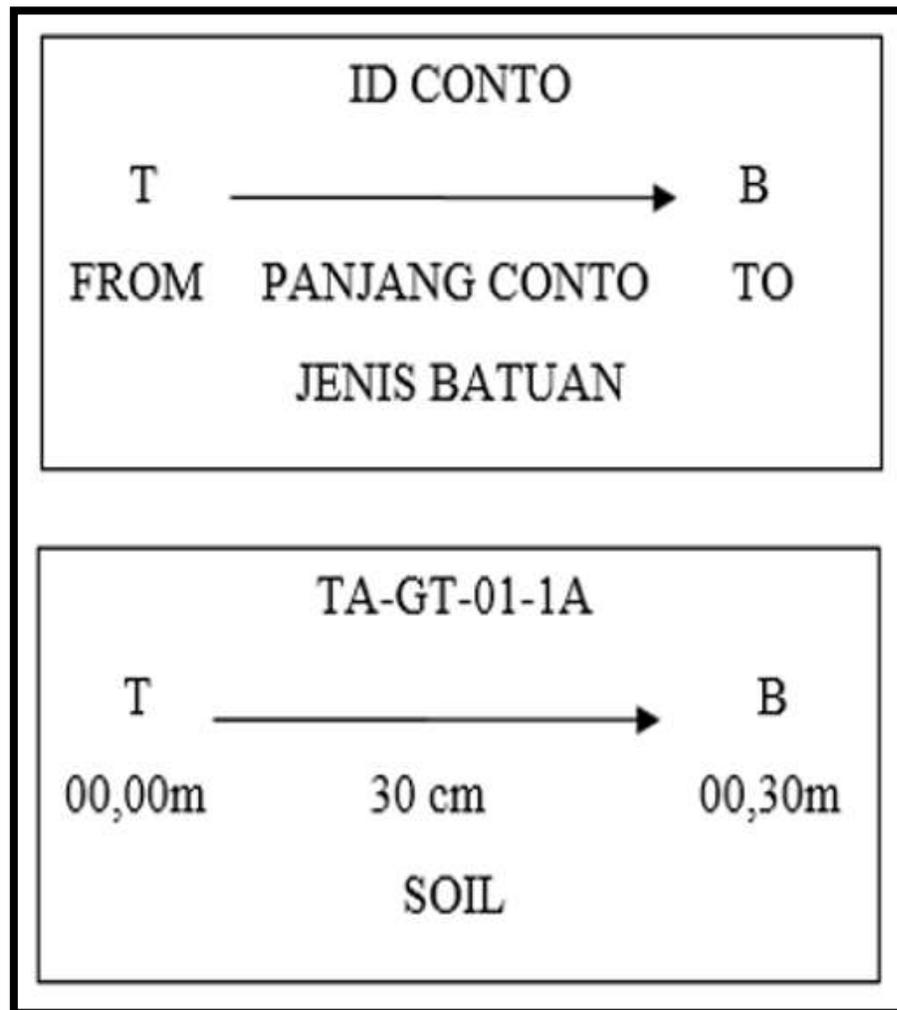
1. *Safety Shoes*

2. *Safety Helmet*
3. *Safety Glasses*
4. Sarung Tangan
5. *Ear Plug*
6. Masker
7. *Safety vest* (rompi)

D. Pengambilan *Sample* (*Sampling*)

1. Tentukan posisi titik pemboran dengan GPS
2. Setiap kali selesai satu run pemboran, ambil *core* dari dalam *core barrel* dalam keadaan bersih. *Core* dapat dikeluarkan dari *core barrel* dengan cara mekanik dari alat atau ditekan secara hidrolis (tidak boleh dipukul).
3. Letakkan *core* di atas meja, terima deskripsi *lithologi* dari seorang geologis.
4. Kriteria *core* yang dapat di jadikan *sample* adalah utuh/tidak retak/tidak pecah dan panjang minimal 2 kali diameter ($L \geq 2D$).
5. Lakukan pemotongan, jika panjang *core* utuh ≥ 1 meter dalam satu kali *run*, dengan tujuan agar *sample* dapat dimasukkan kedalam paralon pengepakan yang telah disiapkan dan untuk menjaga supaya *sample* yang diambil tidak patah dalam penanganan tahap berikutnya. Pemotongan *sample* dilakukan jika panjang *core*, untuk batuan keras >80 cm, dan batuan lemah >30 cm.
6. Pengelompokkan *sample* diambil 120 cm setiap satu jenis lapisan batuan (satu litologi setiap 50 m).
7. Setiap 120 cm (satu set) *sample core* tersebut merupakan satu kali pengujian laboratorium mekanika batuan.

8. Jika dalam satu kelompok jumlah *sample* kurang dari 1 set tiap lithologinya, maka seluruh *core* dikelompok tersebut diambil semuanya sebagai *sample*.
9. Pengelompokan *sample* tersebut berlaku dalam satu lubang bor.
10. Setiap kelompok *sample* dengan jumlah panjang total 120 cm akan dilakukan pengujian sebagai berikut :
 - a. Sifat Fisik, dibutuhkan *sample* dengan panjang 5 cm.
 - b. Kuat tekan uniaksial, dibutuhkan 1 *speciment* dengan panjang 2 kali diameter *core* (panjang ± 13 cm).
 - c. Geser Langsung, dibutuhkan 3 *speciment* dengan panjang tiap *speciment* 2 kali diameter *core* (panjang ± 36 cm).
 - d. *Pointload*, dibutuhkan *sample* dengan panjang 13 cm.
 - e. Ultrasonik, dibutuhkan *sample* dengan panjang 13 cm.
 - f. Air Asam Tambang (AAT), dibutuhkan *sample* dengan panjang 13 cm.
11. Setiap *Sample Core* yang diambil harus diperlakukan sebagai berikut :
 - a. Ambil foto *sample* setelah *core* keluar dari *core barel* bersihkan, tulis papan info
 - b. Lakukan pemotongan apabila diperlukan
 - c. Bungkus dengan *plastic wrap*
 - d. Bungkus dengan *aluminum foil*
 - e. Beri kode/identitas *sample* (nama conto), Contoh TA-GT-01-1A, nama lithologi (jenis batuan), Panjang *sample* dan beri tanda bagian *top* dan *bottom* (*from to*) dari *sample*.
 - f. Bungkus *plastic wrap*



Gambar 4.1 Papan Info Untuk Dokumentasi *sample* PT.TA (Hendarto, 2018)

- Ket : TA : Singkatan Dari Nama Perusahaan
 GT : Geoteknik
 01 : ID Lokasi Titik Bor Geoteknik
 1 : Nomor/Urutan Kelompok Lapisan Batuan
 A : Nomor/Urutan Sample (Setiap Potongan *sample*)

g. *Lakban Ujung dan Tengah pada sample*

- h. Ambil foto untuk *sample* yang sudah dibungkus kedalam *plastic wrap*, *aluminium foil*, diberi identitas, dibungkus *plastic wrap* dan dilakban atas, bawah, tengah.
 - i. Masukkan *sample* yang sudah dibungkus kedalam *plastic wrap*, *aluminium foil*, diberi identitas, dibungkus *plastic wrap* dan dilakban atas, bawah, tengah ke dalam plastik rol.
 - j. Masukkan kedalam pipa paralon dan paralon diberi identitas sesuai dengan *sample* yang dimasukkan pada masing-masing pipa.
 - k. Beri sabuk gergaji/sekam/busu pada sisa ruang agar *sample* di dalam pipa paralon tertahan dari guncangan.
 - l. Tutup pipa paralon dengan penutupnya dan diikat dengan lakban agar pipa tersebut tidak lepas.
 - m. Pengepakan dilakukan dengan memasukkan paralon yang berisi *sample* kedalam kotak kayu, berikan alamat dan siap dikirimkan ke laboratorium.
2. Prosedur Operasi Standar Pengujian *Slug Test* (MAT)
- Membuat konstruksi dan melakukan pengujian *slug test* terhadap masing-masing lubang bor hidrogeologi, untuk mendapatkan ketinggian muka air tanah.
- A. Peralatan Yang Digunakan
1. GPS
 2. *Automatic water level indicator*
 3. Kamera digital
 4. Alat ukur / meteran
 5. *Stopwatch* / jam tangan
 6. Mesin bor tangan dan mata bor
 - a. Diameter mata bor 4 mm, dan

- b. Diameter mata bor sama dengan diameter paku tembak
7. Gergaji besi
 8. Alat paku tembak (*stang rivet*)
 9. Cangkul
 10. Cetok
 11. Pompa air
- B. Perlengkapan Yang Dibutuhkan
1. Spidol permanen
 2. Lakban
 3. Pipa paralon konstruksi (Jenis AW1, diameter 1,5 inci)
 4. Pipa paralon *casing* (Jenis biasa, diameter sama dengan diameter lubang bor)
 5. Penyambung pipa paralon konstruksi (diameter 1,5 inci)
 6. Tutup pipa paralon konstruksi (diameter 1,5 inci)
 7. Lem pipa paralon
 8. Paku tembak (*rivet*)
 9. *Gravel*/Kerikil (ukuran $\pm 1,5$ inci)
 10. Pasir
 11. Semen
 12. Box untuk pengiriman *sample* air
- C. Alat Pelindung Diri (APD)
1. Sepatu (*safety shoes*)
 2. *Helmet*
 3. Sarung tangan
 4. Masker
 5. Rompi
- D. Prosedur Konstruksi Lubang Bor

1. Pembuatan pipa paralon saringan dengan mesin bor tangan
 2. *Flushing* lubang bor
 3. Pemasangan pipa paralon konstruksi dengan diameter 1,5 inci
 4. Pemasangan pipa paralon saringan dengan diameter 1,5 inci sesuai dengan target akuifer (pasir dan batubara)
 5. Pipa paralon konstruksi dibuat lebih tinggi $\pm 0,5$ meter dari permukaan tanah
 6. Pemasangan pipa paralon *casing* sampai kedalam tanah ± 4 meter (1 batang pipa)
 7. Pipa paralon *casing* dibuat lebih tinggi dari permukaan tanah atau sama dengan ketinggian pipa paralon konstruksi pada penjelasan nomor 5
 8. Masukkan *gravel pack* ke dalam lubang bor di luar pipa paralon konstruksi (diameter *gravel* harus lebih besar dari diameter lubang saringan)
 9. Lakukan *grouting* pada *collar* lubang bor
 10. Pembuatan apron (landasan beton pada permukaan lubang bor)
 11. Pemberian Identitas titik bor
 - a. Nama sumur uji
 - b. Hari, tanggal
 - c. Nama perusahaan
- E. Prosedur Uji Akuifer (*Slugtest*)
1. Uji akuifer dilaksanakan setelah 1 hari (24 jam) pembuatan konstruksi lubang bor selesai (pastikan bahwa landasan beton yang telah dibuat benar-benar kering)
 2. Tulis identitas lubang bor untuk pengujian pada lembar *slug test*
 - a. Nama sumur uji
 - b. Lokasi
 - c. Koordinat
 - d. Elevasi
 - e. Hari/Tanggal
 - f. Pelaksana pengujian
 - g. Kedalaman sumur uji

- h. Target
 - i. Diameter lubang bor
 - j. Diameter pipa konstruksi
 - k. Tebal akuifer yang diuji berdasarkan litologi/pipa saringan
 - l. Kedalaman muka airtanah statis/muka airtanah awal
 - m. Ukur dan tulis ketinggian pipa diatas permukaan tanah
3. Ukur muka airtanah (MAT) sebelum ditambahkan air.
 4. Menambahkan air ke dalam pipa konstruksi hingga penuh
 5. Ukur dan tentukan ketinggian muka airtanah setelah ditambahkan air / tinggi penambahan MAT (he)
 6. Amati dan catat penurunan muka airtanah dengan selang waktu tertentu, yaitu menit ke 0, 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 120, dan 150
 7. Jika pada saat mengamati dan mencatat penurunan muka airtanah terdapat tiga kali pengukuran dengan angka yang sama (kondisi statis/terjadi penurunan sangat kecil sekali) maka pengujian dapat dihentikan, pengujian selesai.
 8. Sumur uji harus ditutup dengan penutup pipa paralon berdiameter sama dengan diameter pipa konstruksi.
 9. Dokumentasi (saat konstruksi, pengujian dan pengambilan sample air)

4.3 Pengolahan Data

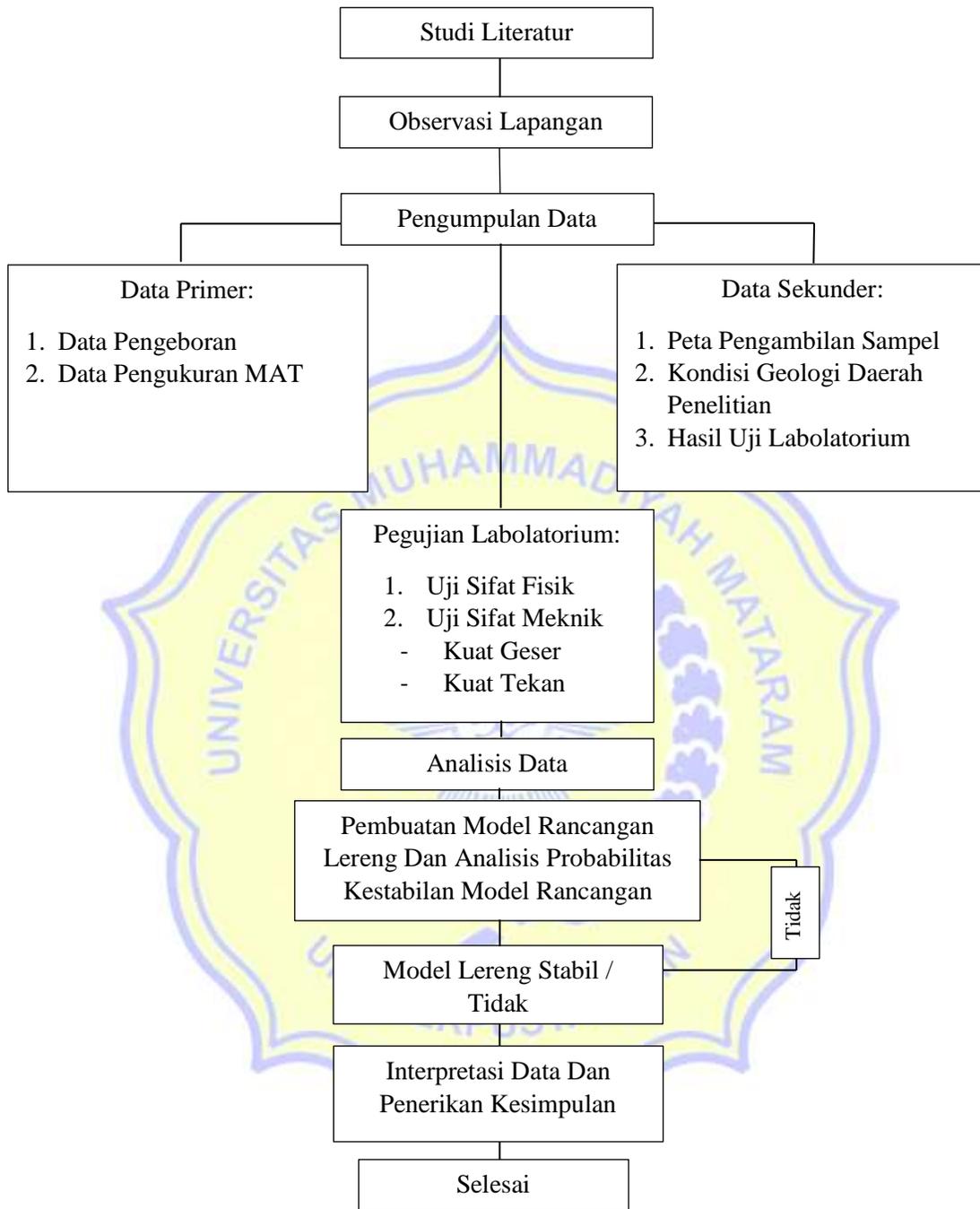
Adapun data yang akan diolah dari hasil pengujian laboratorium meliputi bobot isi basah, bobot isi kering, bobot isi jenuh, hasil kohesi, dan sudut geser dalam.

4.4 Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari kegiatan penelitian yang mencakup seluruh hasil dari pengolahan data yang disusun dalam bentuk laporan.

4.5 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan bagan alir dari penelitian yang dilakukan seperti pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian