

**ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG
MENGUNAKAN DATA PENDUKUNG GEOLISTRIK
RESISTIVITAS PADA TAMBANG BATUBARA
PT. AMANAH ANUGERAH ADI MULIA, KECAMATAN
KINTAP, KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI

Oleh:
MOHAMMAD INGGIL TAUFANI
135090707111011



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

repository.ub.ac.id

**ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG
MENGUNAKAN DATA PENDUKUNG GEOLISTRIK
RESISTIVITAS PADA TAMBANG BATUBARA
PT. AMANAH ANUGERAH ADI MULIA, KECAMATAN
KINTAP, KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang Fisika

Oleh:

MOHAMMAD INGGIL TAUFANI

135090707111011



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG
MENGUNAKAN DATA PENDUKUNG GEOLISTRIK
RESISTIVITAS PADA TAMBANG BATUBARA
PT. AMANAH ANUGERAH ADI MULIA, KECAMATAN
KINTAP, KALIMANTAN SELATAN**

oleh:
MOHAMMAD INGGIL TAUFANI
135090707111011

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains dalam bidang Fisika**

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Alamsyah M Juwono, M.Sc., Ph.D
NIP. 19600421 1988 02 1001

Yan Andrianis Mahartadika, ST
NIK. 84 2008 06 457

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Prof. Dr. rer. nat. Muhammad Nurhuda
NIP. 196409101990021001



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Inggil Taufani

NIM : 135090707111011

Jurusan : Fisika

Penulis Skripsi Berjudul:

**Analisis Kestabilan Lereng Tambang Menggunakan Data
Pendukung Geolistrik Resistivitas Pada Tambang Batubara
PT. Amanah Anugerah Adi Mulia, Kecamatan Kintap,
Kalimantan Selatan**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam daftar pustaka Tugas Akhir ini, semata-mata digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila dikemudian hari diketahui bahwa isi Tugas Akhir saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 15 September 2018
Yang menyatakan,

Mohammad Inggil Taufani
NIM. 135090707111011

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



repository.ub.ac.id

**ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG
MENGUNAKAN DATA PENDUKUNG GEOLISTRIK
RESISTIVITAS PADA TAMBANG BATUBARA
PT. AMANAH ANUGERAH ADI MULIA, KECAMATAN
KINTAP, KALIMANTAN SELATAN**

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian kestabilan lereng pada tambang terbuka PT. A3M, Kalimantan Selatan di lokasi pit Amanah. Penelitian dilakukan pada 2 lintasan lereng bagian utara yang memiliki elevasi paling tinggi. Digunakan data geolistrik resistivitas sekunder untuk mengetahui kondisi bawah permukaan lereng serta sebagai data pendukung dalam melakukan pemodelan bawah permukaan lereng. Hasil pengolahan data geolistrik diperoleh kondisi bawah permukaan lereng tidak ditemukannya zona patahan maupun akuifer pada batuan dasar. Tinggi timbunan dari interpretasi data geolistrik pada lintasan A sebesar 35 m dengan elevasi 25 m sedangkan pada lintasan B sebesar 25 m dengan elevasi 20 m. Data tersebut dibutuhkan dalam pemodelan lereng selanjutnya dengan bantuan *software AutoCAD* 2009. Perhitungan kestabilan lereng digunakan bantuan program *slide* versi 6.0. Berdasarkan hasil perhitungan analisa diperoleh faktor keamanan pada lintasan A sebesar 1,184 sedangkan pada lintasan B sebesar 1,216. Menurut Bowles (1984) angka nilai faktor keamanan tersebut berada pada angka kritis di mana kedua lereng tersebut masih rawan terhadap longsor, oleh sebab itu diperlukan desain ulang kondisi lereng hingga diperoleh angka yang cukup stabil yaitu nilai faktor keamanan di atas 1,25. Desain ulang dapat dilakukan dengan cara penurunan elevasi *ramp* maupun pelandaian sudut lereng (metode *cut and fill*).

Kata kunci: geolistrik, kestabilan lereng, faktor keamanan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



repository.ub.ac.id

**MINE SLOPE STABILITY ANALYSIS USING
GEOELECTRICITY COMPLEMENTARY DATA AT
PT. AMANAH ANUGERAH ADI MULIA COAL MINE,
KINTAP SUB-DISTRICT, SOUTH KALIMANTAN**

ABSTRACT

A research about slope stability in open pit PT. A3M, South Kalimantan at the Amanah's pit location, has been conducted. The study was carried out on two lines of northern slope which have the highest elevation. Secondary georesistivity data are used to determine the condition subsurface of the slope, as well as supporting data in modeling subsurface of the slope. The results of the processing of the data of geoelectricity obtained, are that in the subsurface not fault was found, nor aquifer zone at the bedrock. The height of the heap from interpretation of geoelectricity data on line A is 35 m, with elevation 25 m, while on line B the heap is 25 m, with elevation of 20 m. Data is still needed in subsequent slope modeling using AutoCAD 2009 software. Slope stability calculations were done by using slide software version 6.0. Based on the results of the analysis calculation, it was obtained that the safety factor on line A was 1.184, while on line B was 1.216. According to Bowles (1984), the value of safety factor is at critical number, where the both lines of the slopes are still susceptible to landslide. Therefore, it is necessary to redesign the slope conditions to obtain a fairly stable value, where the value of the safety factor is above 1.25. Redesign can be done by decreasing ramp elevation or slope angle reduction (cut and fill method).

Keyword: geoelectricity, slope stability, safety factor

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Kestabilan Lereng Tambang Menggunakan Data Pendukung Geolistrik Resistivitas Pada Tambang Batubara PT. Amanah Anugerah Adi Mulia, Kecamatan Kintap, Kalimantan Selatan”**.

Selama penelitian dan penulisan skripsi, penulis banyak mendapatkan ilmu dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis (Achnan Rosyadi dan Ma'rifah) serta kedua kakak penulis (Rosalina Bilqist dan Muhammad Bayu Bahtera) yang senantiasa mendoakan dan memotivasi setiap waktu.
2. Bapak Drs. Alamsyah M Juwono, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi atas ilmu dan saran selama bimbingan skripsi
3. Bapak Prof. Dr. rer. nat. Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Brawijaya, serta bapak Adi Susilo, Ph.D selaku dosen pembimbing akademik selama penulis menjadi mahasiswa
4. Ibu Amalia Cahyarini serta ibu Rila yang telah membantu pelaksanaan penelitian skripsi.
5. Bapak Kunciung selaku SPV HRD dan Ibu Fazrina selaku sekretaris perusahaan yang senantiasa memberikan arahan bagi penulis didalam perusahaan.
6. Bapak Bayu R selaku staff Departemen HRP GA & FA yang membantu administrasi dan keperluan penulis selama melaksanakan penelitian tugas akhir skripsi.
7. Bapak Erwin Setiawan, bapak Teguh Priyo Widodo serta bapak Wendi selaku staff Departement SHE yang membantu memberikan informasi mengenai K3 didalam perusahaan.
8. Keluarga besar Departemen *Engineering* PT. Amanah Anugerah Adi Mulia yang telah memberikan banyak ilmu baik secara teknis maupun non-teknis, di antaranya: bapak Yan Andrianis Mahartadika selaku *Supervisor Engineering* sekaligus pembimbing lapangan penulis diperusahaan, bapak Muhammad Nurhadi yang banyak mengajarkan penulis

mengenai kondisi lapangan di pertambangan, bapak Hendro Putranto, bapak Edi waluyo, bapak Riscy Mamana Ginting, bapak Philip Johannes Silitonga, dan semua staff serta teman penelitian tugas akhir Rizkiansyah atas ilmu, bantuan, dan kebersamaannya baik di lapangan maupun di kantor.

9. Dosen dan Staff Jurusan Fisika Universitas Brawijaya atas ilmu dan pelayanan akademis selama penulis menjadi mahasiswa
10. Teman-teman seperjuangan Geofisika dan jurusan lainnya Universitas Brawijaya angkatan 2013 atas kerjasama, berbagi ilmu dan kebersamaan selama di bangku perkuliahan, terutama kepada teman yang selalu membantu penulis Wirawati, Kiki Suci Arumsari, Taufiqurrahman Nur Ashar, Yossi Ardianto, Vania IqSORA, Uswatun Hasanah, Jessica Indah Oktaviana, Wildan Ihsan Sabila, Mochammad Yahya Aji, Afif H, Nadia Indah Syafitri, Winda Rizkita, Rizqi Fadilah, Novalia Etna, dan semua teman-teman yang kebanyakan kalau disebutkan semua.
11. Dikita Astrianti yang telah bersedia berbagi ilmu matematika dan statistika.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala ilmu, bantuan, dukungandan doa yang diberikan kepada penulis selama penelitian dan juga selama menuntut ilmu di Universitas Brawijaya Malang.

Penulis mohon maaf apabila dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dari segi isi maupun sistematika penulisan, sehingga diharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca. Terima kasih.

Malang, 17 September 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Geologi Regional Kintap.....	5
2.2 Metode Geolistrik Resistivitas	6
2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Nilai Resistivitas	9
2.4 Tanah Longsor.....	11
2.5 Kestabilan Lereng.....	14
2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	19
3.2 Rancangan Penelitian	19
3.3 Perangkat Lunak yang Digunakan.....	20
3.4 Pengolahan Data.....	21
3.5 Interpretasi Data	25
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Kondisi Bawah Permukaan Penampang 2D Resistivitas	27
4.2 Interpretasi Tinggi Timbunan <i>Disposal</i>	28
4.3 Analisa Kestabilan Lereng Hasil Pemodelan 2D	30
BAB V PENUTUP.....	33
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	33

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta geologi regional Kalimantan Selatan (Satyana, Silitonga. 1994).....	5
Gambar 2.2 Aliran arus pada permukaan medium homogen (Telford, dkk. 1990).....	9
Gambar 2. 3 Skema longsoran busur (Arif, 2016)	12
Gambar 2. 4 Skema longsoran bidang (Arif, 2016)	13
Gambar 2. 5 Skema longsoran baji (Arif, 2016)	13
Gambar 2. 6 Skema longsoran guling (Arif, 2016).....	14
Gambar 2. 7 Gaya kesetimbangan batas pada suatu lereng.....	16
Gambar 2. 8 Resultan gaya yang bekerja pada irisan lereng (Zhu, 2008).....	17
Gambar 3. 1 Lokasi Tambang Batubara (Google Earth).....	19
Gambar 3. 2 Format data geolistrik dalam notepad	22
Gambar 3. 3 Penampang hasil inversi resistivitas dalam Res2Dinv	23
Gambar 3. 4 Pemodelan lintasan dalam program AutoCAD	23
Gambar 3. 5 Pemodelan bidang gelincir dalam software.....	24
Gambar 3. 6 Perhitungan fk pada irisan dalam bidang gelincir	24
Gambar 4. 1 Penampang resistivitas 2D lintasan A	27
Gambar 4. 2 Penampang resistivitas 2 D lintasan B	27
Gambar 4. 3 Interpretasi tinggi timbunan <i>disposal</i> lintasan A.....	29
Gambar 4. 4 Interpretasi tinggi timbunan <i>disposal</i> lintasan B	29
Gambar 4. 5 Pemodelan AutoCAD 2009 lintasan A.....	30
Gambar 4. 6 Pemodelan AutoCAD 2009 lintasan B	30
Gambar 4. 7 Hasil analisa faktor keamanan lintasan A.....	31
Gambar 4. 8 Hasil analisa faktor keamanan lintasan B.....	32

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai resistivitas batuan dan mineral Milsom (2003)	11
Tabel 2. 2 Hubungan nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor.....	18





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Mekanika Tanah	37
Lampiran 2 Model Lintasan Area Pertambangan.....	38



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Amanah Anugerah Adi Mulia adalah perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dan penjualan batubara. PT. Amanah Anugerah Adi Mulia berdiri sejak tahun 2001 dan merupakan anak perusahaan dari Amanah Group. Daerah tambang perusahaan terletak didekat Desa Riam Adungan, Kecamatan Kintap, Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Perusahaan ini, sebagai perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan dan penjualan batubara, akan melakukan aktivitas eksplorasi dan eksploitasi batubara sebagai bahan galian utama. Adanya kegiatan penambangan maupun pasca tambang seperti penggalian dan penimbunan pada lereng tambang terbuka, dapat mengakibatkan terganggunya kestabilan lereng tambang hingga memicu potensi kelongsoran.

Lereng merupakan suatu bidang permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Kestabilan lereng tambang merupakan faktor yang sangat penting karena menyangkut keselamatan pekerja dan kelancaran produksi. Struktur serta litologi bawah permukaan pada lereng sangat mempengaruhi stabilitas dari lereng tersebut. Setiap jenis batuan yang menyusun batuan lereng memiliki sifat fisik dan mekanik yang berbeda-beda yang akan mempengaruhi tingkat stabilitas suatu lereng.

Metode geolistrik resistivitas merupakan metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai resistivitas bawah permukaan. Setiap batuan memiliki rentang nilai resistivitas tersendiri, sehingga litologi batuan dapat dibedakan berdasarkan harga resistivitas yang diperoleh dari pengukuran metode geolistrik. Metode geolistrik juga dapat digunakan untuk mengetahui bidang batas bawah permukaan serta mengetahui adanya rekahan yang dapat memicu kelongsoran.

Lereng pada zona tambang juga merupakan jalur transportasi dan pengangkutan material tambang. Lereng *disposal pit* area tambang pada lokasi penelitian merupakan jalur utama pengangkutan *waste dump* materials yang akan digunakan dalam penutupan lubang tambang sebagai tahapan reklamasi. Lereng *disposal* merupakan

lereng yang dibuat dari timbunan tanah *top soil* saat penggalian *pit* area tambang. Terganggunya kestabilan lereng tersebut akan dapat menghambat kegiatan reklamasi. Metode geolistrik dapat diterapkan untuk mengetahui tinggi timbunan lereng *disposal*, serta dapat digunakan untuk mencari zona lemah seperti pada batuan dasar maupun terdapatnya jebakan akuifer, sehingga dapat membantu dalam analisa kestabilan lereng untuk memperoleh nilai faktor keamanan.

1.2 Perumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini, di antaranya, adalah:

1. Bagaimana kondisi bawah permukaan lereng tambang batubara PT. Amanah Anugerah Adi Mulia berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik?
2. Berapa tinggi timbunan *disposal* pada lereng tambang batubara PT. Amanah Anugerah Adi Mulia berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik?
3. Bagaimana kestabilan lereng tambang pada lokasi pengukuran berdasarkan hasil interpretasi data geolistrik yang telah diperoleh?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada pit Amanah lereng tambang Utara bagian barat.
2. Parameter yang digunakan untuk menganalisa kestabilan lereng adalah tinggi dan sudut geometri lereng berdasarkan interpretasi data geolistrik.
3. Metode analisa yang digunakan adalah *Limit Equilibrium* dengan pendekatan perhitungan Bishop.
4. *Software* yang digunakan dalam analisa adalah *rockscience slide* 6.0.
5. Data sekunder berupa data geolistrik, fisik dan mekanik batuan (seperti porositas, berat isi dan lain sebagainya) digunakan

repository.ub.ac.id

sebagai data pendukung dalam menentukan kestabilan lereng tambang.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dirumuskan tujuan dari penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi bawah permukaan lereng tambang batubara PT. Amanah Anugerah Adi Mulia berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik.
2. Mengetahui tinggi timbunan *disposal* pada lereng tambang batu bara PT. Amanah Anugerah Adi Mulia berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik.
3. Mengetahui kestabilan lereng tambang pada lokasi pengukuran berdasarkan hasil interpretasi data geolistrik yang telah diperoleh.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini bagi pembaca adalah sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai referensi dalam kajian ilmiah maupun pengembangan penelitian selanjutnya dengan topik yang terkait.
2. Memberikan informasi bagi perusahaan mengenai kondisi bawah permukaan lereng tambang di daerah penelitian.
3. Mengetahui nilai faktor keamanan dari lokasi lereng yang ditinjau untuk dijadikan pertimbangan bagi perusahaan dalam melakukan desain ulang pada lereng.

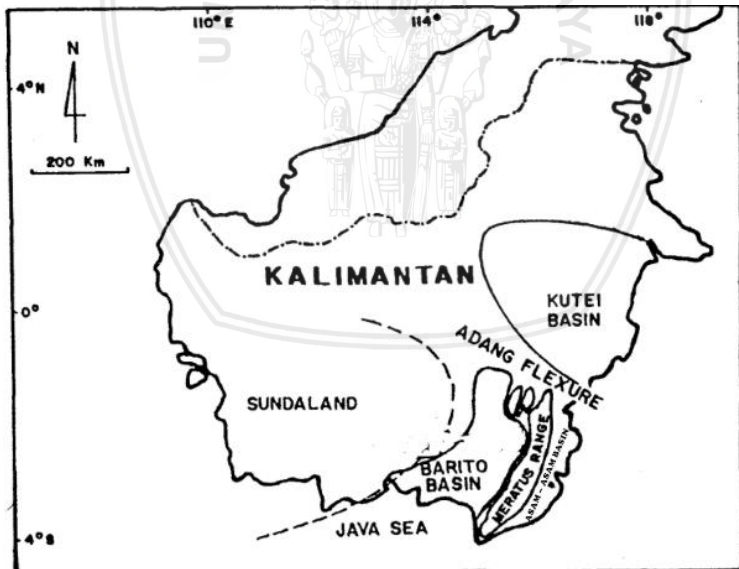


(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Kintap

Pulau Kalimantan banyak tersebar daerah rawa-rawa serta fluvial. Daerah dataran tinggi serta pegunungan juga tersebar pada pulau ini. Menurut Satyana (1995), Cekungan yang berada pada Kalimantan Selatan adalah Cekungan Barito dan Cekungan Asam-asam. Cekungan Barito dan Cekungan Asam-Asam merupakan cekungan yang sama, hingga pada Miosen awal terjadi pengangkatan pegunungan Meratus yang memisahkan kedua cekungan tersebut. Bagian utara berbatasan dengan Cekungan Kutai yang dipisahkan oleh Sesar Andang, sedangkan pada bagian barat dibatasi oleh Paparan Sunda. Peta regional cekungan pada Kalimantan Selatan dapat dilihat pada Gambar 2.1. Kintap, merupakan salah satu Kecamatan yang terletak pada Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Pada daerah Kecamatan Kintap ini berada pada Cekungan Asem-asem.



Gambar 2. 1 Peta geologi regional Kalimantan Selatan (Satyana, Silitonga, 1994)

repository.ub.ac.id

Pola kelurusan pada Pulau Kalimantan bagian selatan umumnya berarah timur laut – barat daya dan tenggara – barat laut (Satyana, Silitonga, 1994). Struktur geologi pada lokasi penelitian berupa lipatan dan sesar naik berarah utara-timurlaut – selatan-baratdaya, sesar turun berarah utara-timur laut – selatan-barat daya, serta sesar-sesar mendatar banyak juga ditemui, umumnya berupa sesar sinistral dengan jurus bidang sesar berarah barat laut – tenggara.

Stratigrafi Kalimantan Selatan memiliki 4 formasi geologi, yaitu, Formasi Tanjung, Formasi Berai, Formasi Warukin, serta Formasi Dohor. Formasi-formasi tersebut diperkirakan berumur Eosen hingga Pliosen.

Formasi Tanjung memiliki litologi batu lempung katbonat dengan lapisan batubara berumur Pre-Tersier. Bagian atas formasi ini, terdapat endapan berupa karbonat sebagai awal dari pembentukan Formasi Berai.

Formasi Berai memiliki litologi berupa endapan karbonat. Formasi Berai berada selaras di atas Formasi Tanjung, meskipun di beberapa bagiannya terdapat ketidak selarasan. Formasi Berai berumur Oligosen Awal hingga Miosen Tengah.

Formasi Warukin memiliki litologi batuan yang terdiri atas batu lempung karbonat, batu pasir karbonat serta batubara. Formasi Warukin terendapan selaras dengan Formasi Berai dan berumur sekitar Miosen Tengah hingga Miosen Akhir.

Formasi Dahor memiliki litologi batuan berupa batu lempung-pasir yang berumur Miosen Akhir hingga Pliosen. Formasi Dahor diendapkan selaras di atas Formasi Warukin (Kusuma, 2012).

2.2 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di bawah permukaan bumi. Prinsip kerja metode geolistrik dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik ke permukaan tanah melalui sepasang elektroda arus dan mengukur beda potensialnya dengan sepasang elektroda potensial. Bila arus listrik dialirkan ke dalam suatu medium dan diukur beda potensialnya (tegangan), maka nilai hambatan dari medium tersebut dapat dihitung. Pengukuran geolistrik ini didasarkan pada kenyataan bahwa material yang berbeda akan mempunyai tahanan jenis yang berbeda apabila dialiri arus listrik sehingga dapat diperoleh

gambaran mengenai lapisan tanah di bawah permukaan bumi (Wijaya, 2015).

Metode geolistrik resistivitas memiliki 2 macam penyelidikan dalam pengambilan datanya, antara lain yakni pengambilan data secara *mapping* dan pengambilan data secara *sounding*. Metode penyelidikan geolistrik resistivitas secara *mapping* merupakan metode yang bertujuan untuk mengetahui variasi resistivitas lapisan tanah bawah permukaan secara horizontal. Sedangkan metode penyelidikan resistivitas secara *sounding* bertujuan untuk mengetahui variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal (Effendy, 2012).

Menurut Muallifah (2009), konsep dasar pengukuran resistivitas batuan didasarkan pada hasil uji laboratorium, di mana sampel berbentuk balok dengan panjang L dan luas A , dialiri arus I untuk diukur beda potensial V .

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.1)$$

Menurut hukum Ohm, bahwa besarnya arus listrik sebanding dengan beda potensial. Hubungan antara arus listrik, beda potensial dengan resistansi dapat dinyatakan sebagai berikut,

$$V = R I \quad (2.2)$$

Sehingga nilai resistivitasnya adalah sebagai berikut,

$$\rho = R \frac{A}{L} = \frac{V}{I} \cdot \frac{A}{L} \quad (2.3)$$

Keterangan::

R = Hambatan yang diukur (resistansi) (Ω)

ρ = resistivitas bahan (Ωm)

L = panjang (m)

A = Luas penampang (m^2)

V = Beda potensial (V)

I = Kuat arus yang melalui bahan (A)

Menurut Telford, dkk (1990), pada medium homogen isotropis dengan rapat arus J , besarnya arus yang melalui medium δA adalah sebesar,

$$\delta I = J \cdot \delta A \quad (2.4)$$

Nilai rapat arus J (ampere/m²) dan medan listrik E (volt/m) berhubungan melalui hukum Ohm sebagai berikut,

$$J = \sigma E \quad (2.5)$$

Konduktivitas σ (Siemens/m) merupakan kebalikan dari resistivitas ρ , sehingga diperoleh,

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{I}{V} \cdot \frac{L}{A} = \frac{J}{E} \quad (2.6)$$

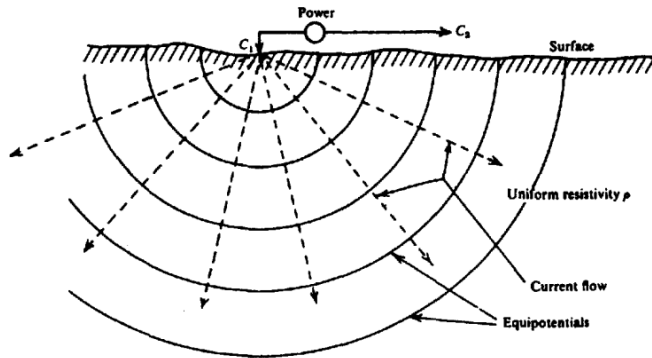
Medan listrik E adalah medan konservatif, yaitu medan yang dalam kaitan dengan potensial dapat dituliskan sebagai berikut,

$$E = -\nabla V \quad (2.7)$$

Dari persamaan (2.5) dan (2.7), sehingga rapat arus J dapat dituliskan sebagai,

$$J = -\sigma \nabla V \quad (2.8)$$

Pada permukaan bumi, arus I di atas permukaan bumi akan menjalar secara radial. Apabila terdapat udara di atas titik elektroda arus yang memiliki konduktivitas sama dengan nol, maka garis arus dan potesialnya akan berbentuk setengah bola atau $2\pi r^2$ seperti pada Gambar 2.2 berikut,



Gambar 2. 2 Aliran arus pada permukaan medium homogen (Telford, dkk. 1990).

Sehingga dari persamaan (2.5) dapat dituliskan,

$$\frac{I}{A} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{V}{r} \tag{2.9}$$

$$\frac{I}{2\pi r^2} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{V}{r} \tag{2.10}$$

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \tag{2.11}$$

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \tag{2.12}$$

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Nilai Resistivitas

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai tahanan jenis dari suatu batuan, misalnya kandungan air, tekstur batuan, jenis batuan, porositas dan permeabilitas, kandungan mineral lempung serta salinitas (Ishaq, 2008).

1. Kandungan air

Semakin besar kandungan air yang terdapat dalam batuan maka akan semakin kecil nilai resistivitasnya. Hal ini dikarenakan banyak

terdapat kandungan ion pada air yang berada dalam tanah ataupun batuan.

2. Tekstur batuan

Tekstur batuan terkait dengan ukuran, bentuk, dan susunan batuan. Tekstur batuan ini akan menentukan besar rongga pada suatu batuan. Rongga tersebut akan berpengaruh besarnya tahanan jenis apabila terisi oleh fluida maupun udara.

3. Jenis batuan

Setiap batuan memiliki tingkatan tahanan jenis yang berbeda. Hal tersebut disebabkan oleh kandungan dan komposisi kimia dari tanah maupun batuan tersebut. Suatu material yang memiliki kandungan suatu logam akan memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dari pada material yang tidak terdapat kandungan logamnya.

4. Porositas dan permeabilitas

Porositas merupakan perbandingan rongga atau pori dalam batuan sedangkan permeabilitas merupakan kemampuan batuan untuk meloloskan suatu fluida. Pengaruh porositas dan permeabilitas ini didasarkan oleh kandungan fluida yang dapat tersimpan dalam batuan sehingga dapat mempengaruhi nilai resistivitas batuan.

5. Mineral lempung

Mineral lempung memiliki sifat resistivitas yang relatif rendah. Menurut Kurniawan (2014), sifat resistivitas mineral lempung yang rendah disebabkan oleh adanya muatan listrik negatif yang dihasilkan oleh ion-ion penyusun lempung.

6. Salinitas

Kadar garam yang tinggi dalam suatu fluida menyebabkan nilai tahanan jenis lebih rendah. Hal ini disebabkan garam mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan arus listrik dengan baik.

Pada metode geolistrik, besar resistivitas batuan ditentukan dari suatu tahanan jenis yang dihitung dari pengukuran perbedaan potensial antar elektroda yang ditempatkan di bawah permukaan. Menurut Milsom (2003) nilai resistivitas batuan sangat dipengaruhi oleh resistivitas fluida dalam pori pada batuan. Suatu batuan yang homogen akan menunjukkan nilai resistivitas yang hampir serupa saat dilakukan pengukuran listrik. Contoh nilai resistivitas batuan dan mineral disajikan pada Tabel 2.1. Besar nilai resistivitas suatu batuan (non-ore minerals) yang lebih dari 10.000 Ωm , atau kurang dari 1 Ωm , jarang ditemui dalam survei lapangan.

Tabel 2. 1 Nilai resistivitas batuan dan mineral (Milsom, 2003)

Batuan	Resistivitas (Ωm)
Humus (top soil)	50 – 100
Pasir	500 – 5000
Kerikil	100 – 600
Lempung	1 – 100
Batu pasir	200 – 8000
Batu gamping	500 – 10000
Gabbro	100 – 500000
Granit	200 – 100000
Basalt	200 – 100000
Slates	500 – 500000
Kuarsit	500 – 800000
Ore minerals	Resistivitas (Ωm)
Pyrite	0.001 – 100
Pyrrhotite	0.001 – 0.01
Chalcopyrite	0.005 – 0.1
Galena	0.001 – 100
Sphalerite	1000 – 1000000
Magnetite	0.01 – 1000
Cassiterite	0.001 – 10000
Hematite	0.01 – 1000000

2.4 Tanah Longsor

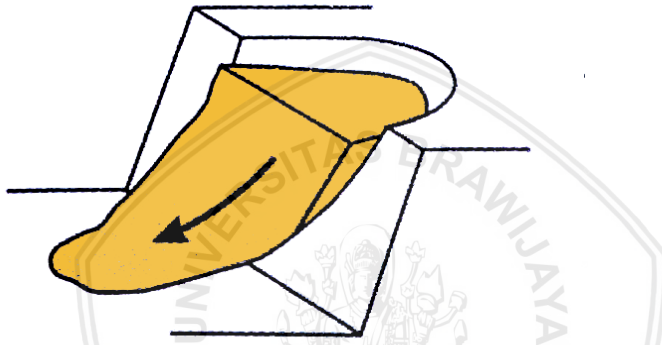
Bencana longsor seringkali menyebabkan korban jiwa, serta kerugian material yang sangat besar. Tingkat pelapukan yang tinggi, kecuraman lereng, dan curah hujan yang tinggi menjadi pemicu terjadinya bencana longsor. Potensi terjadinya longsor dapat diminimalkan dengan mengenali topologi lereng yang rawan longsor, gejala awal lereng akan bergerak, serta sistem peringatan dini yang efektif (Apriyono, 2009).

Menurut Arif (2016), suatu lereng pertambangan yang tidak stabil dapat mengalami longsor sampai lereng tersebut menemukan keseimbangan yang baru, hingga menjadi stabil kembali. Terdapat beberapa macam longsor yang dapat terjadi pada lereng

pertambangan antara lain longsoran busur, longsoran bidang, longsoran baji, serta longsoran guling.

1. Longsoran Busur (*Circular Failure*)

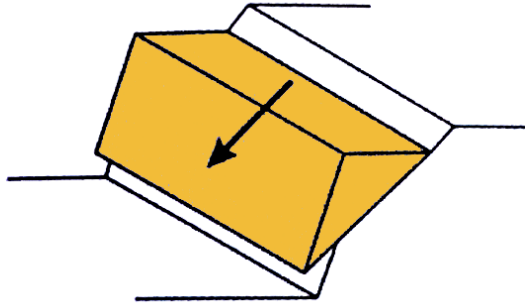
Longsoran busur banyak terjadi pada lereng-lereng tanah serta lereng-lereng timbunan. Bentuk bidang gelincir jenis longsoran ini berupa lengkungan lingkaran, yang menyerupai busur bila dilihat dari penampang melintang. Gambar longsoran busur dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema longsoran busur (Arif, 2016).

2. Longsoran Bidang (*Plane Failure*)

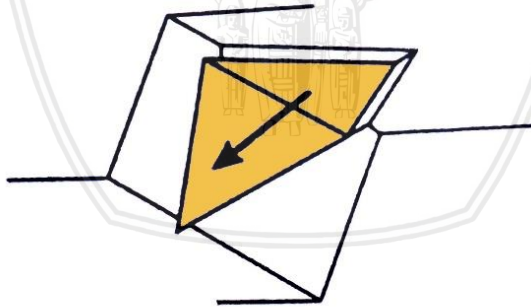
Longsoran bidang, atau *plane failure*, merupakan jenis longsoran yang jarang terjadi di area pertambangan. Namun, longsoran ini akan sangat mungkin terjadi apabila terdapat kondisi yang menunjang. Longsoran ini biasa terjadi apabila terdapat struktur geologi yang berkembang, seperti adanya kekar (*joint*) maupun patahan, yang searah terhadap bidang gelincirnya. Skema longsoran bidang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Skema longsoran bidang (Arif, 2016).

3. Longsoran Baji (*Wedge Failure*)

Longsoran baji serupa seperti longsoran bidang, yang lebih diakibatkan oleh perkembangan struktur geologi (kekar). Namun, longsoran baji terjadi akibat terdapatnya dua struktur geologi yang berkembang dan saling berpotongan sehingga membentuk bidang gelincir. Contoh dari longsoran baji dapat dilihat pada Gambar 2.5.

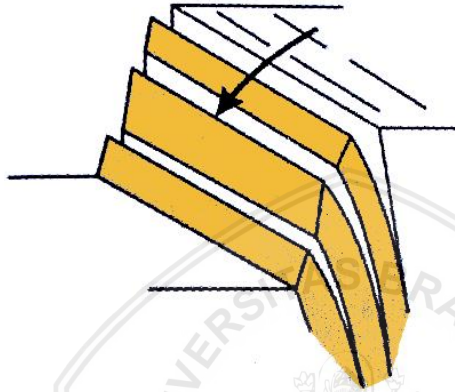


Gambar 2. 5 Skema longsoran baji (Arif, 2016).

4. Longsoran Guling (*Toppling Failure*)

Longsoran guling, yang skema terjadinya terlihat pada Gambar 2.6, umumnya terjadi pada permukaan lereng yang terjal, serta pada

jenis batuan yang keras, di mana struktur bidang lemahnya berbentuk menyerupai kolom. Longsoran ini terjadi apabila bidang lemah yang terdapat pada lereng memiliki sudut kemiringan yang tegak hingga berlawanan dengan arah kemiringan lereng.



Gambar 2. 6 Skema longsoran guling (Arif, 2016).

2.5 Kestabilan Lereng

Lereng merupakan suatu bidang permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat dibuat oleh manusia, seperti pembuatan bendungan, tanggul-tanggul, pembuatan tebing, galian sementara maupun dalam eksploitasi pertambangan terbuka. Permukaan tanah yang tidak rata dapat menyebabkan pergerakan massa tanah, oleh adanya komponen gravitasi dan bergerak dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah.

Suatu analisis stabilitas terdiri dari perkiraan antara gaya keruntuhan dengan gaya kuat geser tanah. Keruntuhan dapat dipicu oleh karena adanya beban massa di atas tanah maupun karena pengaruh air dalam tanah. Air dalam tanah dapat menambah beban massa tanah yang juga akan mempengaruhi kuat geser tanah (Bowles, 1984).

repository.ub.ac.id

Metode yang paling umum untuk analisis, atas kestabilan lereng, didasarkan pada syarat keseimbangan. Analisis yang dimaksud ini adalah dengan memperhitungkan faktor keamanan (faktor k) dari kestabilan lereng. Analisis ini membandingkan antara gaya yang diperlukan untuk mempertahankan keseimbangan terhadap gaya berat dari tanah.

Analisis ini bertujuan untuk menentukan apakah lereng tersebut mantap pada batas keamanannya. Dengan menggunakan analisis keseimbangan, perbandingan antara gaya penahan yang ada serta gaya termobilisasi dapat dibuat. Sehingga kestabilan lereng berdasarkan faktor keamanan dapat dinyatakan sebagai berikut,

$$Fk = \frac{s}{s_m} \quad (2.13)$$

Keterangan:

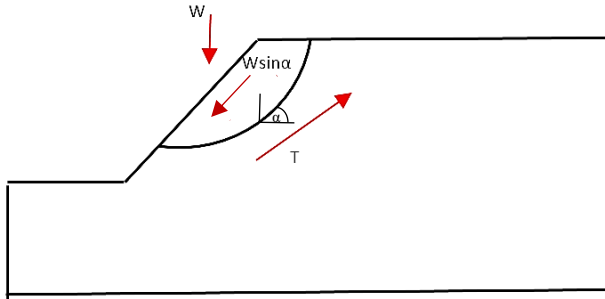
Fk = Faktor keamanan

S = Gaya penahan

S_m = Gaya termobilisasi (gaya berat)

Gaya yang menyebabkan ketidak mantapan (gaya penggerak) yaitu berat tanah itu sendiri dan gaya penahan yang berasal dari gaya geser tanah. Pola keruntuhan yang akan terjadi, tidak dapat ditentukan dan dipastikan, namun dapat diperkirakan dengan melakukan analisis. Pada lereng yang homogen, keruntuhan umumnya terjadi pada bidang yang membusur (menggunduk) pada area lereng, sedangkan untuk lereng yang heterogen, umumnya longsoran terjadi pada bidang diskontinuitas (Wesley, 2012).

Pada perhitungan kesetimbangan batas, dapat diasumsikan bahwa gaya berat ($W \sin \alpha$) yang menyebabkan longsor sama dengan gaya penahan (T), seperti terlihat pada Gambar 2.7. Sudut α merupakan sudut yang dibentuk oleh bidang gelincir dengan bidang horizontal.



Gambar 2. 7 Gaya kesetimbangan batas pada suatu lereng

Sehingga akan diperoleh persamaan kesetimbangan sebagai berikut,

$$W \sin \alpha = T \tag{2.14}$$

$$W \sin \alpha = s_m l = \frac{1}{F_k} (c l + \sigma \tan \varphi) \tag{2.15}$$

Persamaan F_k akan menjadi sebagai berikut,

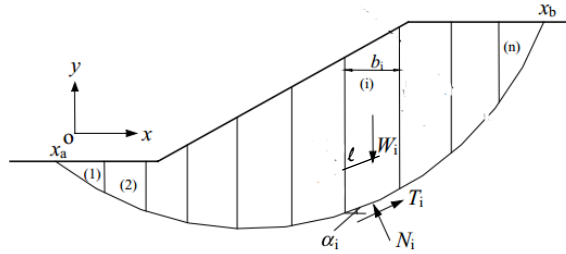
$$F_k = \frac{c l + N \tan \varphi}{W \sin \alpha} \tag{2.16}$$

Pada tahun 1955, Alan W. Bishop membuat pendekatan yang disederhanakan dalam analisa stabilitas lereng. Asumsi yang digunakan dalam metode ini, adalah gaya normal antar irisan diperhitungkan, tetapi gaya geser antar irisan diabaikan (Liong & Herman, 2012).

Bishop mempertimbangkan kondisi kesetimbangan gaya vertikal (Herman, 2015), gaya yang bekerja berupa gaya berat (W), gaya normal (N) dan gaya geser (T) dengan persamaan sebagai berikut (tanpa faktor tekanan air),

$$N \cos \alpha + T \sin \alpha = W \tag{2.17}$$

Resultan gaya tersebut bekerja pada satu garis vertikal ditengah titik tiap irisan yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Resultan gaya yang bekerja pada irisan lereng (Zhu, 2008)

Gaya geser (T) sama dengan perkalian antara nilai kohesi (c) dan panjang bidang gelincir pada irisan (l) yang dijumlahkan dengan gaya normal (N) $\tan(\varphi)$ dan berbanding terbalik oleh Fk ,

$$T = \frac{c l + N \tan \varphi}{Fk} \quad (2.18)$$

Sehingga, dari persamaan (2.17), akan diperoleh persamaan sebagai berikut,

$$N \cos \alpha + \left(\frac{c l + N \tan \varphi}{Fk} \right) \sin \alpha = W \quad (2.19)$$

$$N = \frac{W - \left(\frac{c l}{Fk} \right) \sin \alpha}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \varphi}{Fk}} \quad (2.20)$$

Dengan mensubsitusikan N pada persamaan (2.20) kedalam persamaan (2.16), diperoleh persamaan faktor keamanan, menurut pendekatan Bishop sebagai berikut,

$$Fk = \frac{1}{W \sin \alpha} \left(\frac{c l \cos \alpha + W \tan \varphi}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \varphi}{Fk}} \right) \quad (2.21)$$

2.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Pada dasarnya sebuah lereng yang curam adalah kondisi paling tidak stabil, namun tidak menutup kemungkinan bahwa suatu lereng yang landai tidak mengalami peristiwa longsor. Menurut Dunn, dkk (1992), faktor-faktor yang menyebabkan ketidak stabilan secara umum diklasifikasikan sebagai berikut,

1. Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan, meliputi naiknya berat tanah akibat komponen air, terdapat beban eksternal seperti bangunan, bertambahnya kecuraman lereng akibat erosi maupun penggalian, serta adanya goncangan dari luar.
2. Faktor-faktor yang menyebabkan turunnya kemandapan, dapat terjadi dengan adanya adsorpsi air, kenaikan tekanan pori, mengalami penambahan beban secara berulang, pengaruh pembekuan dan pencairan, hilangnya sementasi material serta terjadinya proses pelapukan.

Hadirnya air adalah faktor utama dari kebanyakan longsohnya suatu lereng, hal ini dikarenakan kehadiran air menyebabkan naiknya tegangan maupun turunnya gaya penahan tanah sekaligus.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan dan studi-studi yang menyeluruh tentang keruntuhan lereng, maka dibagi tiga kelompok rentang Faktor Keamanan (F) yang ditinjau dari intensitas kelongsorannya (Bowles, 1984), seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.2.

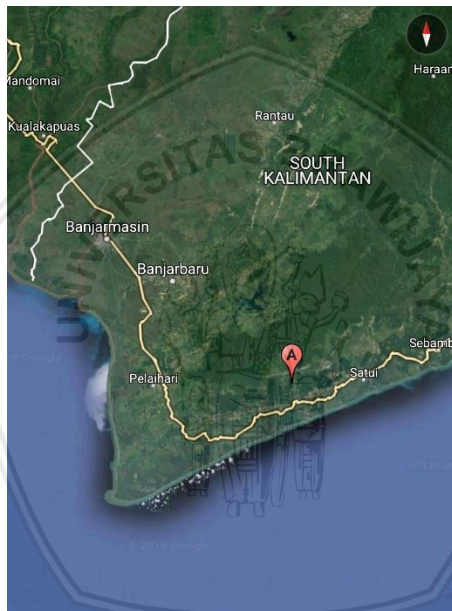
Tabel 2. 2 Hubungan nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor

Nilai Faktor Keamanan	Intensitas Longsor
F kurang dari 1,07	Longsor terjadi biasa/sering (labil)
F antara 1,07 sampai 1,25	Longsor pernah terjadi (kritis)
F di atas 1,25	Longsor jarang terjadi (stabil)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 22 November 2017 hingga 18 Desember 2017 yang dilaksanakan di tambang terbuka batubara PT. Amanah Anugerah Adi Mulia, Desa Riam Adungan, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Lokasi penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.1. Penelitian dilakukan pada pit Amanah, dalam kegiatan pasca tambang dan reklamasi.



Gambar 3. 1 Lokasi Tambang Batubara (Google Earth)

3.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder, berupa data Geolistrik resistivitas dan mekanika tanah. Terdapat 2 lintasan yang digunakan dalam data metode geolistrik resistivitas, dengan panjang 495 meter pada lintasan A, dan 510 meter pada lintasan B. Jarak spasi elektroda yang digunakan adalah 15 meter dan

jarak antar lintasan adalah 100 meter. Hasil data yang diperoleh berupa hambatan jenis yang digunakan untuk mengidentifikasi batuan dasar, serta untuk dimodelkan secara 2D. Selanjutnya akan dilakukan pemodelan untuk menganalisis kestabilan lereng tambang, dan memperoleh nilai faktor keamanan.

3.3 Perangkat Lunak yang Digunakan

Adapun perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah::

1. Notepad

Notepad merupakan aplikasi *editor text* sederhana yang dapat digunakan untuk menyimpan dan membaca program bahasa komputer. Dalam pengolahan data geolistrik, aplikasi *NotePad* dimanfaatkan untuk membuat format data input agar dapat terbaca oleh program *Res2Dinv*.

2. Res2Dinv

Res2Dinv adalah program komputer yang digunakan untuk menentukan model resistivitas 2 dimensi bawah permukaan dari data hasil survei geolistrik. Program ini menggunakan teknik *forward modeling* dari data resistivitas semu hasil pengukuran geolistrik untuk mendapatkan hasil inversinya.

3. Mine Sight

Mine Sight merupakan program yang digunakan dalam pemodelan geospasial secara 3D. Program ini dimanfaatkan dalam *cross section* pada lokasi penelitian agar diperoleh pemodelan *inter-ramp* secara 2D.

4. AutoCAD 2013

AutoCAD merupakan program perangkat lunak untuk membuat gambar rancangan dengan bantuan komputer. Program ini memungkinkan pengguna untuk membuat gambar 2 maupun 3 dimensi secara presisi, yang digunakan dalam bidang konstruksi serta manufaktur. Pada penelitian ini, program *AutoCAD* digunakan dalam *editing cross section* yang telah diperoleh dari program *Mine Sight*. Pemodelan lereng juga akan dilakukan pada

program ini dengan *output* format *.dxf* agar dapat dijalankan pada program *Rocscience – Slide 6.0*.

5. *Rocscience – Slide 6.0*

Rocscience – slide 6.0 adalah program analisa kestabilan lereng 2D, yang bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan batas, baik pada lereng tanah, lereng batuan, lereng tanggul dan lain sebagainya. Pada program ini, hasil pemodelan lereng *AutoCAD* akan diimpor dan selanjutnya akan dianalisis melalui pendekatan Bishop untuk dihitung nilai faktor keamanan lereng tersebut.

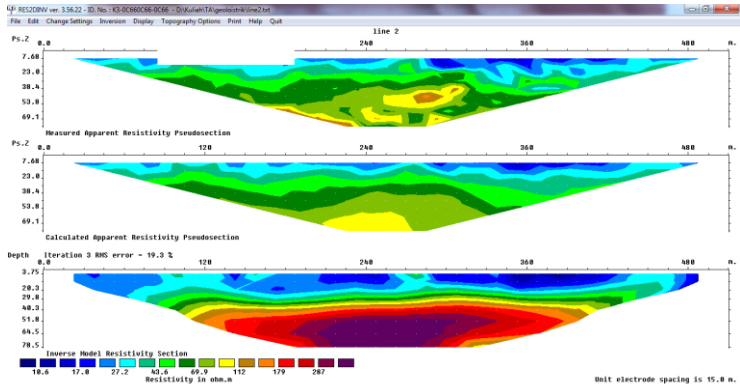
3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan memasukkan data sekunder geolistrik resistivitas ke dalam program *notepad* sesuai dengan urutan format agar dapat terbaca dalam *software Res2Dinv*, seperti pada Gambar 3.2. Adapun urutan format dalam program *notepad* ialah, pada baris pertama diisikan nama dari *file* data. Baris kedua merupakan jarak spasi antar elektroda yang digunakan. Baris ketiga merupakan kode konfigurasi yang digunakan, untuk Wenner = 1. Baris keempat merupakan jumlah titik pengukuran yang dilakukan (banyak data). Baris kelima merupakan titik lokasi datum awal. Baris keenam diisikan angka 0 sebagai kode data resistivitas. Kemudian format datanya ialah datum, spasi antar elektroda dan nilai *rho* (ρ). Baris ke tujuh diisi angka 2 sebagai kode dengan adanya data topografi. Baris kedelapan diisikan jumlah data topografi. Baris ke sembilan data topografi diisikan pada posisi awal hingga akhir. Baris selanjutnya diisikan angka 1 sebagai kode data topografi, letak elektroda pertama. Pada akhir data diberikan lima baris angka nol agar data yang diinputkan dapat diidentifikasi oleh *software RES2DIV*.

```
Untitled - Notepad
File Edit Format View Help
(nama file data)
(spasi elektroda)
(konfigurasi, wenner = 1)
(jumlah titik pengukuran)
(titik awal)
(kode data resistivitas = 0)
(data datum)* (spasi elektroda)* (data rho semu)*
(data-1)*
(data-2)*
(data-3)*
(data-n)*
(kode topografi = 2)
(jumlah data topografi)
(data jarak)** (data elevasi)**
(data-1)**
(data-2)**
(data-3)**
(data-n)**
(kode topografi = 1)
0
0
0
0
0
0
```

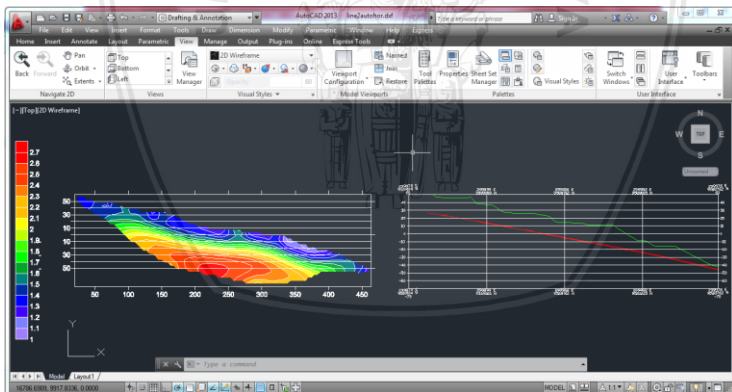
Gambar 3. 2 Format data geolistrik dalam *notepad*

Data resistivitas semu diperoleh dari perhitungan data resistansi dengan persamaan (2.12). Resistivitas semu mempunyai hubungan dengan resistivitas batuan yang sebenarnya. Perolehan data selanjutnya akan dilakukan inversi 2D oleh bantuan program *Res2Dinv*, sehingga diperoleh penampang resistivitas batuan. Pada *software Res2Dinv* akan didapatkan hasil berupa suatu gambar penampang bawah permukaan bumi, yang disertai dengan nilai resistivitas dari lapisan tersebut, seperti pada Gambar 3.3. Nilai resistivitas ini ditandai dengan skala warna, sehingga gambar penampang lapisan bawah permukaan bumi akan berwarna sesuai dengan nilai resistivitasnya. Selanjutnya dilakukan *display* topografi agar diperoleh gambar penampang sesuai dengan data topografi yang telah dimasukkan sebelumnya untuk memudahkan dalam pembacaan hasil data.



Gambar 3. 3 Penampang hasil inversi resistivitas dalam *Res2Dinv*

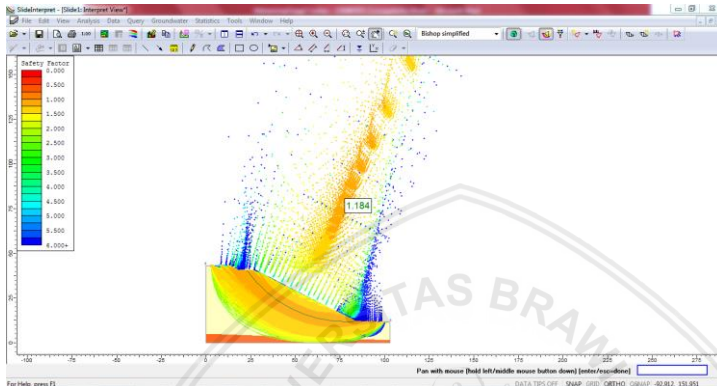
Pemodelan selanjutnya akan dilakukan pada program *Autocad* 2009. Hasil *cross section* pada *mine sight* akan di *import* ke dalam *AutoCAD* dan dilakukan pemodelan lebih lanjut berdasarkan hasil interpretasi data geolistrik, seperti pada Gambar 3.4. Selanjutnya hasil pemodelan di *export* ke dalam format *.dxf* agar dapat terbaca pada *software slide* dalam analisa lereng.



Gambar 3. 4 Pemodelan lintasan dalam program *AutoCAD*

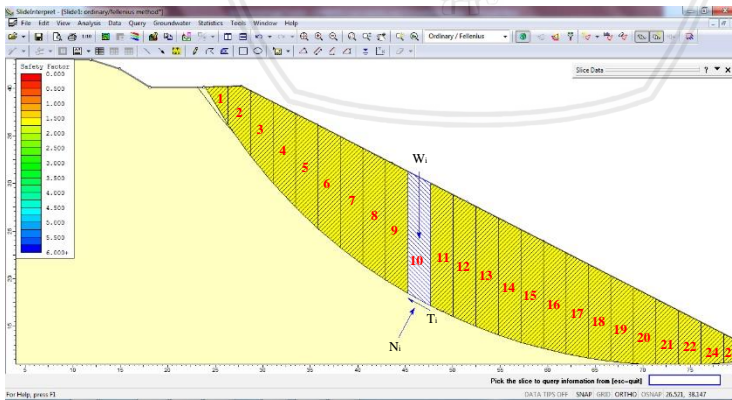
Pemodelan dari *AutoCAD* kemudian akan diolah lebih lanjut dengan menggunakan *software rocscience – slide* versi 6.0, pada *software* ini akan digambarkan *boundary* dari hasil *polygon* yang telah dibuat sebelumnya. Pendekatan yang di *setting* menggunakan pendekatan *Bishop Simplified*, dengan arah lereng dari kiri ke kanan.

Selanjutnya data mekanika tanah dimasukkan berupa *unit weight*, kohesi serta sudut geser internal. Tahap terakhir adalah melakukan proses perhitungan oleh *software*. *Software* akan melakukan pemodelan bidang gelincir secara berulang hingga didapatkan nilai dari faktor keamanan terkecil dari lereng, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Pemodelan bidang gelincir dalam *software*

Perhitungan dilakukan pada tiap irisan pada area diatas bidang gelincir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Terdapat 25 irisan dalam pemodelan, yang akan dihitung satu-persatu total gaya yang bekerja dalam tiap irisan. Perolehan nilai faktor keamanan hasil perhitungan selanjutnya akan dirata-rata.



Gambar 3. 6 Perhitungan f_k pada irisan dalam bidang gelincir

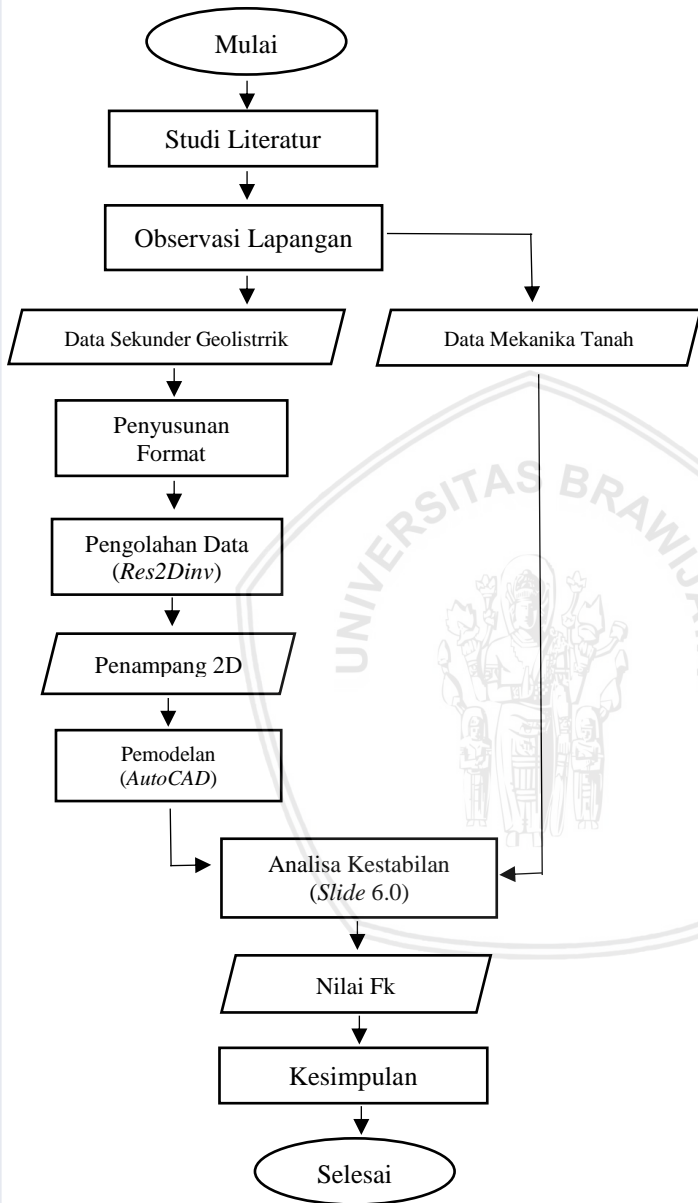
3.5 Interpretasi Data

Berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik resistivitas akan diperoleh penampang 2D hambatan jenis bawah permukaan dengan topografinya. Jenis litologi bawah permukaan dapat ditentukan berdasarkan rentang nilai hambatan jenis pada Tabel 2.1. Dari interpretasi data geolistrik resistivitas juga dapat ditentukan ada atau tidaknya zona lemah serta ketebalan lapisan *disposal* hingga ke batuan dasar dalam menentukan perbedaan tinggi dari 2 lintasan pengukuran yang mempengaruhi nilai faktor keamanan berdasarkan geometri lereng.

Kestabilan lereng berdasarkan nilai faktor keamanan yang diperoleh dapat dibandingkan terhadap Tabel 2.2 untuk mengetahui tingkat keamanan suatu lereng tersebut terhadap longsor. Apabila nilai faktor keamanan berada pada kondisi kritis ataupun rawan longsor, maka perlu dilakukan pemodelan ulang agar diperoleh kondisi lereng yang stabil.



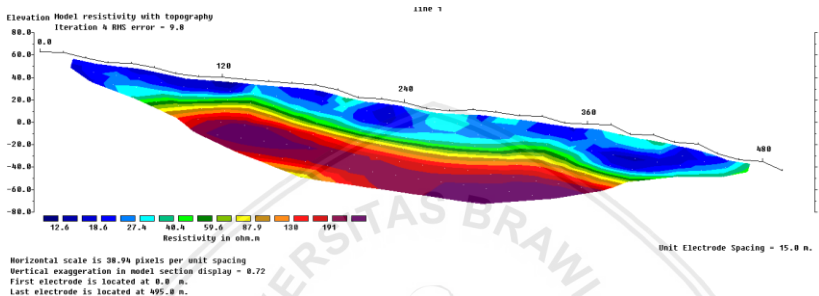
3.6 Diagram Alir Penelitian



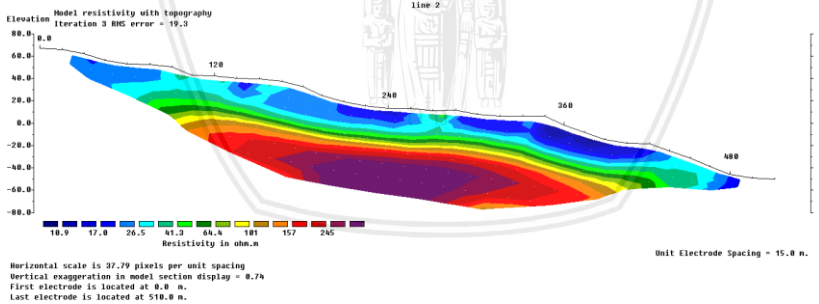
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Bawah Permukaan Penampang 2D Resistivitas

Dari hasil pengolahan data geolistrik resistivitas akan diperoleh penampang 2D resistivitas kondisi bawah permukaan pada daerah penelitian. Terdapat 2 lintasan yang diperoleh dari pengolahan data, yaitu penampang 2D bawah permukaan lintasan A dan lintasan B.



Gambar 4. 1 Penampang resistivitas 2D lintasan A



Gambar 4. 2 Penampang resistivitas 2 D lintasan B

Hasil pengolahan data geolistrik menunjukkan lintasan A memiliki rentang nilai resistivitas 12,6 Ω m sampai 191 Ω m, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Berdasarkan pengamatan geologi pada daerah penelitian, dan informasi dari pihak perusahaan

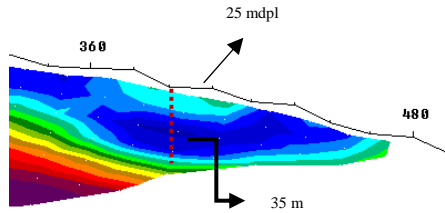
repository.ub.ac.id

terkait, litologi daerah penelitian ini terdiri atas *disposal* serta batuan dasar yang berupa batu pasir kelanauan. Lapisan *disposal* merupakan lapisan yang terdiri atas pasir, kerikil, lempung serta *silt*. Penampang 2D lintasan A, memiliki nilai rentang resistivitas 12,1 Ωm hingga 40,4 Ωm , yang ditunjukkan dengan warna biru tua, hingga warna biru muda, diidentifikasi sebagai lapisan *disposal*. Sedangkan pada rentang nilai resistivitas 40,4 Ωm , hingga 191 Ωm , yang ditunjukkan dengan warna hijau hingga warna ungu, diidentifikasi sebagai lapisan batuan dasarnya. Pada lintasan A ini tidak terlihat adanya zona lemah, seperti retakan maupun adanya jebakan akuifer pada lapisan batuan dasar.

Hasil pengolahan data geolistrik pada lintasan B menunjukkan rentang nilai resistivitas 10,9 Ωm sampai 245 Ωm , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Lintasan B dengan lintasan A memiliki litologi yang sama. Penampang 2D lintasan B, memiliki nilai rentang resistivitas 10,9 Ωm hingga 41,3 Ωm , yang ditunjukkan dengan warna biru tua hingga warna biru muda, yang diidentifikasi sebagai lapisan *disposal*. Sedangkan pada rentang nilai resistivitas 41,3 Ωm hingga 245 Ωm , yang ditunjukkan dengan warna hijau hingga warna ungu, diidentifikasi sebagai lapisan batuan dasarnya. Kondisi lintasan B juga tidak memperlihatkan adanya zona lemah seperti retakan maupun terdapatnya jebakan akuifer pada lapisan batuan dasar.

4.2 Interpretasi Tinggi Timbunan *Disposal*

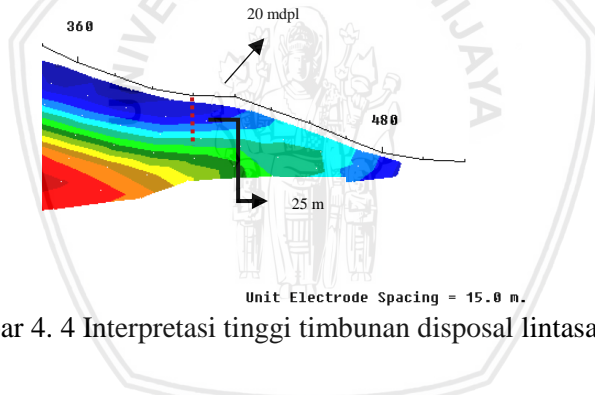
Hasil interpretasi data geolistrik juga digunakan dalam penentuan ketebalan lapisan *disposal* ke bidang batas. Tujuannya agar dapat digunakan dalam pemodelan 2D lereng tambang yang akan dianalisa tingkat kestabilan lerengnya. Posisi *ramp* pada lintasan A terletak pada 390 meter dari titik 0 pengukuran, sedangkan pada lintasan B terletak pada 405 meter dari titik 0 pengukuran.



Unit Electrode Spacing = 15.0 m.

Gambar 4. 3 Interpretasi tinggi timbunan *disposal* lintasan A

Gambar 4.3 dapat diinterpretasikan, bahwa, ketebalan lapisan *disposal* pada posisi *ramp* lintasan A dari batuan dasar ialah sekitar 35 meter, yang ditunjukkan oleh garis bantu titik-titik berwarna merah. Elevasi yang diperoleh dari hasil interpretasi data adalah sekitar 25 mdpl.



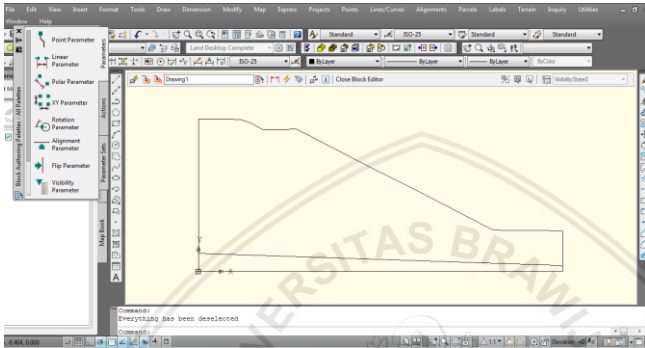
Unit Electrode Spacing = 15.0 m.

Gambar 4. 4 Interpretasi tinggi timbunan *disposal* lintasan B

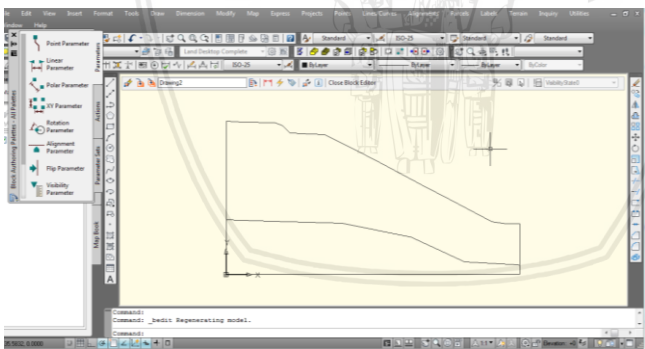
Gambar 4.4 menunjukkan, bahwa, untuk ketebalan lapisan *disposal* pada posisi *ramp* lintasan B dari batuan dasar adalah sekitar 25 meter, yang ditunjukkan oleh garis bantu titik-titik berwarna merah. Besar elevasi yang diperoleh pada lokasi tersebut adalah sekitar 20 mdpl. Selisih ketebalan lapisan *disposal* pada lintasan A dengan lintasan B adalah 10 meter, dengan selisih elevasi mencapai 5 meter. Selisih elevasi ini akan mempengaruhi geometri lereng yang akan berpengaruh juga terhadap nilai dari faktor keamanan.

4.3 Analisa Kestabilan Lereng Hasil Pemodelan 2D

Hasil interpretasi data geolistrik selanjutnya digunakan dalam pemodelan 2 dimensi lereng *disposal* pertambangan. Pemodelan awal dilakukan pada *software AutoCAD 2009*, di mana *software AutoCAD 2009* akan memadukan data *cross section* dari *mine sight* dengan hasil interpretasi data geolistrik, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4. 5 Pemodelan AutoCAD 2009 lintasan A

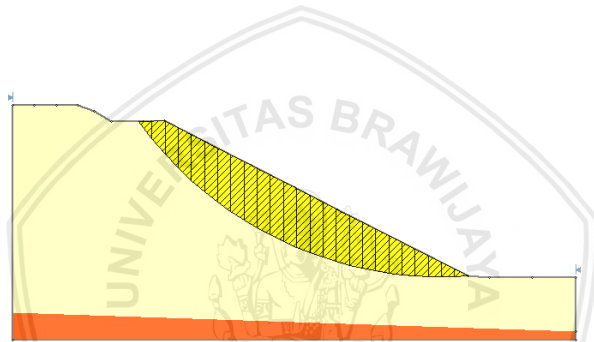


Gambar 4. 6 Pemodelan AutoCAD 2009 lintasan B

Hasil dari pemodelan lereng akan dianalisa nilai faktor keamanannya pada lintasan A serta lintasan B. Jenis longsoran yang memungkinkan terjadi di area penelitian adalah longsoran busur, hal ini dikarenakan area penelitian tersusun oleh material timbunan

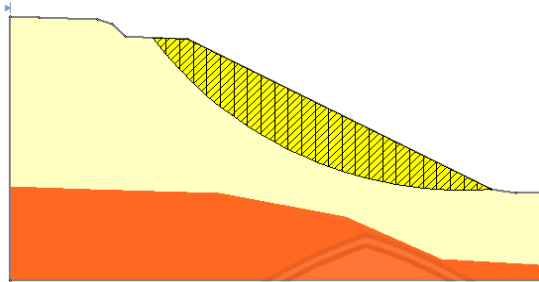
disposal. Pada analisa ini parameter mekanika tanah yang digunakan adalah berat jenis batuan, kohesi, serta sudut geser internal. Program yang digunakan akan melakukan perhitungan dari pendekatan Bishop sesuai dengan perhitungan berdasar persamaan (2.21). Pada program *rocscience – slide 6.0* ini akan dilakukan pemodelan yang berulang, hingga diperoleh nilai faktor keamanan yang paling rendah. Nilai faktor keamanan terendah inilah yang akan ditampilkan pada saat program selesai melakukan perhitungan.

1.184



Gambar 4. 7 Hasil analisa faktor keamanan lintasan A

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai faktor keamanan yang diperoleh pada lintasan A adalah 1,184. Menurut Bowles (1984), pada Tabel 2.2, suatu lereng dapat dikatakan stabil jika nilai faktor keamanannya adalah di atas 1,25. Hal ini menunjukkan bahwa pada lereng lintasan A nilai faktor keamanannya berada pada kondisi yang kritis, atau rawan longsor. Asumsi model bidang longsor yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 8 Hasil analisa faktor keamanan lintasan B

Hasil analisa pada lintasan B, menunjukkan nilai faktor keamanan sebesar 1,216. Apabila dilihat kembali pada acuan nilai faktor keamanan menurut Bowles (1984), dalam Tabel 2.2, maka nilai tersebut belum menunjukkan angka yang stabil untuk lereng, meskipun nilai tersebut lebih stabil dari pada nilai faktor keamanan dari lintasan A. Perbedaan nilai faktor keamanan pada lintasan A dengan lintasan B, disebabkan karena bedanya geometri kondisi lereng. Lereng A memiliki nilai faktor keamanan lebih rendah, karena lintasan A memiliki nilai elevasi yang lebih tinggi, yaitu 25 mdpl daripada lintasan B, yang memiliki elevasi sebesar 20 mdpl. Pengaruh elevasi ini ada pada faktor beban di atas lereng. Semakin tinggi nilai elevasi suatu lereng maka semakin besar pula beban yang diterima lereng tersebut. Asumsi model bidang longsor pada lintasan B dapat dilihat pada Gambar 4.8.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil pengolahan data geolistrik resistivitas menunjukkan tidak terdapatnya zona lemah seperti patahan maupun zona akuifer pada batuan dasar. Analisa ini didasarkan pada interpretasi data geolistrik pada lintasan A (Gambar 4.1) dan lintasan B (Gambar 4.2) yang tidak terlihat adanya nilai anomali sangat rendah, yang diidentifikasi sebagai jebaran air maupun pola patahan.

Pada daerah penelitian, kedalaman lapisan batuan dasar serta tinggi elevasi pada *ramp* lereng dapat ditentukan dari hasil pengolahan data geolistrik. Pada lintasan pertama, yakni lintasan A, kedalaman lapisan batuan dasar mencapai 35 meter, sedangkan pada lintasan B, kedalaman batuan dasar adalah sekitar 25 meter. Elevasi dari lintasan A adalah 25 mdpl, sedangkan elevasi lintasan B adalah 20 mdpl. Nilai-nilai tersebut akan digunakan dalam pemodelan lereng serta analisis tingkat kestabilan lereng.

Berdasarkan perhitungan nilai kestabilan lereng, pada lintasan A diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,184, sedangkan pada lintasan B diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,216. Kedua nilai tersebut masih berada pada angka kritis (rawan longsor) menurut acuan Tabel 2.2 oleh Bowles (1984). Perbedaan kedua nilai tersebut, salah satunya, dikarenakan perbedaan elevasi pada kedua lintasan, seperti telah disebutkan di atas. Elevasi ini berpengaruh terhadap beban yang diterima oleh lereng, di mana semakin tinggi elevasi lereng maka beban yang diterima akan semakin berat, selain itu semakin tinggi elevasi juga dapat membuat sudut lereng semakin terjal.

5.2 Saran

Hasil analisa kestabilan lereng pada kedua lintasan menunjukkan bahwa, lereng masih dalam kondisi kritis (kurang stabil) sehingga perlu dilakukan upaya dalam meningkatkan kestabilan lereng tersebut. Upaya yang dapat dilakukan seperti, mendesain ulang untuk lereng *disposal* tambang. Desain ulang dapat

dilakukan dengan mengurangi ketinggian lereng dan melandaikan kemiringannya (*cut and fill*).

Penelitian ini juga perlu dikorelasikan dengan data tekanan air dalam tanah dengan bantuan alat *piezometer*, agar nilai kestabilan lereng dapat dikorelasikan dengan besar tekanan air dalam tanah, sehingga nilai faktor keamanan dapat diperoleh lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Apriyono, A. (2009). Analisis Penyebab Tanah Longsor di Kalitlaga Banjarnegara. *Jurnal Dinamika Rekayasa*, Vol. 5(1), 14–18.
- Arif, I. (2016). *Geoteknik Tambang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Bowles, J. E. (1984). *Physical and Geotechnical Properties of Soils Second Edition*. UK: McGraw-Hill, Inc.
- Dunn, I.S., Anderson, L.R., dan Kiefer, F. . (1992). Dasar – dasar Analisis Geoteknik. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Effendy, V. N. A. (2012). *Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole untuk Mendeteksi Mineral Mangan (Physical Modeling)*. Jember: FMIPA Universitas Jember.
- Herman. (2015). *Mekanika Tanah II. Bahan Ajar*. Padang: Program S1 Teknik Sipil ITP.
- Ishaq, Z. M. (2008). Studi Resistivitas dan Gravitasi untuk Investigasi Akuifer Air Bawah Tanah di Kampus UI Depok. Thesis. Fakultas MIPA Universitas Indonesia, Depok.
- Kurniawan, A. (2014). Sifat Resistivitas Rendah Mineral Lempung. *Jurnal Masyarakat Ilmu Bumi Indonesia*, Vol. 1, 1–9.
- Kusuma, I. (2012). *Geologi dan Eksplorasi Batubara Daerah Asam-Asam, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan*. Skripsi. Bandung: Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian ITB.
- Liong, Gouw. Tjie., & Herman, D. J. George. (2012). Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method. HATTI-PIT-XVI, 4-5 Desember 2012, Jakarta.
- Milsom, J. (2003). *Field Geophysics, The Geological Filed Guide Series, 3rd Edition*. England: John Willey & Sons Ltd.
- Muallifah, F. (2009). Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur Resistivitas Tanah. *Journal Neutrino*, Vol. 1(2), 179–197.
- Satyana, A. H., & Silitonga, P. D. (1994). *Tectonic reversal in East Barito Basin, South Kalimantan: Consideration of the types of inversion structures and petroleum system significance*. In *Proceedings Indonesian Petroleum Association, Twenty-third Annual Convention, October 1994* (pp. 57–74).
- Satyana, A.H., (1995). *Paleogene Unconformities in the Barito Basin, Southeast Kalimantan: A Concept for the Solution of the "Barito Dilemma" and A Key to the Search for Paleogene*

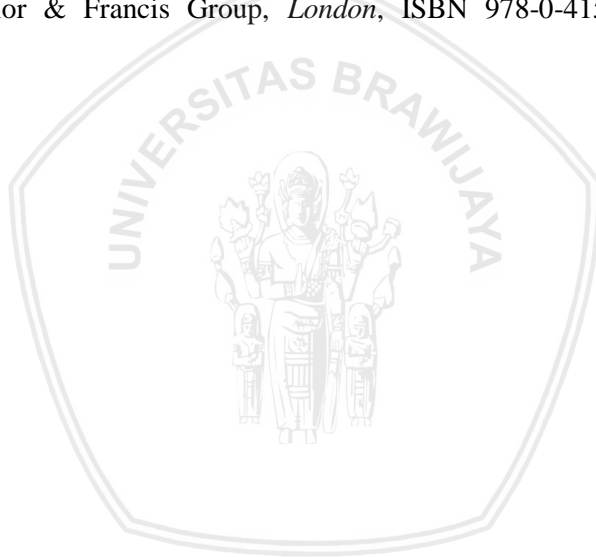
Structures. Proceedings of IPA 24th Annual Convention, hal 263-275.

Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Australia: Cambridge University Press.

Wesley, L. D. (2012). *Mekanika Tanah untuk Endapan & Residu*. Yogyakarta: ANDI Press.


Wijaya, A. S. (2015). Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya. *Jurnal Fisika Indonesia*, vol.19(55), 1–5.

Zhu, D. Y. (2008). *Investigations on the accuracy of the simplified Bishop method. Landslides and Engineered Slopes – Chen et al. (eds)*. Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-41196-7.



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Mekanika Tanah

 PT. AMANAH ANUGERAH ADI MULIA			
Laboratory Test Laboratorium Pengujian Geotektik PT. LAPI ITB dan PT. AB OMAH GEO			
Projek	PT. Amanah Anugerah Adi Mulia		
Location	: Disposal – Site Kintap		
Dry Density	: 1.849 gr/cm ³		
Water content	: 12.1 %		
Density	: 2.072 gr/cm ³		
Unit Weight	: 20.31 kN/m ³		
Direct Shear Test			
	1 (kPa)	2 (kPa)	3 (kPa)
Normal Test	20.39	40.79	81.58
Shear Test	22.624	28.142	48.558
Cohesion	12.415 kPa	Angle of Internal Friction	23.5°
Location	: UDS 3		
Dry Density	: 1.799 gr/cm ³		
Water content	: 13.67 %		
Density	: 2.044 gr/cm ³		
Unit Weight	: 20.05 kN/m ³		
Direct Shear Test			
Cohesion	34.335 kPa	Angle of Internal Friction	25.35°

Lampiran 2 Model Lintasan Area Pertambangan

