



TUGAS AKHIR - RF141501

**PERANCANGAN DESAIN LERENG TAMBANG TERBUKA  
BATUBARA LAPANGAN “TG” PT. SUCOFINDO, Tbk**

ROBI ALFAQ ABDILLAH  
NRP - 3713 100 004

Dosen Pembimbing

Moh. Singgih Purwanto  
NIP. 1980 0916 2009 12 1002

Dwa Desa Warnana  
NIP. 1976 0123 2000 03 1001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR – RF141501**

**PERANCANGAN DESAIN LERENG TAMBANG TERBUKA  
BATUBARA LAPANGAN “TG” PT. SUCOFINDO, Tbk**

ROBI ALFAQ ABDILLAH  
NRP - 3713 100 004

Dosen Pembimbing

Moh. Singgih Purwanto  
NIP. 1980 0916 2009 12 1002

Dwa Desa Warnana  
NIP. 1976 0123 2000 03 1001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2017

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



**UNDERGRADUATE THESIS – RF141501**

**SLOPE DESIGN PLAN FOR COAL OPEN PIT "TG" FIELD,  
PT. SUCOFINDO, TBK**

ROBI ALFAQ ABDILLAH  
NRP - 3713 100 004

Advisors

Moh. Singgih Purwanto  
NIP. 1980 0916 2009 12 1002

Dwa Desa Warnana  
NIP. 1976 0123 2000 03 1001

DEPARTMENT OF GEOPHYSICAL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2017

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**PERANCANGAN DESAIN LERENG TAMBANG TERBUKA  
BATUBARA LAPANGAN "TG" PT. SUCOFINDO, tbk**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Departemen Teknik Geofisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 06 Juli 2017

Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1,



Moh. Singgih Purwanto, S.Si, MT  
NIP. 1980 0916 2009 12 1002

Dosen Pembimbing 2,



Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1001

Mengetahui:

Ketua Laboratorium Geotekling  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya



Dr. Amien Widodo  
NIP. 19591010 198803 1002

**PERANCANGAN DESAIN LERENG TAMBANG TERBUKA  
BATUBARA LAPANGAN “TG” PT. SUCOFINDO, tbk**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Departemen Teknik Geofisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 06 Juli 2017

Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,

Moh. Singgih Purwanto, S.Si, MT  
NIP. 1980 0916 2009 12 1002

Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1001

Mengetahui:  
Ketua Laboratorium Geotekling  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Dr. Amien Widodo  
NIP. 19591010 198803 1002

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# **PERNYATAAN KEASLIAN**

## **TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “PERANCANGAN DESAIN LERENG TAMBANG TERBUKA BATUBARA LAPANGAN “TG” PT. SUCOFINDO, Tbk” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 30 Mei 2017

Robi Alfaq Abdillah

NRP. 37 13 100 004

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# **PERANCANGAN DESAIN LERENG TAMBANG TERBUKA BATUBARA LAPANGAN “TG” PT. SUCOFINDO, Tbk**

Nama Mahasiswa : Robi Alfaq Abdillah

NRP : 37 13 100 004

Departemen : Teknik Geofisika

Pembimbing : Moh. Singgih Purwanto, S.Si, MT

Dr. Dwa Desa Warnana

## **Abstrak**

Perancangan lereng tambang terbuka dalam eksploitasi batubara merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan karena hal ini menyangkut keselamatan pekerja, alat, dan kelancaran produksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan desain lereng tambang terbuka lapangan batubara yang memenuhi syarat stabilitas. Analisa stabilitas pada desain lereng yang dirancang menggunakan metode bishop dan metode spencer. Kedua metode ini mempunyai perbedaan dalam penentuan kuat geser antar segmen. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan lereng tunggal dengan jumlah model sebanyak 15 model pada masing-masing lithologi. Sedangkan, untuk lereng keseluruhan digunakan 7 model geometri. Dari ke tujuh model tersebut, terdapat satu model dengan sudut lereng  $23^0$  yang memenuhi standard stabilitas dengan nilai Faktor Keamanan akhir 1,499 dengan metode Bishop dan 1,518 dengan metode spencer yang berarti lereng dalam keadaan stabil.

Kata Kunci: Analisa Kestabilan Lereng, Metode Bishop, Metode Spencer

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# **SLOPE DESIGN PLAN FOR COAL OPEN PIT "TG" FIELD, PT. SUCOFINDO, TBK**

Name of Student : Robi Alfaq Abdillah  
NRP : 37 13 100 004  
Departement : Teknik Geofisika  
Advisors : Moh. Singgih Purwanto, S.Si, MT  
Dr. Dwa Desa Warnana

## **Abstract**

The design of open pit slopes in coal exploitation is one of the things to note. The purpose of this research is to obtain the design of open pit slopes of coal fields that qualify for stability. To perform a stability analysis of the design of the slopes, the Bishop and Spencer Methods are used. Both of these methods have differences in the determination of the shear strength between the segments. In this research, a single slope model is modeled with 15 models in each lithology. Meanwhile, for the whole slope, 7 models of geometry are used. Of the seven models, there is one model that meets the standard of stability with the value of Safety Factor 1.499 with Bishop method and 1,518 by spencer method.

Keywords: Slope Stability Analysis, Bishop Method, Spencer Method

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## Kata Pengantar

Puji syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT dan Nabi Besar Muhammad SAW yang telah melimpahkan Rahmat-Nya dan Hidayah-Nya sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul “PERANCANGAN DESAIN LERENG TAMBANG TERBUKA BATUBARA LAPANGAN “TG” PT. SUCOFINDO, Tbk” ini dapat terselesaikan.

Penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik, tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Papa, Mama, Mbak, dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril maupun materi selama penulis menjalani penelitian tugas akhir ini.
2. Bapak Moh. Singgih Purwanto dan Bapak Dr. Dwa Desa Warnana selaku pembimbing di perguruan tinggi yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Bapak Eko Priyono, selaku mentor di PT. SUCOFINDO (Persero), Tbk, yang telah membimbing dan memberikan banyak arahan selama penulis melakukan tugas akhir di perusahaan.
4. Pak Rakhmat dan seluruh timnya yang telah membantu secara administrasi dalam penyusunan tugas akhir seluruh mahasiswa Teknik Geofisika.
5. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu dan membantu secara administrasi selama penulis melakukan studi di Jurusan Teknik Geofisika ITS.
6. Secangkir Kopi dan Tiga Srikandi (Wawan, Yayak, Kaji Isul, Tama Sinchan, Pegri, Paul, Dwi, Dara, Ais, dan Nindy) yang telah menemani dan memberikan dukungan kepada penulis selama studi di Jurusan Teknik Geofisika.
7. Om Herry, Aguz VCC, dan seluruh penghuni krewool coffee aka wds yang telah memberikan warna dan hiburan kepada Penulis.
8. Seluruh Teman-Teman TG02 (#KabehDulur) yang telah menstrasfer semangatnya sehingga bersama-sama dapat menyelesaikan penelitian masing-masing.
9. Dan, semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 6 Juni 2017

**Robi Alfaq Abdillah**

# DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR – RF141501 .....	i
UNDERGRADUATE THESIS – RF141501 .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN .....	viii
Abstrak .....	x
Abstract .....	xii
Kata Pengantar .....	xiv
DAFTAR ISI .....	xvi
DAFTAR GAMBAR .....	xx
DAFTAR TABEL .....	xxii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	1
1.3    Tujuan Penelitian .....	2
1.4    Batasan Masalah .....	2
1.5    Sistematika Penulisan .....	2
BAB II GEOLOGI REGIONAL .....	3
2.1    Fisiografis Dan Kerangka Tektonik.....	3
2.2    Litologi dan Stratigrafi.....	4
2.3    Struktur Geologi .....	7
BAB III DASAR TEORI .....	9
3.1    Stripping ratio .....	9
3.1.1    Perhitungan Volume .....	9
3.1.2    Perhitungan Tonase.....	9
3.1.3    Nisbah pengupasan .....	10
3.2    Lereng.....	11
3.2.1    Lereng alam .....	11
3.2.2    Lereng buatan.....	11

3.3	Lereng Tambang Terbuka .....	12
3.3.1	Geometri bench .....	12
3.3.2	Pit Slope geometri .....	15
3.4	Kestabilan Lereng .....	19
3.5	Faktor Keamanan (Safety Factor) .....	22
3.6	Analisa Stabilitas Lereng .....	24
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....		29
4.1	Data .....	29
4.2	Diagram Alir Penelitian .....	33
4.3	Alur Penelitian .....	34
4.3.1	Pembuatan Curva Well-Log .....	34
4.3.2	Litologi dan Ketebalan .....	35
4.3.3	Peta Persebaran Sumur .....	35
4.3.4	Analisa Model Cebakan.....	37
4.3.5	Penentuan Overburden dan Innerburden .....	39
4.3.6	Pembuatan Model Geometri Lereng.....	39
4.3.7	Model Analisis Single Slope .....	41
4.3.8	Analisa Kestabilan Lereng.....	42
4.3.9	Pembuatan Model Geometri Overall Slope .....	44
4.3.10	Analisa Kestabilan Overall Slope.....	44
BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....		45
5.1	Parameter Tanah.....	45
5.2	Analisa Stabilitas Single Slope.....	45
5.2.1	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Overburden A1 .....	46
5.2.2	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam A1 .....	47
5.2.3	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Interburden A1-A2 ....	47
5.2.4	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam A2.....	48
5.2.5	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Interburden A2-B1 ....	49
5.2.6	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam B1 .....	50

5.2.7	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Interburden B1-B2 .....	51
5.2.8	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam B2.....	52
5.2.9	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Interburden B2-C .....	53
5.2.10	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam C.....	54
5.2.11	Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Under C.....	55
5.3	Analisa Stabilitas Overall Slope .....	56
BAB VI PENUTUP .....		63
6.1	Kesimpulan .....	63
6.2	Saran .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....		65
Lampiran .....		67
Profil Penulis .....		68

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fisiografi Cekungan Sumatera Selatan (Hutchison, 1996).....	3
Gambar 2.2 Kolom Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan .....	5
Gambar 2.3 Sekuen Stratigrafi Dan Kolom Litologi.....	6
Gambar 3.1 Ilustrasi antara lapisan .....	10
Gambar 3.2 Lereng Buatan Tambang .....	12
Gambar 3.3 Bagian-Bagian Dari Bench (Hustrulid.W. & Kuchta.M.).....	13
Gambar 3.4 Geometri catch bench .....	14
Gambar 3.5 Individual slope (atas), overall slope (bawah) .....	16
Gambar 3.6 Overall slope dengan ramp .....	17
Gambar 3.7 Sudut Interramp slope.....	17
Gambar 3.8 Overall slope dengan working bench .....	18
Gambar 3.9 Sudut Interramp berasosiasi dengan Working Bench .....	19
Gambar 3.10 Hubungan antara kohesi dan friksi .....	22
Gambar 3.11 Suatu gaya pada suatu elemen menurut Bishop.....	25
Gambar 3.12 Gaya-gaya pada segmen dalam metode spencer.....	26
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 4.2 Hasil Pengolahan data Log .....	35
Gambar 4.3 Peta Sebaran Titik Bor.....	37
Gambar 4.4 Model Endapan Batubara .....	38
Gambar 4.5 Geometri Lereng dengan Perbandingan 3:4 .....	40

Gambar 4.6 Import Region Kedalam GeoStudio .....	41
Gambar 4.7 memasukkan data material .....	42
Gambar 4.8 Setelah memasukkan material kedalam region .....	42
Gambar 4.9 Memasukkan Parameter Analisis .....	43
Gambar 4.10 Penggambaran Titik Slip Surface .....	43
Gambar 4.11 Hasil dari analisa kestabilan lereng .....	44
Gambar 4.12 Salah satu model geometri overall slope .....	44
Gambar 5.1 Model 1 Overall Slope .....	57
Gambar 5.2 Model 2 Overall Slope .....	58
Gambar 5.3 Model 3 Overall Slope .....	58
Gambar 5.4 Model 4 Overall Slope .....	59
Gambar 5.5 Model 5 Overall Slope .....	59
Gambar 5.6 Model 6 Overall Slope .....	60
Gambar 5.7 Model 7 Overall Slope .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tipe rancangan dimensi catch bench (call, 1986) .....	14
Tabel 3.2 Nilai F dan maknanya (Bowles 1989, dalam Zakaria, 2010) .....	24
Tabel 4.1 Data Penunjang Penelitian.....	29
Tabel 4.2 Tabel hasil uji laboratorium conto batuan .....	29
Tabel 4.3 Hasil Interpretasi Litologi .....	36
Tabel 4.4 Hubungan Antara Stratigrafi dan Litologi.....	39
Tabel 4.5 Data Geometri single slope .....	40
Tabel 5.1 Parameter Tanah.....	45
Tabel 5.2 Analisa Stabilitas Pada Overburden A1 .....	46
Tabel 5.3 Analisa Stabilitas Pada Seam A1 .....	47
Tabel 5.4 Analisa Stabilitas Pada Innerburden A1-A2.....	48
Tabel 5.5 Analisa Stabilitas Pada Seam A2.....	49
Tabel 5.6 Analisa Stabilitas Pada Innerburden A2-B1 .....	50
Tabel 5.7 Analisa Stabilitas Pada Seam B1 .....	51
Tabel 5.8 Analisa Stabilitas Pada Interburden B1-B2 .....	52
Tabel 5.9 Analisa Stabilitas Pada Seam B2.....	52
Tabel 5.10 Analisa Stabilitas Pada Innerburden B2-C .....	53
Tabel 5.11 Analisa Stabilitas Pada Seam C.....	54
Tabel 5.12 Analisa Stabilitas Pada Under C.....	55
Tabel 5.13 Hasil Analisa Slope Stability.....	61

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Secara garis besar, terdapat tiga metode penambangan, antara lain, tambang terbuka, tambang bawah tanah, dan tambang bawah air. Eksplorasi dan eksploitasi batubara dilakukan dengan menggunakan metode tambang terbuka. Tambang terbuka atau *open pit mining* merupakan suatu metode penambangan yang dilakukan pada permukaan tanah, metode ini merupakan bentuk penambangan untuk endapan bijih yang terletak pada suatu lembah. Dengan demikian front kerja digali ke arah bawah sehingga membentuk semacam cekungan atau *pit*. (John Read, Peter Stacey, 2005)

Kestabilan lereng merupakan suatu masalah yang timbul pada metode tambang terbuka, karena setiap penambangan akan memiliki perbedaan batuan dan struktur geologi yang ada pada daerah tambang, hal ini akan menyebabkan perbedaan dari analisa kestabilan lereng tambang. Kemantapan suatu lereng tambang merupakan hal yang sangat penting untuk dicermati dan dilakukan kajian tentang itu. Kemantapan (stabilitas) lereng merupakan suatu faktor yang penting, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan, serta kelancaran produksi. Apabila lereng-lereng yang terbentuk sebagai akibat dari proses penambangan (*pit slope*) maupun yang merupakan sarana penunjang operasi penambangan (seperti bendungan dan jalan) tidak stabil, maka akan mengganggu kegiatan produksi. (Gautama, 1991)

Oleh sebab itu, maka analisa kemantapan lereng merupakan suatu bagian yang penting untuk mencegah terjadinya gangguan terhadap kelancaran produksi maupun terjadinya bencana yang fatal.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka disusun penelitian tugas akhir dengan judul “Perancangan Desain Lereng Tambang Terbuka Batubara Lapangan “TG” PT. Sucofindo, tbk”.

### 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian tugas akhir ini dikerjakan atas dasar masalah-masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain model lereng tambang yang stabil dan tepat?
2. Bagaimana melihat kestabilan suatu lereng tambang berdasarkan nilai faktor keamanan?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat melakukan pemodelan disain lereng tambang yang stabil dan tepat
2. Mengetahui nilai kestabilan lereng tambang berdasarkan perhitungan nilai faktor keamanan

### **1.4 Batasan Masalah**

Dalam pengerjaan penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, antara lain. Perhitungan faktor keamanan (FK) menggunakan metode Bishop dan Metode Spencer. Hasil analisa kemantapan lereng dapat diterima jika nilai  $FK > 1,5$ . Analisa stabilitas dilakukan pada lereng keadaan tidak jenuh dan tidak ada gangguan dari luar.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

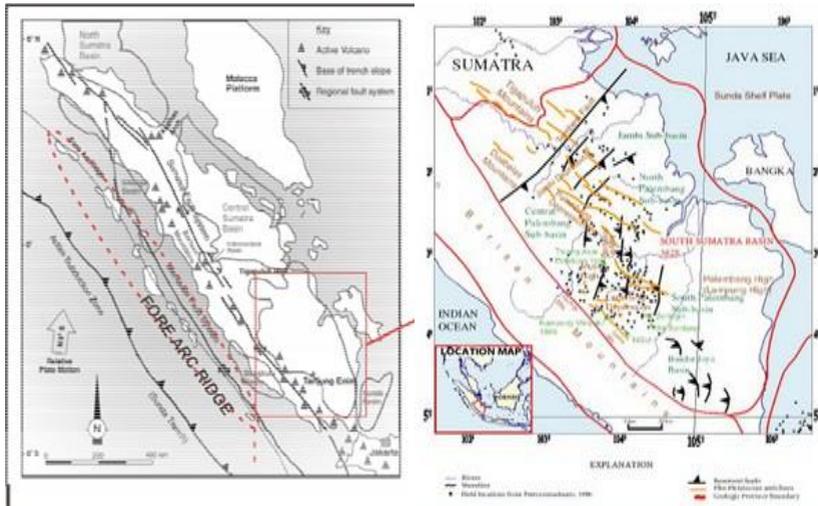
Dalam penyusunan Tugas akhir ini digunakan sistematika penulisan sebagai berikut, yaitu:

1. Bab 1 – Pendahuluan, berisi uraian mengenai latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan penelitian.
2. Bab II – Geologi regional, pada bab ini diuraikan mengenai kondisi geologi regional dari daerah penelitian
3. Bab III – Tinjauan Pustaka, berisi uraian mengenai teori yang mendukung analisis.
4. Bab IV – Metodologi Penelitian, berisi tentang, data yang digunakan dalam penelitian, Diagram alir penelitian dan uraian pengerjaan penelitian.
5. Bab V – Analisa Data dan Pembahasan, Menjelaskan tentang data-data hasil pengolahan yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir, serta penjelasan dan diskusi dari hasil pengolahan
6. Bab VI – Penutup, Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.
7. LAMPIRAN – berisi tentang gambar-gambar dari hasil pengolahan yang tidak ditampilkan dalam bab-bab sebelumnya.

## BAB II GEOLOGI REGIONAL

### 2.1 Fisiografis Dan Kerangka Tektonik

Secara fisiografis daerah penelitian ini dapat dibagi menjadi empat bagian, yaitu, cekungan Sumatera Selatan, Bukit barisan dan Tinggian lampung, Cekungan Bengkulu (meliputi lepas pantai antara daratan Sumatera dan rangkaian pulau-pulau di sebelah barat Sumatera), serta Rangkaian kepulauan (*fore arc ridge*) di sebelah barat Sumatera, yang membentuk suatu busur tak bergunung-api.



Gambar 2.1 Fisiografi Cekungan Sumatera Selatan (Hutchison, 1996)

Berdasarkan konsep Tektonik Lempeng, kedudukan cekungan batubara Tersier di Indonesia bagian Barat berkaitan dengan sistem busur kepulauan. Dalam sistem ini dikenal adanya cekungan busur belakang, cekungan busur depan dan cekungan antar busur. Masing-masing cekungan tersebut memiliki karakteristik endapan batubara yang berbeda antara satu dengan lainnya. Menurut Koesoemadinata dkk. (1978), semua cekungan batubara Tersier di Indonesia (termasuk Cekungan Sumatera Selatan) digolongkan jenis cekungan paparan karena berhubungan dengan kerak benua pada semua sisinya, kecuali Cekungan Kutai dan Cekungan Tarakan di Kalimantan Timur yang digolongkan sebagai continental margin.

Cekungan Sumatera Selatan telah mengalami empat kali proses orogenesis, terakhir terjadi saat Plio-Pleitosen yang menghasilkan kondisi struktur geologi

seperti terlihat saat ini. Berdasarkan posisi dan aktivitas tektonik lempeng, maka hampir seluruh daerah Sumatera bagian selatan hingga barat merupakan daerah yang relatif sering terjadi gempa bumi. Daerah-daerah prospek tambang di Sumatera juga memiliki kecenderungan seismisitas tinggi namun hal itu tidak menjadi masalah selama nilai-nilai keamanan selalu diperhitungkan dalam pembuatan desain tambang, terutama yang menyangkut stabilitas lereng. (Pulungono, 1983)

## **2.2 Litologi dan Stratigrafi**

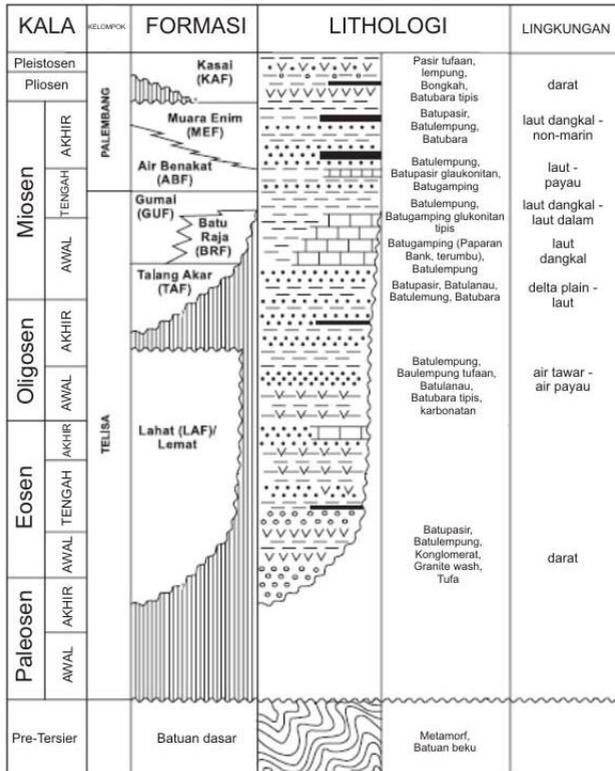
Cekungan Sumatera Selatan membentang mulai dari tinggian Asahan di barat laut sampai tinggian Lampung yang terletak di bagian paling selatan pulau Sumatera, selain itu cekungan ini juga dibatasi oleh pegunungan Bukit Barisan di sebelah barat daya. Litologi penyusun cekungan ini diawali oleh batuan Pra-Tersier, yang terdiri atas batuan malihan dan batuan beku berumur Mesozoikum, diduga merupakan dasar dari cekungan Tersier yang ada. Satuan batuan dasar ini telah mengalami pensesaran, pelipatan, dan penerobosan. (De Coster, 1974)

Sedimentasi yang terjadi pada Cekungan Sumatera Selatan berlangsung pada dua fase (Jackson, dalam Koesoemadinata), yaitu, Fase transgresi dan Fase Regresi. Pada Fase Transgresi sedimen diendapkan dari kelompok Telisa, yang terdiri dari formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, dan Formasi Gumai. Kelompok Telisa ini diendapkan secara tidak selaras di atas Batuan induk Pra-Tersier. Fase Regresi dihasilkan endapan dari kelompok Palembang, terdiri dari, Formasi Air Benakat, Formasi Muara enim, dan Formasi Kasai.

Batuan yang ada didalam Cekungan Sumatera Selatan, meliputi, Formasi Lahat, jenis batuan dari Formasi ini terdiri dari: konglomerat, batupasir, batulempung abu-abu sampai hitam kecoklatan, tufa, breksi dan terkadang terdapat lapisan batubara tipis. Formasi Talang akar, Formasi Talang Akar dicirikan oleh batuan berupa batulanau, batupasir, dan sisipan batubara. Pada bagian tengah terdapat serpih yang diendapkan pada lingkungan laut. Kandungan pasir yang ada pada formasi ini semakin bertambah tipis mendekati tepi cekungan. Formasi Baturaja, dicirikan oleh batuan berupa batugamping keras dan berlapis, batugamping pasiran, batugamping serpihan, serpih gampingan, napal dengan kandungan fosil foraminifera, moluska dan koral. Formasi Gumai dicirikan oleh batuan berupa batupasir gampingan, dan serpih gampingan yang kaya akan foraminifera pada bagian bawah dan sisipan batugamping tipis pada bagian tengah dan atas.

Formasi Air Benakat memiliki ciri-ciri batuan berupa serpih gampingan kaya akan foraminifera dengan sisipan batugamping pada bagian bawah. Semakin ke atas dijumpai sisipan-sisipan batupasir yang banyak mengandung glaukonit dan prosentase kandungan batupasir semakin ke atas semakin besar. Pada bagian atas dijumpai adanya sisa-sisa tumbuhan dan

batubara Keladi yang merupakan batas Formasi Air Benakat dan Formasi Muara Enim.

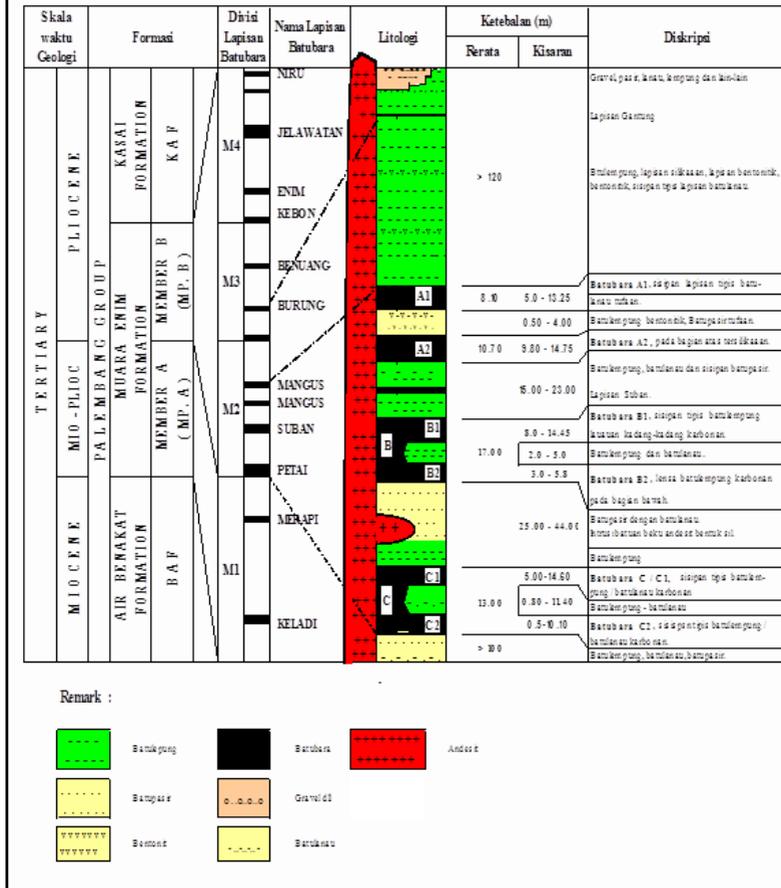


Gambar 2.2 Kolom Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Van Bemmelen, 1970)

Formasi Muara Enim dicirikan oleh batuan yang berupa batupasir, batulanau, batulempung, dan batubara. Pada bagian atas Formasi ini sering terdapat tufa atau lempung tufaan. Formasi ini juga merupakan Formasi pembawa batubara. Endapan batubara yang terdapat pada Formasi Muara Enim berdasarkan kompilasi data dari beberapa lapangan batubara diketahui seluruhnya berjumlah ± 21 lapisan batubara. Namun di beberapa lapangan batubara endapan batubara utama yang dijumpai adalah sebanyak 10 (sepuluh) lapisan, yaitu : lapisan Batubara Mangus sebanyak 2 lapisan (A1 dan A2), Batubara Suban sebanyak 2 lapisan (B/B1 dan B2), Batubara Petai sebanyak 3 lapisan (C/C1, C2 dan C3), Batubara Merapi (D) sebanyak 1 lapisan, dan Batubara Keladi (E) sebanyak 2 lapisan (E/E1 dan E2).

## SEKUN STRATIGRAFI DAN KOLOM LITOLOGI DAERAH TANJUNG ENIM DAN SEKITARNYA

(Tanpa Skala)



Gambar 2.3 Sekuen Stratigrafi Dan Kolom Litologi, Daerah Tanjung Enim Dan Sekitarnya (PTBA, 1995)

Formasi Kasai dicirikan oleh batuan berupa batupasir tufaan dan kerikil yang merupakan hasil rombakan batuan sedimen hasil pembentukan antiklin yang terbentuk selama orogenesis Plio-Pleistosen, hasil rombakan pegunungan Bukit Barisan, dan hasil aktivitas vulkanik.

### **2.3 Struktur Geologi**

Pada Cekungan Sumatera Selatan dapat dijumpai struktur geologi berupa lipatan, sesar, dan kekar. Sebagian besar dari struktur geologi yang ada di Cekungan Sumatera Selatan terjadi pada batuan tersier. Cekungan Sumatera Selatan merupakan bagian dari cekungan belakang busur Sumatera, dan dipisahkan dari cekungan Sumatera Tengah pada bagian utara, oleh pegunungan Duabelas/Tigapuluh, yang merupakan singkapan batuan pra-Tersier, pada bagian selatan dibatasi oleh Tinggian Lampung. Pada bagian barat Cekungan Sumatera Selatan dibatasi oleh Bukit Barisan dan batas timur berupa Paparan Sunda. Seperti juga dengan cekungan Sumatera Timur lainnya, pola perkembangan tektoniknya sangat dipengaruhi oleh sesar-sesar mendatar mengangan (sesar Semangko), yang terjadi sebagai akibat interaksi konvergen antara lempeng Hindia - Australia dan lempeng Mikro-Sunda. (Wisnu & Nazirman, 1997)

Berdasarkan data geofisika (seismik dan gaya berat) dan data hasil pemboran, pada cekungan Sumatera Selatan terdapat tiga pola sesar utama. Arah dari pola tersebut yaitu, barat laut-tenggara, utara-selatan, timur laut-barat daya. Hal ini disebabkan oleh terjadinya perubahan arah subduksi pada Jura Akhir - Kapur Akhir, Kapur Akhir - Tersier Awal, Miosen Tengah - Resen. (Pulungono, 1983)

Perlipatan yang melibatkan semua batuan Tersier di cekungan Sumatera Selatan, memperlihatkan arah yang hampir sama, yaitu : barat laut - tenggara, kurang lebih tegak lurus pada tegasan Sumatera yang berarah timur laut - barat daya. Pola-pola sesar ini juga nampaknya sangat berperan sebagai kontrol dalam sebaran dan bentuk daripada cekungan dan sub-sub cekungan di Sumatera Selatan. (Wisnu & Nazirman, 1997)

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BAB III DASAR TEORI

### 3.1 Stripping ratio

Untuk melakukan desain *pit* diperlukan data-data pendukung lain tentang keadaan cadangan dari batubara yang akan ditambang. Hal ini sangat penting guna meminimalisir keasalahan desain yang mengakibatkan sedikitnya hasil produksi yang didapat. *Stripping ratio* atau nisbah pengupasan merupakan perbandingan volume (tonase) tanah penutup (*Overburden*) yang harus dibongkar untuk mendapatkan satu ton batubara pada areal yang akan ditambang. Perhitungan *Stripping ratio* ini sangat efisien digunakan untuk menguraikan geometri dari operasi penambangan. Untuk melakukan perhitungan nisbah pengupasan terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan (Aziz, 2011):

#### 3.1.1 Perhitungan Volume

Dalam penentuan *stripping ratio*, tahapan yang dilakukan diawal adalah perhitungan volume. Informasi mengenai ketebalan masing-masing formasi litologi diketahui dari penampang litologi pemboran. Berdasarkan informasi tersebut maka dapat diketahui ketebalan tanah penutup (*overburden*) dan batubara. Batubara dengan sistem perlapisan *multisteam*, dilakukan penjumlahan total ketebalan untuk tiap-tiap seam yang dilakukan pada seluruh lubang bor. Perbedaan ketebalan dari tanah penutup dan batubara berpengaruh terhadap elevasi batas atas dan batas bawah keduanya.

Perhitungan luas daerah tergantung dari metode perhitungan cadangan yang digunakan. Setelah luas daerah diketahui, lalu dilakukan kalkulasi antara ketebalan rata-rata batubara maupun tanah penutup pada daerah tersebut dengan luasan daerah, dan diperoleh volume tanah penutup dan batubara pada daerah tersebut. Perhitungan volume dinyatakan dengan persamaan 3.1:

$$Volume = AT \times A \quad (3.1)$$

Dimana:  $AT$  = Average Thickness (Ketebalan rata-rata), m

$A$  = Area (Luas daerah), m<sup>2</sup>

#### 3.1.2 Perhitungan Tonase

Dalam dunia industri pertambangan, penjualan bahan galian dan kapasitas produksi dilakukan atas dasar berat dari bahan galian tersebut. Hal ini berlawanan dengan industri perancangan sipil dimana pembayaran dilakukan atas dasar volume material yang dipindahkan. Konversi dari volume ke berat

harus dilakukan dalam kaitannya dengan kegiatan pemuatan, pengangkutan maupun untuk kegiatan pengolahan.

Tanah penutup yang akan dikupas dan batubara yang akan ditambang dihitung menggunakan satuan berat (tonase). Karena satuan yang digunakan berupa volume maka perlu dikonversi kedalam satuan berat, pengontrolnya yaitu densitas, nilai densitas tiap material berbeda-beda. Densitas untuk lapisan penutup yang berupa humus dan lempung sebesar 1,36 ton/m<sup>3</sup>, sedangkan densitas batubara 1,3 ton/m<sup>3</sup>. Perhitungan tonase diperoleh dengan rumus sederhana perkalian antara volume dan densitas masing-masing.

### 3.1.3 Nisbah pengupasan

Dari nisbah pengupasan kita dapat mengetahui batas penambangan, cadangan, dan volume *overburden*. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa *stripping ratio* merupakan salah satu cara yang efisien untuk menguraikan geometri dari operasi penambangan. Nisbah pengupasan (*Stripping Ratio*) menunjukkan perbandingan antara volume tanah penutup dengan volume Batubara atau tonase tanah penutup dengan tonase batubara pada areal yang akan ditambang. Pada dasarnya nilai dari *stripping ratio* merupakan nilai perbandingan antara tanah penutup dengan tanah *overburden*. Secara sederhana dapat dirumuskan:

$$\text{Stripping Ratio} = \frac{\text{Tanah Penutup (tonase atau m}^3\text{)}}{\text{Batubara (tonase atau m}^3\text{)}} \quad (3.2)$$

Persamaan diatas digunakan dengan satuan yang sama untuk tanah penutup dan batubara. Jika tanah penutup menggunakan satuan tonase, maka satuan yang digunakan untuk batubara tonase juga.



Gambar 3.1 Ilustrasi antara lapisan batubara dan Overburden  
(www.migasreview.com)

Pada gambar diatas terlihat bahwa terdapat lapisan batubara yang ditunjukkan dengan kotak merah dan diatas lapisan tersebut terdapat lapisan berwarna abu-abu yang disebut dengan *overburden*. Semakin besar nilai dari stripping ratio maka semakin besar pula lapisan *overburden* yang harus dikupas untuk mendapatkan batubara. Sebagai contoh ketika nilai dari stripping ratio adalah 15, maka untuk mendapatkan lapisan batubara sebesar 1 ton harus mengkupas lapisan overburden sebanyak 15 ton. (Aziz, 2011)

## 3.2 Lereng

Lereng (*slope*) merupakan permukaan tanah yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horisontal. Lereng dapat terbentuk secara alami dan dapat juga terbentuk akibat dari aktivitas manusia.

### 3.2.1 Lereng alam

Lereng alam atau dalam bahasa Inggris *Natural slope* adalah lereng yang terbentuk karena adanya fenomena alam yang terjadi akibat dari suatu proses geologi. Dalam konteks perencanaan teknik jalan, lereng alam sering dijumpai pada kawasan dengan topografi berbukit dan pegunungan, dimana posisi badan jalan berada pada elevasi tanah asli (*existing ground*) berada pada di sisi sebuah bukit, atau elevasi badan jalan berada pada lereng bukit yang sebagian digali/dipotong untuk posisi badan jalan. lereng alam adalah apabila tidak ada perlakuan dan atau penanganan terhadap lereng tersebut, baik berupa perubahan kemiringan atau penambahan dengan suatu konstruksi tertentu, sehingga kestabilan dan kemantapan dari lereng alam tersebut benar-benar mengandalkan kestabilan internal yang terbentuk akibat sifat, karakteristik, dan struktur tanah serta bentuk alaminya.

### 3.2.2 Lereng buatan

lereng buatan adalah lereng yang terbentuk akibat aktivitas manusia sebagai contoh pada penggalian tambang atau konstruksi galian pada pekerjaan teknik sipil. Dalam penelitian ini dibatasi pada pengertian lereng untuk suatu galian tambang. Terdapat beberapa jenis geometri pada lereng bukaan tambang, antara lain, *Single slope*, *Inter-ramp slope*, dan *Overall Pit Slope*.



Gambar 3.2 Lereng Buatan Tambang (Sumber: Open Pit Slope Design, 2010)

### 3.3 Lereng Tambang Terbuka

Lereng tambang merupakan faktor teknologi dalam rancangan dan rencana penambangan. Faktor teknologi ini juga sering disebut sebagai pertimbangan teknik dalam rencana penambangan. Pertimbangan teknis dalam penambangan terbuka perlu mendapatkan perhatian yang serius. Karena hal ini menyangkut beberapa masalah. Masalah pertama adalah peningkatan produksi, dengan merancang dan membuat geometri lereng yang baik dan tepat berakibat pada pelaksanaan operasi tambang yang teratur dan baik, sehingga efisiensi akan tercapai, yang berarti akan dapat meningkatkan produksi dan menambah nilai ekonomis. Keselamatan pekerja dan peralatan, dengan lereng yang mantap akan mencegah terjadinya runtuh yang dapat mengakibatkan adanya korban jiwa atau peralatan produksi yang rusak. Masalah yang ketiga adalah reklamasi, perencanaan yang matang pada operasional penambangan dengan hasil bentuk dan geometri lereng yang baik akan mempercepat jalannya reklamasi, sehingga isu bahwa tambang merusak lingkungan dapat ditepis.

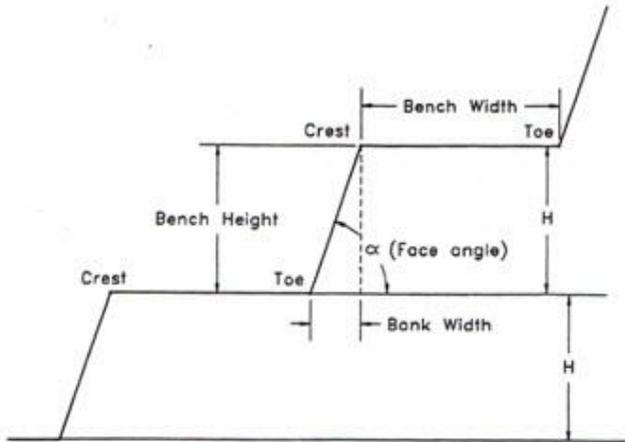
Jika membicarakan mengenai lereng tambang terbuka, maka perlu membahas beberapa hal, antara lain:

#### 3.3.1 Geometri bench

Dalam menentukan geometri jenjang (*bench*) terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, antara lain, sasaran produksi harian dan tahunan, ukuran alat mekanis yang digunakan, sesuai dengan *ultimate pit slope*, dan sesuai dengan kriteria *slope stability*. Elemen-elemen suatu jenjang terdiri dari tinggi, lebar dan kemiringan yang penentuan dimensinya dipengaruhi oleh: (1) alat-alat berat yang

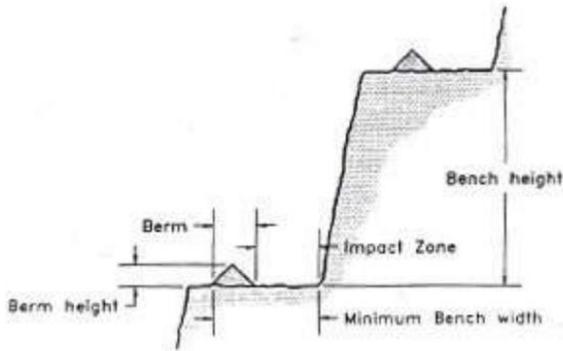
dipakai (terutama alat gali dan angkut), (2) kondisi geologi, (3) sifat fisik batuan, (4) selektifitas pemisahan yang diharapkan antara bijih dan buangan, (5) laju produksi dan (6) iklim. Tinggi jenjang adalah jarak vertikal diantara level horisontal pada pit; lebar jenjang adalah jarak horisontal lantai tempat di mana seluruh aktifitas penggalian, pemuatan dan pengeboran-peledakan dilaksanakan; dan kemiringan jenjang adalah sudut lereng jenjang. Batas ketinggian jenjang diupayakan sesuai dertgan tipe alat muat yang dipakai agar bagian puncaknya terjangkau oleh boom alat muat. Disamping itu batas ketinggian jenjang pun harus mempertim-bangkan aspek kestabilan lereng, yaitu tidak longsor karena getaran peledakan atau akibat hujan.

Geometri bench adalah tinggi *bench* ( $H$ ), lebar *bench* ( $S_b$ ) dan panjang *bench* ( $L$ ). Kemudian bagian-bagian lain adalah puncak *bench* (*crest*), kaki *bench* (*toe*), muka *bench* (*bench face*), sudut lereng ( $\alpha$ ) dan *bank width*.



Gambar 3.3 Bagian-Bagian Dari Bench (Hustrulid.W. & Kuchta.M.)

Dalam menjaga tingkat keamanan *bench* (*safety benches*) lebar bench  $2/3$  dari tinggi *bench*, namun untuk tambang yang memiliki umur tambang yang lama lebar *bench* dapat direduksi menjadi  $1/3$  tinggi *bench*. Menurut *Ritchie* (1963) dan *Call* (1986) rancangan geometri *catch bench* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 dan Tabel 3.1 sebagai berikut. *Catch bench* sendiri berfungsi sebagai empat untuk menahan sementara hasil peledakan, namun *catch bench* ini nantinya juga akan ditambang atau diledakkan.



Gambar 3.4 Geometri catch bench

Tabel 3.1 Tipe rancangan dimensi catch bench (call, 1986)

Bench Height (m)	Impact zone (m)	Berm height (m)	Berm width (m)	Minimum bench width (m)
15	3,5	1,5	4	7,5
30	4,5	2	5,5	10
45	5	3	8	15

Namun perlu diingat kembali bahwa geometri bench tergantung pada produksi yang diinginkan dan alat-alat mekanis yang menunjang kegiatan penambangan. Perhitungan lebar minimum bench dikemukakan oleh beberapa ahli, yaitu:

a. Head Quarter Departement of the Army (USA)

$$W_{min} = y + Wt + Ls + G + Wb \text{ (feet)} \quad (3.3)$$

Keterangan,  $W_{min}$  = Lebar minimum lereng

$Y$  = Lebar yang disediakan untuk pemboran

$Wt$  = Lebar yang disediakan untuk alat angkut

$Ls$  = Panjang power shovel

$G$  = floor cutting radius power shovel

$Wb$  = Lebar untuk broken material

b. L. Shevvakov (Mining of Mining Deposite) Untuk material lunak,  

$$B = (1.00 \text{ sampai } 1.50)Ro + L + L2 + L2 \quad (3.4)$$

- Keterangan, B = Lebar lereng, m  
 Ro = Digging radius alat muat, m  
 L = Jarak antara sisi lereng dengan rel 3-4 m  
 L1 = Lebar lori, 1,75 – 3 m  
 L2 = Jarak untuk menjaga agar tidak terjadi runtuh

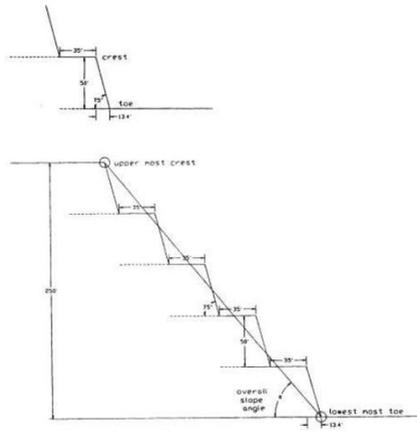
c. Melinkov dan Chevnikov (Safety in Open Cast Mining)

$$Vr = A + C + C1 + L + B \quad (3.5)$$

- Keterangan, Vr = Lebar lereng, m  
 A = Lebar untuk broken material, m3  
 C = Jarak sisi timbunan ke sisi tengah rel, m  
 C1 = 0,5 lebar lori, 2 – 3 m  
 L = Lebar yang disediakan untuk menjamin extraction dari endapan pada jenjang di bawahnya.  
 B = Lebar endapan yang diledakkan, 6 – 12 m

### 3.3.2 Pit Slope geometri

Dalam tambang terbuka terdapat individual slope dan overall slope. Setiap individual slope tentunya memiliki face angle ( $\alpha$ ) yang didefinisikan sebagai sudut yang dibentuk terhadap bidang horizontal terhadap garis bidang dari toe hingga ke crest lereng. Sedangkan overall slope angle ( $\theta$ ) adalah sudut yang dibentuk dari toe lereng yang paling bawah hingga ke crest lereng paling atas.



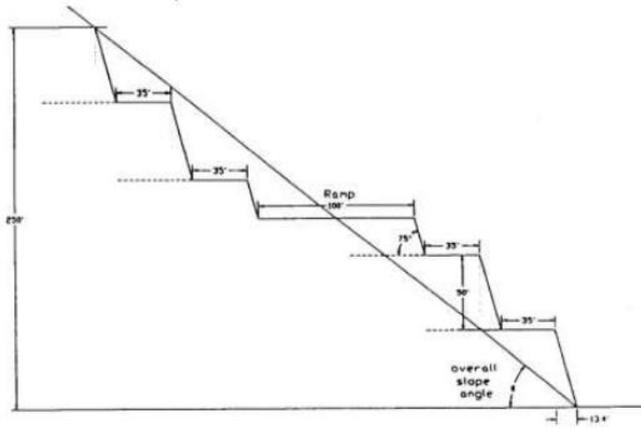
Gambar 3.5 Individual slope (atas), overall slope (bawah)

Penentuan sudut overall slope dapat ditentukan dari persamaan dibawah ini, jika diketahui terdapat 5 bench, tiap-tiap bench mempunyai lebar bench 35 ft dan tinggi 50 ft, maka besar sudut overall slope adalah:

$$\theta(Overall) = \tan^{-1} \frac{5 \times 50}{4 \times 35 + \frac{5 \times 50}{\tan 75^\circ}} = 50,4^\circ \quad (3.6)$$

Jika terdapat akses ramp dengan lebar 100 ft, seperti gambar Gambar 3.6, maka nilai dari sudut overall slope, yaitu:

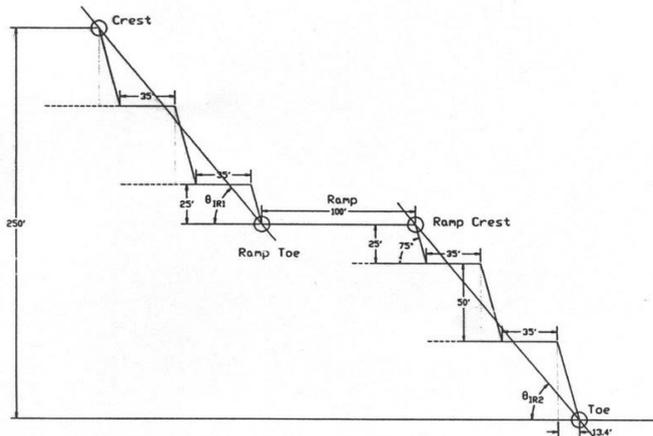
$$\theta(Overall) = \tan^{-1} \frac{5 \times 50}{4 \times 35 + \frac{5 \times 50}{\tan 75^\circ} + 100} = 39,2^\circ \quad (3.7)$$



Gambar 3.6 Overall slope dengan ramp

Adanya ramp tersebut menyebabkan terbentuknya dua buah overall slope. sudut overall slope yang terbentuk disebut dengan sudut interramp ( $\theta_{IR_{1,2}}$ ) lihat Gambar 3.7. Besaran sudut ini dapat dihitung sebagai berikut.

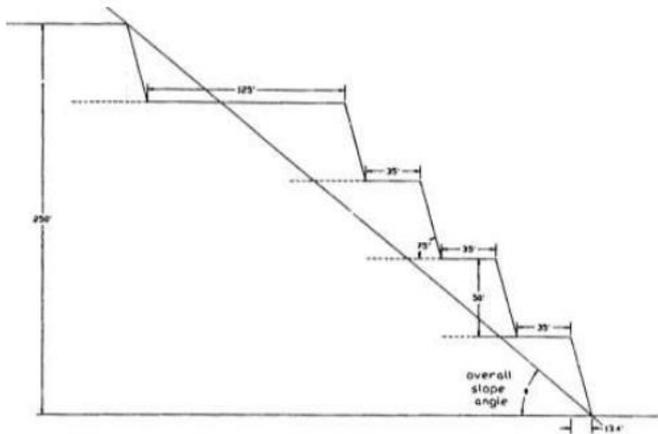
$$\theta_{IR_1} = \theta_{IR_2} = \tan^{-1} \frac{5 \times 50}{2 \times 35 + \frac{2 \times 50}{\tan 75^\circ} + \frac{25}{\tan 75^\circ}} = 50,4^\circ \quad (3.8)$$



Gambar 3.7 Sudut Interramp slope

Pada ilustrasi berikutnya terdapat working bench pada bench kedua dengan lebar 125 ft. Maka, sudut overall slope dapat diketahui sebesar:

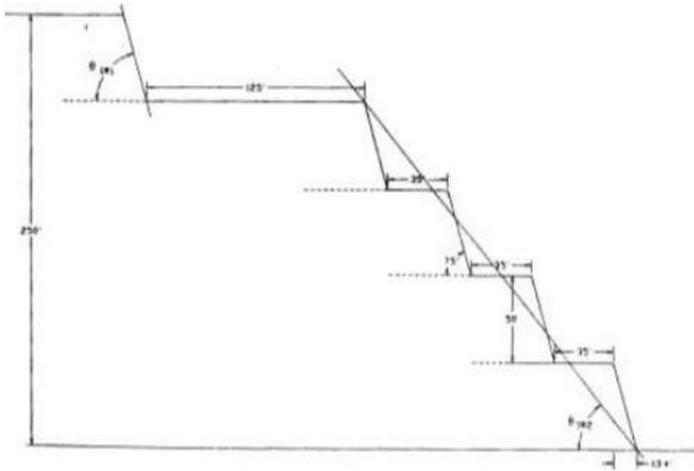
$$\theta(Overall) = \tan^{-1} \frac{5 \times 50}{125 + 4 \times 35 + \frac{5 \times 50}{\tan 75^\circ}} = 36,98^\circ \quad (3.9)$$



Gambar 3.8 Overall slope dengan working bench

terdapat pada bench 1 dengan ketinggian bench 50 ft, sehingga faceslope  $\theta_1R_1$  adalah  $75^\circ$ , maka sudut overall slope dengan working bench adalah ( $\theta_1R_2$ );

$$\theta_1R_2 = \tan^{-1} \frac{5 \times 50}{125 + 3 \times 35 + \frac{4 \times 50}{\tan 75^\circ}} = 51,6^\circ \quad (3.10)$$



Gambar 3.9 Sudut Interramp berasosiasi dengan Working Bench

### 3.4 Kestabilan Lereng

Kestabilan dari suatu lereng merupakan masalah yang penting, karena hal ini menyangkut keselamatan manusia, peralatan, dan bangunan yang berada disekitar lereng tersebut. Didalam dunia tambang pada penambangan terbuka, lereng yang tidak aman akan mengganggu kelancaran produksi. Sejatinya, tanah dan bauan berada dalam keadaan setimbang namun karena adanya faktor dari luar maka keadaan setimbang tersebut akan terganggu, dan akan mencapai kesetimbangan baru dengan cara pengurangan beban atau yang biasa kita sebut longsor.

Seegmilier (1972) menerangkan bahwa terjadinya suatu longsoran lereng tambang dimulai dengan longsoran kecil yang kemudian menjadi besar dan menghambat proses operasi penambangan. Terdapat dua kelompok penyebab terjadinya longsoran menurut Terzaghi (1950), yaitu:

✓ Penyebab Eksternal	✓ Penyebab Internal
Penyebab eksternal, menyebabkan naiknya gaya geser yang bekerja sepanjang bidang runtuh, faktor-faktor yang menyebabkan, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perubahan geometri lereng</li> <li>• Beban dinamik karena dump truck (<i>traffic loading</i>)</li> </ul>	Faktor internal akan menyebabkan turunnya kekuatan geser material, faktor tersebut antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelapukan</li> <li>• Keruntuhan progsive</li> <li>• Hilangnya sementasi material</li> <li>• Berubahnya struktur material</li> </ul>

- Gaya vibrasi yang ditimbulkan oleh gempa bumi atau ledakan
- Penurunan muka air tanah secara mendadak

Menurut Varnes (1978) terdapat sejumlah penyebab internal maupun eksternal yang dapat menyebabkan naiknya gaya geser sepanjang bidang runtuh maupun menyebabkan turunnya kekuatan geser material, bahkan kedua hal tersebut juga dapat dipengaruhi secara serentak. Secara garis besar terdapat empat kelompok yang menyebabkan kestidak stabilan lereng dan memicu terjadinya longsor, antara lain, kondisi material, proses geomorfologi, perubahan sifat fisik dari lingkungan, dan proses yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia. Rai (1995) memaparkan faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menganalisis kestabilan suatu lereng, antara lain:

#### 1. Penyebaran Batuan

Pada daerah penyelidikan harus diketahui macam dan jenis dari batuan/tanah, demikian juga dengan persebarannya. Hal ini sangat penting dilakukan karena sifat-sifat fisis dan mekanis suatu batuan dengan batuan lain berbeda sehingga kekuatan untuk menahan beban juga berbeda pula.

#### 2. Relief permukaan bumi

Faktor ini mempengaruhi laju erosi dan pengendapan serta menentukan arah aliran air permukaan dan air tanah. Hal ini disebabkan karena area daerah yang curam, kecepatan aliran air permukaan tinggi dan mengakibatkan pengikisan lebih intensif dibandingkan pada daerah yang landai, karena erosi yang intensif banyak dijumpai singkapan batuan menyebabkan pelapukan yang lebih cepat. Batuan yang lapuk mempunyai kekuatan yang rendah sehingga kemantapan lereng menjadi berkurang.

#### 3. Geometri lereng

Geometri lereng mencakup tinggi lereng dan sudut kemiringan lereng. Kemiringan dan tinggi suatu lereng sangat mempengaruhi kemantapannya. Semakin besar kemiringan dan tinggi suatu lereng maka kemantapannya semakin kecil. Muka air tanah yang dangkal menjadikan lereng sebagian besar basah dan batuan memiliki kandungan air yang tinggi, sehingga menyebabkan kekuatan batuan menjadi rendah dan lereng lebih mudah longsor.

#### 4. Orientasi bidang

Orientasi bidang lemah (discontinuitas) terhadap orientasi lereng Struktur batuan yang sangat mempengaruhi kemantapan lereng adalah bidang- bidang sesar, perlapisan dan rekahan. Oleh karena itu perlu diperhatikan dalam analisa adalah struktur regional dan lokal. Struktur batuan tersebut merupakan bidang-bidang lemah dan sekaligus sebagai

tempat merembesnya air sehingga batuan menjadi lebih mudah longsor. Dalam mendesain lereng haruslah mempertimbangkan arah atau orientasi bidang lemah tersebut. Dapat dilihat pada gambar dibawah, arah lereng yang sejajar dengan bidang lemah akan sangat mungkin untuk mengalami kelongsoran dibanding dengan arah lereng yang berlawanan atau tegak lurus terhadap arah bidang lemah. Hal ini disebabkan karena orientasi bidang lemah yang berlawanan dengan orientasi lereng akan menahan gaya normal yang bekerja pada lereng. Dalam istilah struktur geologi terdapat dua macam *discontinuity*, yaitu:

- Mayor *discontinuity*, seperti sesar (patahan)
- Minor *discontinuity*, seperti kekar dan bidang perlapisan

Adanya bidang-bidang lemah ini yang mempunyai arah atau orientasi, panjang, spasi dan kekuatan dari material pengisinya akan menentukan model dari potensial longsor yang terjadi.

#### 5. Iklim

Iklim berhubungan dengan temperature dan jumlah hujan, kedua hal ini berhubungan dengan proses pelapukan. Hal ini selanjutnya mempengaruhi dari ketebalan dari tanah dan kekuatannya. Daerah tropi akan memiliki lapisan tanah yang lebih tebal jika dibandingkan dengan daerah sub-tropis, begitu juga dengan batuan segarnya, daerah sub-tropis memiliki batuan segar yang lebih tebal, yang pada akhirnya berpengaruh pada besar kecil kekuatan.

#### 6. Tingkat pelapukan

Tingkat pelapukan mempengaruhi sifat- sifat asli dari batuan, misalnya angka kohesi, besarnya sudut geser dalam, bobot isi, dll. Semakin tinggi tingkat pelapukan maka kekuatan batuan akan menurun.

#### 7. Hasil kerja manusia

Selain faktor alamiah, manusia juga memberikan andil yang tidak kecil. Misalnya suatu lereng yang awalnya mantap karena manusia menebangi pohon pelindung, pengolahan tanah yang tidak baik, saluran air yang tidak baik, penggalian / tambang, dan lainnya menyebabkan lereng tersebut menjadi tidak mantap, sehingga erosi dan longsor mudah terjadi.

#### 8. Sifat fisik dan mekanik batuan

Sifat fisik batuan yang mempengaruhi kemantapan lereng adalah : bobot isi (*density*), porositas dan kandungan air. Kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kohesi dan sudut geser dalam merupakan sifat mekanik batuan yang juga mempengaruhi lereng.

### 3.5 Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Mengingat lereng terbentuk oleh banyaknya variabel dan banyaknya faktor ketidak pastian antara lain parameter-parameter tanah seperti kuat geser tanah, kondisi tekanan air pori maka dalam menganalisis selalu dilakukan penyederhanaan dengan berbagai asumsi. Secara teoritis massa yang bergerak dapat dihentikan dengan meningkatkan kekuatan gesernya. Hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kriteria faktor keamanan adalah resiko yang dihadapi, kondisi beban dan parameter yang digunakan dalam melakukan analisis stabilitas lereng. Resiko yang dihadapi dibagi menjadi tiga yaitu: tinggi, menengah dan rendah. Tugas seorang engineer meneliti stabilitas lereng untuk menentukan faktor keamanannya.

$$FK = \frac{\tau_f}{\tau_d} \tag{3.11}$$

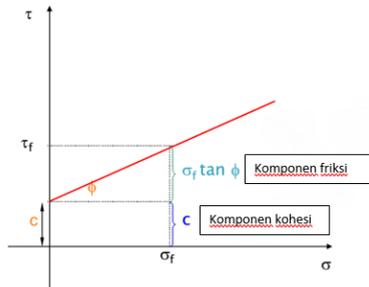
dimana FK Angka kewanan dari suatu tanah  
 $\tau_f$  Kekuatan geser rata-rata dari tanah  
 $\tau_d$  Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor

Kekuatan geser suatu lahan terdiri dari dua komponen, friksi (gesekan) dan kohesi. Dapat ditulis dalam persamaan

$$\tau_f = c + \sigma_f \tan \phi \tag{3.12}$$

dimana c Kohesi tanah penahan  
 $\phi$  Sudut geser penahan  
 $\sigma_f$  Tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor

Didalam sebuah grafik hubungan antara kohesi dan friksi seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.10 Hubungan antara kohesi dan friksi terhadap kuat geser rata-rata tanah

Pada tegangan geser rata-rata yang bekerja dalam bidang longsor, dapat ditulis persamaannya sebagai berikut,

$$\tau_d = c + \sigma_d \tan \phi_d \quad (3.13)$$

dimana  $c$  Kohesi tanah penahan

$\phi_d$  Sudut geser penahan yang bekerja pada bidang longsor

$\sigma_d$  Tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor

Dari kedua persamaan diatas maka nilai faktor keamanan dapat kita tuliskan sebagai,

$$FK = \frac{c + \sigma_f \tan \phi}{c + \sigma_d \tan \phi_d} \quad (3.14)$$

Dari persamaan diatas kita mengetahui bahwa terdapat beberapa parameter lain yang mempengaruhi nilai keamanan, yaitu keamanan terhadap kohesi ( $F_c$ ) dan keamanan terhadap sudut geser ( $F_\phi$ ), dapat kita rumuskan,

$$F_c = \frac{c}{c_d} \quad (3.15)$$

dan

$$F_\phi = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \quad (3.16)$$

Jika,

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\tan \phi}{\tan \phi_d} \quad (3.17)$$

Maka, kita dapat menuliskan

$$FK = F_c = F_\phi \quad (3.18)$$

FK sama dengan 1 maka lereng dalam keadaan akan longsor. Biasanya, 1.5 untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser yang dapat diterima untuk merencanakan suatu stabilitas lereng (SKBI-2.3.06, 1987). Dalam kajian tentang analisis lereng, Bowles 1989 (dalam Zakaria, 2010) memberikan nilai FK dengan maknanya seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.2 Nilai F dan maknanya (Bowles 1989, dalam Zakaria, 2010)

Nilai Faktor Keamanan	Makna Lereng	Kejadian Pada Lereng
<b>F &gt; 1,25</b>	Relatif Stabil	Jarang Longsor
<b>1,25 &lt; F &lt; 1,07</b>	Kritis	Pernah Longsor
<b>F &lt; 1,07</b>	Labil	Sering Longsor

### 3.6 Analisa Stabilitas Lereng

Pada dasarnya untuk melakukan analisa stabilitas lereng terdapat dua kelompok besar, yaitu, Prosedur massa dan Metoda irisan. Prosedur massa menggunakan analisis dengan cara massa tanah yang berada di atas bidang gelincir diambil sebagai satu kesatuan. Prosedur ini berguna bila tanah yang membentuk lereng dianggap homogeny (Braja M. Das, 2002). Sedangkan metoda irisan, Pada cara analisis ini tanah yang ada di atas bidang gelincir dibagi menjadi beberapa irisan-irisan parallel tegak. Stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah. Metode ini lebih teliti karena tanah yang tidak homogen dapat juga dimasukkan dalam perhitungan (Braja M. Das, 2002). Dalam Penelitian ini akan dibahas lebih lanjut pada metoda irisan Bishop.

A.W. Bishop (1995) menggunakan cara elemen dimana gaya yang bekerja pada tiap elemen ditunjukkan seperti pada Gambar 3.11. Persyaratan keseimbangan yang diterapkan pada elemen yang membentuk lereng tersebut. Faktor keamanan terhadap keruntuhan didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsor ( $S_{tersedia}$ ) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan ( $S_{perlu}$ ) (SKBI-2.3.06, 1987).

$$FK = \frac{S_{tersedia}}{S_{perlu}} \quad (3.19)$$

Bila kekuatan geser tanah adalah:

$$S_{tersedia} = c' + (\sigma - \mu) \tan \phi' = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (3.20)$$

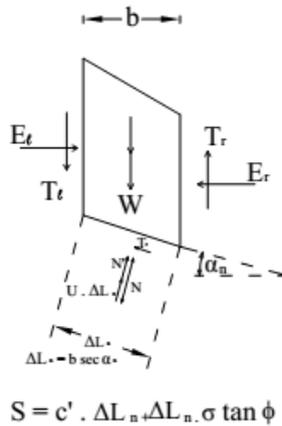
Maka tahanan geser yang diperlukan untuk kesetimbangan adalah:

$$S_{perlu} = \frac{1}{FK} (c' + (\sigma - \mu) \tan \phi') \quad (3.21)$$

Faktor Keamanan dapat dihitung berdasarkan rumus:

$$FK = \frac{\sum \frac{1}{m} (c'l + (W - \mu l) \tan \phi')}{W \sin \alpha} \quad (3.22)$$

Faktor keamanan menurut cara ini menjadi tidak sesuai dengan kenyataan, terlalu besar, bila sudut negatif (-) di lereng paling bawah mendekati  $30^\circ$  (Gambar 3.11). Kondisi ini bisa timbul bila lingkaran longsor sangat dalam atau pusat rotasi yang diandaikan berada dekat puncak lereng. Faktor keamanan yang diperoleh dengan cara ini lebih besar daripada dengan cara Fellenius (SKBI-2.3.06, 1987).



Gambar 3.11 Suatu gaya pada suatu elemen menurut Bishop

Metode analisis stabilitas berikutnya adalah metode spencer (1967), sebenarnya dalam menyelesaikan angka keamanan F dan sudut kemiringan gaya-gaya antar pias  $\delta$ , metode spencer memiliki kesamaan dengan metode Morgenstern dan Price. Pada Gambar 3.12 ditunjukkan bahwa  $\delta$  konstan untuk setiap pias atau segmen, dan gaya-gaya yang bekerja pada tiap segmen.



$$h_2 = \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)h_1 + \frac{\Delta x}{2}(\tan\delta - \tan\theta)\left(1 + \frac{Z_1}{Z_2}\right) \quad (3.29)$$

Syarat batas didefinisikan oleh  $Z_1$  dan  $h_1$  untuk segmen pertama dan  $Z_2$  dan  $h_2$  untuk segmen terakhir. Beberapa kasus menunjukkan nilai sama dengan nol. Dengan menggunakan nilai  $F$  dan  $\delta$  yang diasumsikan dan syarat batas yang telah diketahui yakni  $Z_1$  dan  $h_1$ , maka memungkinkan untuk menggunakan persamaan (3.27) dan (3.29) dengan cara rekursi, pias demi pias, dan mengevaluasi  $Z_2$  dan  $h_2$  untuk pias atau segmen terakhir. Hasil perhitungan nilai-nilai  $Z_2$  dan  $h_2$  pada batas dibandingkan dengan nilai-nilai yang diberikan. Penyesuaian dilakukan terhadap nilai-nilai  $F$  dan  $\delta$  yang diasumsikan, dan proses ini diulangi. Proses iterasi dihentikan bila nilai-nilai  $Z_2$  dan  $h_2$  hasil perhitungan telah masuk dalam batas toleransi dari nilai-nilai  $Z_2$  dan  $h_2$  yang telah diketahui pada batas.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1 Data

Dalam Penelitian tugas akhir ini menggunakan beberapa data. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Sucofindo, Tbk. Data-data tersebut adalah:

Tabel 4.1 Data Penunjang Penelitian

Data	Format	Jumlah
Data Topografi Daerah Penelitian	(* .DWG)	1 File
Data Base Geoteknik	(* .xlsx)	1 File
Data Log Gamma Ray	(* .txt)	3 Sumur (TG05-TG07-TG08)
Data Log Densitas	(* .txt)	3 Sumur (TG05-TG07-TG08)
Koordinat Sumur	(UTM)	3 Titik Sumur
Data Deskripsi Sumur	(* .txt)	3 File

Dibawah ini merupakan data hasil pengukuran dari contoh dilapangan untuk mendapatkan data parameter mekanik dari tanah tersebut.

Tabel 4.2 Tabel hasil uji laboratorium conto batuan

Stratigrafi	Litologi	Statistika	Angle of Internal Friction	Density	Kohesi
			( $\phi$ ) (deg)	( $\gamma_{sat}$ ) (KN/m <sup>3</sup> )	(Cp) (Kpa)
Overburden A1	Claystone	Count	13		
		Min	10.36	16.37769	11.76798
		Maks	30.64	20.30049	84.33719
		Rerata	17.91	18.92751	45.11059

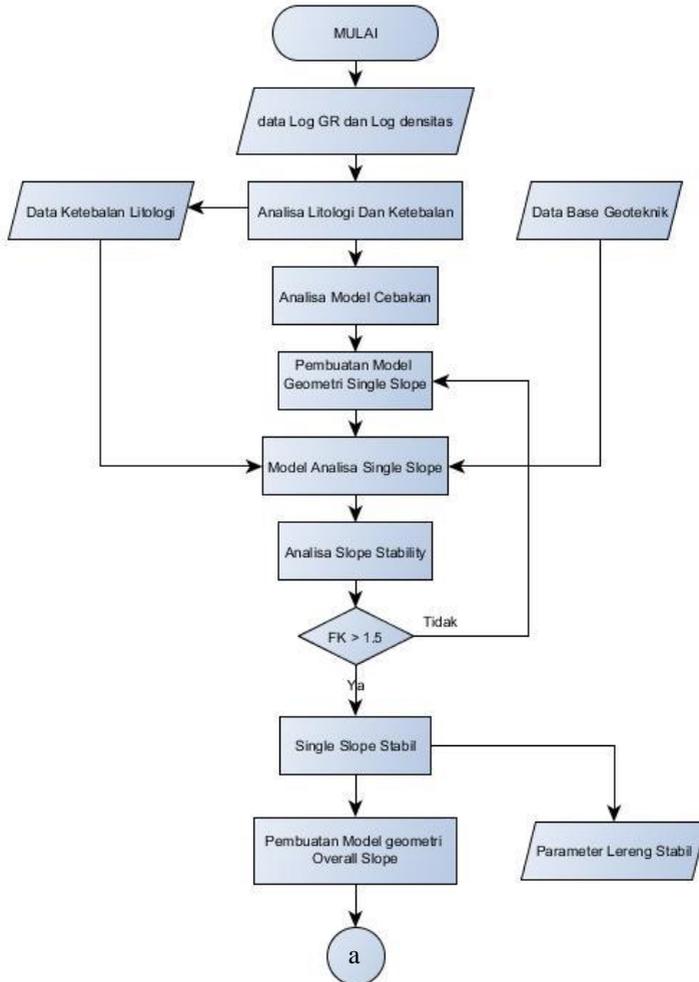
		Median	14.84	19.02558	40.207265
		Std Dev	7.28		
Interburden A1-A2	Tuff Sandstone	Count	1		
		Min	14.6	17.35839	49.03325
		Maks	14.6	17.35839	49.03325
		Rerata	14.6	17.35839	49.03325
		Median	14.6	17.35839	49.03325
		Std Dev	-		
Interburden A2-B1	Siltstone	Count	2		
		Min	14.23	18.04488	25.49729
		Maks	14.69	19.51593	65.704555
		Rerata	14.46	18.82944	46.091255
		Median	14.46	18.82944	46.091255
		Std Dev	0.325		
Interburden B1-B2	Sandstone	Count	2		
		Min	9.14	18.43716	15.69064
		Maks	21.16	22.35996	19.6133
		Rerata	15.15	20.49663	17.65197
		Median	15.15	20.30049	17.65197
		Std Dev	8.5	1.47105	
Interburden B2-C	Sandstone - Claystone	Count	1		
		Min	19.58	19.02558	19.02558
		Maks	19.58	22.45803	22.45803

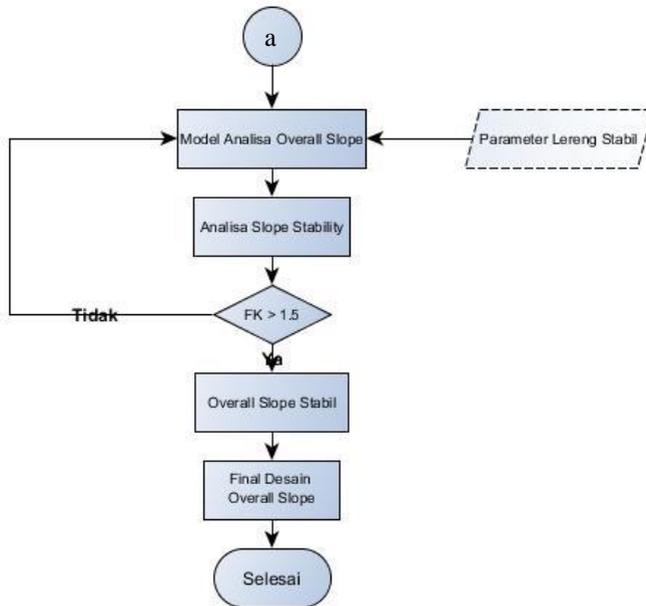
		Rerata	19.58	20.5947	20.5947
		Median	19.58	20.49663	20.49663
		Std Dev	-		
Under C	Claystone	Count	9		
		Min	8.74	12.16068	18.632635
		Maks	29.95	21.18312	119.64113
		Rerata	18.67	19.614	50.99458
		Median	19.43	20.5947	51.975245
		Std Dev	7.43		
Seam A1	Coal	Count	1		
		Min	22.41	11.86647	85.6120545
		Maks	22.41	11.86647	85.6120545
		Rerata	22.41	11.86647	85.6120545
		Median	22.41	11.86647	85.6120545
		Std Dev	-		
Seam A2	Coal	Count	1		
		Min	0.398	11.86647	39.030467
		Maks	0.398	11.86647	39.030467
		Rerata	0.398	11.86647	39.030467
		Median	0.398	11.86647	39.030467
		Std Dev	-		
Seam B1	Coal	Count	2		
		Min	28.8	10.98384	39.2266
		Maks	39.71	12.06261	232.417605
		Rerata	34.26	11.47419	136.312435

		Median	34.26	11.47419	136.312435
		Std Dev	7.71		
Seam B2	Coal	Count	2		
		Min	23.4	11.47419	20.593965
		Maks	31.54	11.96454	152.98374
		Rerata	27.47	11.67033	86.29852
		Median	27.47	11.67033	86.29852
		Std Dev	5.76		
Seam C	Coal	Count	3		
		Min	18.86	10.98384	67.665885
		Maks	27.57	11.67033	148.080415
		Rerata	23	11.47419	100.02783
		Median	22.57	11.57226	85.317855
		Std Dev	4.37		

## 4.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir yang tertera pada gambar 4.1.



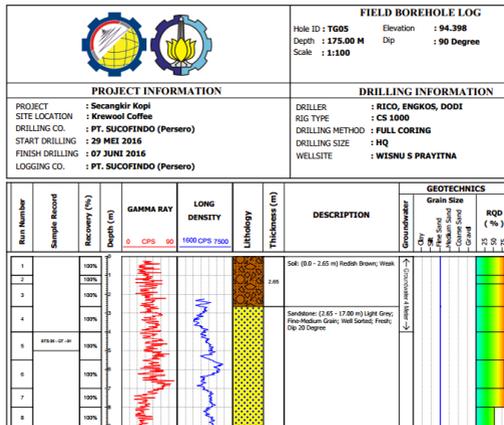


Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

### 4.3 Alur Penelitian

#### 4.3.1 Pembuatan Curva Well-Log

Data hasil pengukuran Well Log berformat .txt dilakukan pengolahan untuk menghasilkan curva well log. Pengolahan data well log menggunakan *software* Log Plot 7.



Gambar 4.2 Hasil Pengolahan data Log

#### 4.3.2 Litologi dan Ketebalan

Interpretasi dari curva well log menghasilkan data lithologi dan ketebalan lapisan dari masing-masing sumur. Penentuan litologi didasarkan pada nilai dari Gamma Ray. Hasil dari interpretasi litologi pada masing-masing sumur disajikan pada Tabel 4.3 (Halaman 36).

Pada tabel litologi nilai depth pada kolom kiri merupakan batas bawah dari tiap-tiap lapisan. Ketebalan dari masing-masing litologi dapat diketahui dengan mengurangkan nilai top dan bottom dari masing-masing lapisan.

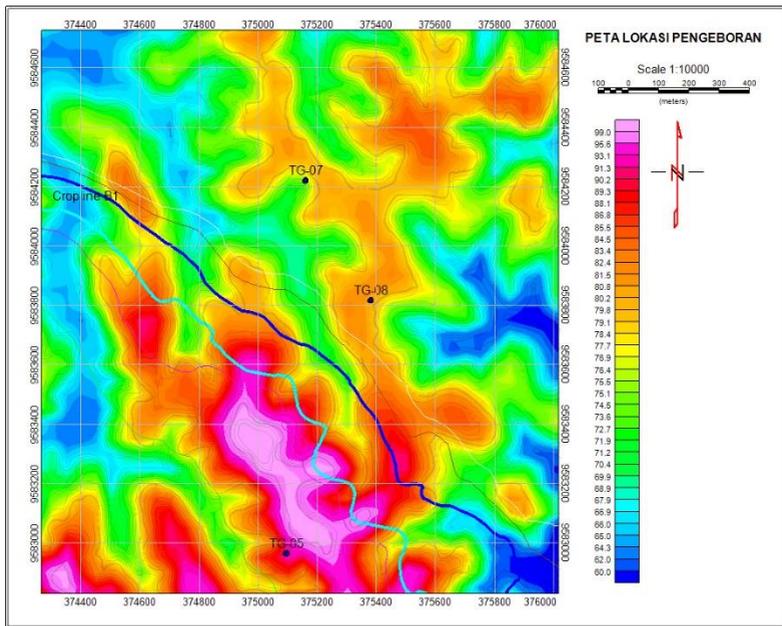
#### 4.3.3 Peta Persebaran Sumur

Peta persebaran sumur digunakan untuk menentukan titik lereng yang akan didesain. Dengan menggunakan peta persebaran sumur juga dapat dilihat model dari endapan betubara. Pembuatan peta dilakukan dengan menggunakan *software* Global Mapper 18 dan Oasis montaj.

Data topo yang berformat \*.DWG dibuka menggunakan global mapper kemudian di ekspor kedalam format \*.txt. Data txt tersebut berisi koordinat X-Y beserta elevasi. Data tersebut kemudian dimasukkan kedalam Oasis Montaj, lalu dilakukan gridding untuk sumbu Z(elevasi). Hasil dari peta persebaran titik bor seperti pada gambar Gambar 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Interpretasi Litologi

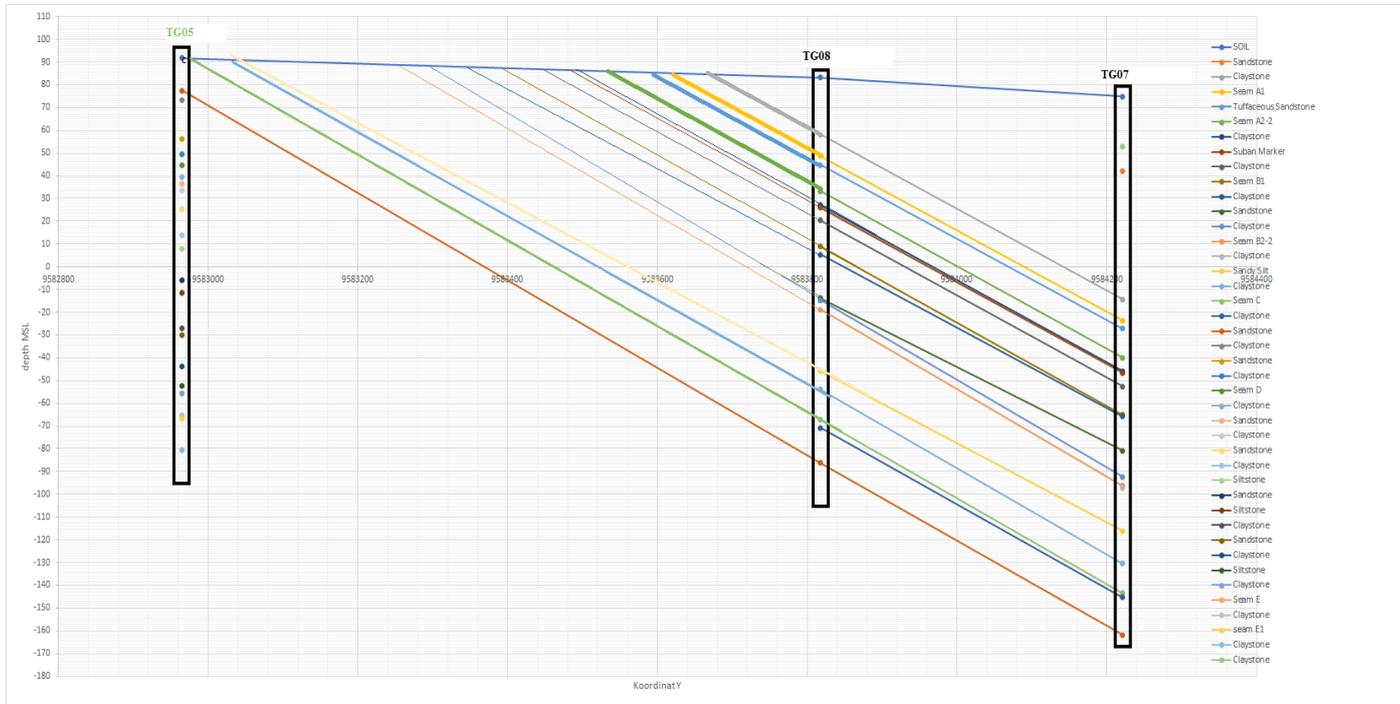
TG-05		TG-07		TG-08	
Depth	Lithologi	Depth	Lithologi	Depth	Lithologi
-2.65	Soil	-4.21	Soil	-1	Soil
-17	Sandstone	-26.21	Claystone	-26.05	Claystone
-21.1	Claystone	-36.9	Sandstone	-28.35	Seam A1-1
-38.25	Sandstone	-93.4	Claystone	-28.46	Clayband
-45.05	Claystone	-94.9	Seam A1-1	-31.2	Seam A1-2
-49.8	Seam D	-95	Clayband	-31.3	Clayband
-55	Claystone	-97.8	Seam A1-2	-35.57	Seam A1-3
-58	Sandstone	-97.95	Clayband	-35.9	Claystone
-60.8	Claystone	-102.77	Seam A1-3	-39.53	Tuffaceous Sandstone
-68.9	Sandstone	-103.17	Claystone	-40.95	Seam A2-1
-80.5	Claystone	-106.16	Tuffaceous Sandstone	-41.5	Silicified
-86.4	Siltstone	-108.1	Seam A2-1	-50.99	Seam A2-2
-100.2	Sandstone	-108.2	Silicified	-57.2	Claystone
-106	Siltstone	-118.99	Seam A2-2	-58.2	Suban Marker
-121.5	Claystone	-125	Claystone	-63.81	Claystone
-124.4	Sandstone	-125.8	Suban Marker	-68.97	Seam B1-1
-138.1	Claystone	-131.75	Claystone	-69.05	Clayband
-146.8	Siltstone	-136.1	Seam B1-1	-72.16	Seam B1-2
-150.1	Claystone	-136.2	Clayband	-72.25	Clayband
-159.6	Seam E	-144.15	Seam B1-2	-75.4	Seam B1-3
-160.25	Claystone	-144.9	Claystone	-78.9	Claystone
-161.3	seam E1	-159.9	Sandstone	-98	Sandstone
-175	Claystone	-171.55	Claystone	-98.93	Claystone
		-172.3	Seam B2-1	-99.8	Seam B2-1
		-172.4	Clayband	-99.9	Clayband
		-175.4	Seam B2-2	-103	Seam B2-2
			Claystone	-129.9	Sandy Silt
		-195.32	Sandy Silt	-138.16	Claystone
		-209.6	Claystone	-139.6	Seam C-1
		-210.6	Seam C-1	-139.81	Clayband
		-210.7	Clayband	-141.45	Seam C-2
		-212.36	Seam C-2	-141.55	Clayband
		-213.45	Clayband	-144.15	Seam C-3
		-214.95	Seam C-3	-144.26	Clayband
		-215.05	Clayband	-150.95	Seam C-4
		-222.5	Seam C-4	-151.05	Clayband
		-224.4	Claystone	-151.5	Seam C-5
		-240.9	Sandstone	-155.05	Claystone
				-170.5	Sandstone



Gambar 4.3 Peta Sebaran Titik Bor

#### 4.3.4 Analisa Model Cebakan

Setelah mengetahui pola persebaran dari sumur berikutnya menentukan bentuk endapan batubara dari lapangan. Untuk melihat model cebakan dapat dilakukan dengan melakukan korelasi sumur yaitu dengan mengikat lapisan yang sama dari masing masing sumur. Dari ketiga data well diatas dapat dilihat bahwa terdapat endapan batubara dengan klasifikasi sama yang dinamakan dengan seam A, Seam B, Seam C, Seam D, dan Seam E. Untuk melakukan pengikatan atau pengkorelasiian lapisan dari beberapa sumur, kita ikatkan dulu lapisan batubara. Pada Sumur TG07 dan TG08 dapat kita lihat bahwa terdapat endapan batubara Seam A sampai Seam C, tetapi pada sumur TG05 tidak ditemukan batubara endapan Seam A sampai Seam C, tetapi pada sumur TG05 didapatkan endapan Seam D didekat permukaan. Dengan mengikata endapan batubara pada sumur TG07 dan TG08 dapat dilihat dip dari lapisan batubara tersebut. Untuk memudahkan saya menggunakan ms excell untuk mengikat dan melihat model dari endapan batubara.



Gambar 4.4 Model Endapan Batubara

Jika kita melihat pada Gambar 4.4 dapat kita ketahui bahwa pada sumur TG05 tidak terdapat Seam A sampai C dikarenakan pada lapisan batubara pada seam tersebut telah menjadi outcrop atau memang arah sebarannya tidak sampai pada titik bor tersebut.

#### 4.3.5 Penentuan Overburden dan Innerburden

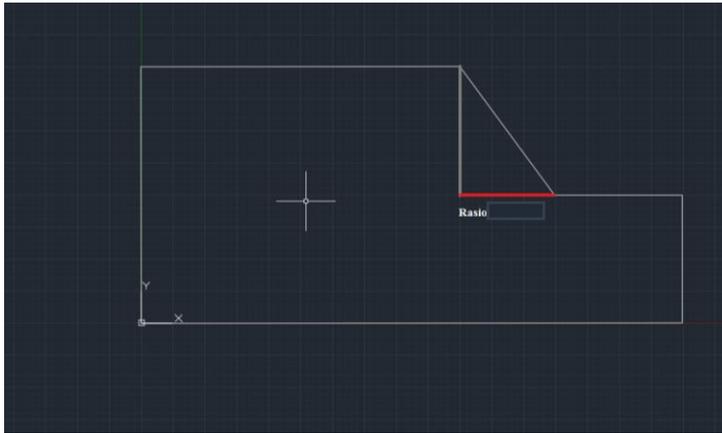
Penentuan lapisan yang menjadi Overburden dan Innerburden tidak hanya melihat dari litologi yang terekam pada data well log, tetapi juga melihat dari sampling batuan. Overburden sendiri adalah lapisan batuan yang berada pada diatas lapisan batubara. Sedangkan Innerburden adalah lapisan yang berada diantara dua seam batubara.

Tabel 4.4 Hubungan Antara Stratigrafi dan Litologi

<b>STRATIGRAFI</b>	<b>LITOLOGI</b>
Over burden A1	Claystone
Inter burden A1-A2	Tuffaceous Sandstone
Inter burden A2-B1	Siltstone
Inter burden B1-B2	Sandstone
Inter burden B2-C	Sandstone-Claystone
Inter burden C-D	Claystone
Inter burden D-E	Siltstone
Under E	Claystone
Seam A1	Coal
Seam A2	Coal
Seam B1	Coal
Seam B2	Coal
Seam C	Coal
Seam D	Coal
Seam E	Coal

#### 4.3.6 Pembuatan Model Geometri Lereng

Pada Penentuan geometri lereng digunakan tiga variasi bench height yaitu 10 meter, 12 meter, dan 15 meter. Pada masing-masing variasi bench height digunakan perbandingan rasio untuk menentukan lebar dari sisi bawah lebar lereng (Warna Merah pada gambar).



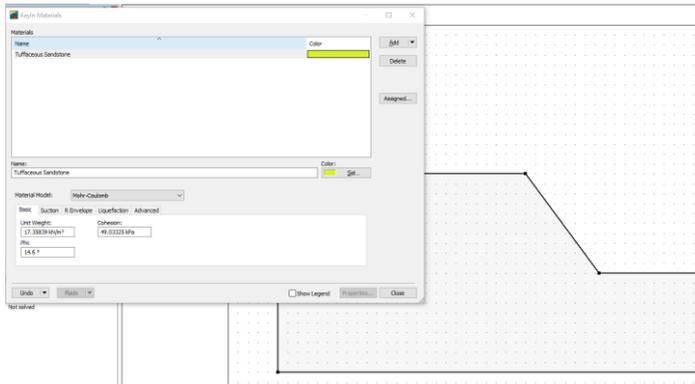
Gambar 4.5 Geometri Lereng dengan Perbandingan 3:4

Dalam penelitian ini rasio yang digunakan terdapat 5 variasi yaitu 3:4, 2:3, 1:2, 1:3, dan 1:4. Dibawah ini merupakan ukuran dari model geometri lereng yang digunakan.

Tabel 4.5 Data Geometri single slope

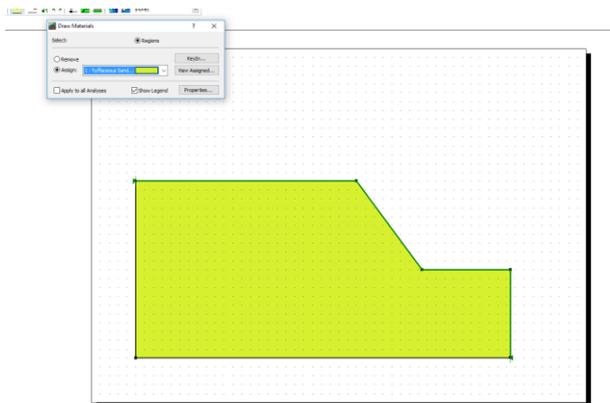
Bench Height	Rasio	bank width	Sudut Lereng	Model
10	0.75	7.50	53	T10-1
	0.67	6.70	56	T10-2
	0.50	5.00	63	T10-3
	0.33	3.33	72	T10-4
	0.25	2.50	76	T10-5
12	0.75	9.00	53	T12-1
	0.67	8.04	56	T12-2
	0.50	6.00	63	T12-3
	0.33	4.00	72	T12-4
	0.25	3.00	76	T12-5
15	0.75	11.25	53	T15-1
	0.67	10.05	56	T15-2
	0.50	7.50	63	T15-3
	0.33	5.00	72	T15-4
	0.25	3.75	76	T15-5





Gambar 4.7 memasukkan data material

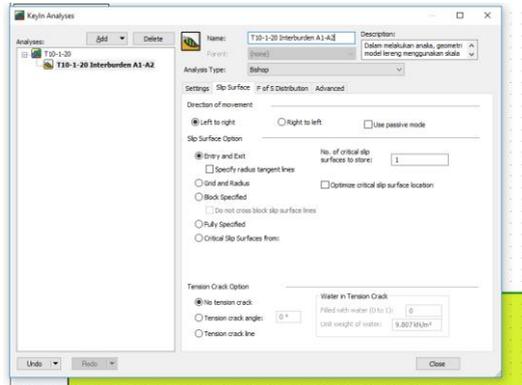
Setelah data material dimasukkan langkah berikutnya adalah menggambarkan material pada region. Langkah-langkahnya yaitu, “Draw→Material→Pilih material yang akan dimasukkan→Klik pada regions→Selesai”.



Gambar 4.8 Setelah memasukkan material kedalam region

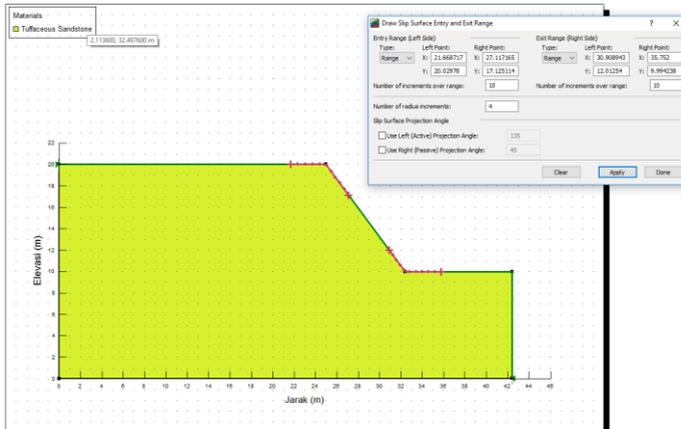
#### 4.3.8 Analisa Kestabilan Lereng

Dalam melakukan analisa kestabilan lereng ada beberapa hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu. Pertama menentukan analisa yang digunakan dalam penelitian ini digunakan metode Bishop. Langkah -langkahnya yaitu “KeyIn Analyses → Analysis type pilih “Bishop” → Direction of Movement “Left to Right”(tergantung dengan geometri yang dibuat)→Slip Surface Option “Entry and Exit” → Selesai.



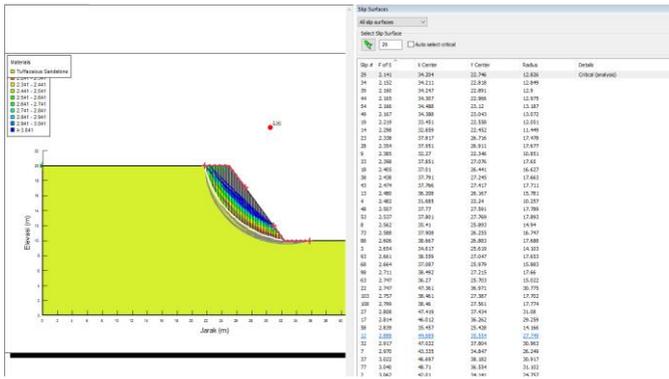
Gambar 4.9 Memasukkan Parameter Analisis

Langkah berikutnya adalah memasukkan atau mengambarkan entry and exit slip surface, yaitu dengan cara, draw → Slip surface → Entry and exit → Maka akan muncul tabel → Gambarkan garis slip surfaceny. Untuk jarak titik entry ke toe lereng adalah 1 per 3 dari tinggi bench. Sebelum mengambarkan titik entry exit terlebih dahulu matikan fitur snap to grid.



Gambar 4.10 Penggambaran Titik Slip Surface

Kemudian untuk memulai melakukan analisa kestabilan lereng klik tombol “Start” yang ada pada slope manager. Tunggu beberapa saat kemudian akan muncul hasil Slip Surface Analysis. Kemudian klik tombol draw slip surface clor map.

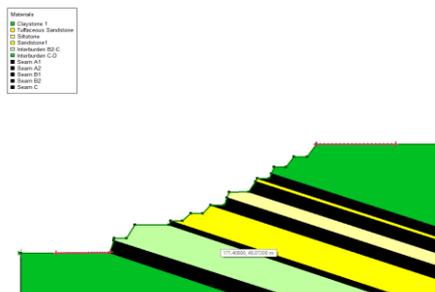


Gambar 4.11 Hasil dari analisa kestabilan lereng

Kemudian catat nilai critical slip surface, jika nilai critical slip surface dibawah 1,5 maka proses akan diulang lagi mulai dari pembuatan model Geometri. Setelah didapatkan nilai FK 1,5 maka dilanjutkan pengolahan dengan menggunakan metode Spencer

#### 4.3.9 Pembuatan Model Geometri Overall Slope

Setelah didapatkan kadaan lereng tunggal tiap stratigrافي yang stabil, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan geometri untuk overall slope. Penentuan geometri pada overall slope ini didasari pada hasil analisa kestabilan lereng tunggal. Ukuran dari tiap-tiap bench pada Overall slope berbeda-beda yang didasari pada lithologinya.



Gambar 4.12 Salah satu model geometri overall slope

#### 4.3.10 Analisa Kestabilan Overall Slope

Setelah model geometri terbuat, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kestabilan lereng. Pada analisa kestabilan lereng ini menggunakan metode bishop dan metode spencer.

## BAB V

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan hasil dari perhitungan analisa stabilitas dengan menggunakan Geo Slope/W. Dalam perhitungan kestabilan lereng digunakan dua metode yaitu metode bishop dan metode spencer. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain lereng yang stabil, dengan mengetahui nilai faktor keaman dari dua metode yang digunakan, Bishop dan Spencer.

Daerah penelitian ini mempunyai lapisan batubara sebanyak 7 lapisan, yaitu, Seam A1, Seam A2, Seam B1, Seam B2, Seam C, Seam D, dan Seam E. Akan tetapi, berdasarkan referensi tentang endapan batubara yang berpotensi untuk diambil dari lapangan ini, maka lapisan batubara yang digunakan hanya sampa Seam C.

#### 5.1 Parameter Tanah

Parameter tanah ini merupakan hasil dari pengujian laboratorium dari sample tanah dilapangan. Parameter tanah yang digunakan dalam melakukan analisa kestabilan lereng dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.1 Parameter Tanah

Stratigrafi	angle internal friction	Density	Kohesi
Overburden A1	17.91	18.92751	45.11059
Seam A1	22.41	11.86647	85.6120545
Interburden A1-A2	14.6	17.35839	49.03325
Seam A2	0.398	11.86647	39.030467
Interburden A2-B1	14.46	18.82944	46.091255
Seam B1	34.26	11.47419	136.312435
Interburden B1-B2	15.15	20.49663	17.65197
Seam B2	27.47	11.67033	86.29852
Interburden B2-C	19.58	20.5947	20.5947
Seam C	23	11.47419	100.02783
Under C	19.43	19.614	51.975245

#### 5.2 Analisa Stabilitas *Single Slope*

Pengolahan stabilitas lereng tunggal dilakukan pada masing-masing stratigrafi dari overburden A1 hingga lapisan Seam C. Pengolahan lereng tunggal sangat berguna untuk menentukan batas model geometri yang dapat memenuhi syarat stabilitas dari tiap stratigrafi. Pengolahan lereg tunggal ini menggunakan

variasi 5 sudut lereng dengan masing-masing sudut lereng mempunyai tiga variasi tinggi kereng, ukuran geometri tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 Data Geometri single slope.

Dasar yang digunakan untuk menentukan lereng dalam keadaan aman atau stabil adalah SKBI-2.3.06, 1987, yang menggunakan nilai 1,5 sebagai standardnya.

### 5.2.1 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Overburden A1

Berdasarkan pengolahan yang dilakukan dengan menggunakan dua metode analisa, didapatkan hasil pengolahan seperti pada Tabel 5.2. Berdasarkan standard SKBI-2.3.06, 1987 terdapat 6 model pada keadaan aman.

Tabel 5.2 Analisa Stabilitas Pada Overburden A1(Lapisan Claystone)

Overburden A1	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	2.372	1.895	Relatif Stabil
T10-2	2.389	1.896	Relatif Stabil
T10-3	2.003	1.676	Relatif Stabil
T10-4	1.716	1.535	Relatif Stabil
T10-5	1.512	1.428	Relatif Stabil
T12-1	2.180	1.681	Relatif Stabil
T12-2	1.932	1.597	Relatif Stabil
T12-3	1.908	1.478	Relatif Stabil
T12-4	1.403	1.318	Relatif Stabil
T12-5	1.332	1.265	Relatif Stabil
T15-1	1.704	1.436	Relatif Stabil
T15-2	1.632	1.387	Relatif Stabil
T15-3	1.623	1.244	Kritis
T15-4	1.293	1.134	Kritis
T15-5	1.133	1.065	Labil

Hasil dari pengolahan pada overburden A1 menunjukkan bahwa pada stratigrafi ini lereng dalam keadaan stabil ketika sudut lereng 53° dengan tinggi lereng maksimum 12 meter, sudut lereng 56° dengan tinggi maksimum lereng 12

meter, atau dengan sudut lereng 63,4° dan 71,5° dengan tinggi lereng maksimum, masing-masing 10 meter. Rekomendasi untuk pembuatan desain *overallslope* dapat menggunakan model dengan kode T12-1.

### 5.2.2 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam A1

Seam A1 merupakan lapisan batubara yang terletak paling atas jika dibandingkan dengan lapisan batubara yang lain. Pada lapisan batubara ini seluruh model geometri yang digunakan mempunyai nilai faktor keamanan diatas 1,5 sehingga pada lapisan ini seluruh variasi geometri dapat diterapkan dalam melakukan analisa stabilitas *overall slope*.

Tabel 5.3 Analisa Stabilitas Pada Seam A1

seam A1	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	5.340	4.748	Relatif Stabil
T10-2	6.258	4.681	Relatif Stabil
T10-3	5.359	4.307	Relatif Stabil
T10-4	4.404	3.981	Relatif Stabil
T10-5	4.290	3.813	Relatif Stabil
T12-1	4.560	4.081	Relatif Stabil
T12-2	4.624	3.972	Relatif Stabil
T12-3	4.419	3.723	Relatif Stabil
T12-4	3.710	3.392	Relatif Stabil
T12-5	3.516	3.249	Relatif Stabil
T15-1	4.400	3.567	Relatif Stabil
T15-2	3.866	3.346	Relatif Stabil
T15-3	3.891	3.069	Relatif Stabil
T15-4	3.574	2.885	Relatif Stabil
T15-5	2.873	2.644	Relatif Stabil

### 5.2.3 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Interburden A1-A2

Interburden A1-A2 merupakan lapisan dengan litologi Tuffaceous Sandstone, dengan tebal lapisan 3,42 meter. Berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode bishop dan metode spencer didapatkan geometri yang aman digunakan pada lapisan interburden A1-A2 yaitu

dengan sudut lereng 53° tinggi maksimum dari lereng 15 meter, dengan sudut lereng 63° atau 56° dapat digunakan dengan syarat tinggi maksimum dari lereng 12 meter, kondisi aman terakhir adalah dengan menggunakan sudut lereng 71,5° atau 76° dengan tinggi maksimum 10 meter. Dari beberapa model yang memenuhi syarat tersebut model dengan sudut 56° dan tinggi bench maksimum 12 meter merupakan model terbaik.

Tabel 5.4 Analisa Stabilitas Pada Innerburden A1-A2(Tuffaceous Sandstone)

Interburden A1-A2	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	2.218	2.040	Relatif Stabil
T10-2	2.593	1.981	Relatif Stabil
T10-3	2.176	1.827	Relatif Stabil
T10-4	1.905	1.692	Relatif Stabil
T10-5	1.717	1.591	Relatif Stabil
T12-1	1.928	1.754	Relatif Stabil
T12-2	2.170	1.706	Relatif Stabil
T12-3	1.700	1.593	Relatif Stabil
T12-4	1.630	1.449	Relatif Stabil
T12-5	1.512	1.379	Relatif Stabil
T15-1	1.622	1.512	Relatif Stabil
T15-2	1.653	1.461	Relatif Stabil
T15-3	1.482	1.336	Relatif Stabil
T15-4	1.449	1.216	Kritis
T15-5	1.282	1.136	Kritis

#### 5.2.4 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam A2

Seam A2 tidak seperti seam A1 yang seluruh modelnya dapat diterima dan menghasilkan faktor geometri lebih dari 1,5, penyebab terjadinya hal ini lebih jauh akan dibahas pada sub-bab berikutnya. Berdasarkan hasil pengolahan dengan menggunakan metode bishop dan metode sepencer didapatkan hasil bahwa pada lapisan seam 2 dapat digunakan geometri lereng dengan sudut 53° dan 56° dengan menggunakan tinggi bench maksimum 12 meter. Jika

menginginkan lereng yang lebih tegak dapat menggunakan sudut lereng 63°, 71°, atau 76° tetapi tinggi maksimum dari bench yaitu 10 meter. Rekomendasi yang diberikan untuk desain *overall slope* pada lapisan seam A2 adalah dengan menggunakan sudut 56°. Hal ini dipilih karena dengan menggunakan sudut 56° pada litologi ini dapat dibuat satu bench dengan tinggi bench 12 meter.

Tabel 5.5 Analisa Stabilitas Pada Seam A2

Seam A2	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	2.170	1.842	Relatif Stabil
T10-2	2.166	1.819	Relatif Stabil
T10-3	1.957	1.694	Relatif Stabil
T10-4	1.725	1.584	Relatif Stabil
T10-5	1.664	1.572	Relatif Stabil
T12-1	2.139	1.539	Relatif Stabil
T12-2	1.917	1.523	Relatif Stabil
T12-3	1.759	1.467	Relatif Stabil
T12-4	1.629	1.374	Relatif Stabil
T12-5	1.397	1.284	Relatif Stabil
T15-1	1.746	1.275	Relatif Stabil
T15-2	1.486	1.218	Kritis
T15-3	1.358	1.151	Kritis
T15-4	1.269	1.197	Kritis
T15-5	1.430	1.048	Labil

### 5.2.5 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Interburden A2-B1

Pada perancangan desain lereng secara keseluruhan, lapisan ini akan dijadikan sebagai *working bench*, dengan digunakannya sebagai *working bench* maka pada lapisan ini tidak membentuk lereng tunggal. Berdasarkan hasil analisa stabilitas lereng tunggal lapisan ini dalam keadaan aman ketika menggunakan sudut 53° atau 56° dengan menggunakan tinggi maksimum dari bench 12 meter. Dapat pula menggunakan sudut lereng 63° dengan menggunakan tinggi bench 10 meter. Rekomendasi model geometri pada lapisan siltstone

dengan menggunakan model T12-1, sudut 53° dengan tinggi maksimum 12 meter.

Tabel 5.6 Analisa Stabilitas Pada Innerburden A2-B1(Siltstone)

Interburden A2-B1	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	1.974	1.802	Relatif Stabil
T10-2	2.300	1.764	Relatif Stabil
T10-3	1.929	1.619	Relatif Stabil
T10-4	1.692	1.482	Relatif Stabil
T10-5	1.543	1.404	Relatif Stabil
T12-1	1.694	1.575	Relatif Stabil
T12-2	1.689	1.527	Relatif Stabil
T12-3	1.695	1.426	Relatif Stabil
T12-4	1.427	1.294	Relatif Stabil
T12-5	1.390	1.221	Kritis
T15-1	1.379	1.354	Relatif Stabil
T15-2	1.438	1.312	Relatif Stabil
T15-3	1.484	1.187	Kritis
T15-4	1.246	1.092	Kritis
T15-5	1.130	1.018	Labil

### 5.2.6 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam B1

Lapisan seam B1 mempunyai parameter fiisis yang ketiganya sangat mendukung dimiliki oleh tanah yang akan dijadikan lereng. Pada lapisan ini seluruh variasi model yang diujikan kestabilannya mempunyai nilai faktor keamanan lebih dari 1,5 sehingga dapat dikatakan bahwa lereng tersebut dalam keadaan stabil. Untuk rekomendasi yang digunakan pada perancangan *overall slope* adalah dengan menggunakan sudut 63° dan tinggi maksimum 12 meter, hal ini dipilih karena meskipun keadaan lereng tunggal ini sangat stabil dengan model geometri yang lebih tegak, tetapi pada pemodelan lereng keseluruhan terdapat faktor dari litologi lain yang nantinya akan mempengaruhi keadaan dari litologi Seam B1 tersebut.

Tabel 5.7 Analisa Stabilitas Pada Seam B1

Seam B1	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	8.628	7.825	Relatif Stabil
T10-2	8.525	7.681	Relatif Stabil
T10-3	7.885	7.077	Relatif Stabil
T10-4	7.557	6.549	Relatif Stabil
T10-5	6.505	6.198	Relatif Stabil
T12-1	7.693	6.703	Relatif Stabil
T12-2	7.340	6.536	Relatif Stabil
T12-3	7.011	6.137	Relatif Stabil
T12-4	5.869	5.600	Relatif Stabil
T12-5	5.793	5.348	Relatif Stabil
T15-1	6.349	5.947	Relatif Stabil
T15-2	6.259	5.913	Relatif Stabil
T15-3	6.138	5.056	Relatif Stabil
T15-4	5.033	4.666	Relatif Stabil
T15-5	5.423	4.818	Relatif Stabil

### 5.2.7 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Interburden B1-B2

Lapisan yang menyusun interburden B1-B2 merupakan lapisan dengan tingkat kelongsoran yang tinggi jika dilihat pada parameter fisiknya. Berdasarkan hasil analisis lereng tunggal, dengan menggunakan variasi model yang digunakan pada lapisan-lapisan lain, tidak menghasilkan nilai faktor keamanan yang lebih dari 1,5.

Faktor geometri yang dapat digunakan pada lapisan ini adalah dengan sudut lereng  $50^\circ$  dan tinggi maksimum dari bench 4 meter, geometri tersebut menghasilkan nilai faktor keamanan 1,748 dengan metode bishop dan 1,773 dengan metode spencer. Selain itu model geometri yang dapat diterapkan dalam litologi ini yaitu dengan menggunakan sudut lereng  $38^\circ$  dengan tinggi lereng 4 meter, dengan geometri ini menghasilkan nilai faktor keamanan 2,093 dengan menggunakan metode bishop dan 2,094 dengan menggunakan metode spencer.

Tabel 5.8 Analisa Stabilitas Pada Interburden B1-B2 (Sandstone)

Interburden B1-B2	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	0.902	0.9	Labil
T10-2	0.885	0.875	Labil
T10-3	0.845	0.787	Labil
T10-4	0.745	0.705	Labil
T10-5	0.696	0.658	Labil
T12-1	0.817	0.816	Labil
T12-2	0.786	0.785	Labil
T12-3	0.755	0.714	Labil
T12-4	0.649	0.626	Labil
T12-5	0.513	0.584	Labil
T15-1	0.733	0.732	Labil
T15-2	0.701	0.702	Labil
T15-3	0.635	0.622	Labil
T15-4	0.57	0.553	Labil
T15-5	0.524	0.498	Labil

### 5.2.8 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam B2

Seperti halnya batubara ada seam B1, batubara pada seam B2 juga mempunyai nilai faktor geometri yang aman untuk setiap variasi model geometri. Rekomendasi yang diberikan dalam membuat model *overall slope* dengan menggunakan sudut lereng 70° dan tinggi maksimum bench 12 meter.

Tabel 5.9 Analisa Stabilitas Pada Seam B2

Seam B2	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	5.489	5.025	Relatif Stabil
T10-2	5.496	4.924	Relatif Stabil

T10-3	4.982	4.545	Relatif Stabil
T10-4	4.470	4.209	Relatif Stabil
T10-5	4.165	3.978	Relatif Stabil
T12-1	4.764	4.329	Relatif Stabil
T12-2	4.738	4.218	Relatif Stabil
T12-3	4.580	3.915	Relatif Stabil
T12-4	4.002	3.585	Relatif Stabil
T12-5	3.861	3.428	Relatif Stabil
T15-1	3.939	3.679	Relatif Stabil
T15-2	3.987	3.573	Relatif Stabil
T15-3	3.717	3.279	Relatif Stabil
T15-4	3.487	3.016	Relatif Stabil
T15-5	2.923	2.784	Relatif Stabil

### 5.2.9 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Interburden B2-C

Interburden B2-C merupakan lapisan gabungan antara sandstone dan claystone. Pada lapisan ini desain geometri lereng yang stabil dan tahan terhadap longsoran adalah dengan menggunakan sudut lereng  $53^\circ$  dan  $56^\circ$  dengan tinggi bench maksimum 15 meter, atau dengan menggunakan sudut lereng  $63^\circ$ ,  $71^\circ$  atau  $76^\circ$  dengan tinggi bench maksimum 12 meter. Ketebalan dari lapisan ini adalah 34 meter sehingga direkomendasikan untuk menggunakan sudut lereng  $63^\circ$  dan tinggi bench 12 meter.

Tabel 5.10 Analisa Stabilitas Pada Innerburden B2-C (Sandstone-Claystone)

Interburden B2-C	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	2.421	2.244	Relatif Stabil
T10-2	2.418	2.196	Relatif Stabil
T10-3	2.373	2.006	Relatif Stabil
T10-4	2.020	1.895	Relatif Stabil
T10-5	1.854	1.729	Relatif Stabil

T12-1	2.127	1.972	Relatif Stabil
T12-2	2.133	1.908	Relatif Stabil
T12-3	2.103	1.776	Relatif Stabil
T12-4	1.794	1.596	Relatif Stabil
T12-5	1.640	1.526	Relatif Stabil
T15-1	1.743	1.709	Relatif Stabil
T15-2	1.702	1.649	Relatif Stabil
T15-3	1.730	1.496	Relatif Stabil
T15-4	1.437	1.367	Relatif Stabil
T15-5	1.353	1.261	Relatif Stabil

#### 5.2.10 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Seam C

Pada lapisan batubara Seam C seluruh model geometri lereng tunggal mempunyai nilai faktor keamanan diatas 1,5, sehingga dalam kata lain lereng ini dalam keadaan stabil dengan geometri yang digunakan. Ketebalan dari lapisan batubara seam C adalah 12 meter, rekomendasi untuk geometri pada *overall slope* adalah dengan menggunakan sudut lereng 53°.

Tabel 5.11 Analisa Stabilitas Pada Seam C

Seam C Model	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	6.118	5.616	Relatif Stabil
T10-2	6.266	5.508	Relatif Stabil
T10-3	5.645	5.104	Relatif Stabil
T10-4	4.999	4.732	Relatif Stabil
T10-5	4.817	4.463	Relatif Stabil
T12-1	5.324	4.796	Relatif Stabil
T12-2	5.281	4.678	Relatif Stabil
T12-3	4.812	4.397	Relatif Stabil
T12-4	4.448	4.033	Relatif Stabil
T12-5	4.165	3.817	Relatif Stabil

T15-1	4.394	4.026	Relatif Stabil
T15-2	4.428	3.917	Relatif Stabil
T15-3	4.256	3.604	Relatif Stabil
T15-4	3.683	3.350	Relatif Stabil
T15-5	3.277	3.122	Relatif Stabil

### 5.2.11 Analisa Stabilitas Lereng Tunggal Under C

Lapisan under C adalah lapisan claystone yang terletak dibawah lapisan batubara seam C. Berdasarkan hasil pengolahan analisa stabilitas lereng tunggal dengan menggunakan Geo Slope/W diketahui bahwa pada stratigrafi under C diperoleh keadaan stabil ketika sudut lereng  $53^\circ$  atau  $56^\circ$  dengan tinggi maksimum lereng 15 meter, selain itu dapat pula menggunakan sudut lereng  $63^\circ$  dengan tinggi maksimum lereng 12 meter. Penggunaan sudut  $71^\circ$  dan  $76^\circ$  dapat pula digunakan dengan batasan tinggi maksimum lereng 10 meter.

Tabel 5.12 Analisa Stabilitas Pada Under C (Claystone)

Under C	Critical FK		Keterangan Lereng
	Spencer	Bishop	
T10-1	2.147	2.069	Relatif Stabil
T10-2	2.137	2.026	Relatif Stabil
T10-3	2.212	1.849	Relatif Stabil
T10-4	1.846	1.678	Relatif Stabil
T10-5	1.704	1.602	Relatif Stabil
T12-1	1.919	1.816	Relatif Stabil
T12-2	1.894	1.765	Relatif Stabil
T12-3	1.861	1.631	Relatif Stabil
T12-4	1.637	1.469	Relatif Stabil
T12-5	1.523	1.388	Relatif Stabil
T15-1	1.605	1.579	Relatif Stabil
T15-2	1.613	1.530	Relatif Stabil
T15-3	1.609	1.378	Relatif Stabil

T15-4	1.437	1.258	Relatif Stabil
T15-5	1.279	1.169	Kritis

### 5.3 Analisa Stabilitas Overall Slope

Analisa stabilitas digunakan untuk mendapatkan geometri yang sesuai dan stabil. Geometri tersebut nantinya dapat digunakan sebagai landasan untuk membuat lereng tersebut sebagai proses eksploitasi dari endapan batubara. Yang menjadi masalah adalah hasil dari pengolahan terkadang tidak sesuai dengan kenyataan yang ada. Oleh karena itu, pada analisa stabilitas lereng dengan menggunakan *software* harus dilakukan tidak hanya dengan satu metode analisis.

Dalam penelitian ini digunakan dua metode analisis yaitu metode Bishop dan Metode Spencer. Dari dua metode analisis tersebut menurut Saefudin (2009) memiliki perbedaan asumsi. Metode Bishop memiliki asumsi bahwa gaya geser antar irisan sama dengan nol, sedangkan asumsi yang digunakan pada metode spencer yaitu kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar irisan adalah sama untuk semua irisan.

Analisa stabilitas menggunakan metode bishop dan spencer. Metode bishop menerapkan hasil maksimal pada daerah dengan bidang longsor berupa lingkaran, terutama pada lingkaran yang dalam dan mempunyai tekanan tinggi. Metode spencer mempunyai keakuratan pada permukaan longsor dengan bentuk tak beraturan. (Hartoyo, 1997)

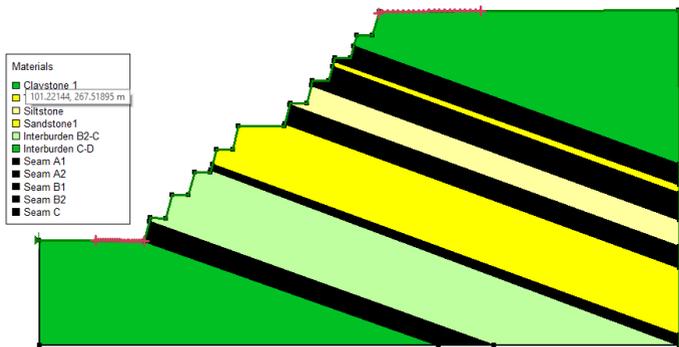
Pada penelitian ini digunakan metode bishop karena metode ini meskipun tidak semua kondisi kesetimbangan terpenuhi namun angka keamanan yang dihasilkan dapat diandalkan (reliable). Metode bishop juga mempunyai ketelitian yang tinggi dalam menganalisa kasus dengan lereng homogen. Metode spencer sendiri mempunyai keakuratan yang tinggi dalam hal analisa stabilitas dengan segala jenis bentuk lereng. (Hartoyo, 1997)

Untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang memenuhi syarat stabil, maka dilakukan pengolahan dengan sistem *trial and error*. Jadi dalam pengolahannya dibuat beberapa model geometri, dari tiap-tiap geometri tersebut dianalisa untuk mendapatkan nilai *safety factor*, hasil analisa stabilitas yang menunjukkan nilai faktor keamanan kurang dari 1,5 maka geometri tersebut akan dieliminasi. Menurut Kornelis Bria dalam sebuah papernya menyebutkan bahwa terdapat dua hal yang dapat dilakukan untuk melakukan perbaikan terhadap lereng, perbaikan disini diartikan sebagai peningkatan stabilitas, langkah pertama adalah membagi lereng yang tinggi menjadi bagian-bagian yang lebih pendek, kemudian juga dapat dilakukan pengurangan sudut lereng sehingga

lereng akan lebih landai, kedua langkah tersebut telah di uji kebenarannya dalam penelitian ini pada pengolahan lereng tunggal.

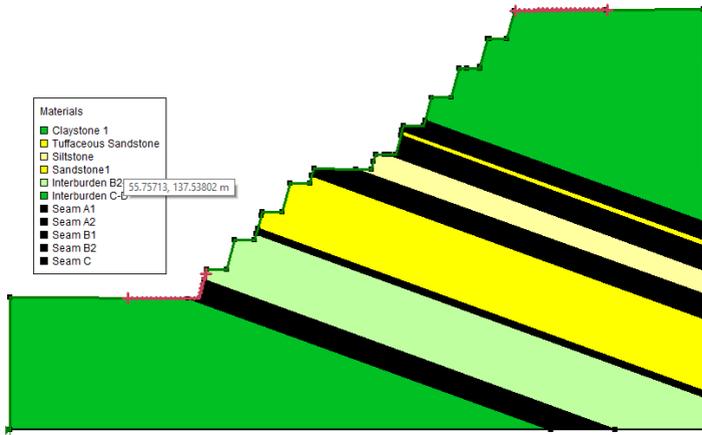
Model geometri yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 8 model. Pada masing-masing model mempunyai perbedaan pada tinggi lereng keseluruhan dan sudut lereng keseluruhan. Aspek yang digunakan dalam penentuan desain lereng adalah sebisa mungkin mendapatkan batubara banyak dengan hanya mengangkat sedikit lapisan penutup. Semakin landai suatu lereng lapisan selain batubara maka akan menyebabkan semakin banyak tanah yang harus diangkat, hal ini tentu merugikan bagi perusahaan. Akan tetapi jika lereng tersebut merupakan lapisan batubara maka semakin landai lereng tersebut , semakin banyak pula batubara yang terangkat.

Model geometri yang pertama membentuk sudut *overall* sebesar  $44,34^\circ$  dengan tinggi lereng sebesar 152 meter. Model geometri ini terbagi atas 10 bench dengan salah satu bench merupakan working bench. Hasil analisis stabilitas pada model geometri ini menghasilkan nilai FK dengan metode bishop sebesar 0.643 dan metode spencer sebesar 0.653. Berdasarkan hasil analisa tersebut maka dapat dikatakan bahwa model geometri ini tidak cocok diterapkan.



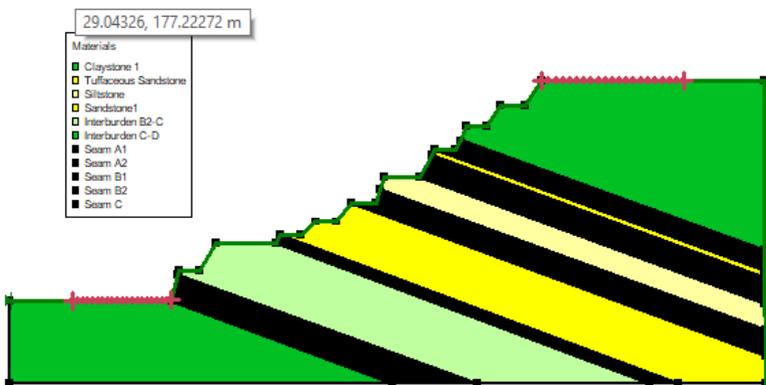
Gambar 5.1 Model 1 Overall Slope

Selanjutnya dilakukan pemodelan ulang dengan geometri baru, pada geometri kedua ini digunakan sudut lereng sebesar  $42,30^\circ$  dengan tinggi keseluruhan lereng 153 meter. Hasil analisa stabilitas menunjukkan nilai faktor keamanan dengan menggunakan metode bishop 0.669 dan metode spencer 0.695, berdasarkan hasil ini maka geometri kedua ini dalam keadaan longsor dan tidak cocok untuk diterapkan.



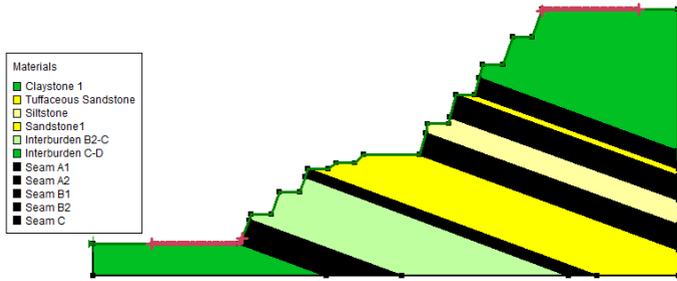
Gambar 5.2 Model 2 Overall Slope

Pada model geometri selanjutnya digunakan model dengan besar sudut  $31^\circ$  dengan tinggi lereng 100 meter. Pada geometri ini tetap menggunakan 10 bench dan satu working bench yang terletak pada bench ke dua. Dari hasil analisa stabilitas dengan menggunakan metode bishop dan metode spencer menunjukkan nilai faktor keamanan masing-masing 1.086 dan 1.113. Berdasarkan referensi dari SKBI-2.3.06, 1987 maka nilai tersebut belum dapat memenuhi kondisi lereng yang dapat dikatakan stabil.



Gambar 5.3 Model 3 Overall Slope

Geometri lereng keemoat menunjukkan nilai faktor keamanan 0.862 dengan menggunakan metode bishop dan 0.893 dengan menggunakan metode spencer. Geometri pada lereng ini menggunakan sudut lereng 37,6°. Dari hasil analisa stabilitas tersebut maka diketahui bahwa lereng tersebut dalam keadaan tidak stabil.



Gambar 5.4 Model 4 Overall Slope

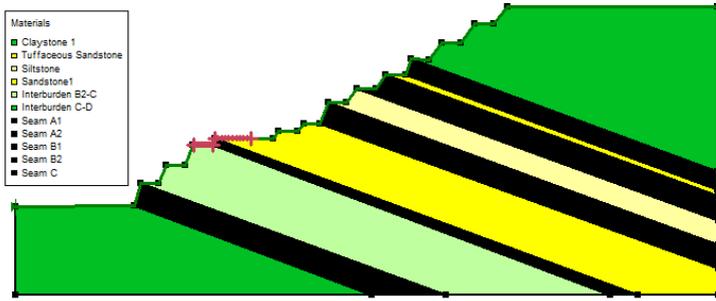
Geometri lereng selanjutnya menggunakan sudut lereng 23,08° dari beberapa lereng sebelumnya lereng ini termasuk kedalam lereng paling landai. Pada geometri ini menggunakan jumlah bench sebanyak 11 bench dengan sudut tiap-tiap bench berbeda. Tinggi dari lereng ini secara keseluruhan yaitu 80 meter. Hasil analisa *slope stability* menunjukkan nilai faktor keamanan pada geometri ini yaitu 1.58 dengan metode bishop dan 1.602 dengan menggunakan metode spencer. Berdasarkan refrensi yang digunakan maka model geometri ini dapat diterapkan karena tergolong stabil.



Gambar 5.5 Model 5 Overall Slope

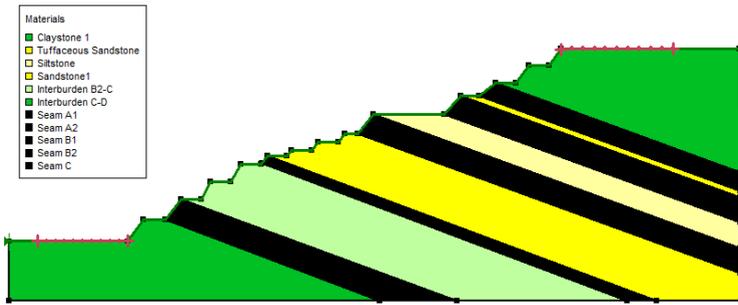
Hasil analisa stabilitas terhadap model enam didapatkan hasil nilai faktor keamanan 1.184 dengan metode bishop dan 1.208 dengan metode spencer. Pada geometri ini sudut lereng keseluruhan menggunakan 28,08°, dengan jumlah

bench 13. Hasil analisa ini dikatakan tidak stabil dan rawan terjadi longsoran ketika diterapkan.



Gambar 5.6 Model 6 Overall Slope

Model geometri tujuh menggunakan sudut lereng keseluruhan yaitu  $23,89^\circ$  dengan tinggi lereng 97 meter. Hasil dari analisa *slope stability* menunjukkan hasil 1,428 dengan metode bishop dan 1,446 dengan metode spencer. Jika menggunakan referensi dari regulator atau pengawas tambang terbuka maka nilai ini belum dapat diterima. Tetapi bila merujuk dari Bowles, 1989 maka model ini telah masuk kedalam kategori kelas stabil, karena dalam pengelompokannya Bowles menggunakan nilai FK 1,25 sebagai batasan.



Gambar 5.7 Model 7 Overall Slope

Berdasarkan analisa stabilitas yang telah dilakukan, maka dapat di tulis ulang nilai dari faktor keamanan seperti pada tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil Analisa Slope Stability

Model ke-	FK kritis	
	Bishop	Spencer
1	0.643	0.653
2	0.669	0.695
3	1.086	1.113
4	0.862	0.893
5	1.58	1.602
6	1.184	1.208
7	1.428	1.446

Dari ulasan diatas dapat dikatakan bahwa terdapat satu model yang dapat digunakan sebagai rekomendasi yaitu model kelima. Selain model kelima model ketujuh juga dapat dijadikan solusi kedua dalam perancangan lereng tambang terbuka untuk produksi batubara.

Selanjutnya pada lereng yang telah memenuhi standard stabil tersebut dilakukan pengujian dengan menambahkan point loads pada working bench. Point loads disini diibaratkan sebuah dump truck, pada pengujian pertama diasumsikan terdapat sebuah dump truck komatsu dengan tipe HD 785-7, dump truck tersebut memiliki massa total dengan isi sebesar 166 ton. hasil dari pengujian stabilitas menghasilkan nilai lereng masih dalam keadaan stabil yaitu 1,561 dengan menggunakan Bishop dan 1,582 dengan menggunakan Spencer.

Pengujian kedua dilakukan dengan menambahkan beban yang lebih besar yaitu dengan beban 725,96 ton. Setelah dilakukan analisa stabilitas diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,518 untuk spencer dan 1,499 dengan bishop. Dengan hasil pengolahan ini maka dapat dikatakan bahwa beban maksimal yang dapat ditopang oleh interramp atau working bench yaitu 725,96 ton dalam keadaan lereng kering.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# BAB VI

## PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan tujuan untuk menentukan nilai faktor keamanan dan mendapatkan desai lereng yang stabil, maka diperoleh beberapa kesimpulan, adalah:

1. Berdasarkan analisa stabilitas pada lereng tunggal, didapatkan rekomendasi geometri lereng, sebagai berikut:
  - Overburden A1: Sudut Lereng  $53^0$  dengan tinggi maksimum 12 meter
  - Seam A1: Sudut Lereng  $53^0$  dengan tinggi maksimum 15 meter
  - Interburden A1-A2: Sudut Lereng  $56^0$  dengan tinggi maksimum 12 meter
  - Seam A2: Sudut Lereng  $56^0$  dengan tinggi maksimum 12 meter
  - Interburden A2-B1: Sudut Lereng  $56^0$  dengan tinggi maksimum 12 meter
  - Seam B1: Sudut Lereng  $53^0$  dengan tinggi maksimum 15 meter
  - Interburden B1-B2: sudut lereng  $50^0$  dan tinggi maksimum dari bench 4 meter
  - Seam B2: Sudut Lereng  $53^0$  dengan tinggi maksimum 12 meter
  - Interburden B2-C: Sudut Lereng  $63^0$  dengan tinggi maksimum 12 meter
  - Seam C: Sudut Lereng  $53^0$  dengan tinggi maksimum 12 meter
  - Under C: Sudut Lereng  $63^0$  dengan tinggi maksimum 12 meter
2. Berdasarkan analisa stabilitas pada beberapa model geometri overall slope, didapatkan model geometri yang memenuhi syarat kestabilan, yaitu: model dengan sudut lereng keseluruhan 23 dan tinggi keseluruhan 80 meter.
3. Nilai Faktor keamaan hasil analisa stabilitas pada desain lereng, yaitu: 1,58 (bishop) dan 1,602(spencer) dalam keadaan tanpa ada gangguan.
4. Beban maksimum yang dapat ditopang pada lereng, yaitu, 725,96 ton, yang menghasilkan nilai faktor keamanan 1,518 (spencer) dan 1,499 (bishop).

### 6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dan pembahasan untuk membangun hipotesa-hipotesa terdapat beberapa saran, adalah:

1. Penambahan faktor luar yang mempengaruhi nilai faktor keamanan perlu dilakukan, seperti keadaan air tanah, curah hujan, efek peledakan, serta kondisi tektonik yang mempengaruhi daerah penelitian.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Abdul. *About SR, Density, Tonase*. 07 Februari 2017. <https://www.scribd.com/doc/67977189/About-SR-Density-Tonase>.
- De Coster, G. L., 1974, The Geology of the Central and South Sumatra Basin, Proceedings 3rd Annual Convention IPA, Juni 1974, Jakarta.
- Febrian, D. F. Yuliadi, dan Dono G. (2015). Rancangan Desain Pit Batubara di PT Cakra Persada Mandiri Mining (PT CPMM) Desa Panaan, Kec. Bintang Arakabupaten Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah. Prosiding Penelitian SPeSIA
- Gautama, R. S dan Pramono, Y. B. Tri, (1991), "Kemantapan Lereng di Pertambangan Indonesia", ITB, Bandung.
- Gulhati, Shashi K. and Datta, Manoj. (2005). *Geotechnical Engineering*, Tata McGraw-Hill Publishing Company : New Delhi
- Hartoyo, Wijaya. 1997. *Studi Perbandingan Berbagai Metode Analisa Kestabilan Lereng*. Fakultas Teknik Universitas Kristen Petra: Surabaya
- Huticson, C.S., 1996. South-East Asian Oil, Gas, Coal, and Mineral Deposits. Clarendon press: Oxford
- Koesoemadinata, R. P., (1978). "Sedimentary Framework of Tertiary Coal Basins of Indonesia", Proceeding of the 3rd Regional Conference on Geology and Mineral Resource of Southeast Asia (Bangkok), pp. 621 - 39.
- M. Das, Braja. (2002). *Principles of Geotechnical Engineering*, Edisi ke-7, Wadsworth Group : USA.
- Pulungono, A. 1983. Sistem sesar utama dan Pembentukan Cekungan Palembang (Main Fault System and the Formation of The Palembang Arc). Doctoral Dissertation, ITB
- Read, John and Peter Stacey, (2010). *OPEN PIT SLOPE DESIGN*. CSIRO: Australia
- Suardi, Ujang. (2012). Identifikasi Penyebaran dan Analisis Stripping Ratio (SR) Seam Batubara Dengan Menggunakan Data Geofisika Logging Pada Area PIT-3 Konsensi Tambang Batubara di Kohong-Kalimantang Tengah. Skripsi Sarjana pada Teknik Geofisika FT UNILA: -
- Van Bemmelen, R.W..1970. The Geology of Indonesia, volume 1. A.Haque. Netherlands

- Wisnu & Nazirman. 1997. Geologi Regional Sumatera Selatan. Pusat Survei Geologi Badan Geologi Kementerian ESDM
- Wylie, Duncan C and Christopher W Mah. (2003). *Rock Slope Engineering, Edisi ke-4*. Spon Press: London and New York

## Lampiran

Hasil analisa stabilitas dari tiap model untuk single slope dapat diakses pada link dibawah ini atau dengan menscan QR code:

<https://intip.in/LampiranRobi>



## Profil Penulis



13 Oktober 1995 merupakan tahun kelahiran dari Robi Alfaq Abdillah anak kedua dari Pasangan Abdul Basar dan Sri Mulikah, yang merupakan anak bungsu. Semasa kecil Penulis tinggal di Daerah Wajak sebuah desa kecil di sisi timur Kabupaten Malang. Pendidikan formal Penulis dimulai dengan pendidikan TK Dharmawanita Wajak pada tahun 1999-2001. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SD Negeri Wajak 1 pada tahun 2001-2007. Setelah tamat SD, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Wajak 2007 hingga 2010. Pada tahun 2008 Penulis mulai menetap di Kepanjen, Kabupaten Malang hingga sekarang. Setelah tamat SMP di tahun 2010, Penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas atau SMA yang ditempuh di SMA Negeri 5 Malang hingga 2013. Kemudian, Penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama berada di Perguruan Tinggi, Penulis aktif dalam beberapa Pelatihan, Kepanitiaan event, dan organisasi. Salah satu pelatihan yang pernah diikuti penulis adalah Geological Field Camp di Karangsembung, Kebumen dan Kegiatan training yang diselenggarakan oleh UGM yaitu Petroleum Industrial Training. Kepanitiaan yang pernah diikuti oleh Penulis salah satunya adalah sebagai anggota dari sie akotrans dalam acara Geosphere. Pada periode 2014-2015, Penulis menjadi bagian dari Tim Pengkader mahasiswa baru Teknik Geofisika sebagai Steering Committee dan Instructur Comitte. Kemudian pada periode berikutnya, Penulis menjadi kepala departemen dalam negeri Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika. Pada tahun 2016-2017, penulis menjadi bagian dari divisi internal Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia. Selain itu, Penulis juga memiliki pengalaman melakukan kerja praktik di PusLitBang BMKG mempelajari tentang pengolahan sinyal gempa. Jika ingin berdiskusi lebih jauh mengenai Tugas Akhir penulis, dapat menghubungi penulis di alamat: [robialfaq@gmail.com](mailto:robialfaq@gmail.com) .