

**ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN
MENGUNAKAN METODE BISHOP PADA BAGIAN *SIDE*
WALL DI CV. BUNDA KANDUNG DESA LEMO
KECAMATAN TEWEH TENGAH KABUPATEN BARITO
UTARA PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**

SKRIPSI



OLEH

AKHMAD RIFANDI
DBD 114 041

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
TAHUN 2021**

**ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN
MENGUNAKAN METODE BISHOP PADA BAGIAN *SIDE*
WALL DI CV. BUNDA KANDUNG DESA LEMO
KECAMATAN TEWEH TENGAH KABUPATEN BARITO
UTARA PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
Pada Jurusan / Program Studi Teknik Pertambangan**



OLEH

**AKHMAD RIFANDI
DBD 114 041**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
TAHUN 2021**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : AKHMAD RIFANDI
NIM : DBD 114 041
JURUSAN/PRODI : TEKNIK PERTAMBANGAN

Menyatakan bahwa penyusunan Skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri, terkecuali kutipan-kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di daftar pustaka. Apabila terdapat pelanggaran dalam penulisan dan penyusunan Skripsi ini, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai aturan dan ketentuan yang berlaku.

Palangka Raya, 12 Juli 2021

Penulis



AKHMAD RIFANDI

NIM. DBD 114 1041

HALAMAN PERSEMBAHAN

“... dan jangan kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah, melainkan kamu kaum kafir”. – Q.S Yusuf ayat 87

Karya Kecil Ini Saya Persembahkan :

Terima kasih untuk Ayah saya (Syahmudin) dan Ibu saya (Siti Surtiana), terimakasih sudah menjadi babah dan mamah yang terhebat bagi saya, yang selalu ada dan siap 24 jam untuk saya baik disaat susah maupun senang.

Maafkan anak mu ini masih belum bisa menjadi yang terbaik dan membahagiakan babah dan mamah. Semoga dengan selesainya Skripsi ini bisa menjadi kado kecil untuk babah dan mamah.

Dosen-Dosen dan Staff Jurusan Teknik Pertambangan UPR, terima kasih ibu, bapak atas ilmu, nasehat, bantuan serta bimbingan hingga selesainya Skripsi ini

Terima Kasih untuk teman-teman teknik pertambangan angkatan 2014 untuk doa dan dukungannya, doa ku untuk kita satu angkatan bisa menjadi BOS. Tapi siapa yang jadi karyawannya?? hahahha

Terima Kasih untuk teman-teman Jipen, atas doa dan dukungannya

Terima Kasih untuk teman-teman Bandits Coffee (#Banditsmemanggil), Tim R2-two, Tim Begal, Team Asal Jadi, Team Tara, Tim Marvelous , Team Buham dan teman - teman angkatan 17 smaplus khususnya buat putra XVII Dgenar17ion dengan moto kebanggannya

“NEVER GIVE UP”

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN MENGGUNAKAN METODE BISHOP
PADA BAGIAN *SIDE WALL* DI CV. BUNDA KANDUNG DESA LEMO KECAMATAN
TEWEH TENGAH KABUPATEN BARITO UTARA PROVINSI KALIMANTAN
TENGAH**

Oleh
AKHMAD RIFANDI
NIM. DBD 114 1041

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji Pada Tanggal Juli 2021
dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima

Susunan Tim Penguji,

1. Ir. YULIAN TARUNA, M.Si.
NIP. 19580705 198903 1 019

Ketua



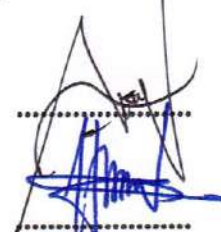
2. YOSSA YONATHAN HUTAJULU, S.T., M.T.
NIP. 19841022 201504 1 001

Sekretaris



3. HEPRYANDI LUWYK DJANAS USUP, S.T., M.T.
NIP. 19810211 200604 1 001

Anggota



4. FERDINANDUS, S.T., M.T.
NIP. 19891116 201903 1 009

Anggota



5. NOVALISAE, S.T., M.T.
NIP. 19881110 201903 2 015

Anggota



Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.
NIP. 19651119 199302 1 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya

Menyetujui,
Ketua Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya



FAHRUL INDRAJAYA, ST., MT.
NIP. 19791215 200812 1 001

SARI

CV. Bunda Kandung, salah satu perusahaan yang khusus bergerak di bidang pertambangan. Menggunakan sistem tambang terbuka metode *stripe mine*, yang pada saat ini menjalan kan pit Q teratai. Kemiringan endapan batubara yang tersingkap di lokasi penelitian dengan dip batubara 15° - 40° . Stabilitas lereng pada area *side wall* di CV. Bunda Kandung dengan menggunakan metode analisis yang digunakan peneliti yaitu metode *bishop* dengan ketelitian yang yang baik dibandingkan metode lain dengan data yang di analisis adalah geometri lereng.

Lereng merupakan permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat dapat menentukan tingkat keselamatan pekerjaan dan keuntungan dari pekerjaan tambang terbuka, Pemicu terjadinya longsor akibat dari aktivitas manusia.

Faktor keamanan lereng dari hasil analisa dan hasil rekomendasi tidak berbeda jauh hanya saja sangat berdampak besar pada tingkat kelongsorannya, rekomendasi yang didapatkan *safety factor* untuk geometri adalah sebagai berikut: Didapatkan $FK = 1,147$; dengan *bench* 2 meter tinggi *slope* 7 meter kemiringan 56° . semakin besar sudut lereng dan semakin tinggi kandungan air dalam lereng menunjukkan bahwa stabilitas lereng berkurang sehingga lereng berpotensi untuk longsor.

Kata kunci : Metode Bishop, Kestabilan Lereng, Faktor Keamanan

ABSTRACT

CV. Bunda Kandung, one of companies with a special working in the area of mining. Uses a an open mine stripe mine method. Which currently point run pit Q Teratai. A coal deposits in the study locations exposed with coal dip 15° - 40° . The stability in the area side wall on CV. Bunda Kandung. By using the method the analysis used researchers that is a method of bishop With precision who better than other methods with the data in analysis is geometry slope.

A slope is the surface of the earth that forms a corner a special incline with the horizontal plane. Slope can be determine how safety work and profit from work mine, An avalanche of triggers a consequence of human activities.

The slope safety factor from the analysis results and the results of the recommendations is not much different, it's just that it has a big impact on the level of landslides, with the researchers use Recommendations or safety factor to geometry is as follows : Obtained $SF = 1,147$ with bench 2 Meters high slope 7 Meters glip 56° . The bigger a bevel angle and the higher and the stability of the deep slope waters shows that stability slope to be reduced so slope has the potential to landslide.

Keywords : Method bishop, The stability of the slope, Safety factor

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Rahmat dan KaruniaNya Penyusun masih diberikan kesehatan jasmani dan rohani. Sehingga penyusunan proposal Skripsi dengan judul “Analisi Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode *Bishop* Pada Bagian *Side Wall* di CV. Bunda Kandung Desa Lemo Kecamatan Teweh Tengah Kabupaten Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah” dapat berjalan dengan lancar tanpa ada hambatan yang berarti.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya;
2. Bapak Fahrul Indrajaya, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya;
3. Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T., M.T., Sekretaris Jurusan, Koordinator Skripsi Jurusan / Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya dan juga selaku Dosen Pembimbing II;
4. Bapak Ir. Yulian Taruna, M.Si, Dosen Pembimbing I;
5. Bapak Hepryandi L. DJ. U., S.T., M.T, Dosen Penguji I;
6. Bapak Ferdinandus, S.T., M.T, Dosen Penguji II;
7. Ibu Novalisae, S.T., M.T, Dosen Penguji III;

Dengan selesainya proposal Skripsi ini, penulis berharap dapat bermanfaat bagi pembaca. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari Proposal Skripsi ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya, mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Palangka Raya, 2021

Penulis,



AKHMAD RIFANDI
DBD 114 041

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
SARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Batasan Masalah	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Kestabilan Lereng	6
2.3 Jenis Kelongsoran pada Tambang Terbuka	8
2.4 Analisa Kestabilan Lereng	9
2.5 Kelongsoran Pada Bidang lemah	10
2.6 Sifat Fisik dan Klasifikasi Tanah	15
2.7 Kuat Geser Tanah	16
2.8 Prinsip-Prinsip Dasar Metode Irisan	24
2.9 Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan <i>slide 6.0</i>	28
2.10 Standar Penentuan Nilai FK.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian	31
3.1.1 Lokasi Dan Kesampaian Daerah	31
3.1.2 Keadaan Iklim Dan Curah Hujan	32
3.2 Kondisi Geologi Regional	33
3.2.1 Topografi dan Geomorfologi	33
3.2.2 Struktur Geologi	35

	Halaman
3.3 Alat Dan Bahan	36
3.3.1 Alat dan Bahan Pengambilan Data	36
3.2.1 Alat dan Bahan Pengolahan Data	36
3.4 Tata Laksana Penelitian	37
3.4.1 Langkah Kerja	37
3.4.2 Metode Penelitian	39
3.5 Diagram Alir Pemikiran Penelitian Skripsi	41
3.6 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Skripsi	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil	44
4.1.1 Geometri Lereng	44
4.1.2 <i>Soil Properties</i>	44
4.1.3 Material Di Lapangan	45
4.1.4 Perhitungan Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode <i>Bishop</i>	46
A. Analisis Perhitungan Lereng Tunggal (<i>Single Slope</i>)..	47
B. Analisis Perhitungan Lereng Keseluruhan (<i>Overall Slope</i>)	54
4.2 Pembahasan	57
4.2.1 Geometri Lereng	57
4.2.2 Kriteria Kemantapan	57
4.3.2 Analisis dengan menggunakan <i>slide V6.0</i> dan Metode <i>Bishop</i> Pada Lereng Aktual	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Longsoran Bidang	10
2.2 Longsoran Baji	11
2.3 Longsoran Busur	12
2.4 Longsoran Guling	13
2.5 Jenis Kelongsoran Pada Bidang Lemah	15
2.6 Ilustrasi pengukuran Kuat Geser	16
2.7 Model lereng dengan bidang runtuh yang berbentuk busur Lingkaran	18
2.8 Model lereng dengan bidang runtuh yang berupa gabungan dari sebuah busur lingkaran dengan segmen garis lurus	19
2.9 Model lereng dengan bidang runtuh yang berupa gabungan dari beberapa segmen garis lurus (multilinier)	19
2.10 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan <i>bishop</i>	25
2.11 Diagram menentukan nilai M_i	27
3.1 Stratigrafi Daerah Muara Teweh	35
3.2 Bagan Alir Pemikiran	42
3.3 Bagan Alir Penelitian	43
4.1 Keadaan Lokasi Penelitian Berdasarkan <i>Slide</i>	45
4.2 Permodelan <i>Single Slope</i> material <i>Claystone</i>	47
4.3 Permodelan <i>Single Slope</i> Material <i>Sandstone</i>	50
4.4 Permodelan <i>Single Slope</i> Material <i>Siltstone</i>	52
4.5 Permodelan Lereng <i>Overall Slope</i>	54
4.6 Permodelan Lereng <i>Overall Slope</i> Kering Pada <i>Slide</i>	55

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Ukuran Butir Tanah	15
2.2 Persamaan yang diketahui	22
2.3 Variabel yang tidak diketahui	22
2.4 Asumsi yang digunakan oleh beberapa Metode irisan	23
2.5 Kondisi kesetimbangan yang dipenuhi	24
2.6 Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang	30
3.1 Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) CV. Bunda Kandung	31
4.1 Geometri Lereng	44
4.2 <i>Soil Properties</i>	45
4.3 Perhitungan <i>Single Slope</i> material <i>Claystone</i>	49
4.4 Perhitungan <i>Single Slope</i> Material <i>Sandstone</i>	51
4.5 Perhitungan <i>Single Slope</i> Material <i>Siltstone</i>	53
4.6 Keterangan Geometri Lereng <i>Overall Slope</i>	54
4.7 Perhitungan Lereng Keseluruhan Kondisi Kering	56
4.8 Nilai FK Lereng Aktal Dan Rekomendasi Berdasarkan Hasil <i>Slide</i> <i>V6.0</i> Dan Perhitungan Menggunakan Metode <i>Bishop</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- A PETA GEOLOGI REGIONAL LEMBAR BUNTOK
- B PETA KESAMPAIAN DAERAH
- C PETA IUP
- D PETA LOKASI PENELITIAN
- E PERMODELAN PADA *SLIDE*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

CV. Bunda Kandung merupakan perusahaan yang bergerak di sektor pertambangan batubara yang mendapat Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi dari Pemerintah Daerah Kabupaten Barito Utara pada tanggal 1 Februari 2010 dengan No. 188.45/47/2010 yang berlokasi di Kecamatan Teweh Tengah dan Kecamatan Montallat, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah. CV. Bunda kandung adalah perusahaan yang menggunakan metode tambang terbuka (*Open Pit*) dengan sistem "*Strip Mining*".

Penambangan batubara merupakan kegiatan pengambilan batubara dari bawah permukaan bumi. Kegiatan tersebut menimbulkan perubahan yang sangat berpengaruh pada kondisi geologi daerah sekitar tambang. Salah satunya adalah terbentuknya lereng akibat aktifitas penambangan. Longsor terjadi karena ketidakseimbangan gaya di daerah lereng lebih besar daripada gaya penahan yang ada di lereng.

Geometri lereng merupakan kenampakan visual lereng di lapangan. Pengukuran geometri lereng dilakukan dengan menggunakan *Total Station* untuk mengetahui tinggi lereng, jarak datar dan sudut kemiringan lereng. Kemiringan dan tinggi suatu lereng sangat mempengaruhi kemantapannya, semakin besar kemiringan dan tinggi suatu lereng maka kemantapannya semakin kecil.

Pada umumnya kemiringan yang aman pada lereng tambang berkisar $\leq 60^{\circ}$, di CV. Bunda Kandung sendiri memiliki kemiringan pada *side wall* yang cukup besar $\geq 70^{\circ}$, sehingga pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan lereng pada lereng *side wall* di CV. Bunda Kandung.

Atas dasar inilah penulis berencana melakukan kegiatan penelitian dengan judul **“ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN MENGGUNAKAN METODE BISHOP PADA BAGIAN SIDE WALL DI CV. BUNDA KANDUNG DESA LEMO KECEMATAN TEWEH TENGAH KABUPATEN BARITO UTARA PROVINSI KALIMANTAN TENGAH”**

1.2 Rumusan Masalah

Dalam analisa ini rumusan masalah yang akan dibahas adalah mengarah pada desain lereng. Hal ini meliputi :

1. Bagaimana permodelan desain geometri lereng pada *side wall* pit di CV. Bunda Kandung?
2. Bagaimana analisis kestabilan lereng pada bagian *side wall* di CV. Bunda Kandung?

1.3 Maksud

Adapun maksud dari penelitian ini adalah agar dapat mengidentifikasi lereng pada *side wall* tambang untuk mengetahui kestabilan lereng pada *side wall* tambang dan membantu mengevaluasi kelerengan tambang yang aman dan stabil pada CV. Bunda Kandung.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui geometri lereng pada bagian *side wall* di CV. Bunda Kandung;
2. Menganalisis kestabilan lereng pada *side wall* di CV. Bunda Kandung;

1.5 Manfaat

Dengan adanya kegiatan penelitian tugas akhir ini ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh, diantaranya :

1. Bagi Mahasiswa

Mampu mendapatkan kompetensi tinggi dalam pemahaman analisis kestabilan lereng sehingga dapat membuat simulasi lereng stabil dengan cara manual ataupun dengan menggunakan program bantu dan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

2. Bagi Perusahaan

Memperoleh data aktual mengenai kemajuan kegiatan penambangan. Mengetahui permasalahan yang terjadi dalam kegiatan penambangan, khususnya tentang Analisa kestabilan lereng dan dapat dijadikan bahan pertimbangan atau usulan untuk meningkatkan produksi maupun program yang akan dilaksanakan.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian Skripsi ini adalah :

1. Menganalisis kestabilan lereng menggunakan metode *bishop*;
2. Jumlah sayatan yang digunakan dalam perhitungan menggunakan 20 sayatan untuk masing-masing lereng tunggal dan lereng keseluruhan;

3. Desain lereng hanya berdasarkan analisis lereng desain meliputi data tinggi lereng, sudut kemiringan lereng, kohesi lereng, dan bench lereng;
4. Perhitungan dilakukan secara manual;
5. Faktor yang menjadi acuan berdasarkan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018;
6. Tinggi Muka Air Tanah hanya dalam bentuk data simulasi atau data percobaan.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Chairunnisa.,Mulyadini, (2017) menyatakan bahwa dalam Analisis Kestabilan Lereng pada pit 5 di PT. Unirich Mega Persada Desa Hajak Kecamatan Teweh Baru Kabupaten Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah. Dengan standar nilai minimum faktor keamanan (FK) untuk lereng tunggal (*single bench*) yaitu $FK > 1,3$ (aman) dan nilai faktor minimum (FK) untuk lereng total (*overall*) yaitu $FK > 1,8$ (aman) berdasarkan nilai standar analisis *overall slop* rata – rata, sehingga *ultimate pit limit* tidak melebar serta mampu digunakan selama delapan tahun kedepan. Metode yang dilakukan untuk melakukan analisis kestabilan lereng adalah metode *fellenius*.

Wendra.,Bangsawan, (2017) menyatakan bahwa analisis geoteknik pada bukaan tambang batubara di PT. Pada Idi Desa Luwe Hulu Kecamatan Lahei Barat Kabupaten Barito Utara Provinsi Kalimantan Tengah. Faktor yang sangat mempengaruhi terjadi longsor pada PT. Pada Idi bagian *low wall* adalah air yang berada di bagian belakang lereng sehingga menjadi daya dorong pada tanah yang memungkinkan mengisi bagian kosong bidang lemah, geometri lereng yang tidak merata kemudian tidak memperhitungkan bidang lemah yang ada di bagian *low wall*. Analisis *overall slope* rata rata sebesar 1,21 maka peneliti menyarankan nilai FK sebesar 1,5 dari hasil perhitungan peneliti dengan tinggi sesuai actual tetapi berbeda pada kemiringan jenjang dan lebar *bench*: lereng tunggal tinggi 9 m, lebar *bench* 5 m kemiringan lereng 37° berdasarkan nilai standar analisis *overall slope*

rata – rata, sehingga *ultimate pit limit* dengan kedalaman yang diinginkan aman dilakukan kegiatan penambangan sehingga tidak menambah biaya untuk pengangkutan *overburden* dari dikarenakan telah terjadinya kelongsoran. Metode yang di gunakan untuk menganalisis adalah dengan menggunakan metode *Bishop*.

2.2. Kestabilan Lereng

Kestabilan dari suatu lereng pada kegiatan penambangan dipengaruhi oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng pada lokasi tersebut, kondisi air tanah setempat, faktor luar seperti getaran akibat peledakan ataupun alat mekanis yang beroperasi dan juga dari teknik penggalian yang digunakan dalam pembuatan lereng. Faktor pengontrol ini jelas sangat berbeda untuk situasi penambangan yang berbeda dan sangat penting untuk memberikan aturan yang umum untuk menentukan seberapa tinggi atau seberapa landai suatu lereng untuk memastikan lereng itu akan tetap stabil. Apabila kestabilan dari suatu lereng dalam operasi penambangan meragukan, maka analisa terhadap kestabilannya harus dinilai berdasarkan dari struktur geologi, kondisi air tanah dan faktor pengontrol lainnya yang terdapat pada suatu lereng.

Kestabilan lereng penambangan dipengaruhi oleh geometri lereng, struktur batuan, sifat fisik dan mekanik batuan serta gaya luar yang bekerja pada lereng tersebut. Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng penambangan adalah dengan faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor.

Faktor keamanan (FK) lereng tanah dapat dihitung dengan berbagai metode. Longsoran dengan bidang gelincir (*slip Surface*), F dapat dihitung dengan metode sayatan (*slice method*) menurut *Fellini* atau *Bishop*. Untuk suatu lereng dengan penampang yang sama, cara *Fellini* dapat dibandingkan nilai faktor keamanannya dengan cara *Bishop*.

Data yang diperlukan dalam suatu perhitungan sederhana untuk mencari nilai FK (Faktor keamanan lereng) adalah sebagai berikut :

1. Data lereng atau geometri lereng (terutama diperlukan untuk membuat penampang lereng). Meliputi : sudut Kemiringan lereng, tinggi lereng dan lebar jalan angkut atau bermuatan pada lereng tersebut.
2. Data mekanika tanah
 - a. Sudut geser dalam (ϕ)
 - b. Bobot isi tanah atau batuan (γ)
 - c. Koehesi (c)
 - d. Kadar air tanah (ω)
3. Faktor Luar
 - a. Getaran akibat kegiatan peledakan.
 - b. Beban alat mekanis yang beroperasi.

Kestabilan lereng tergantung pada gaya penggerak dan gaya penahan yang bekerja pada bidang gelincir tersebut. Gaya penahan (*resisting force*) adalah gaya yang menahan agar tidak terjadi kelongsoran, sedangkan gaya penggerak (*driving force*) adalah gaya yang menyebabkan terjadinya kelongsoran. Perbandingan

antara gaya-gaya penahan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah inilah yang disebut dengan faktor keamanan (FK) lereng penambangan.

Mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi tingkat kestabilan lereng penambangan maka hasil analisa dengan $FK = 1.00$ belum dapat menjamin bahwa lereng tersebut dalam keadaan stabil. Hal ini disebabkan karena ada beberapa faktor yang perlu diperhitungkan dalam analisa faktor keamanan lereng penambangan, seperti kekurangan dalam pengujian contoh di laboratorium serta contoh batuan yang diambil belum mewakili keadaan sebenarnya di lapangan, tinggi muka air tanah pada lereng tersebut, getaran akibat kegiatan peledakan di lokasi penambangan, beban alat mekanis yang beroperasi.

Kestabilan dari suatu jenjang individual dikontrol oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng pada daerah tersebut, kondisi air tanah setempat, dan juga oleh teknik penggalian yang digunakan dalam pembuatan lereng. Faktor pengontrol ini jelas sangat berbeda untuk situasi penambangan yang berbeda dan sangat penting untuk memberikan aturan yang umum untuk menentukan seberapa tinggi atau seberapa landai suatu lereng untuk memastikan lereng itu akan stabil.

Apabila kestabilan dari suatu jenjang dalam operasi penambangan meragukan, maka kestabilannya harus dinilai berdasarkan dari struktur geologi, kondisi air tanah dan faktor pengontrol lainnya yang terjadi pada suatu lereng. Kestabilan lereng pada batuan dipengaruhi oleh geometri lereng, struktur batuan, sifat fisik dan mekanik batuan serta gaya-gaya luar yang bekerja pada lereng tersebut.

Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan adalah dengan faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor (*Hoek and Bray, 1981*). Secara matematis faktor kestabilan lereng dinyatakan sebagai berikut :

$$F = R / F_p \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

F = Faktor kestabilan lereng.

R = Gaya penahan, berupa resultan gaya-gaya yang membuat lereng tetap stabil.

F_p = Gaya penggerak, berupa resultan gaya-gaya yang menyebabkan lereng longsor.

2.3 Jenis Kelongsoran Pada Tambang Terbuka

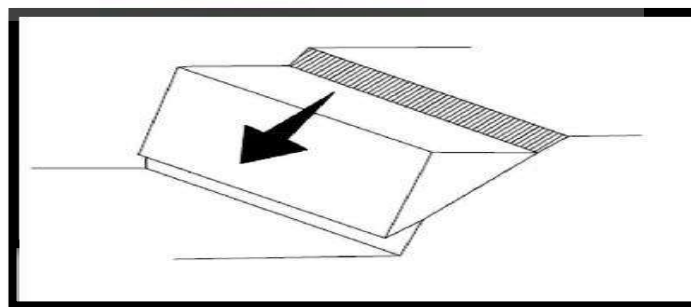
Pada penggalian awal, umumnya material yang digali adalah tanah. Karakteristik mekanis tanah yang lemah menyebabkan tanah mudah longsor. Tetapi jika penggalian dilakukan lebih dalam, maka akan ditemukan suatu zona campuran antara tanah dengan *boulder* batuan. Pada zona ini seringkali terjadi kelongsoran yang tidak terduga, karena selain karakteristik mekanis material pada zona ini sangat beragam, juga reaksi terhadap penggalian beragam. Kondisi ketidakseragaman ini sering terjadi jika zona batuan *solid* cukup keras. Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya: lereng bukit dan tebing sungai,

sedangkan lereng buatan manusia antara lain: galian dan timbunan untuk membuat bendungan, tanggul dan kanal sungai serta dinding tambang terbuka (Arief, 2007). Adapun jenis-jenis longsor yang dikenal dalam tambang terbuka adalah:

a. Longsoran bidang

Longsoran bidang merupakan suatu longsoran batuan yang terjadi sepanjang bidang lurus yang dianggap rata. Bidang lurus tersebut dapat berupa bidang kekar, rekahan (*joint*) maupun bidang perlapisan batuan. Syarat-syarat terjadinya longsoran bidang :

1. Terdapat bidang lincir bebas (*daylight*) berarti kemiringan bidang lurus lebih kecil daripada kemiringan lereng.
2. Dengan arah lereng (maksimum berbeda 200).
3. Kemiringan bidang lurus atau lebih besar daripada sudut geser dalam batuan. Arah bidang perlapisan (bidang lemah) sejajar atau mendekati
4. Terdapat bidang geser (tidak terdapat gaya penahan) pada kedua sisi longsoran (Lihat Gambar 2.1).



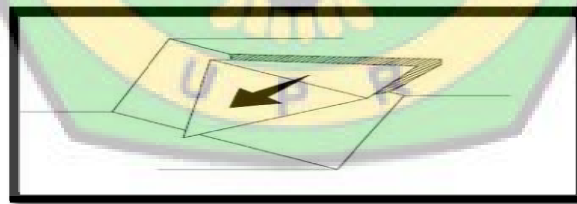
(Sumber : Gian Paolo Giani.1992)

Gambar 2.1. Longsoran Bidang

b. Longsoran baji

Longsoran baji dapat terjadi pada suatu batuan jika lebih dari satu bidang lemah yang bebas dan saling berpotongan. Sudut perpotongan antara bidang lemah tersebut lebih besar dari sudut geser dalam batuan. Bidang lemah ini dapat berupa bidang sesar, rekahan (*joint*) maupun bidang perlapisan. Cara longsoran baji dapat melalui satu atau beberapa bidang lemahnya maupun melalui garis perpotongan kedua bidang lemahnya. Longsoran baji dapat terjadi dengan syarat geometri sebagai berikut :

1. Permukaan bidang lemah A dan bidang lemah B rata, tetapi kemiringan bidang lemah B lebih besar daripada bidang lemah A.
2. Arah penunjaman garis potong harus lebih kecil daripada sudut kemiringan lereng.
3. Bentuk longsoran dibatasi oleh muka lereng, bagian atas lereng dan kedua bidang lemah.



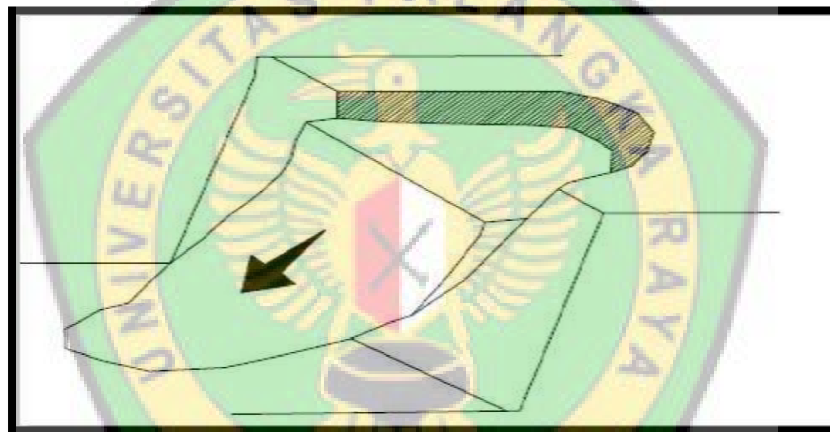
(Sumber : Gian Giani.1992)Paolo

Gambar 2.2. Longsoran Baji

c. Longsoran busur

Longsoran busur adalah yang paling umum terjadi di alam, terutama pada batuan yang lunak (tanah). Pada batuan yang keras longsoran busur hanya terjadi jika batuan tersebut sudah mengalami pelapukan dan mempunyai bidang-bidang lemah (rekahan) yang sangat rapat dan tidak dapat dikenali lagi kedudukannya.

Longsoran busur akan terjadi jika partikel individu pada suatu tanah atau massa batuan sangat kecil dan tidak saling mengikat. Oleh karena itu batuan yang telah lapuk cenderung bersifat seperti tanah. Tanda pertama suatu longsoran busur biasanya berupa suatu rekahan tarik permukaan atas atau muka lereng, kadang-kadang disertai dengan menurunnya sebagian permukaan atas lereng yang berada disamping rekahan. Penurunan ini menandakan adanya gerakan lereng yang pada akhirnya akan terjadi kelongsoran lereng, hanya dapat dilakukan apabila belum terjadi gerakan lereng tersebut (Lihat Gambar 2.3).

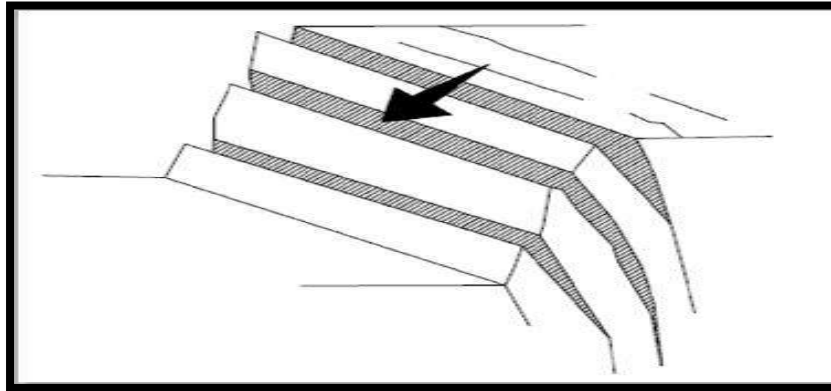


(Sumber : Gian Paolo Giani.1992)

Gambar 2.3. Longsoran Busur

d. Longsoran guling

Longsoran guling terjadi pada batuan yang keras dan memiliki lereng terjal dengan bidang-bidang lemah yang tegak atau hampir tegak dan arahnya berlawanan dengan arah kemiringan lereng. Longsoran ini bisa berbentuk blok atau bertingkat. Kondisi untuk menggelincir atau meluncur ditentukan oleh sudut geser dalam dan kemiringan bidang luncurnya, tinggi balok dan lebar balok terletak pada bidang miring (Lihat Gambar 2.4).



(Sumber : Gian Paolo Giani.1992.)

Gambar 2.4. Longsoran Guling

2.4. Analisa Kestabilan Lereng

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan analisa kestabilan lereng, yaitu :

1. Geometri lereng yang terbentuk dari hasil penambangan
2. Pengaruh air permukaan
3. Sifat fisik dan mekanik material (densitas, kohesi, sudut geser)

Dalam perhitungan faktor keamanan terdapat beberapa tahap yang harus ditempuh, yaitu:

a. Penentuan Geometri Lereng

Geometri lereng yang akan dianalisis dinyatakan dengan titik-titik pada koordinat kartesian x dan y , dengan arah dari kiri ke kanan, selanjutnya dengan cara yang sama ditentukan posisi bidang-bidang perlapisan yang ada terhadap geometri lereng pada koordinat kartesian. Koordinat geometri ini diperoleh dari hasil permodelan pada pengukuran geometri lereng dilapangan.

b. Penentuan Sifat Fisik dan Mekanik

Sifat fisik dan mekanik batuan atau tanah menentukan kekuatan lereng yang bersangkutan, sifat fisik dan mekanik yang harus diketahui adalah densitas kering, densitas jenuh, kohesi dan sudut geser dalam material sirtu.

c. Perhitungan Faktor Keamanan

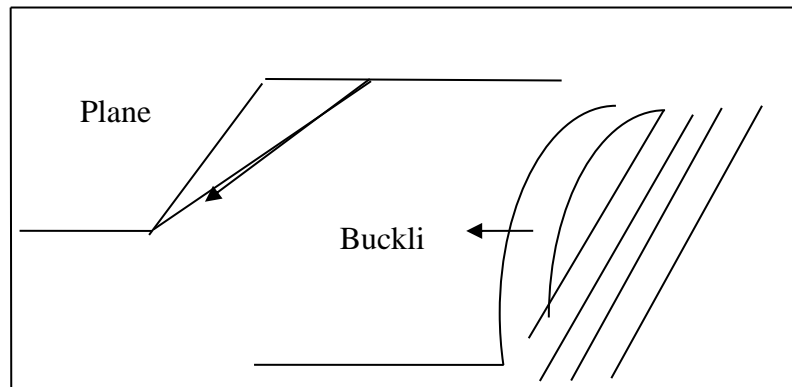
Dilakukan dengan cara menghitung faktor keamanan beberapa busur pada model lereng dan menentukan satu busur yang mempunyai nilai faktor keamanan terkecil sebagai bidang yang paling lemah pada lereng. Perhitungan faktor keamanan untuk jenjang tunggal (*single slope*) menggunakan data kuat geser sisa dan untuk jenjang total (*overall slope*).

2.5. Kelongsoran Pada Bidang Lemah

Pada penggalian awal, umumnya material yang digali adalah tanah. Karakteristik mekanis tanah yang lemah menyebabkan tanah mudah longsor. Tapi karena tanah ini merupakan massa yang kontinyu, maka mudah untuk menganalisa keruntuhan / kelongsorannya. Tetapi jika penggalian dilakukan lebih dalam, maka akan ditemukan suatu zona campuran antara tanah dengan *boulder* batuan. Pada zona ini seringkali terjadi kelongsoran yang tidak terduga, karena selain karakteristik mekanis material pada zona ini sangat beragam, juga reaksi terhadap penggalian beragam. Kondisi ketidakseragaman ini sering terjadi jika zona batuan solid cukup keras.

a. Kelongsoran pada bidang lemah:

1. *plane sliding*
2. *bucling failure*



Gambar 2.5. Jenis Kelongsoran Pada Bidang Lemah

2.6. Sifat Fisik dan Klasifikasi Tanah

Klasifikasi dan sifat tanah akan sangat tergantung pada ukuran butirnya (kecuali lempung dan lanau). Berikut adalah jenis tanah beserta ukuran butirnya lihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Ukuran Butir Tanah

Jenis Tanah	Ukuran
Berangkal/ <i>Boulder</i>)	> 20 cm
Kerakal/ <i>Cobble</i>	8 –20 cm
Kerikil/ <i>Gravel</i>	2 mm – 8 cm
Pasir Kasar/ <i>Coarse Sand</i>	0,6 mm – 2 mm
Pasir Sedang/ <i>Med.Sand</i>	0,2 – 0,6 mm
Pasir Halus/ <i>Fine Sand</i>	0,06 – 0,2 mm
Lanau/ <i>Silt</i>	0,002 - 0,06 mm
Lempung/ <i>Clay</i>	< 0,002 mm

(Sumber Wesley. *Mekanika Tanah*. 1977)

Dari segi keteknikan yang disebut tanah berada pada ukuran mulai dari kerikil kebawah. Pada tanah yang berbutir kasar (pasir halus hingga kerikil/Tabel 2.1), sifat-sifat tanah tersebut akan tergantung pada ukuran butirnya. Sedangkan

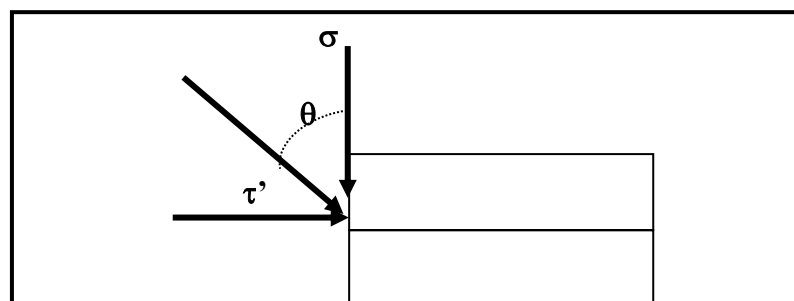
tanah yang berbutir halus (lempung dan lanau), sifat tanah tergantung pada komposisi kimianya. Pada kondisi nyata dilapangan, tanah merupakan campuran beberapa ukuran butir tanah. Istilah pasir lempungan atau lempung pasiran akan sangat umum ditemukan dilapangan. Seringkali istilah pasir kelempungan ditambah dengan ‘bergradasi baik/buruk’, dimana fraksi halus akan dinilai sifat plastisitasnya.

2.7. Kuat Geser Tanah

Salah satu parameter tanah yang penting adalah kuat geser tanah, dimana parameter ini diperlukan untuk menghitung daya dukung tanah, tegangan tanah pada dinding penahan serta kestabilan lereng. Tanah yang terdiri dari butir kasar dan halus yang bergerak relatif antar butirnya akan mengalami keruntuhan geser (*shear failure*) jika tanah tersebut tidak dapat memelihara kekuatannya. Kekuatan geser tanah didapatkan dari kohesi (C) antar butir dan gesekan antar butir (τ). Sehingga **Kuat Geser** tanah (τ) adalah:

$$\begin{aligned}\tau &= C + \tau \dots\dots\dots(2.2) \\ &= C + \sigma \cdot \tan \theta\end{aligned}$$

Berikut adalah ilustrasi pengukuran Kuat Geser (*Lihat pada gambar 2.6*)



(Sumber Wesley. Mekanika Tanah. 1977)

Gambar 2.6. Ilustrasi pengukuran Kuat Geser

Pada kondisi jenuh (kondisi alam yang paling rentan terhadap kelongsoran) tegangan air dalam pori-pori tanah akan mengurangi tegangan normal antar butir, dan jika tegangan air pori = u , maka akan menjadi;

$$\tau = C' + (\sigma - u) \cdot \tan \theta \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

σ = tegangan normal

θ = sudut geser dalam/sudut friksi

C' = kohesi

$(\sigma - u)$ = tegangan efektif = σ'

2.8. Prinsip – Prinsip Dasar Metode Irisan

Semua metode irisan menyatakan kondisi kestabilan suatu lereng dinyatakan dalam indeks yang disebut factor keamanan (F), yang didefinisikan sebagai berikut:

$$F = \frac{s}{\tau} = \frac{\text{Kekuatan geser material yang tersedia}}{\text{Kekuatan geser yang diperlukan agar tetap seimbang}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Faktor keamanan diasumsikan mempunyai nilai yang sama untuk setiap irisan. Kekuatan geser material yang tersedia untuk menahan material sehingga lereng tidak longsor dinyatakan dalam kriteria keruntuhan *Mohr-coulomb* sebagai berikut :

$$s = c' + (\sigma_n - u) \tan \phi' \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

S = Kekuatan geser

C' = Kohesi efektif

ϕ' = Sudut gesek efektif

X = Gaya antar irisan vertikal, titik bawah L dan R menunjukkan masing-masing untuk sebelah kiri dan kanan dari irisan

kW = Gaya *seismic* horizontal yang bekerja pada pusat massa irisan, dimana k adalah koefisien *seismic*.

R = Radius lingkaran untuk bidang runtuh busur lingkaran, atau lengan momen dari gaya geser S_m terdapat pusat momen untuk bidang runtuh yang bukan busur lingkaran.

f = jarak tegak lurus dari gaya normal N terhadap pusat momen.

x = jarak horizontal dari pusat massa irisan terhadap pusat momen.

e = Jarak vertikal dari pusat massa irisan terhadap pusat momen.

h = tinggi rata – rata irisan.

b = lebar irisan.

β = Panjang dasar irisan ($\beta = b \sec \alpha$).

a = Jarak vertikal dari gaya hidrostatis pusat momen.

A = Gaya hidrostatis pada retakan Tarik.

α = Sudut kemiringan dari garis singgung pada titik di tengah dasar irisan terhadap bidang horizontal. Sudut kemiringan bernilai positif apabila searah dengan kemiringan lereng, dan bernilai negatif apabila berlawanan arah dengan kemiringan lereng.

Setelah geometri dari bidang runtuh ditentukan kemudian selanjutnya massa di atas bidang runtuh dibagi ke dalam sejumlah irisan tertentu. Tujuan dari pembagian tersebut adalah untuk mempertimbangkan terdapatnya variasi kekuatan geser dan tekanan air pori sepanjang bidang runtuh. Dengan mengacu

pada beberapa gambar di atas terlihat bahwa persoalan kestabilan lereng merupakan persoalan statik taktentu, yaitu persoalan dimana terdapat lebih banyak variabel yang tak diketahui dibanding dengan jumlah persamaan yang ada. Jumlah persamaan dan variabel yang tak diketahui diperlihatkan pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3. Untuk menyelesaikan persoalan tersebut diperlukan sejumlah asumsi tambahan sehingga persoalannya berubah menjadi persoalan statik tertentu. Hampir semua metode irisan mengasumsikan bahwa titik kerja dari gaya normal pada dasar di irisan terletak pada tengah dari dasar irisan, asumsi menyebabkan jumlah variabel yang tak diketahui akan berkurang menjadi $(5n - 2)$. Masih terdapat sejumlah $(n - 2)$ asumsi tambahan yang diperlukan untuk menjadikan persoalan statik taktentu menjadi persoalan statik tertentu. Terdapatnya beberapa variasi metode irisan disebabkan oleh adanya perbedaan asumsi tambahan yang digunakan. Asumsi yang digunakan oleh beberapa metode irisan diberikan pada Tabel 2.4.

Jumlah asumsi yang digunakan akan menentukan kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi, apabila jumlah asumsinya melebihi $(n - 2)$ maka tidak semua kondisi kesetimbangan dapat dipenuhi. Kondisi kesetimbangan yang dipenuhi oleh berapa metode irisan ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Berdasarkan kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi, metode irisan dapat dikelompokkan menjadi dua kategori.

1. Metode yang tidak memenuhi semua kondisi kesetimbangan gaya dan momen, antara lain yaitu metode irisan biasa, metode Bishop yang

disederhanakan, metode Janbu yang disederhanakan, dan metode *Corps of Engineer*;

2. Metode yang memenuhi semua kondisi kesetimbangan gaya dan momen, antara lain yaitu Metode *Spencer*, Metode *Morgenstern-Price* dan Metode Kesetimbangan Batas Umum.

Tabel 2.2. Persamaan yang diketahui

Persamaan	Keterangan
N	Kesetimbangan momen untuk tiap irisan
n	Kesetimbangan gaya dalam arah vertikal
n	Kesetimbangan gaya dalam arah horisontal
n	Kriteria keruntuhan (Persamaan <i>Mohr-Coulomb</i>)
4n	Jumlah total persamaan

Tabel 2.3. Variabel yang tidak diketahui

Variabel Yang Tak Diketahui	Variabel
1	Faktor keamanan (F)
n	Gaya normal pada dasar tiap irisan (N)
n	Titik kerja gaya Normal pada dasar tiap irisan
n	Gaya geser pada dasar tiap irisan (S_m)
n - 1	Gaya geser antar-irisan (X)
n - 1	Gaya normal antar-irisan (E)
n - 1	Titik kerja gaya antar-irisan (garis dorong)
6n - 2	Jumlah total variabel yang tidak diketahui

Tabel 2.4 Asumsi yang digunakan oleh beberapa Metode irisan

Metode	Asumsi
--------	--------

Irisan Biasa (<i>Fellenius</i>)	Resultan gaya antar-irisan sama dengan nol dan bekerja sejajar dengan permukaan bidang runtuh.
<i>Bishop</i> Yang Disederhanakan	Gaya geser antar-irisan sama dengan nol ($X=0$).
Janbu Yang Disederhanakan	Gaya geser antar-irisan sama dengan nol ($X=0$). Faktor koreksi digunakan sebagai faktor empiris untuk memasukkan efek dari gaya geser antar irisan
Janbu Yang Umum	Letak gaya antar-irisan didefinisikan oleh garis gaya antar irisan yang diasumsikan
<i>Lowe-Karafiath</i>	Kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar-irisan sama dengan rata-rata dari kemiringan permukaan lereng dan kemiringan bidang runtuh
<i>Corps of Engineers</i>	Kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar-irisan besarnya sama dengan : <ul style="list-style-type: none"> - Kemiringan permukaan lereng, atau - Kemiringan dari kaki bidang runtuh ke puncak bidang runtuh.
<i>Spencer</i>	Kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar irisan adalah sama untuk semua irisan.
<i>Morgenstern-Price</i>	Kemiringan gaya geser antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan
Kesetimbangan batas umum	Sudut gaya antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan.

Tabel 2.5 Kondisi kesetimbangan yang dipenuhi

Metode	Kesetimbangan Gaya	Kesetimbangan
--------	--------------------	---------------

	Vertikal	Horisontal	Momen
• Irisan Biasa (<i>Fellenius</i>)	Tidak	Tidak	Ya
• <i>Bishop</i> Yang Disederhanakan	Ya	Tidak	Ya
• Janbu Yang Disederhanakan	Ya	Ya	Tidak
• Janbu Yang Umum	Ya	Ya	Tidak
• <i>Lowe-Karafiath</i>	Ya	Ya	Tidak
• <i>Corps of Engineers</i>	Ya	Ya	Ya
• <i>Spencer</i>	Ya	Ya	Ya

Oleh karena letak dari bidang runtuh tidak diketahui dan harus diasumsikan terlebih dahulu maka harus dilakukan perhitungan pada sejumlah bidang runtuh, untuk mencari bidang runtuh yang memberikan faktor keamanan terkecil. Bidang runtuh yang menghasilkan faktor keamanan terkecil dinamakan sebagai bidang runtuh kritis. Penentuan bidang runtuh kritis dapat dilakukan secara coba-coba atau dengan menggunakan metode optimasi.

2.7. Metode *Bishop* Yang Disederhanakan (*Simplified Bishop Method*)

Metode *Bishop* digunakan dalam menganalisa kestabilan lereng dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada dan memperhitungkan komponen gaya-gaya (horizontal dan vertikal) dengan memperhatikan keseimbangan momen dari masing-masing potongan. Metode *Bishop* mengasumsikan bidang longsor berbentuk busur lingkaran atau circular.

Pertama yang harus diketahui adalah geometri dari lereng dan juga titik pusat busur lingkaran bidang luncur. Tahap selanjutnya dalam proses analisis adalah membagi massa material di atas bidang longsor menjadi beberapa elemen atau potongan. Pada umumnya jumlah potongan minimum yang digunakan adalah

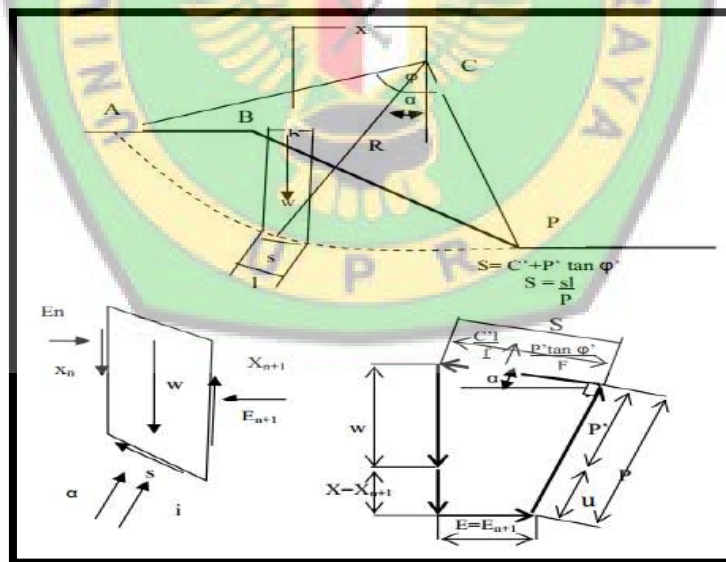
lima potongan untuk menganalisis kasus yang sederhana. Untuk profil lereng yang kompleks atau yang terdiri dari banyak material yang berbeda, jumlah elemen harus lebih besar.

Metode *Bishop* menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol arah vertikal. Persamaan kuat geser adalah :

$$\tau = \frac{c'}{F} + (\sigma - \mu) \frac{tg \phi}{F} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

- τ : Tegangan geser (kg/cm^2)
- c' : Kohesif tanah efektif
- σ : Tegangan normal total pada bidang longsor (kg/cm^2)
- μ : Tekanan air pori (kN/m^2)



Sumber: Bishop, A. W., 1995. *The Use of Slip Surfaces in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol 5. London.*

Gambar 2.10 Gaya-gaya yang bekerja pada irisan *bishop* Dengan keterangan gambar:

S : Kekuatan geser efektif

- s : Kekuatan geser yang ada
 c' : Kohesi efektif
 P' : Gaya normal efektif pada dasar irisan
 ϕ' : Sudut geser dalam efektif
 μ' : Tegangan air pori
 F : Faktor keamanan
 l : Panjang dasar irisan
 w : Berat irisan
 b : Lebar irisan
 R : Radius lingkaran bidang gelincir
 X_n, X_{n+1} : Gaya-gaya vertikal pada batas irisan
 E_n, E_{n+1} : Gaya-gaya horisontal pada batas irisan

Persamaan faktor keamanan untuk analisis stabilitas lereng dengan Metode *Bishop* adalah :

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + W_i (1 - r_u) \tan \theta_i] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i' \times \tan \theta_i) / FK} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

- FK : Faktor keamanan
 θ_i : Sudut kemiringan irisan ke-i ($^{\circ}$)
 c' : Kohesi tanah efektif (kN/m^2)
 b_i : Lebar irisan ke-i (m)
 W_i : Berat irisan tanah ke-i (kN)
 ϕ' : Sudut geser dalam efektif ($^{\circ}$)
 μ_i : Tekanan air pori irisan ke-i (kN/m^2)

Rasio tekanan air pori dapat di defenisikan sebagai berikut :

$$ru = \frac{\mu b}{W} = \frac{\mu}{\gamma h} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

ru : Rasio tekanan air pori

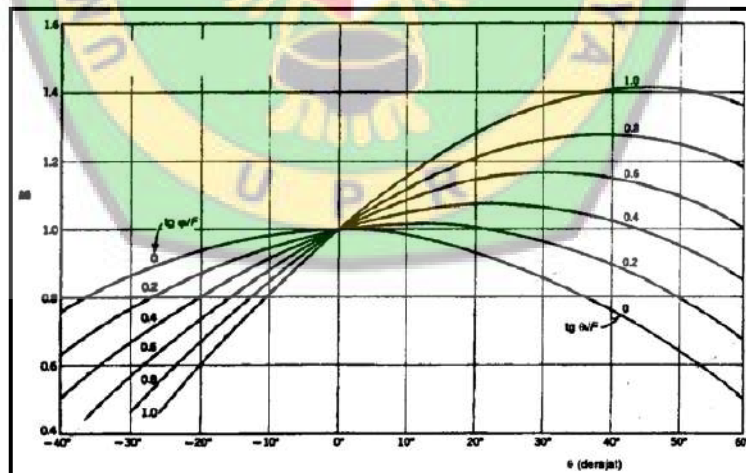
γ : Bobot isi tanah (kN/m²)

μ : Tekanan air pori (kN/m²)

h : Tinggi irisan rata-rata (m)

Metode *Bishop* ini menggunakan cara *Trial and error*, tetapi hasil hitungan lebih teliti. Lokasi lingkaran longsor kritis Metode *Bishop*, biasanya mendekati hasil lapangan, karena itu metode ini lebih disukai. Untuk memudahkan perhitungan dapat digunakan nilai fungsi *Mi* dimana :

$$Mi = \cos \theta_i (1 + \text{tg } \theta_i \text{tg } \varphi' / F) \dots\dots\dots(2.11)$$



Sumber : Bishop, A.W., 1955. *The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol 5.London*

Gambar 2.11 Diagram menentukan nilai *Mi*

2.9. Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Slide 6.0

Roscience slide 6.0 merupakan salah satu software geoteknik yang digunakan sebagai *software* dalam perhitungan kestabilan lereng. Analisis kestabilan lereng memiliki kerumitan yang cukup tinggi dengan banyak parameter untuk itulah dalam menganalisis dibutuhkan hasil yang akurat dan detail guna mencegah terjadinya kesalahan dalam pengaplikasiannya.

Secara umum langkah-langkah dalam menganalisis antara lain :

1. Pembuatan model

Melakukan import terhadap *section* lereng dalam bentuk dxf kemudian menentukan batas *boundary* terluar *section* dengan cara menyalin file koordinat x, y dari data *section* lereng dxf. Langkah ini diteruskan juga dengan membuat *boundary* batas material lapisan *soil*, OB, IB dan *seam* batubara dengan menggunakan masing-masing koordinat x dan y pada tiap-tiap lapisan. Langkah ini juga dilanjutkan dengan pembuatan *text* dari grid file dxf serta keterangan simbol dari material penyusun lereng.

2. Mengidentifikasi *project*

Mengatur model arah longsoran, metode analisis, model air tanah, serta jumlah irisan yang nantinya akan dihasilkan dari analisis.

3. Mengidentifikasi material

Material penyusun lereng yang akan di analisis dimasukkan melalui *properties-define materials*. Selanjutnya dilakukan pengisian terhadap material *name*. Karakteristik material yang dimasukkan kemudian adalah *unit weight* yang diperoleh dari nilai rata-rata masing-masing lapisan.

Pengaturan selanjutnya dilakukan dengan pemilihan *strenght-type* berupa *Mohr-Coulomb* dan dilanjutkan dengan pengisian nilai *cohesion* dan *phi* berdasarkan hasil lab yang diperoleh dari nilai rata-rata masing-masing lapisan.

4. Penentuan material *boundary*

Dilakukan dengan menu *surface-surface option* selanjutnya dipilih material masing-masing berdasarkan *properties* yang telah diinput menggunakan *assign* material. Setiap material yang dipilih mewakili inputan *properties* masing-masing.

5. Penentuan bidang gelincir

Potensi bidang gelincir yang terjadi ditentukan dari *surface-surface option* dipilih *surface type-circular* untuk potensi longsoran busur. Selanjutnya dipilih *auto grid* untuk penempatan titik pusat longsoran dengan kemudian muncul spasi interval batas grid yang dimunculkan.

6. Perhitungan FK

Dilakukan dengan *compute* guna melakukan kalkulasi nilai FK lereng berdasarkan metode analisis yang telah dipilih.

7. Mengintrepetasi hasil

Setelah proses kalkulasi selesai, hasil dapat ditampilkan dengan proses *interpret* guna memunculkan hasil nilai FK minimum. Untuk memunculkan irisan yang dibuat pada *show slide* dan setiap irisan masing-masing memiliki perhitungan masing-masing setiap gaya yang bekerja pada irisan berdasarkan jumlah irisan yang dibuat.

2.10. Standar Penentuan Nilai FK

Dalam kestabilan lereng terdapat kriteria-kriteria yang dipakai untuk menentukan batas-batas antara lereng tidak aman, cukup aman dan aman. Kriteria tersebut terdapat dalam KepMen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018.

Tabel 2.6 Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang

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

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Gambaran umum wilayah penelitian adalah deskripsi umum mengenai wilayah yang digunakan sebagai lokasi penelitian. Data deskripsi wilayah dalam penelitian ini dibahas pada sub-bab berikut di bawah ini ;

3.1.1 Lokasi dan Kesampaian

CV. Bunda Kandung merupakan pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi dari Pemerintah Daerah Kabupaten Barito Utara pada tanggal 1 Februari 2010 dengan No. 188.45/47/2010 seluas 3.930 Ha dengan bahan galian berupa batubara yang terdapat di daerah Kecamatan Teweh Tengah dan kecamatan Montallat, Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah.

Tabel 3.1 Koordinat Wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) CV. Bunda Kandung

NO	Garis Bujur			Garis Lintang		
	°	'	"	°	'	"
1.	114	45	30,65	1	8	2,87
2.	114	45	30,65	1	9	28,19
3.	114	41	57,1	1	9	28,19
4.	114	41	57,1	1	9	23,09
5.	114	39	29,98	1	9	23,09
6.	114	39	29,98	1	9	28,19
7.	114	38	30,74	1	9	28,19
8.	114	38	30,74	1	9	17,32
9.	114	38	6,85	1	9	17,32
10.	114	38	6,85	1	9	6,88
11.	114	37	45,79	1	9	6,88
12.	114	37	45,79	1	9	53,31
13.	114	37	21,77	1	9	53,31
14.	114	37	21,77	1	8	39,44
15.	114	36	55,72	1	8	39,44

Bersambung...

Lanjutan Tabel 3.1

NO	Garis Bujur			Garis Lintang		
	°	'	''	°	'	''
16.	114	36	55,72	1	8	26,93
17.	114	36	34,41	1	8	26,93
18.	114	36	34,41	1	8	15,42
19.	114	36	14,55	1	8	15,42
20.	114	36	14,55	1	8	6,97
21.	114	35	55,5	1	8	6,97
22.	114	35	55,5	1	8	2,87

Sumber. SK. IUP Operasi Produksi CV. Bunda Kandung, 2010.

Secara administrasi CV. Bunda Kandung terletak di kecamatan Teweh Tengah dan Kecamatan Montallat, Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah dengan luas daerah 3.930 Ha. CV. Bunda Kandung terletak sekitar ± 200 KM dari Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Untuk sampai ke CV. Bunda Kandung, dapat ditempuh melalui jalur darat sebagai berikut :

- a. Palangkaraya – Muara teweh dengan jarak tempuh sekitar 319 km dapat ditempuh selama ± 8-11 jam dengan menggunakan kendaraan roda 2 (dua) maupun roda 4 (empat) dengan kondisi jalan beraspal.
- b. Muara Teweh – Lokasi CV. Bunda Kandung dengan jarak ± 70 km dapat ditempuh selama ± 1,5 jam dengan kendaraan roda 2 (dua) maupun roda 4 (empat).

3.1.2. Iklim dan Cuaca

Kondisi iklim di daerah Kabupaten Barito Utara termasuk iklim sangat basah. Sesuai pengamatan Stasiun Meteorologi Beringin Muara Teweh, Keadaan Temperatur Udara rata-rata maksimum ± 33,1°C dan minimum ± 23,2°C (keadaan bulan Januari s/d Desember 2019) dengan kelembaban udara rata – rata 80,75%. Data curah hujan CV. Bunda Kandung.

3.2. Kondisi Geologi Regional

Adapun kondisi geologi adalah gambaran tatanan geologi yang dijabarkan berdasarkan geologi regional dan geologi daerah penelitian sebagai berikut :

3.2.1. Topografi dan Geomorfologi

Topografi daerah Kabupaten Barito Utara terdiri dari sebelah Selatan ke Timur merupakan dataran agak rendah sedangkan ke arah Utara dengan bentuk daerah lipatan, patahan yang dijajari oleh pegunungan *Muller/Schwanner*.

Bagian wilayah dengan kelerengan 0-2% terletak dibagian selatan tepi sungai Barito yaitu kecamatan Montallat dan Tewed Tengah seluas 165 km² (29,2%). Bagian wilayah dengan kemiringan 2-15% tersebar di semua kecamatan seluas 4.785 km² (21,5%). Kemiringan 15-40% tersebar di semua kecamatan seluas 4.275 km² (51,5%) dan bagian wilayah dengan kemiringan di atas 40% seluas 2.075 km² (25%).

3.2.2. Litologi

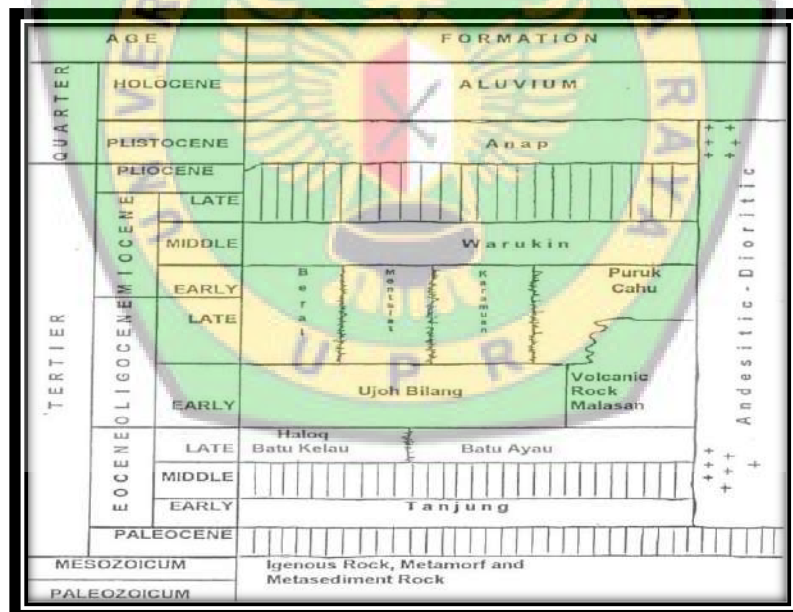
Batuan penyusun daerah penyelidikan dan sekitarnya dari tua ke muda yang diindikasikan oleh batuan vulkanik Kasale, diatasnya ditindih secara tidak selaras oleh Formasi Tanjung. Di atas Formasi Tanjung terdapat 2 (Dua) Formasi yang memiliki hubungan menjari yaitu Formasi Berai dan Formasi Montalat. Kemudian di atasnya berturut-turut diendapkan batuan dari Formasi Warukin, Formasi Dahor dan paling muda endapan Alluvial.

A. Batuan Vulkanik Kasale (Kvh); terdiri dari Basal piroksen, kelabu hijau, porfiritik hingga pilotaksitik, sebagian besar berubah menjadi lempung, klorit dan kalsit; berupa retas, sumbat dan stock. Unit ini mencapai tebal

50 meter dan menempati daerah perbukitan tinggi dan kasar, serta dikorelasikan dengan Batuan Gunung api Haruyan yang berumur Kapur Akhir (Heryanto dan Sanyoto, 1993) dan Kelompok Selangkai. Batuan Vulkanik Kasele merupakan batuan tertua di wilayah penyelidikan.

- B. Formasi Tanjung (Tet); bagian bawah terdiri dari perselingan antara batupasir glaukonitan, serpih, batulanau dan konglomerat aneka bahan, sebagian bersifat gampingan. Komponen konglomerat antara lain: kuarsa, feldspar, granit, sekis, gabro dan basal. Bagian atas terdiri dari perselingan batupasir kuarsa bermika, batulanau, batugamping dan batubara. Formasi Tanjung berumur Eosen Akhir dan terendapkan secara tidak selaras di atas batuan mesozoikum pada lingkungan pengendapan litoral – rawa, tebal sekitar 1.300 meter.
- C. Formasi Berai (Tomb); terdiri dari batugamping abu-abu dan putih, berbutir halus sampai sedang, sebagian terkristalkan ulang, mengandung foram besar dan koral; sebagian berlapis. Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Tanjung pada Kala Oligosen Tengah hingga Oligosen Akhir. Lingkungan pengendapan laut dangkal, tebal mencapai 1.250 meter, serta menempati perbukitan kars yang terjal.
- D. Formasi Montalat (Tomm); terdiri dari batupasir kuarsa putih berstruktur silang-siur, sebagian gampingan, bersisipan batulanau/serpih dan batubara. Formasi Montalat diendapkan secara selaras di atas Formasi Tanjung dan saling menjemari dengan Formasi Berai pada Kala Oligosen pada lingkungan pengendapan laut terbuka. Tebal mencapai 1.400 meter.

- E. Formasi Warukin (Tmw); terdiri dari batupasir kuarsa berbutir sedang, kurang padat, mengandung sisipan batulempung, karbonan, batulanau karbonan, berlapis tebal. Batupasir berbutir kasar sampai sedang, sebagian konglomeratan, setengah padat, berlapis dan berstruktur perairan, silang siur dan lapisan bersusun. Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Berai pada Kala Miosen Tengah hingga Miosen Akhir dengan tebal sekitar 500 meter. Lingkungan pengendapan pada daerah transisi.
- F. Endapan Aluvium (Qa); terdiri dari kerakal, kerikil, pasir lumpur dan sisa-sisa tumbuhan. Proses pembentukan endapan ini masih berlanjut hingga sekarang.



Gambar 3.1. Stratigrafi Daerah Muara Teweh

3.2.3. Struktur Geologi

Struktur geologi regional daerah penyelidikan terdiri dari kekar, lipatan (*folding*) dan patahan/sesar (*faulting*). Lipatan secara umum berarah Utara-Selatan

berupa lipatan Sinklin-Antiklin dengan kemiringan sayap 5° - 15° . Secara umum daerah kegiatan mengalami perlipatan kecuali endapan alluvial. Perlipatan terbentuk pada Kala Miosen Atas.

3.3. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas pengujian laboratorium dan pengolahan data sebagai berikut :

3.3.1 Alat dan Bahan Pengambilan Data

Alat dan Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan pengambilan data Skripsi ini adalah :

1. Kamera;
2. Meteran;
3. Buku Tulis;
4. Alat tulis;
5. Alat Pelindung Diri (APD);
6. Kompas;
7. GPS;

3.3.2. Alat dan Bahan Pengolahan Data

Alat dan Bahan yang digunakan dalam pengolahan data penelitian Skripsi ini adalah :

1. Laptop;
2. Kalkulator;
3. Buku Tulis;
4. Alat Tulis;

5. Data Laboratorium Uji Batuan;
6. Data Geometri Lereng;

3.4. Tata Laksana Penelitian

Tata laksana penelitian ini adalah bahasan tentang langkah kerja dan metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini. Adapun penjelasannya seperti berikut di bawah ini:

3.4.1. Langkah Kerja

Adapun langkah kerja yang dilakukan dalam kegiatan ini adalah sebagai berikut;

a. Tahap Persiapan

Studi literatur dilakukan sebelum dan selama tahap-tahap pengambilan data dan penyusunan skripsi, Pada tahap ini dilakukan pengumpulan sumber-sumber informasi yang berkaitan dengan skripsi yaitu tentang analisis kestabilan lereng, teori yang digunakan dalam penelitian, geoteknik dan berbagai referensi atau literatur yang mendukung lainnya.

b. Tahap Pengumpulan Data

Data yang diperlukan mencakup data primer dan sekunder. Pengambilan data primer dilakukan pada bulan Februari-Maret 2020, dengan melakukan pengukuran geometri lereng pada bagian *side wall* dengan menggunakan alat *total station*. Data yang dikumpulkan, yaitu berupa data ketinggian, lebar *bench* dan kemiringan lereng. Sedangkan data sekunder didapatkan langsung dari pihak perusahaan meliputi data geoteknik, peta geologi regional dan stratigrafi daerah penelitian.

c. Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data bertujuan untuk mengetahui kestabilan lereng aktual, potensi longsor dan nilai Faktor Keamanan (FK). Berikut adalah tahapanya :

1. Melakukan perhitungan secara manual dan menggunakan komputer

Penulis mengumpulkan data primer dan sekunder yang sudah didapatkan sebagai bahan untuk mulai melakukan perhitungan. Perhitungan menggunakan metode *bishop* yang dilakukan secara manual dan menggunakan bantuan *software slide 6.0*.

2. Menganalisis hasil dari perhitungan

Penulis menganalisis langsung hasil dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, sehingga dari hasil tersebut didapatkan nilai Faktor keamanan (FK) yang akan menjadi dasar untuk menentukan apakah kondisi lereng pada bagian *side wall* tersebut dapat dikatakan aman atau tidak.

3. Penarikan kesimpulan dan saran

Kesimpulan diperoleh dari hasil pengamatan dan analisis data, kemudian dihasilkan suatu informasi yang bermanfaat bagi perusahaan.

4. Presentasi

Melakukan presentasi terkait laporan yang telah dibuat, presentasi dilakukan di Universitas.

3.4.2. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah langkah yang dimiliki atau dilakukan oleh peneliti, untuk mengumpulkan data dan mengolah data yang telah didapat dari penelitian. Adapun bahasan-nya adalah seperti di bawah ini:

a. Penelitian Kepustakaan

Peneliti melakukan studi pustaka dengan cara mencari literatur yang berhubungan dengan topik penelitian, yaitu tentang kestabilan lereng, geoteknik dan lain-lain serta dapat berupa data dokumen yang berasal dari pihak CV. Bunda Kandung maupun data pendukung lainnya.

b. Metode pengambilan Data

Metode pengambilan data yang digunakan dalam mengumpulkan data-data dari penelitian ini adalah Metode Pengamatan (Observasi) dan pengukuran secara langsung geometri lereng dengan menggunakan *total station*. Data diambil dengan melakukan pengamatan secara langsung di lapangan terhadap hal-hal yang berkaitan dengan data yang dibutuhkan dalam penelitian tentang kestabilan lereng ini. Terdapat dua jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data primer yang meliputi data geometri lereng dan data sekunder berupa data geoteknik yang didapatkan dari pihak CV. Bunda Kandung.

c. Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode *Bishop* (Irisan yang disederhanakan). Pengolahan data dilakukan dengan cara membuat beberapa irisan pada permodelan lereng yang dibuat berdasarkan data geometri lereng yang telah didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan

secara manual. Selain menggunakan cara perhitungan manual, penulis juga menggunakan *software slide 6.0*. untuk memperkuat hasil pengolahan data yang dibuat.

d. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah langkah-langkah yang digunakan sebagai alat untuk mengumpulkan data dan menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam penelitian, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

- Tahap penemuan masalah, dalam tahap ini peneliti melakukan observasi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang ada di lapangan, sehingga peneliti mendapatkan rumusan masalah penelitian yang akan dianalisis kemudian;
- Tahap penentuan variabel dan sumber data, pada tahap ini peneliti menentukan variabel yang akan diteliti berdasarkan permasalahan dan data yang diperoleh;
- Tahap membuat kerangka pemikiran, peneliti membuat kerangka pemikiran untuk mempermudah dalam menyusun penelitian karena dapat dijadikan tuntunan oleh peneliti dalam melaksanakan penelitian;
- Tahap pemilihan metode dan pendekatan, pada tahap ini peneliti memilih metode dan pendekatan penelitian yang sesuai untuk memecahkan masalah penelitian;
- Tahap pengumpulan data, pada tahap ini peneliti melakukan pengukuran secara langsung dengan menggunakan *total station* untuk mendapatkan data yang kemudian dilakukan pengolahan data;

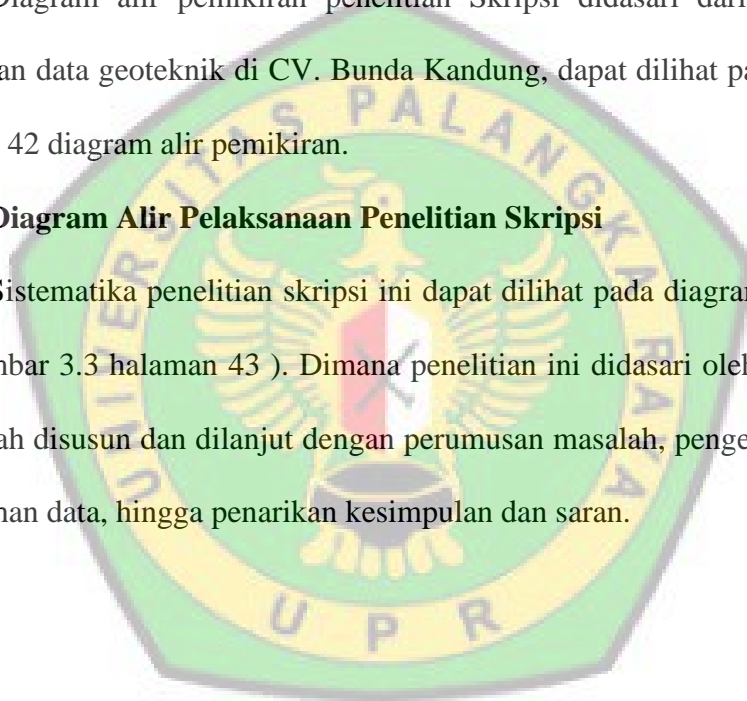
- Tahap pengolahan data, setelah melakukan beberapa tahapan sebelumnya pada tahap ini peneliti melakukan pengolahan data yang diperoleh dengan menggunakan analisis kestabilan lereng metode *Bishop*;
- Tahap kesimpulan, pada tahap ini peneliti membuat hasil kesimpulan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.

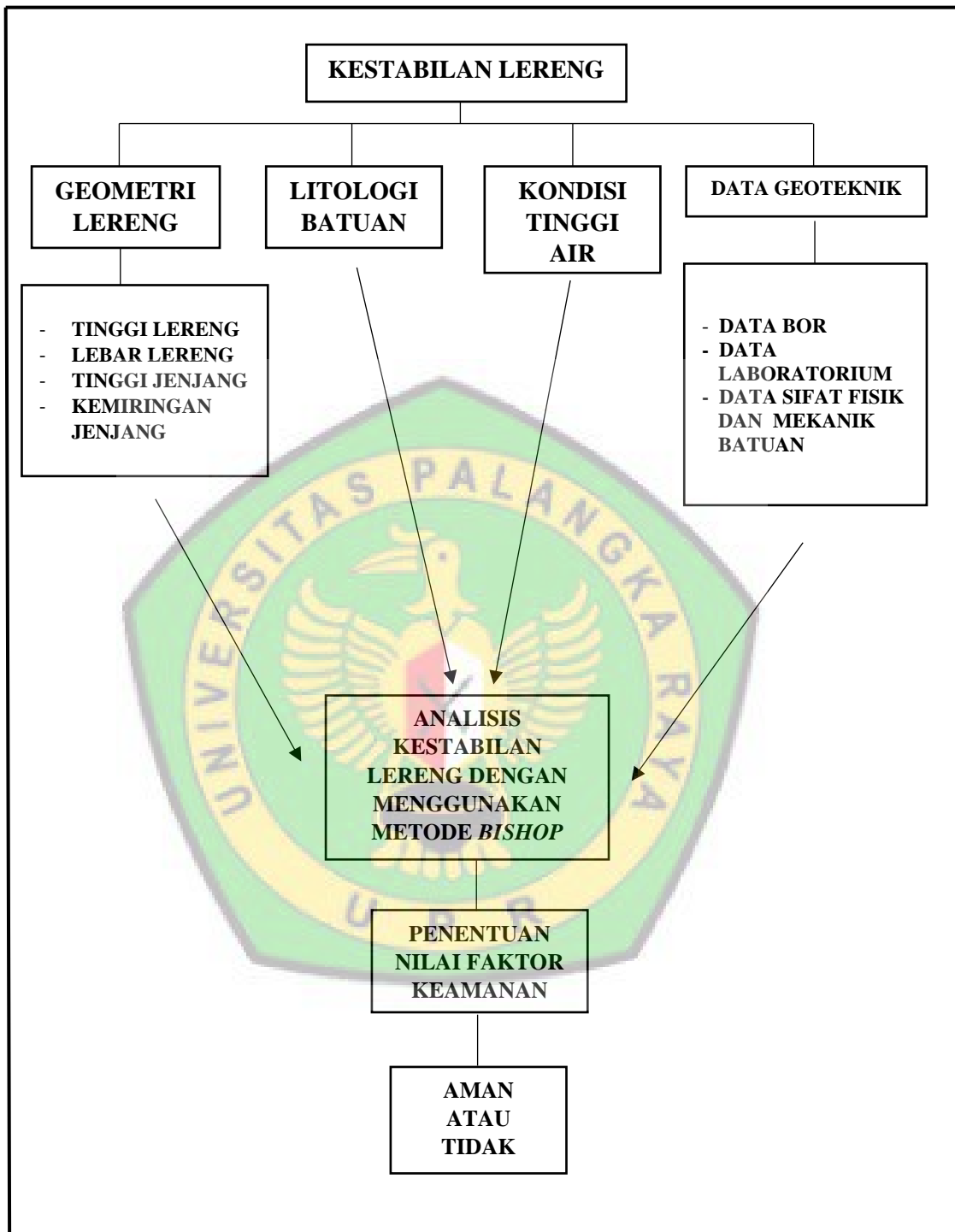
3.5. Diagram Alir Pemikiran Penelitian Skripsi

Diagram alir pemikiran penelitian Skripsi didasari dari data geometri lereng dan data geoteknik di CV. Bunda Kandung, dapat dilihat pada Gambar 3.2 halaman 42 diagram alir pemikiran.

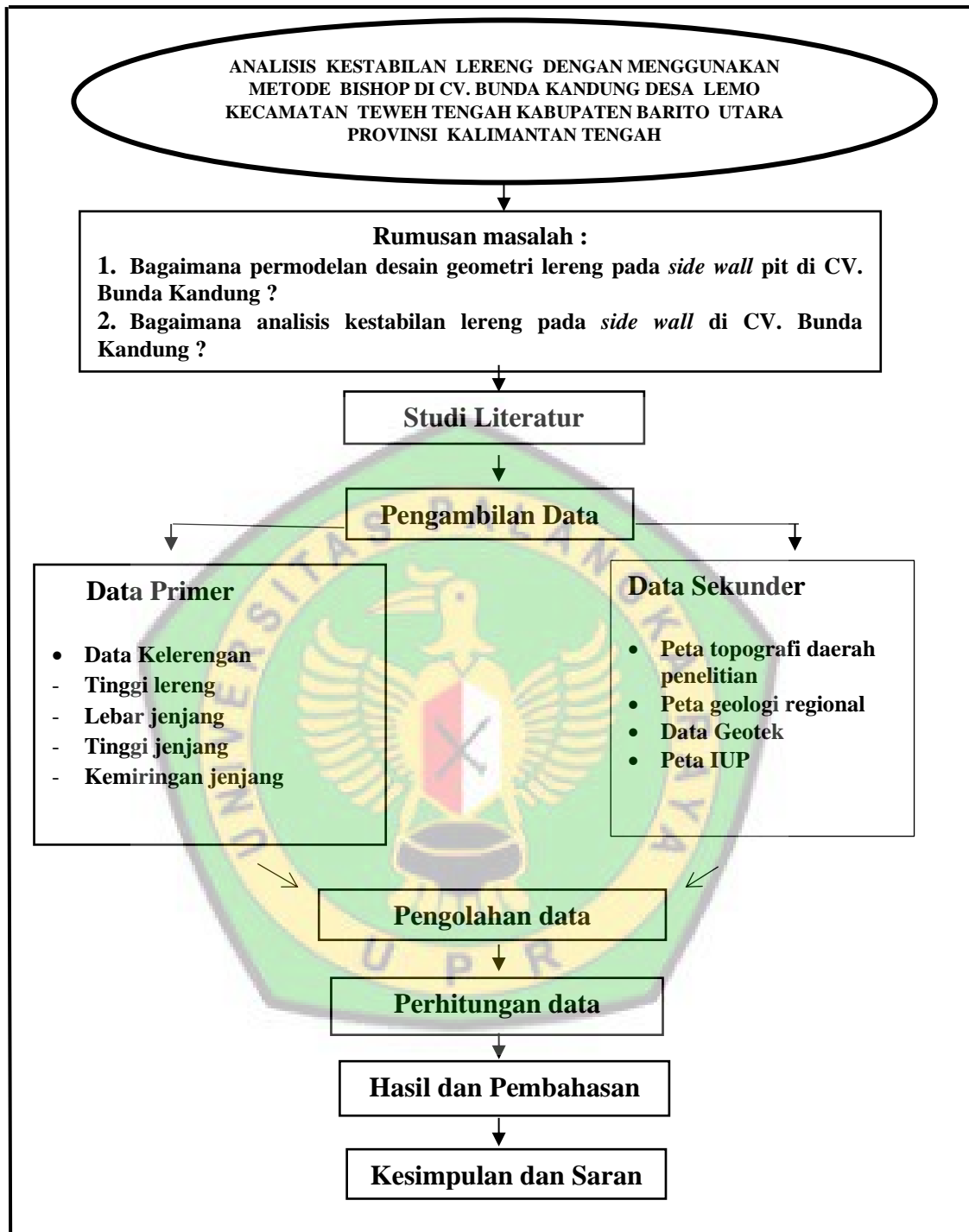
3.6. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Skripsi

Sistematika penelitian skripsi ini dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini (Gambar 3.3 halaman 43). Dimana penelitian ini didasari oleh latar belakang yang telah disusun dan dilanjut dengan perumusan masalah, pengelompokan data, pengolahan data, hingga penarikan kesimpulan dan saran.





Gambar 3.2 Bagan Alir Pemikiran



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Adapun hasil yang didapat pada penelitian ini akan dijelaskan pada sub-bab di bawah ini :

4.1.1 Geometri Lereng

Dari pengukuran geometri lereng di lapangan secara langsung menggunakan *totalstation*, pada bagian *side wall* terdapat 10 jenjang dengan masing – masing tinggi jenjang sebesar 7 meter dan lebar *bench* masing – masing sebesar 2 meter dengan kemiringan 70^0 untuk masing - masing jenjang. Kemudian untuk lereng keseluruhan dibuat dalam bentuk permodelan desain lereng. Menggunakan data tersebut, lereng keseluruhan memiliki tinggi 70 meter dan kemiringan 59^0 (dapat dilihat pada tabel 4.1).

Tabel 4.1. Geometri Lereng

Lereng Tunggal (<i>Single Slope</i>)			Lereng Keseluruhan (<i>Overall Slope</i>)	
Tinggi <i>slope</i> (m)	Lebar <i>bench</i> (m)	Kemiringan <i>Slope</i> (0^0)	Tinggi <i>Slope</i> (m)	Kemiringan <i>Slope</i> (0^0)
7m	2m	71^0	70	59^0

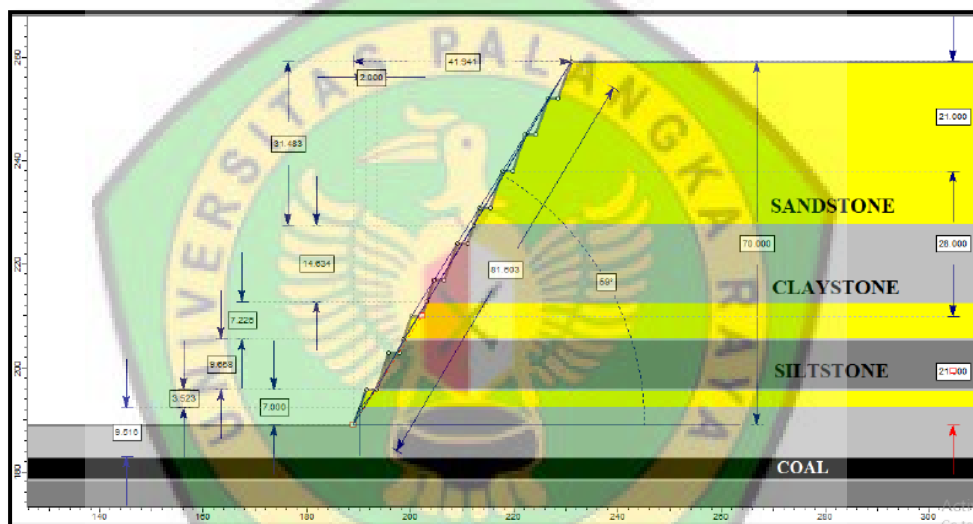
4.1.2 *Soil Properties*

Berdasarkan data geoteknik yang didapatkan dari CV. Bunda Kandung, didapatkan *soil properties* dari data residual seperti yang dijabarkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.2 *Soil Properties*

No.	Material	Kohesi	Sudut geser dalam	Natural Density	Ketebelan
		KN/m ³	(^o)	KN/m ³	m
1	<i>Claystone</i>	113,8	28,88	20,84	21
2	<i>Sandstone</i>	142,00	28,0	22,43	38
3	<i>Siltstone</i>	109,6	22,64	21,11	10
4	<i>Coal</i>	187,00	29,5	12,655	5,4

Sumber CV. Bunda Kandung



Gambar 4.1 Keadaan Lokasi Penelitian Berdasarkan Slide

4.1.3. Material di Lapangan

Material penyusun daerah penelitian berada pada Formasi Warukin yang terdiri atas batupasir (*sandstone*) kuarsa, bersisipan batulempung (*claystone*), batulanau (*siltstone*) dan batubara (*coal*). Adapun deskripsi batuan tersebut meliputi :

1. Batupasir (*sandstone*), kuning muda, berbutir sedang-kasar, konglomeratan, kuarsa dominan, kurang kompak.

2. Batulempung (*claystone*), kelabu, lunak, setempat mengandung sisipan lempung berkarbon dan terindikasi bitumen padat.
3. Batulanau (*siltstone*), kelabu, berlaminasi, setempat mengandung sisa organik.
4. Batubara (*coal*), hitam kecoklatan, kusam, getas.

4.1.4. Perhitungan Analisis kestabilan Lereng dengan Metode *Bishop*

Adapun perhitungan faktor keamanan untuk analisis stabilitas lereng dilakukan dalam Metode *Bishop* dengan rumus persamaan :

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + W_i \tan \varphi'] \left(\frac{1}{m_a} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

Dimana :

FK : Faktor keamanan

θ_i : Sudut kemiringan irisan ke-i ($^{\circ}$)

c' : Kohesi tanah efektif (kN/m^2)

b_i : Lebar irisan ke-i (m)

W_i : Berat irisan tanah ke-i (kN)

φ' : Sudut geser dalam efektif ($^{\circ}$)

Agar memudahkan perhitungan peneliti menggunakan Formula sebagai berikut:

$$M_a = \cos \alpha \frac{\sin \alpha \tan \phi}{F}$$

$$DM = \sum_{i=1}^n w \sin \alpha$$

$$N = \frac{1}{M_a} \left[W - \frac{c\beta \sin \alpha - u\beta \sin \alpha \tan \phi}{F} \right]$$

$$F = \frac{RM}{DM}$$

$$RM = \sum_{i=1}^n [c' \beta + (N - u\beta) \tan \phi]$$

A. Analisis Perhitungan Lereng Tunggal (*Single Slope*)

Berdasarkan Uji laboratorium sifat fisik dan mekanik batuan:

Material : Batulempung (*Claystone*)

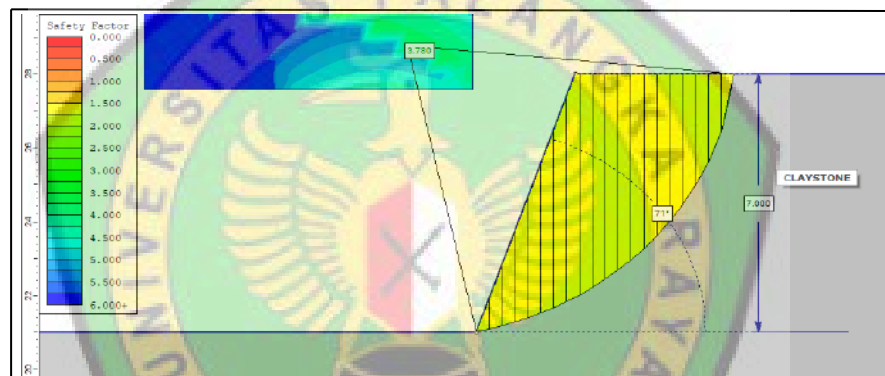
Kohesi : 113,8 kN/m²

σ (Sudut geser dalam) : 28,88

Natural Density (γ) : 20,84 kN/m³

Tinggi : 7m

Kemiringan : 71°



Gambar 4.2 Permodelan *Single Slope* material *Claystone*

Analisis perhitungan *slope 1* Menggunakan Metode *Bishop* Contoh perhitungan pada irisan 1.

$$M_a = \cos 13 \frac{\sin 13 \tan 28,88}{4,407} = 0,996$$

$$RM = \sum_{i=1}^n \left[\frac{37,01}{0,996} \right] = 36,92$$

$$DM = \sum_{i=1}^n 2,73 \sin 13 = 0,61$$

Begitupun untuk perhitungan selanjutnya hingga irisan ke 20. Setelah didapatkan hasil penjumlahan RM dan DM pada tiap irisan, selanjutnya

menghitung Faktor keamanannya (F). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel perhitungan 4.2.

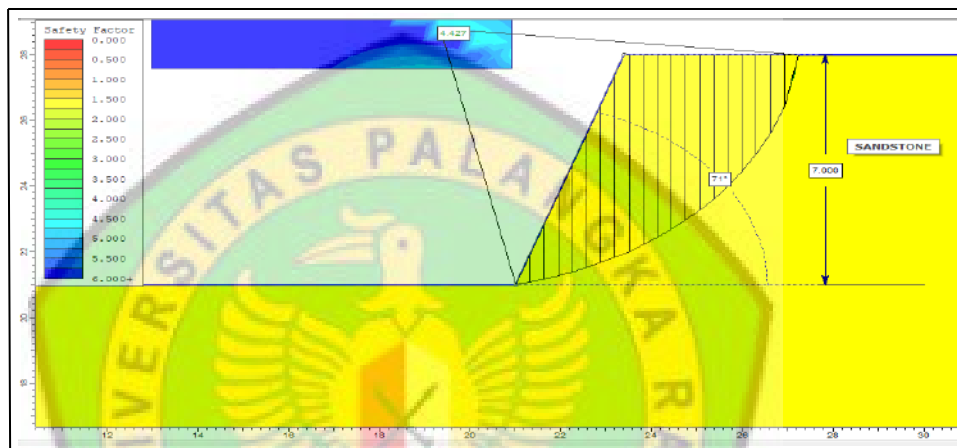
$$F_k = \frac{1293,40}{293,48} = 4,407$$



Analisi Perhitungan Menggunakan *Metode Bishop*
Tabel 4.3 Perhitungan *Single Slope* material *Claystone*

Irisan	A_n	α_n (°)	θ (°)	γ (kN/m ³)	W_n (kN/m ³)	b (m)	C' (kPa)	F_s	$W_n \tan \theta$	$C' b_n + W_n \tan \theta$	$\cos \alpha_n + ((\sin \alpha_n \tan \theta) / F_s)$	RM	DM	Fk
1	0.13	13	28,88	20,84	2.73	0.31	113,8	4.407	1.50	37.01	0,996	36.92	0.61	4,407
2	0.39	16	28,88	20,84	8.14	0.31	113,8	4.407	4.49	40.00	1.00	40.17	2.24	
3	0.66	18	28,88	20,84	13.70	0.31	113,8	4.407	7.56	43.06	0.99	43.51	4.23	
4	0.91	21	28,88	20,84	18.93	0.31	113,8	4.407	10.44	45.95	0.98	46.96	6.79	
5	1.15	22	28,88	20,84	23.98	0.31	113,8	4.407	13.23	48.73	0.97	50.03	8.98	
6	1.39	26	28,88	20,84	29.02	0.31	113,8	4.407	16.00	51.51	0.95	54.01	12.72	
7	1.63	28	28,88	20,84	33.97	0.31	113,8	4.407	18.74	54.24	0.94	57.60	15.95	
8	1.81	30	28,88	20,84	37.73	0.31	113,8	4.407	20.81	56.32	0.93	60.65	18.87	
9	1.83	32	28,88	20,84	38.24	0.31	113,8	4.407	21.09	56.60	0.91	61.90	20.26	
10	1.77	37	28,88	20,84	36.85	0.31	113,8	4.407	20.33	55.83	0.87	63.88	22.18	
11	1.69	39	28,88	20,84	35.32	0.31	113,8	4.407	19.48	54.99	0.86	64.24	22.23	
12	1.61	41	28,88	20,84	33.62	0.31	113,8	4.407	18.54	54.05	0.84	64.59	22.06	
13	1.52	43	28,88	20,84	31.73	0.31	113,8	4.407	17.50	53.01	0.82	64.90	21.64	
14	1.42	48	28,88	20,84	29.61	0.31	113,8	4.407	16.33	51.84	0.76	68.02	22.01	
15	1.31	52	28,88	20,84	27.24	0.31	113,8	4.407	15.02	50.53	0.71	70.74	21.46	
16	1.18	55	28,88	20,84	24.53	0.31	113,8	4.407	13.53	49.04	0.68	72.52	20.09	
17	1.03	59	28,88	20,84	21.39	0.31	113,8	4.407	11.80	47.30	0.62	76.00	18.33	
18	0.85	64	28,88	20,84	17.62	0.31	113,8	4.407	9.72	45.22	0.55	82.09	15.84	
19	0.62	70	28,88	20,84	12.82	0.31	113,8	4.407	7.07	42.58	0.46	92.63	12.05	
20	0.24	79	28,88	20,84	5.04	0.31	113,8	4.407	2.78	38.29	0.31	122.05	4.95	
Total											1293.40	293.48		

Material	: Batupasir (<i>Sandstone</i>)
Kohesi	: 142 kN/m ²
σ (Sudut geser dalam)	: 28
<i>Natural Density</i> (γ)	: 22,43 kN/m ³
Tinggi	: 7m
Kemiringan	: 71 ⁰



Gambar 4.3 Pemodelan *Single Slope* Material *Sandstone*

Analisis perhitungan *slope 2* Menggunakan Metode *Bishop* Contoh perhitungan pada irisan 1

$$M_a = \cos 13 \frac{\sin 13 \tan 28}{4,993} = 0,998$$

$$RM = \sum_{i=1}^n \left[\frac{45,86}{0,998} \right] = 45,94$$

$$DM = \sum_{i=1}^n 2,94 \sin 13 = 0,66$$

Begitupun untuk perhitungan selanjutnya hingga irisan ke 20. Setelah didapatkan hasil penjumlahan RM dan DM pada tiap irisan, selanjutnya menghitung Faktor keamanannya (F).

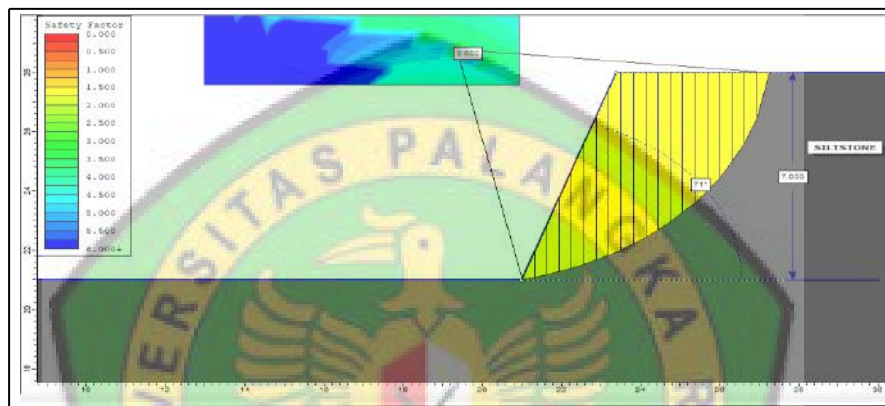
$$F_k = \frac{1577,13}{315,88} = 4,993$$

Analisis Perhitungan Menggunakan *Metode Bishop*

Tabel 4.4 Perhitungan *Single Slope Material Sandstone*

Irisan	A_n	α_n (°)	θ (°)	γ (kN/m ³)	W_n (kN/m)	b (m)	C' (kPa)	F_s	$W_n \tan \theta$	$C'b_n + w_n \tan \theta$	$\cos \alpha_n + ((\sin \alpha_n \tan \theta) / F_s)$	RM	DM	Fk
1	0.13	13	28	22.43	2.94	0.31	142	4.993	1.56	45.86	1.00	45.94	0.66	4,993
2	0.39	16	28	22.43	8.76	0.31	142	4.993	4.66	48.96	0.99	49.43	2.42	
3	0.66	18	28	22.43	14.75	0.31	142	4.993	7.84	52.15	0.98	53.00	4.56	
4	0.91	21	28	22.43	20.38	0.31	142	4.993	10.84	55.14	0.97	56.74	7.30	
5	1.15	22	28	22.43	25.81	0.31	142	4.993	13.72	58.03	0.97	60.00	9.67	
6	1.39	26	28	22.43	31.23	0.31	142	4.993	16.60	60.91	0.95	64.42	13.69	
7	1.63	28	28	22.43	36.56	0.31	142	4.993	19.44	63.74	0.93	68.32	17.16	
8	1.81	30	28	22.43	40.61	0.31	142	4.993	21.59	65.90	0.92	71.69	20.31	
9	1.83	32	28	22.43	41.16	0.31	142	4.993	21.88	66.19	0.90	73.18	21.81	
10	1.77	37	28	22.43	39.67	0.31	142	4.993	21.09	65.39	0.86	75.80	23.87	
11	1.69	39	28	22.43	38.01	0.31	142	4.993	20.21	64.52	0.84	76.43	23.92	
12	1.61	41	28	22.43	36.18	0.31	142	4.993	19.24	63.54	0.82	77.06	23.74	
13	1.52	43	28	22.43	34.15	0.31	142	4.993	18.16	62.46	0.80	77.69	23.29	
14	1.42	48	28	22.43	31.87	0.31	142	4.993	16.95	61.25	0.75	81.86	23.69	
15	1.31	52	28	22.43	29.32	0.31	142	4.993	15.59	59.89	0.70	85.61	23.10	
16	1.18	55	28	22.43	26.40	0.31	142	4.993	14.04	58.34	0.66	88.29	21.63	
17	1.03	59	28	22.43	23.02	0.31	142	4.993	12.24	56.54	0.61	93.26	19.73	
18	0.85	64	28	22.43	18.97	0.31	142	4.993	10.08	54.39	0.53	101.83	17.05	
19	0.62	70	28	22.43	13.80	0.31	142	4.993	7.34	51.64	0.44	116.81	12.96	
20	0.24	79	28	22.43	5.43	0.31	142	4.993	2.89	47.19	0.30	159.78	5.33	
Total											1577.13	315.88		

Material	: BatuLanau (<i>Siltstone</i>)
Kohesi	: 109,6
σ (Sudut geser dalam)	: 22,64
Berat isi tanah (γ)	: 21,11
Tinggi	: 7m
Kemiringan	: 71 ⁰



Gambar 4.4 Pemodelan *Single Slope Material Siltstone*

Analisis perhitungan *slope 3* Menggunakan Metode *Bishop* Contoh

perhitungan pada irisan 1,

$$M_a = \cos 13 \frac{\sin 13 \tan 22,64}{4,075} = 0,997$$

$$RM = \sum_{i=1}^n \left[\frac{35,35}{0,997} \right] = 35,44$$

$$DM = \sum_{i=1}^n 2,76 \sin 13 = 0,62$$

Begitupun untuk perhitungan selanjutnya hingga irisan ke 20.

Setelah didapatkan hasil penjumlahan RM dan DM pada tiap irisan, selanjutnya menghitung Faktor keamanannya (F).

$$F_k = \frac{1211,34}{297,28} = 4,075$$

Analisis Perhitungan Menggunakan *Metode Bishop*
Tabel 4.5 Perhitungan *Single Slope* Material *Siltstone*

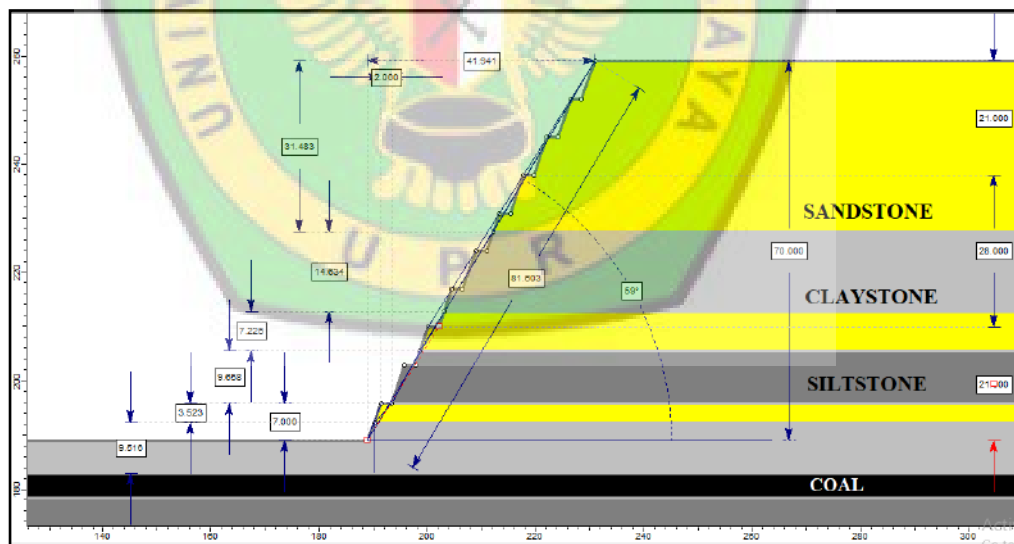
Irisan	A_n	α_n (°)	θ (°)	γ (kN/m ³)	W_n (kN/m)	b (m)	C' (kPa)	F_s	$W_n \tan \theta$	$C' b_n + w_n \tan \theta$	$\cos \alpha_n + ((\sin \alpha_n \tan \theta) / F_s)$	RM	DM	Fk
1	0,13	13	22,64	21,11	2,76	0,31	109,6	4,075	1.15	35.35	0,997	35.44	0.62	4,075
2	0,39	16	22,64	21,11	8,25	0,31	109,6	4,075	3.44	37.63	0.99	38.03	2.27	
3	0,66	18	22,64	21,11	13,88	0,31	109,6	4,075	5.79	39.98	0.98	40.69	4.29	
4	0,91	21	22,64	21,11	19,18	0,31	109,6	4,075	8.00	42.19	0.97	43.49	6.87	
5	1,15	22	22,64	21,11	24,29	0,31	109,6	4,075	10.13	44.33	0.97	45.91	9.10	
6	1,39	26	22,64	21,11	29,39	0,31	109,6	4,075	12.26	46.45	0.94	49.23	12.88	
7	1,63	28	22,64	21,11	34,41	0,31	109,6	4,075	14.35	48.55	0.93	52.14	16.15	
8	1,81	30	22,64	21,11	38,22	0,31	109,6	4,075	15.94	50.14	0.92	54.66	19.11	
9	1,83	32	22,64	21,11	38,73	0,31	109,6	4,075	16.16	50.35	0.90	55.80	20.53	
10	1,77	37	22,64	21,11	37,33	0,31	109,6	4,075	15.57	49.77	0.86	57.85	22.47	
11	1,69	39	22,64	21,11	35,78	0,31	109,6	4,075	14.92	49.12	0.84	58.36	22.52	
12	1,61	41	22,64	21,11	34,05	0,31	109,6	4,075	14.20	48.40	0.82	58.89	22.34	
13	1,52	43	22,64	21,11	32,14	0,31	109,6	4,075	13.40	47.60	0.80	59.41	21.92	
14	1,42	48	22,64	21,11	30,00	0,31	109,6	4,075	12.51	46.71	0.75	62.68	22.29	
15	1,31	52	22,64	21,11	27,59	0,31	109,6	4,075	11.51	45.70	0.70	65.63	21.74	
16	1,18	55	22,64	21,11	24,85	0,31	109,6	4,075	10.36	44.56	0.66	67.78	20.35	
17	1,03	59	22,64	21,11	21,66	0,31	109,6	4,075	9.03	43.23	0.60	71.72	18.57	
18	0,85	64	22,64	21,11	17,85	0,31	109,6	4,075	7.44	41.64	0.53	78.51	16.04	
19	0,62	70	22,64	21,11	12,98	0,31	109,6	4,075	5.42	39.61	0.44	90.40	12.20	
20	0,24	79	22,64	21,11	5,11	0,31	109,6	4,075	2.13	36.33	0.29	124.71	5.01	
Total												1211.34	297.29	

B. Analisis Perhitungan Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*)

Lereng keseluruhan adalah gabungan beberapa jenjang tunggal. Untuk menentukan sudut lereng keseluruhan (*overall slope angle*). *Overall slope angle* adalah sudut yang sebenarnya dari dinding pit keseluruhan. (Lihat Tabel 4.6 dan Gambar 4.5).

Tabel 4.6 Keterangan Geometri Lereng *Overall Slope*

Keterangan	Total Jenjang = 10
Ketinggian Jenjang	Masing – masing 7 meter
Kemiringan Jenjang	Masing – masing 70°
Ketinggian Jenjangan keseluruhan	70 meter
Kemiringan jenjang keseluruhan	59°
FK	1,079



Gambar 4.5 Permodelan Lereng *Overall Slope*

➤ Analisis perhitungan *overall slope* kering

Perhitungan pada irisan 1 :

$$M_a = \cos 18,352 \frac{\sin 18,352 \tan 28,88}{1,086} = 1,110$$

$$N = \frac{1}{1,110} \left[235,856 - \frac{345,383 \sin 18,352 - 0 \sin 18,352 \tan 28,88}{1,086} \right] = 475,48$$

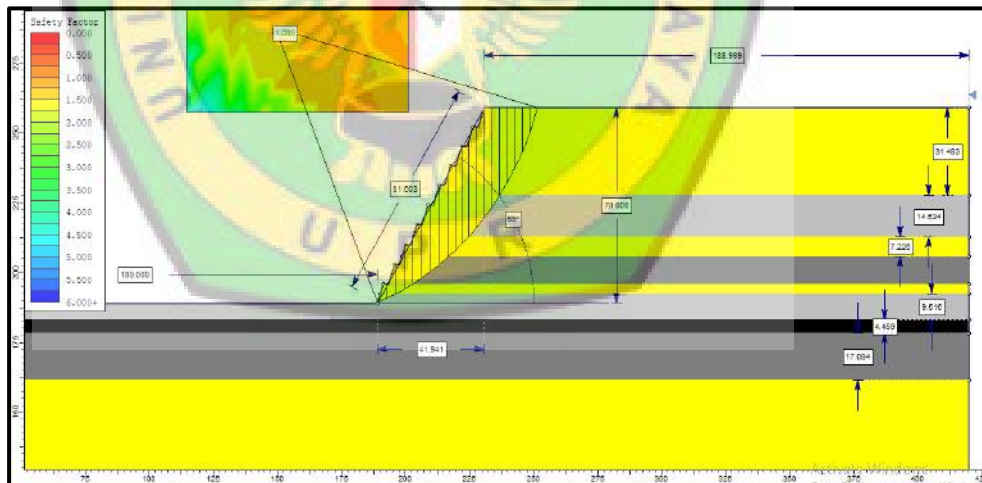
$$RM = \sum_{i=1}^n [345,383 + (475,48 - 0) \tan 22,64] = 428,321$$

$$DM = \sum_{i=1}^n 235,856 \sin 18,352 = 74,260$$

Begitupun untuk perhitungan selanjutnya hingga irisan ke 20

Setelah didapatkan hasil penjumlahan RM dan DM pada tiap irisan, selanjutnya menghitung Faktor keamanannya (F).

$$FK = \frac{26278,310}{24362,219} = 1,086$$



Gambar 4.6 Permodelan Lereng *Overall Slope* Kering Pada *Slide*

Analisis Perhitungan Menggunakan Metode *Bishop*
Tabel 4.7 Perhitungan Lereng Keseluruhan Kondisi Kering

PERHITUNGAN METODE <i>BISHOP</i>															
FS Ruas Kiri	Irisan No.	c	Θ	W_n (kN/m)	α_n (°)	$\sin \alpha_n$	$\cos \alpha_n$	B_n	$\tan \theta$	$W_n \sin \alpha_n$	$W_n \tan \theta$	c.bn	FS Ruas Kanan	$m\alpha_n$	$(c.bn + W_n \tan \theta) * 1/m\alpha_n$
1.086	1	113.80	28.88	235.856	18.352	0.315	0.949	3.035	0.552	74.260	130.092	345.383	1.086	1.110	428.321
	2	113.80	28.88	434.421	20.196	0.345	0.939	3.035	0.552	149.976	239.615	345.383	1.086	1.115	524.664
	3	113.80	28.88	717.625	22.062	0.376	0.927	3.035	0.552	269.547	395.824	345.383	1.086	1.119	662.510
	4	113.80	28.88	965.423	23.953	0.406	0.914	3.035	0.552	391.949	532.503	345.383	1.086	1.121	782.837
	5	113.80	28.88	1139.820	25.873	0.436	0.900	3.035	0.552	497.392	628.695	345.383	1.086	1.123	867.516
	6	142.00	28.00	1291.130	27.754	0.466	0.885	2.822	0.532	601.249	686.506	400.724	1.086	1.114	975.592
	7	142.00	28.00	1486.790	29.600	0.494	0.869	2.822	0.532	734.388	790.540	400.724	1.086	1.113	1070.415
	8	109.60	22.62	1982.010	31.693	0.525	0.851	3.448	0.417	1041.284	825.843	377.901	1.086	1.054	1142.340
	9	109.60	22.62	2220.540	34.048	0.560	0.829	3.448	0.417	1243.252	925.231	377.901	1.086	1.045	1247.283
	10	109.60	22.62	2495.210	36.471	0.594	0.804	3.448	0.417	1483.192	1039.678	377.901	1.086	1.034	1371.365
	11	109.60	22.62	2744.840	38.972	0.629	0.777	3.448	0.417	1726.341	1143.691	377.901	1.086	1.020	1491.279
	12	142.00	28.00	3060.970	41.625	0.664	0.748	3.602	0.532	2033.257	1627.547	511.484	1.086	1.075	1990.095
	13	142.00	28.00	3230.240	44.454	0.700	0.714	3.602	0.532	2262.255	1717.549	511.484	1.086	1.059	2104.997
	14	113.80	28.88	3451.580	47.485	0.737	0.676	3.733	0.552	2544.161	1903.803	424.815	1.086	1.053	2212.292
	15	113.80	28.88	3117.770	50.761	0.775	0.633	3.733	0.552	2414.757	1719.682	424.815	1.086	1.028	2085.112
	16	113.80	28.88	2739.950	54.288	0.812	0.584	3.733	0.552	2224.733	1511.286	424.815	1.086	0.999	1938.470
	17	142.00	28.00	2117.450	57.973	0.848	0.530	3.422	0.532	1795.170	1125.868	485.924	1.086	0.948	1700.029
	18	142.00	28.00	1661.520	61.908	0.882	0.471	3.422	0.532	1465.781	883.446	485.924	1.086	0.906	1512.088
	19	142.00	28.00	1114.270	66.448	0.917	0.400	3.422	0.532	1021.449	592.468	485.924	1.086	0.851	1266.742
	20	142.00	28.00	406.507	72.098	0.952	0.307	3.422	0.532	386.825	216.144	485.924	1.086	0.776	904.364
										DM =	24361.219			RM=	26278.310

4.2. Pembahasan

Adapun hasil yang didapat pada penelitian ini akan dibahas pada sub-bab di bawah ini :

4.2.1 Geometri lereng

A. Geometri Lereng Tunggal (*Single Slope*)

Berdasarkan hasil dari perhitungan analisis lereng tunggal yang telah dilakukan pada *litology claystone, siltstone dan sandstone*, Maka geometri lereng yang didapat adalah :

Tinggi : 7 meter

Sudut lereng : 71°

Lebar *bench* : 2 meter

B. Geometri Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*)

Dari perhitungan analisis kestabilan lereng keseluruhan yang telah dilakukan, maka didapatkan :

Tinggi Lereng : 70 meter

Sudut Lereng : 59°

Lebar Lereng : 41,941 meter

4.2.2 Kriteria Kemantapan

Analisis ini akan menggunakan $FK > 1,10$ pada lereng tunggal dan $FK \geq 1,00$ pada lereng keseluruhan, untuk menyatakan bahwa lereng dalam keadaan stabil dengan probabilitas kelongsoran maksimal pada lereng tunggal dibawah 25% dan pada lereng keseluruhan berkisar pada 5 – 20 %.

4.2.3 Analisis Menggunakan *Slide V6.0* dan *Metode Bishop* Pada Lereng *Side*

Wall

A. Hasil Perhitungan dengan Menggunakan Program *Slide*

Dengan menggunakan program *Slide* dapat diperoleh nilai FK dengan beberapa asumsi dari simulasi sebagai berikut :

1. FK Lereng Tunggal dengan Kondisi Jenuh/Basah

Claystone : 3,780

Siltstone : 3,602

Sandstone : 4,427

2. FK Lereng Tunggal dengan Kondisi Kering

Claystone : 4,339

Siltstone : 4,066

Sandstone : 4,982

3. FK Lereng Keseluruhan dengan Kondisi *Slope* Basah

FK : 0,601

4. FK Lereng Keseluruhan dengan Kondisi Simulasi *Slope* Pada

Tinggi Muka Air Tanah 49 Meter

FK : 0,745

5. FK Lereng Keseluruhan dengan Kondisi Simulasi *Slope* Pada

Tinggi Muka Air Tanah 21 Meter

FK : 1.000

6. FK Lereng Keseluruhan dengan Kondisi Kering

FK : 1,086

Nilai tersebut menunjukkan bahwa lereng tersebut dalam kondisi tidak stabil/stabil, berdasarkan :

$FK > 1,00$ menunjukkan lereng stabil / dampak longsong kecil;

$FK \leq 1,00$ kemungkinan lereng kurang stabil / dampak longsor kecil–sedang ;

$FK < 1,00$ menunjukkan lereng tidak stabil / dampak longsor besar.

Tabel 4.8 Nilai FK Lereng Dan Rekomendasi Berdasarkan Hasil *Slide V6.0* Dan Perhitungan Menggunakan Metode *Bishop*

LERENG	SINGLE SLOPE			OVERALL SLOPE		KETERA NGAN
	CLAYSTONE	SANDSTONE	SILSTONE	BASAH	KERING	
Faktor keamanan menggunakan aplikasi <i>slide v 6.0</i>	3,780	4,427	3,602	0,601	1,086	Stabil/Kurang Stabil
Faktor keamanan menggunakan metode <i>bishop</i>	4,407	4,993	4,075	0,601	1,086	Stabil/Kurang Stabil

B. Rekomendasi Lereng Berdasarkan Perhitungan *Bishop*

Dengan menggunakan program *Slide*, dapat diperoleh nilai dengan parameter-parameter yang telah diketahui maka didapat nilai FK percobaan analisis pada :

- Rekomendasi *Overall Slope* Basah sebesar 0,660 ;
- Rekomendasi *Overall Slope* Kondisi Tinggi muka air tanah 21 meter sebesar 1,054 ;
- Rekomendasi *Overall Slope* Kondisi Tinggi muka air tanah 49 meter sebesar 0,798 ;
- Rekomendasi *Overall Slope* Kering sebesar 1,147.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

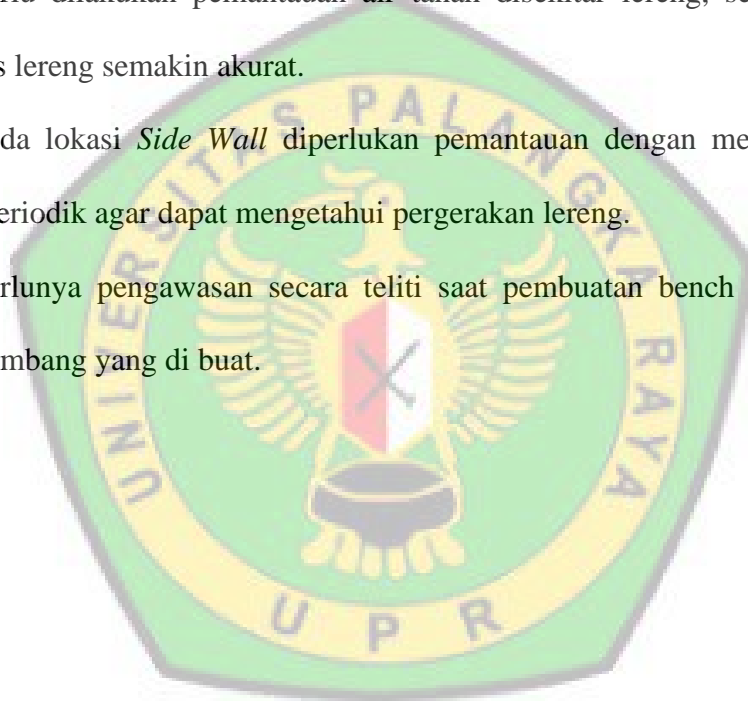
Dari hasil analisa *safety factor* dengan menggunakan metode *Bishop* pada lereng pada bagian *side wall* CV. Bunda Kandung, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Dengan parameter-parameter yang telah diketahui maka didapat nilai FK lereng pada Analisis percobaan lereng *single slope* material *Claystone* sebesar 3,780 untuk *slope* basah 4.407 untuk *slope* kering. FK analisis lereng *single slope* material *Sandstone* sebesar 4,427 untuk *slope* basah 4,993 untuk *slope* kering. FK analisis *single slope* material *Siltstone* sebesar 3,602 *slope* basah dan 4,075 *slope* kering. Analisis pada *Overall Slope* kondisi kering sebesar 1,086, kondisi tinggi muka air tanah 21 meter sebesar 1,000, kondisi muka air tanah 49 meter sebesar 0,745 dan kondisi *slope full* basah sebesar 0,601. Dari nilai tersebut maka dapat dikatakan lereng tersebut tidak stabil. (Nilai *safety factor* lereng tidak stabil).
2. Membuat rekomendasi desain lereng yang aman berdasarkan analisis lerengt aktual untuk *overall slope* hasil perhitungan dimana material terlemah Batulanau, maka upaya peningkatan kestabilan lereng geometri lereng *overall slope* dengan tinggi 70 meter di perlukan sepuluh jenjang dengan tinggi jenjang 7 meter, sudut 56° dan lebar *bench* 2 mater untuk mendapatkan nilai faktor keamanan 1,147 pada bagian *side wall* CV. Bunda kandung.

5.2. Saran

Saran yang bisa saya rekomendasikan pada CV. Bunda Kandung adalah sebagai berikut :

1. Dengan ketinggian 70 meter dibagi menjadi 7 meter untuk setiap jenjang dengan lebar bench 2 meter dan kemiringan lereng sebesar 65^0 , pada lereng *side wall overall slope*.
2. Perlu dilakukan pemantauan air tanah disekitar lereng, sehingga analisis stabilitas lereng semakin akurat.
3. Pada lokasi *Side Wall* diperlukan pemantauan dengan melakukan *survey* secara periodik agar dapat mengetahui pergerakan lereng.
4. Perlunya pengawasan secara teliti saat pembuatan bench agar mengikuti disain tambang yang di buat.



DAFTAR PUSTAKA

- Barlian, Dwinagara. 2014. Optimalisasi Lereng Timbunan di PT. Senamas Energindo Mineral.
- Bienawzki, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil And Petroleum Engineering*. New York.
- Chairunnisa, Mulyadini 2017. Analisis Kestabilan Lereng pada Pit 5 di PT. Unirich Mega Persada
- Dunnicliff, John. 1988, "Geotechnical Instrumentation For Monitoring Field Performance". John Wiley & Sons.
- Gian Paolo Giani. 1992 "Rock Slope stability Analysis. Balkema".
- Hoek, E. and Bray, 1981 "Rock Slope Engineering" 3rd Ed., The Institution Of Mining and Metallurgy London., J.W., diperoleh tanggal 13 Mei 2017.
- Ir. G. Djatmiko Seodarmo & Ir. S.J. Edy Purnomo. 1997. Mekanika Tanah 2. Kanisius (Anggota IKAPI) 2001
- Jumikis, Alfred. 1983 .*Rock Mechanics. Trans Tech Publications.*
- Laurence D. Wesley. 2010. *Fundamentals Of Soil Mechanics For Sedimentary And Residual Soils*. Andi, Copyright © 2012
- Made Astawa Rai. 1995. Analisa Kemantapan Lereng : Proyeksi Stereografis dan Metode Grafi, Kursus Geoteknik dan Perencanaan Tambang Terbuka. Blog.com. diperoleh tanggal 9 Mei 2017.
- Pande, Beer, Williams. 1990. *Numerical Methods in Rock Mechanics*. John Wiley & Sons.
- Wendra, Bangsawan. 2017 Analisis Geoteknik Pada Bukaan Tambang Batu Bara di PT. Pada Idi.
- Wesley. 1977. Mekanika Tanah. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.