

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KESTABILAN LERENG *WASTE DUMP PIT* BATU HIJAU PT
AMMAN MINERAL NUSA TENGGARA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *BISHOP* DAN METODE *MORGENSTREN-PRICE***

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Pertambangan Jenjang Strata 1
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram**



DISUSUN OLEH:

NAMIRA ALIFA PUTRI

2019D1D001

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

2023

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KESTABILAN LERENG *WASTE DUMP PIT* BATU HIJAU PT
AMMAN MINERAL NUSA TENGGARA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *BISHOP* DAN METODE *MORGENSTREN-PRICE***

Disusun Oleh :

NAMIRA ALIFA PUTRI

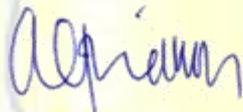
2019D1D001

Mataram, 23 Juni 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

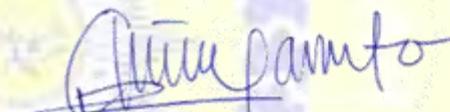
Pembimbing 1

Pembimbing 2



Alpiana, ST., M.Eng

NIDN.08030128401



Ariyanto, ST., MT

NIDN.080705003

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,



Dr. Aji Syaileendra Ubaidillah, ST., M.Sc

NIDN.0806027101

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KESTABILAN LERENG *WASTE DUMP PIT* BATU HIJAU PT
AMMAN MINERAL NUSA TENGGARA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *BISHOP* DAN METODE *MORGENSTREN-PRICE***

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

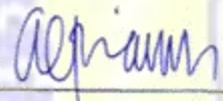
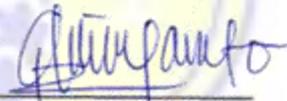
NAMIRA ALIFA PUTRI

2019D1D001

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji
Pada tanggal 30 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

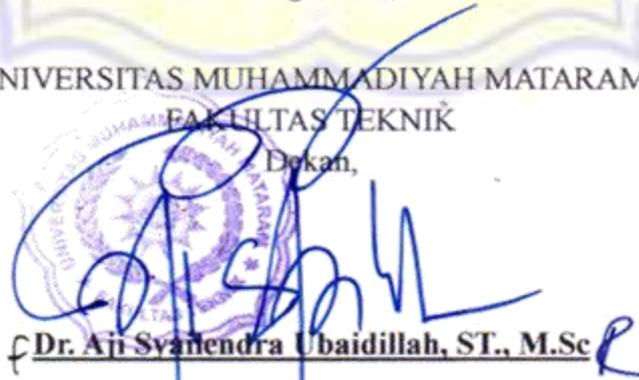
Susunan Tim Penguji :

1. Penguji I : **Alpiana, ST., M.Eng**
2. Penguji II : **Ariyanto, ST., MT**
3. Penguji III : **Bedy Fara Aga Matrani, ST., MT**


Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK
Dekan,


Dr. Aji Syahendra Ubaidillah, ST., M.Sc

NIDN.0806027101

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Namira Alifa Putri
NIM : 2019D1D001
Fakultas/Prodi : Teknik/S1 Teknik Pertambangan
Judul Tugas Akhir : “Analisis Kestabilan Lereng Waste Dump Pit Batu Hijau PT Amman Mineral Nusa Tenggara dengan Menggunakan Metode *Bishop* dan Metode *Morgenstren-Price*”

Menyatakan dengan bebar-benar bahwa skripsi dengan judul “ Analisis Kestabilan Lereng Waste Dump Pit Batu Hijau Pt Amman Mineral Nusa Tenggara dengan Menggunakan Metode *Bishop* dan Metode *Morgenstren-Price*” adalah hasil karya tulis sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diberikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah tugas akhir ini terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia tugas akhir ini digunakan dan gelar akademik yang telah saya peroleh strata satu (S-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undang yang berlaku (UU No. 20 tahun 2003. Pasal 25 ayat 2 dan ayat 27).

Mataram, 5 Juli 2023
Yang membuat pernyataan,



NAMIRA ALIFA PUTRI
NIM.2019D1D001



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : NAMIRA AUFADUTRI
NIM : 2019D10001
Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 29 JUNI 2001
Program Studi : SI TEKNIK BERTAMBAHAN
Fakultas : FAKULTAS TEKNIK
No. Hp : 087761507862
Email : namira.aufa29@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

ANALISIS KESTABILAN LERENG WASTE DUMP PIT BATU HIJAU PT. AMMAN
MINERAL NUSA TENGGARA DENGAN MENGGUNAKAN METODE BIAHOP
DAN METODE MORGENSTERN - PRICE

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 42%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 10 - 07 - 2023

Penulis



NAMIRA AUFADUTRI
NIM. 2019D10001

Mengetahui,
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A. wly
NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : NAMIRA ALIFA PUTRI
 NIM : 2019010001
 Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 29 JUNI 2001
 Program Studi : SI TEKNIK PERTAMBANGAN
 Fakultas : FAKULTAS TEKNIK
 No. Hp/Email : 0877615 27862 / namira.alifa.29@gmail.com
 Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

ANALISIS KESTABILAN LERENG WASTE DUMP DI BATU HIAU PT. AMMAN MINERAL
MUSA TENGGARA DENGAN MENGGUNAKAN METODE BISHOP DAN
METODE MORGENSTERN - PRICE

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 10 - 07 -.....2023
 Penulis




NAMIRA ALIFA PUTRI
 NIM. 2019010001

Mengetahui,
 Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT




Iskandar, S.Sos., M.A. *wy*
 NIDN. 0802048904

MOTTO

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al- Insyirah : 6)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya”

(Q.S. Al-Baqarah : 286)

Kamu adalah pemeran utama dalam hidupmu.

-Kim Doyoung



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan syukur marilah sama-sama kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT., yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir mengenai “**Analisis Kestabilan Lereng Waste Dump Pit Batu Hijau PT Amman Mineral Nusa Tenggara dengan Menggunakan Metode Bishop dan Metode Morgenstren-Price**”

Segala sesuatu tentu terjadi tidak lepas dari orang-orang yang berada di lingkungan sekitar penulis, orang-orang luar biasa inilah yang telah mendukung dan membantu penulis dalam segala proses pembuatan Tugas Akhir sehingga berjalan dengan lancar. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan limpahan rahmat dan kasih sayangnya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Kedua Orang tua serta Adik-adik penulis atas doa dan dukungan yang telah diberikan selama ini baik moril maupun materi.
3. Bapak Drs. Abdul Wahab, M.A. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Bapak Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
5. Bapak Bedy Fara Aga Matrani, ST., MT selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Pertambangan.
6. Ibu Alpiana, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing 1.
7. Bapak Ariyanto, ST., MT selaku Dosen Pembimbing 2.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen S1 Teknik Pertambangan yang selalu memberikan ilmu dan pengajaran kepada penulis.
9. Rekan-rekan angkatan *Mining 2019 (Room and Pillar 19)*.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya dan khususnya bagi penulis. Penulis menyadari bahwa penyusunan dari tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna sehingga adapun bentuk dari kritik, saran serta

masukan yang sifatnya membangun sangat diharapkan penulis dalam penyempurnaan isi dari tugas akhir ini.

Mataram, 14 Juni 2023

NAMIRAALIFA PUTRI



ABSTRAK

PT. Amman Mineral Nusa Tenggara (PT. AMNT) melaksanakan kegiatan penambangan di Kecamatan Sekongkan, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan komoditas utama yaitu tembaga (Cu) dan emas (Au) serta memiliki IUP seluas 25.000 Ha. Sistem penambangan yang diterapkan oleh PT. AMNT yaitu sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit*. Pada umumnya, prinsip kerja penambangan dengan sistem tambang terbuka yaitu menggali material penutup baik tanah maupun batuan guna mendapatkan material bijih yang akan di proses. Material tanah dan batuan penutup tersebut dinamakan sebagai *overburden*. Dalam hal itu, tentunya dibutuhkan area yang dapat digunakan sebagai tempat penimbunan *overburden* dan area tersebut bernama *waste dump area*. Area *waste dump* ini harus direncanakan dengan sebaik-baiknya agar timbunan dari material tetap dalam keadaan stabil dimana dalam kegiatan penimbunan akan membentuk suatu lereng. Stabilitas dari lereng *waste dump* bergantung pada karakteristik dari material timbunan. Selain itu, faktor lain yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng *waste dump* yaitu terdapatnya gaya-gaya yang berasal dari luar dan pengelolaan air permukaan yang tidak baik. Berdasarkan hal tersebut maka pentingnya suatu analisa geoteknik guna menjadi acuan dalam menjaga kestabilan lereng *waste dump* agar tidak timbulnya masalah kerugian baik dari segi operasi penambangan, kerusakan *infrastruktur* tambang, maupun adanya korban jiwa. Pengolahan data dilakukan dengan menganalisa nilai faktor keamanan (FK) lereng dengan metode *bishop* dan metode *morgenstren-price* serta menggunakan *software slide v 6.0*. Hasil analisa untuk metode *bishop* dengan RU 0-0,4 dan metode *morgenstren-price* dengan RU 0- 0,2 dan 0,4 tergolong ke dalam lereng aman karena nilai FK yang dihasilkan berada di atas nilai ketetapan yaitu $\geq 1,3$ untuk lereng keseluruhan (*overall slope*). Sedangkan, hasil analisa kestabilan lereng menunjukkan bahwa pada metode *morgenstren-price* dengan RU 0,3 tergolong kedalam lereng tidak aman karena nilai FK yang dihasilkan berada dibawah nilai ketetapan yaitu $\leq 1,3$ untuk lereng keseluruhan (*overall slope*).

Kata kunci : Lereng, Longsoran, Metode *Bishop*, Metode *Morgenstren-price*

ABSTRACT

Amman Mineral Nusa Tenggara (PT. AMNT) operates in Sekongkang District, West Sumbawa Regency, West Nusa Tenggara Province, and has an IUP encompassing 25,000 Ha. Its main mining products are copper (Cu) and gold (Au). One of these systems is the open-pit surface mining method employed by PT. AMNT. The general working principle of mining with an open pit mining technique is to extract cover material, comprising both soil and rock, in order to obtain ore material for processing. Dirt and other things are referred to as overburden. Unsurprisingly, in that circumstance, a spot is needed that could potentially function as a landfill for excess burden; this location is referred to as a trash dump area. This waste disposal site needs to be carefully planned in order to maintain the stability of the material stockpile, where accumulating activities will cause a slope. The stability of the trash dump slope is influenced by the stockpile material's characteristics. Additional problems that could affect the stability of the trash dump slope include the existence of outside forces and inadequate surface water management. As a result, it is essential that a geotechnical analysis be used as a guide to maintain the stability of the waste dump slope in order to prevent losses in terms of mining operations, damage to the mining equipment, and injuries. Data processing is done by determining the slope safety factor (FK) value with the use of the bishop technique, the Morgenstren-Price method, and the slide v. 6.0 software. The analysis results for the bishop technique with RU 0-0.4 and the Morgenstren-Price method with RU 0-0.2 and 0.4 are characterized as safe slopes since the FK value generated is greater than the fixed value, which is 1.3 for the overall slope. The Morgenstren-Price technique with RU 0.3 is categorized as an unsafe slope according to the results of slope stability analysis since the resulting FK value is less than the fixed value, which is 1.3 for the total slope.

Keywords : *Slope, Landslide, Bishop Method, Morgenstren-priceMethod*

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM

KEPALA
UPT P3B
DIVISI P3B MUHAMMAADIYAH MATARAM



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS ILMIAH	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH ...	vi
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Lokasi dan Waktu Penelitian	3
1.7 Tahapan Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN UMUM.....	7
2.1 Profil Perusahaan	7
2.2 Visi, Misi dan Nilai Inti Perusahaan	8
2.2.1 Visi	8
2.2.2 Misi.....	9
2.3 Nilai Inti Perusahaan.....	9
2.4 Perilaku Utama Perusahaan	10
2.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah	10
2.6 Iklim dan Cuaca	11
2.7 Kondisi Geologi.....	12
2.8 Topografi PT. Amman Mineral Nusa Tenggara	13
2.9 Gambaran Umum Proyek	14
2.9.1 Kegiatan Pertambangan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara	14
2.9.2 Kegiatan Pengolahan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara	19
2.9.3 Kegiatan Reklamasi.....	23
BAB III TINJAUAN PUSTAKA.....	24
3.1 Lereng	24
3.2 Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng	26
3.3 Waste Dump.....	28
3.4 Longsoran	30
3.5 Upaya Perkuatan Lereng dan Pencegahan Longsor	32
3.6 Analisis Kestabilan Lereng.....	33
3.7 Dasar Hukum Geoteknik Tambang.....	33
3.8 Metode Analisis Kestabilan Lereng.....	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Geometri Lereng Waste dump	37
4.2. Data Sifat Fisik dan Mekanik	37
4.3. Analisa Kestabilan Lereng Menggunakan Metode <i>Bishop</i> dan <i>Software Slide v 6.0</i>	38
4.4. Analisa Kestabilan Lereng Menggunakan Metode <i>Morgenstren-price</i> dan <i>Software Slide v 6.0</i>	42
4.5. Analisis Geometri Lereng Ideal untuk memperbesar Nilai Faktor Keamanan.....	46
4.5.1 Pengoptimalan Analisis Nilai Faktor Keamanan dengan Metode <i>Bishop</i> 47	
4.5.2 Perbaikan Analisa Menggunakan Metode <i>Morgenstren-price</i>	50
4.6. Rekapitulasi Data Nilai Faktor Analisis	54
BAB V PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi IUPK PT. Amman Mineral Nusa Tenggara	8
Gambar 2.2 Peta Lokasi Tambang Pit Batu Hijau.....	11
Gambar 2.3 Lithologi Section Area East-West	13
Gambar 2.4 Peta Geologi Lokasi Tambang Pit Batu Hijau.....	13
Gambar 2.5 Open Pit Tambang Batu Hijau PT. Amman Mineral Nusa Tenggara	14
Gambar 2.6 Diagram alur proses penambangan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara	15
Gambar 2.7 Electric Shovel P&H 4100 A.....	18
Gambar 2.8 Area Proccesing Plant PT. Amman Mineral Nusa Tenggara	19
Gambar 2. 9 Tempat Penampungan Air Asam Tambang PT AMNT	22
Gambar 2.10 Area Reklamasi PT. Amman Mineral Nusa Tenggara	23
Gambar 3.1 Bagian-Bagian dari Suatu Lereng	25
Gambar 3.2 Geometri Lereng Tunggal dan Lereng Keseluruhan	27
Gambar 3.3 Metode Penimbunan Valley Fill/Crest Dumps	29
Gambar 3.4 Metode Penimbunan Terraced Dump	29
Gambar 3.5 Skema Longsoran Busur	31
Gambar 4.1 Geometri Lereng Aktual.....	37
Gambar 4.2 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop untuk $RU = 0$	39
Gambar 4.3 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop untuk $RU = 0,1$...	39
Gambar 4.4 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop untuk $RU = 0,2$...	40
Gambar 4.5 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop untuk $RU = 0,3$...	40
Gambar 4.6 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode Bishop untuk $RU = 0,4$...	41
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Nilai FK Metode Bishop dengan Nilai RU	41
Gambar 4.8 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstren-price untuk $RU = 0$	43
Gambar 4.9 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode <i>Morgenstren-price</i> untuk $RU = 0,1$	43

Gambar 4.10	Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstren-price untuk RU = 0,2	44
Gambar 4.11	Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstren-price untuk RU = 0,3	44
Gambar 4.12	Hasil Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstren-price untuk RU = 0,4	45
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Antara Nilai FK Metode Morgenstren-price dengan Nilai RU	45
Gambar 4.14	Geometri Lereng Setelah Perbaikan	46
Gambar 4.15	Hasil Pengoptimalan Analisis Kestabilan Lereng Metode <i>Bishop</i> untuk RU = 0	47
Gambar 4.16	Hasil Pengoptimalan Analisis Kestabilan Lereng Metode <i>Bishop</i> untuk RU = 0,1	48
Gambar 4.17	Hasil Pengoptimalan Analisis Kestabilan Lereng Metode <i>Bishop</i> untuk RU = 0,2	49
Gambar 4.18	Hasil Pengoptimalan Analisis Kestabilan Lereng Metode <i>Bishop</i> untuk RU = 0,3	49
Gambar 4.19	Hasil Pengoptimalan Analisis Kestabilan Lereng Metode <i>Bishop</i> untuk RU = 0,4	49
Gambar 4.20	Grafik Hubungan Antara Nilai FK Metode <i>Bishop</i> dengan Nilai RU Setelah Pengoptimalan	50
Gambar 4.21	Hasil Perbaikan Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstren- price untuk RU = 0	51
Gambar 4.22	Hasil Perbaikan Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstren- price untuk RU = 0,1	51
Gambar 4.23	Hasil Perbaikan Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstren- price untuk RU = 0,2	52
Gambar 4.24	Hasil Perbaikan Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstren- price untuk RU = 0,3	52
Gambar 4.25	Hasil Perbaikan Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstren- price untuk RU = 0,4	53

Gambar 4.26 Grafik Hubungan Antara Nilai FK Metode Morgenstren-price
dengan Nilai RU Setelah Perbaikan 53

Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Hasil Analisa Nilai FK Sebelum Perbaikan.. 54

Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Hasil Analisa Nilai FK Setelah Perbaikan 55



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 3 Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Lereng Tambang	34
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Geometri Lereng Aktual	37
Tabel 4. 2 Nilai Sifat Fisik dan Mekanik Material	38
Tabel 4. 3 Hubungan Antara Nilai FK dengan Nilai RU Metode <i>Bishop</i>	41
Tabel 4. 4 Hubungan Antara Nilai FK dengan Nilai RU Metode <i>Morgenstren- price</i>	45
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Data Geometri Lereng Perbaikan	47
Tabel 4. 6 Hubungan Antara Nilai FK dengan Nilai RU Metode <i>Bishop</i> Setelah Pengoptimalan	50
Tabel 4. 7 Hubungan Antara Nilai FK dengan Nilai RU Metode <i>Bishop</i> Setelah Perbaikan	53
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Data Nilai Faktor Analisis Sebelum Perbaikan	54
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Data Nilai Faktor Analisis Setelah Perbaikan	54
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Geometri Lereng Aktual	37
Tabel 4. 2 Nilai Sifat Fisik dan Mekanik Material	38
Tabel 4. 3 Hubungan Antara Nilai FK dengan Nilai RU Metode <i>Bishop</i>	41
Tabel 4. 4 Hubungan Antara Nilai FK dengan Nilai RU Metode <i>Morgenstren- price</i>	45
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Data Geometri Lereng Perbaikan	47
Tabel 4. 6 Hubungan Antara Nilai FK dengan Nilai RU Metode <i>Bishop</i> Setelah Pengoptimalan	50
Tabel 4. 7 Hubungan Antara Nilai FK dengan Nilai RU Metode <i>Bishop</i> Setelah Perbaikan	53
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Data Nilai Faktor Analisis Sebelum Perbaikan	54
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Data Nilai Faktor Analisis Setelah Perbaikan	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bentuk Surface Lereng Lokasi Penelitian	60
Lampiran 2 Langkah-langkah Dalam Menganalisis Kestabilan Lereng dengan Menggunakan Software Slide V6.	62



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Amman Mineral Nusa Tenggara (PT. AMNT) melaksanakan kegiatan penambangan di Desa Sekongkang, Kecamatan Sekongkan, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan luas IUP seluas 25.000 Ha. Salah satu prospek yang menjadi tempat berlangsungnya kegiatan penambangan yaitu pada *pit* Batu Hijau. PT AMNT merupakan sebuah perusahaan tambang yang bergerak pada sector penambangan bahan galian logam dengan komoditas utama yaitu tembaga (*Cu*) dan mineral pengikat berupa emas (*Au*). Sistem penambangan yang diterapkan oleh PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit*.

Pada umumnya, prinsip kerja penambangan dengan sistem tambang terbuka yaitu menggali material penutup baik tanah maupun batuan guna mendapatkan material bijih yang akan di proses. Material tanah dan batuan penutup tersebut dinamakan sebagai *overburden*. Dalam hal itu, tentunya dibutuhkan area yang dapat digunakan sebagai tempat penimbunan *overburden*. Area penimbunan tersebut dinamakan sebagai *waste dump* area. *Waste dump* ini harus direncanakan dengan sebaik-baiknya agar timbunan dari material penutup tetap dalam keadaan stabil. Dalam proses penimbunan material pastinya akan membentuk suatu lereng, dimana apabila semakin banyaknya material yang ditimbun stabilitas dari lereng tersebut akan terganggu.

Stabilitas dari lereng *waste dump* bergantung pada karakteristik dari material timbunan. Selain itu, faktor lain yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng *waste dump* yaitu terdapatnya gaya-gaya yang berasal dari luar dan pengelolaan air permukaan yang tidak baik. Pengelolaan air permukaan yang tidak baik akan berimbas pada nilai dari sudut geser material diimana material pada area *waste dump* merupakan material lepasan (*loose material*). Berdasarkan hal tersebut maka pentingnya suatu analisa geoteknik guna menjadi acuan dalam menjaga kestabilan lereng *waste dump* agar tidak timbulnya masalah kerugian

baik dari segi operasi penambangan, kerusakan infrastruktur tambang, maupun adanya korban jiwa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan hasil dari analisis kestabilan lereng dengan metode *bishop* dan metode *morgenstren-price*.
2. Bagaimana hubungan antara nilai faktor keamanan (FK) dengan nilai rasio tegangan air pori (RU) pada lereng *waste dump pit* Batu Hijau.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari pelaksanaan penelitian di PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu sebagai berikut :

1. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan parameter nilai sifat fisik dan sifat mekanik berdasarkan dari data hasil pengeboran dan uji geoteknik yang merupakan data sekunder.
2. Nilai sifat fisik dan sifat mekanik merupakan nilai untuk lereng dalam keadaan asli atau natural.
3. Perhitungan nilai faktor keamanan (FK) geometri lereng *waste dump* menggunakan acuan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
4. Analisis kestabilan lereng menggunakan pemodelan dengan software Slide V6.0

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian yang dilakukan memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui perbandingan hasil dari analisa kestabilan lereng dengan metode *bishop* dan metode *morgenstren-price*.

2. Mengetahui grafik hubungan antara nilai faktor keamanan (FK) dengan nilai rasio tegangan air pori (RU) pada lereng *waste dump pit* Batu Hijau.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini dapat di bagi menjadi 3 bagian yaitu sebagai berikut :

1. Bagi peneliti

Peneliti dapat mengaplikasikan ilmu yang didapat pada saat perkuliahan ke dalam bentuk penelitian dan mampu meningkatkan kemampuan dalam melakukan analisa suatu permasalahan yang khususnya terjadi pada area penambangan.

2. Bagi Perguruan Tinggi

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bahan bacaan terkhusus untuk mahasiswa jurusan teknik pertambangan dalam penyelesaian tugas kuliah maupun sebagai referensi dalam pengangkatan judul penelitian maupun kerja praktek.

3. Bagi Perusahaan

Hasil dari penelitian yang dilakukan dapat dijadikan sebagai masukan dan sebagai bahan pertimbangan yang positif dalam penyelesaian permasalahan terkait dengan analisa kestabilan lereng sehingga nantinya dapat menjadi tolak ukur dalam melakukan kajian terhadap analisis kestabilan.

1.6 Lokasi dan Waktu Penelitian

Tugas akhir dilaksanakan pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yang berada di Kecamatan Sekongkang, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat yang dimulai tanggal 9 April – 15 Mei 2023.

1.7 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Persiapan

Tahapan awal yang dilakukan untuk mencari bahan-bahan pustaka yang dapat menjadi bahan penunjang dasar penelitian maupun pendukung dan referensi yang berkaitan dengan analisis tingkat kesabilan lereng area *waste dump* pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara.

2. Observasi Lapangan

Adapun bentuk observasi lapangan yang dimaksud yaitu melakukan pengamatan langsung terhadap keadaan dilapangan dan melakukan pencatatan terhadap objek yang akan diamati.

3. Pengambilan Data

Pada penelitian ini, dalam memperoleh data dan informasi, penulis mengambil data dengan dua cara, yaitu:

a. Pengambilan data primer

Data primer merupakan data yang bersumber dari data langsung saat dilapangan ataupun data yang bersumber dari pihak pertama. Data primer secara khusus digunakan sebagai data yang akan menunjang kegiatan penelitian dalam menjawab hasil dari penelitian yang dilakukan. Adapun data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu geometri aktual lereng *waste dump* area.

b. Pengambilan data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui media perantara atau data yang sudah terdapat sebelumnya pada perusahaan baik berupa bukti, catatan ataupun laporan. Data yang termasuk ke dalam data sekunder yaitu data sifat fisik dan mekanik material (nilai kohesi, sudut geser dalam, bobot isi, tegangan air pori (RU)) dan topografi lokasi penelitian,

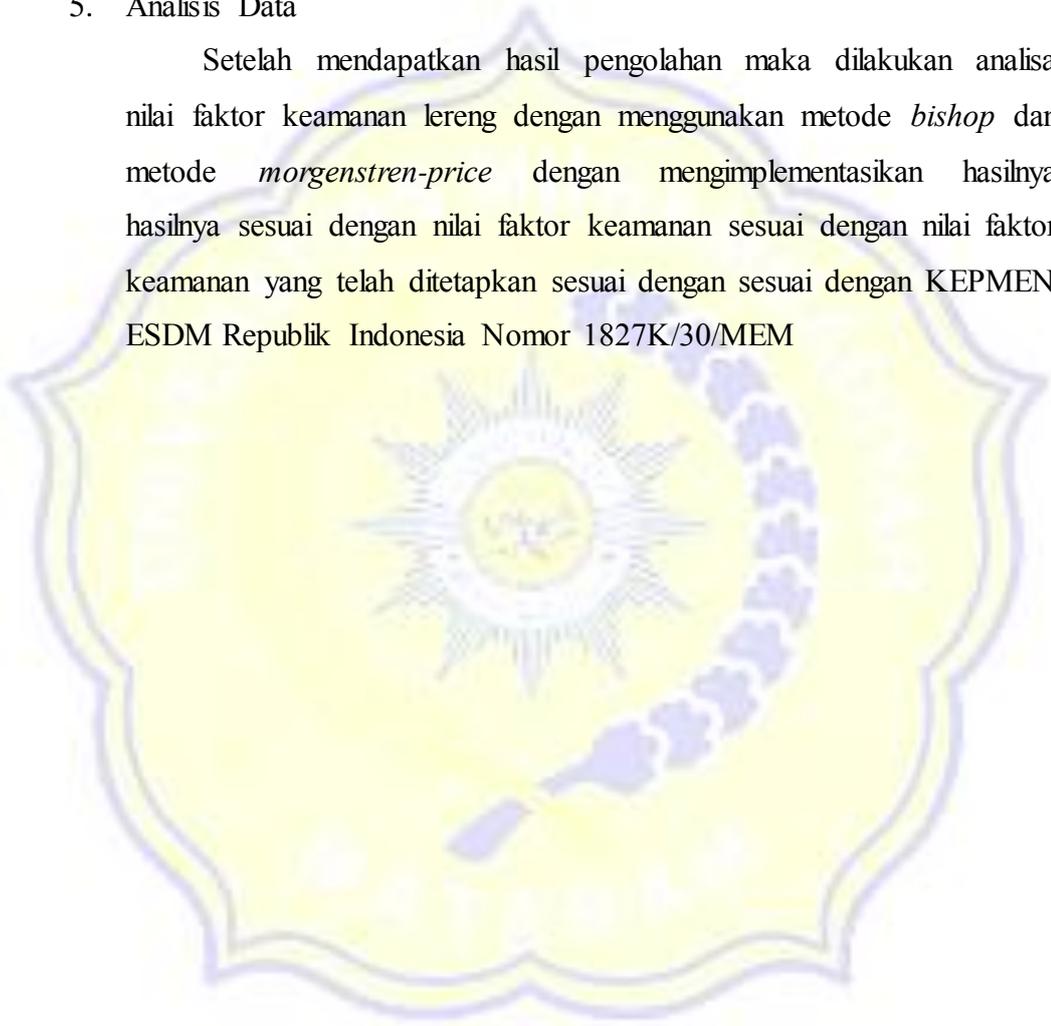
4. Pengolahan Data

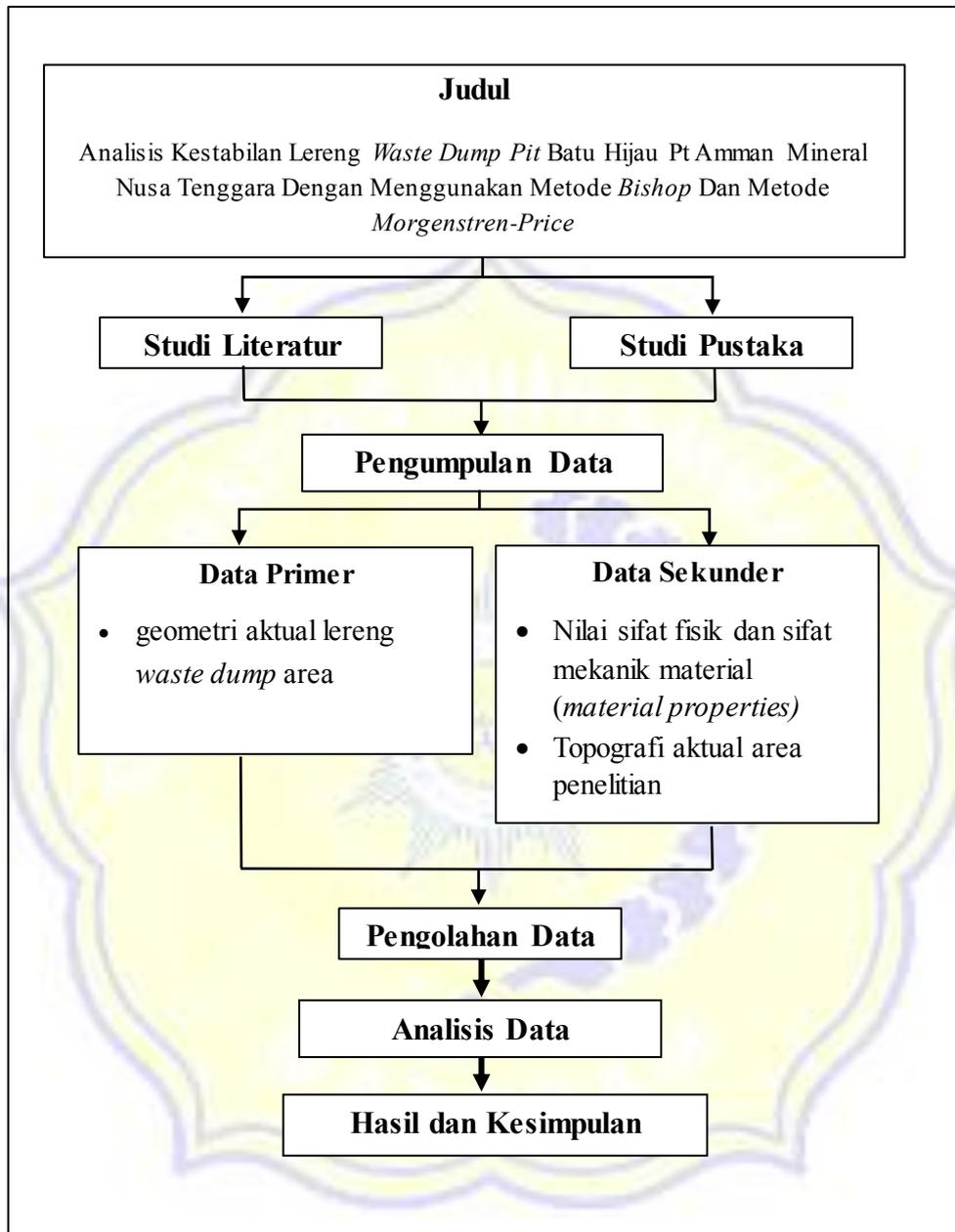
Pengolahan data bertujuan guna mengetahui proses penyelesaian untuk permasalahan yang akan dihadapi sesuai dengan tujuan yang

telah ditetapkan. Adapun pengolahan data yang dilakukan yaitu dengan melakukan analisa nilai faktor keamanan (FK) lereng dengan metode *bishop* dan metode *morgenstren-price* serta pengaplikasian menggunakan *software slide v 6.0* dengan menginput data geometri lereng, nilai kohesi, nilai sudut geser dalam, nilai bobot isi material serta nilai RU.

5. Analisis Data

Setelah mendapatkan hasil pengolahan maka dilakukan analisa nilai faktor keamanan lereng dengan menggunakan metode *bishop* dan metode *morgenstren-price* dengan mengimplementasikan hasilnya hasilnya sesuai dengan nilai faktor keamanan sesuai dengan nilai faktor keamanan yang telah ditetapkan sesuai dengan KEPMEN ESDM Republik Indonesia Nomor 1827K/30/MEM





Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

BAB II TINJAUAN UMUM

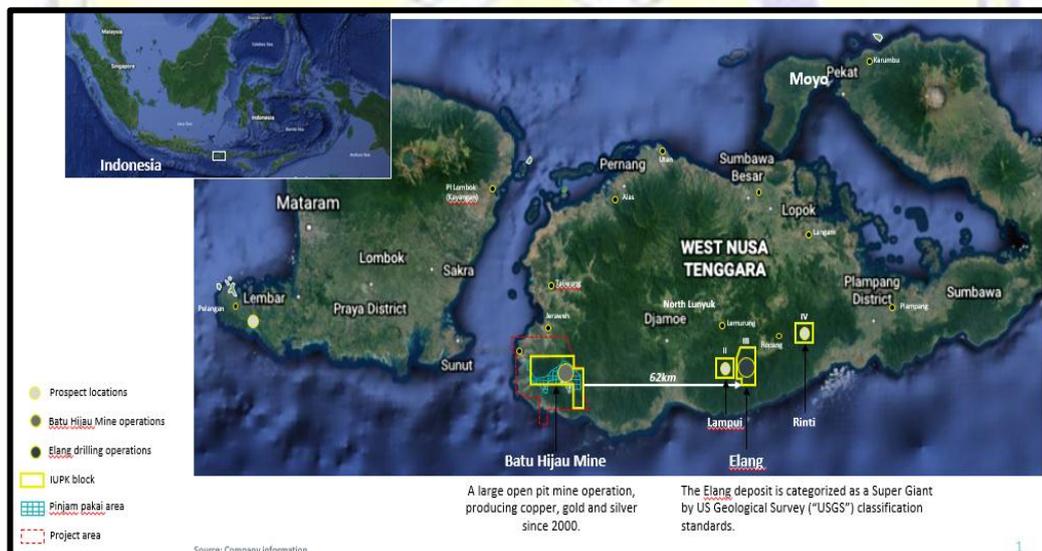
2.1 Profil Perusahaan

PT. Amman Mineral Nusa Tenggara (PT. AMNT) termasuk ke dalam perusahaan yang bergerak pada sector pertambangan dengan komoditas tembaga dan emas yang berada dibawah PT. Amman Mineral International (PT.AMI). Secara administratif letak PT. Amman Mineral Nusa Tenggara berada pada Kecamatan Sekongkang, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) dengan koordinat 116°52'21" BT dan 08°57'55" LS. PT AMNT merupakan perusahaan hasil akuisisi dari PT. *Newmont* Nusa Tenggara (PT. NNT). PT NNT termasuk dalam perusahaan yang berada Indonesia di bawah *Newmont Mining Corporation* (NMC) yang berpusat di *Denver, Colorado, Amerika Serikat*. NMC didirikan pada 2 Mei 1921 di *New York, Amerika Serikat* oleh *Kolonel William Boyce Thompson*.

Pada tanggal 2 Desember 1986 PT. NNT menandatangani kontrak karya dengan pihak pemerintah Indonesia untuk melakukan kegiatan eksplorasi dengan luas wilayah sebesar 1.127.134 Ha. Berdasarkan hasil eksplorasi yang dilakukan, pada tahun 1990 PT. NNT menemukan cebakan endapan mineral tembaga porfiri yang kemudian diberi nama Batu Hijau. Hasil eksplorasi yang dilakukan disetujui oleh pihak pemerintah lalu pada tahun 1999 PT. NNT telah menyelesaikan pembangunan seluruh fasilitas pendukung dan memulai operasi penambangan secara menyeluruh pada bulan Maret 2000.

Berdasarkan dengan ketentuan kontrak karya, PT. NNT setiap tahunnya membayar pajak, royalti dan non-pajak kepada Pemerintah Indonesia dengan total mencapai triliunan rupiah. Pada tahun 1997 sampai dengan pertengahan tahun 2012 PT. NNT telah membayar lebih dari Rp. 60 triliun untuk pajak, royalti dan non-pajak. Setelah itu, pada tanggal 2 November 2016 dilakukannya perubahan kepemilikan dari PT. NNT menjadi PT. Amman Mineral Nusa Tenggara. Saat ini luas keseluruhan wilayah IUPK-OP milik PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu 25.000 Ha.

PT. Amman Mineral Nusa Tenggara memiliki fasilitas pendukung yang lengkap baik berupa pabrik pengolahan yang memiliki kapasitas 120.000 ton/hari, pembangkit listrik kapasitas 112 MW serta armada penyebrangan guna menjadi tempat kapal penjualan dan juga tempat berdatangnya alat-alat besar penunjang operasi penambangan. PT. Amman Mineral Nusa Tenggara juga menerapkan sistem *stockpile* guna memperhatikan kelestarian lingkungan yang dibuktikan dengan melakukan pembuangan *waste* tambang langsung ke palung laut dengan menggunakan sistem *Deep Sea Tailing Placement*. Selain itu, PT. Amman Mineral Nusa Tenggara telah mempekerjakan lebih dari 64% pekerja yang berasal dari provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Hal ini dilakukan agar dapat memberikan keuntungan ekonomi secara langsung bagi provinsi NTB serta dapat membantu dalam peningkatan keterampilan dan kemampuan masyarakat lokal dengan berbagai bidang yang digunakan dalam industry pertambangan *modern*. Adapun peta batasan kontrak karya PT. Amman Mineral Nusa Tenggara dapat dilihat pada **Gambar 2.1** berikut.



Gambar 2.1 Lokasi IUPK PT. Amman Mineral Nusa Tenggara
(Sumber: Arsip PT. Amman Mineral Nusa Tenggara)

2.2 Visi, Misi dan Nilai Inti Perusahaan

2.2.1 Visi

Visi merupakan suatu bentuk tujuan yang ingin dicapai oleh suatu perusahaan selama kegiatan operasi berlangsung ataupun di masa yang akan

datang. Adapun visi yang ingin dicapai oleh PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu menjadi organisasi transformatif yang menciptakan warisan terbaik.

2.2.2 Misi

Dalam perwujudan suatu visi yang akan dilakukan oleh perusahaan maka ada misi yang harus terpenuhi. Adapun misi dari PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu menyediakan komoditas untuk dunia secara bertanggung jawab dan berkelanjutan dengan berfikir berani serta bertindak dengan niat untuk menghasilkan yang terbaik dari dalam diri kita, komunikasi kita dan lingkungan kita.

2.3 Nilai Inti Perusahaan

Adapun nilai inti yang terdapat pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu :

1. Keunggulan “kami akan tanpa henti terus mengejar keunggulan dan kualitas dalam segala hal yang kami lakukan”
2. Integritas “kami akan melakukan hal yang benar, senantiasa rendah hati, dapat diandalkan dan memperlakukan semua orang dengan hormat dan jujur”
3. Kerja sama “kami mendorong kolaborasi, relasi antar pribadi yang erat dan komunikasi terbuka untuk menciptakan hasil yang luar biasa dan mencapai kesuksesan bersama. Setiap orang adalah bagian dari solusi”
4. Kesehatan, keselamatan, lingkungan dan masyarakat “ menjaga kesehatan dan keselamatan diri sendiri dan orang lain serta memprioritaskan lingkungan kerja dan masyarakat adalah hal utama dan tidak dapat dikompromikan”
5. Kreativitas dan inovasi “ kami menggunakan kreativitas, inovasi, dan berbagai sumber daya untuk menyambut perubahan dan peluang, mengatasi tantangan, menciptakan berbagai solusi terobosan dan membuahkan hasil yang berdampak signifikan”

2.4 Perilaku Utama Perusahaan

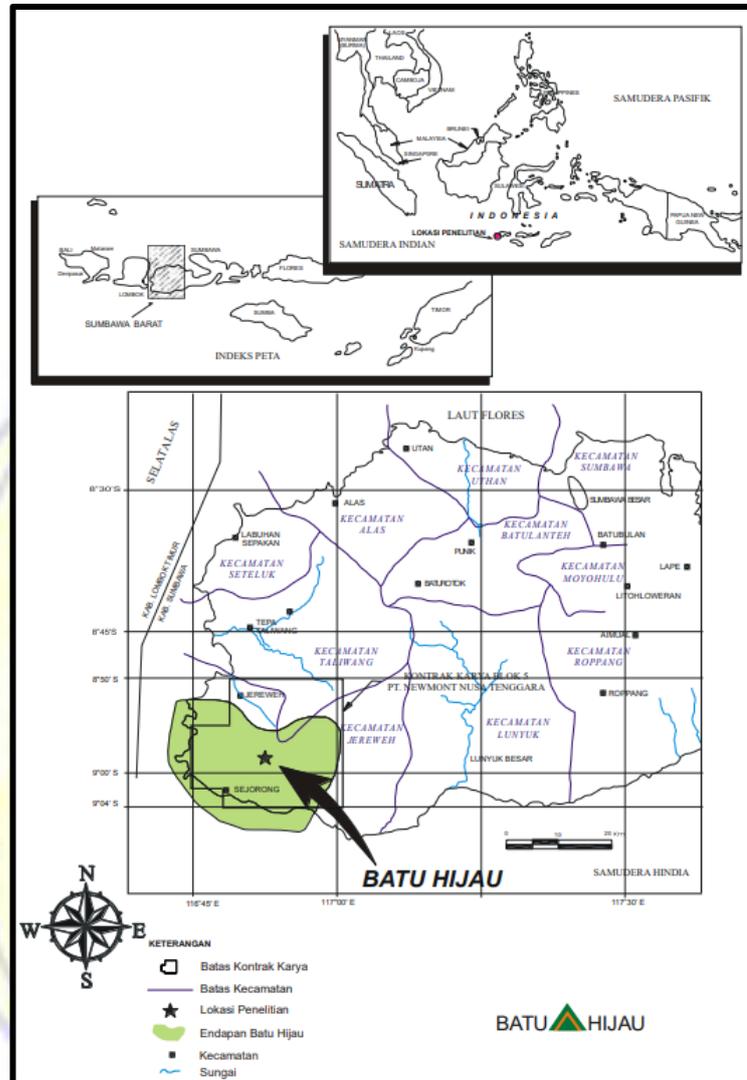
PT. Amman Mineral Nusa Tenggara memiliki dan menetapkan 8 perilaku utama atau *golden rules* yang harus diikuti serta ditaati oleh seluruh pekerja yang bekerja pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara, mitra bisnis maupun tamu pengujung yang berada di wilayah PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu :

1. **JANGAN PERNAH** mengoperasikan peralatan apapun kecuali telah dilatih, kompeten, dan mendapatkan izin mengoperasinya.
2. **JANGAN PERNAH** melepas, memotong atau memodifikasi alat pelindung keselamatan tanpa izin.
3. **JANGAN PERNAH** bekerja pada peralatan tanpa dilengkapi prosedur isolasi
4. **JANGAN PERNAH** menggunakan alat angkat di luar kriteria desain yang telah ditentukan atau memosisikan diri dibawah muatan yang mengantung.
5. **JANGAN PERNAH** bekerja diketinggian tanpa menggunakan/mengenakan alat pelindung bahaya terjatuh.
6. **JANGAN PERNAH** memasuki ruang terbatas atau area terlarang tanpa izin.
7. **JANGAN PERNAH** menggunakan telepon genggam saat mengoperasikan kendaraan/peralatan bergerak.
8. **JANGAN PERNAH** mengoperasikan atau duduk sebagai penumpang pada kendaraan/peralatan bergerak tanpa menggunakan sabuk pengaman anda.

2.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi penambangan bijih yang dilakukan oleh PT. Amman Mineral Nusa Tenggara terletak pada Kecamatan Sekongkang, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Secara geografis lokasi area terletak pada 116°52'21" BT dan 08°57'55" LS. Lokasi penambangan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara dapat ditempuh dengan perjalanan darat menuju Pelabuhan Kayangan dan dilanjutkan dengan menggunakan kapal *speed boat* milik PT. Amman Mineral Nusa Tenggara menuju Benete *Port* dengan waktu sekitar satu setengah jam. Perjalanan dari Benete *Port* menuju lokasi penambangan *Pit Batu*

Hijau dapat ditempuh dengan perjalanan darat dengan menggunakan mobil perusahaan yang telah dilengkapi dengan *rotary lamp* dan tiang bendera selama satu jam melalui *Primary Access Road* (PAR).



Gambar 2.2 Peta Lokasi Tambang *Pit* Batu Hijau
(Sumber: Arsip PT. Amman Mineral Nusa Tenggara, 2014)

2.6 Iklim dan Cuaca

Lokasi proyek penambangan *pit* Batu Hijau PT. Amman Mineral Nusa Tenggara beriklim tropis dengan memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Adapun tingkat dari suhu rata-rata yang merata pada lokasi penambangan yaitu berkisar antara 28°C - 37° C.

2.7 Kondisi Geologi

Daerah Batu Hijau merupakan tubuh atau bagian dari gunung api purba yang telah mengalami proses eksogenik dan erupsi pada tingkat lanjut. Hal tersebut dapat terlihat dengan terdapatnya zona hidrotermal yang terletak pada satu tubuh batuan terobosan yang berbentuk *stock* yang dikelilingi oleh batuan vulkanik yang tersusun oleh perselingan antara batuan piroklastik dan lava. Daerah Batu Hijau juga termasuk dalam bentang alam vulkanik yang proses pembentukannya dikontrol oleh proses keluarnya magma dari dalam perut bumi.

Jenis batuan utama yang berada pada lokasi *pit* Batu Hijau dikelompokkan menjadi 4 kelompok yaitu Vulkanik, Diorit, Tonalit Intermediet (*intermediet tonalite*) dan Tonalit muda (*young tonalite*) (**Gambar 2.3**). Pembentukan kelompok tersebut dimulai dengan umur batuan yang memiliki umur paling tua dengan diakhiri oleh batuan yang paling muda. Selain itu, menurut Steve Garwin (2000) terdapat 5 tahapan mineralisasi dan alterasi yang berada pada daerah penelitian diantaranya :

1. Tahap awal

Alterasi terdiri dari *biotite*, *magnetite*, kuarsa sedangkan jenis mineralisasi terdiri *digenite*, *bornite* dan *chalcocite*.

2. Tahap transisi

Alterasi terdiri dari *chlorit*, *calcite*, *albit* sedangkan jenis mineralisasi terdiri dari *bornite* dan *chalcopyrite*.

3. Tahap lanjut

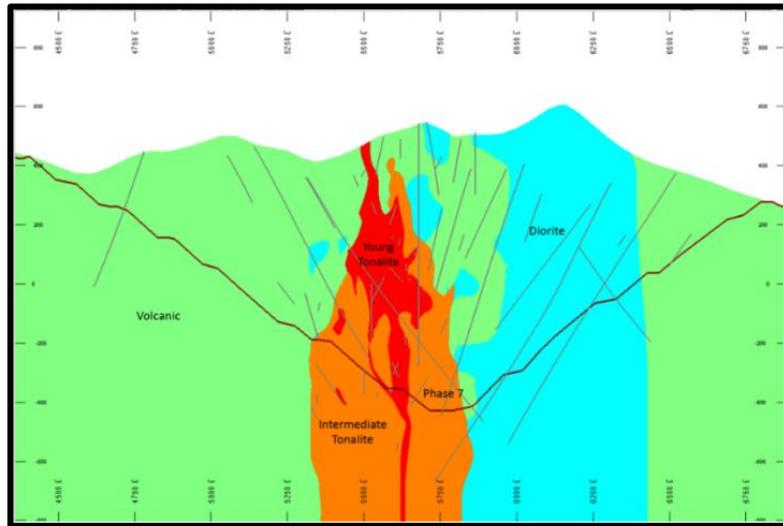
Alterasi terdiri dari *cericite*, *smectite*, *chlorite* sedangkan jenis mineralisasi terdiri dari *chalcopyrite*.

4. Tahap sangat lanjut

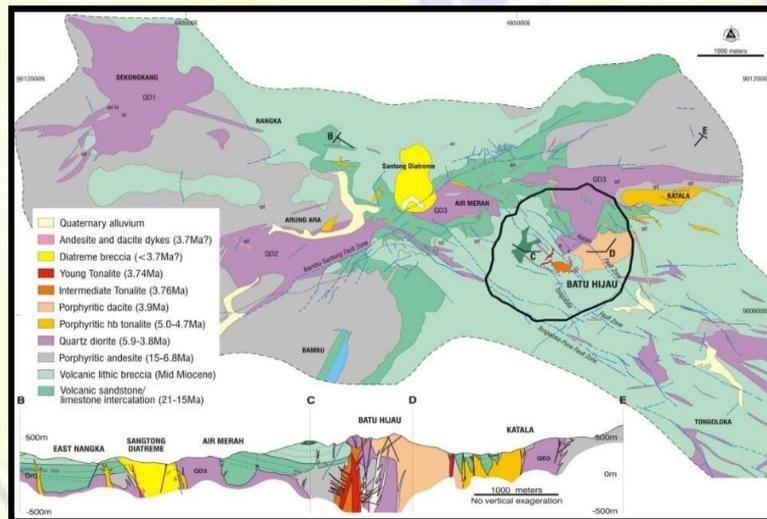
Alterasi sama dengan tahap lanjut, sedangkan untuk mineralisasi terdiri dari *sphalerite*, *galena*, *pyrite* dan *chalcopyrite*

5. Tahap akhir

Alterasi terdiri atas mineral *zeolite* dan *calcite*, sedangkan mineralisasi berupa *pyrite*.



Gambar 2.3 Lithologi Section Area East-West
 (Sumber: Mine Geology, PT. Amman Mineral Nusa Tenggara, 2015)



Gambar 2.4 Peta Geologi Lokasi Tambang Pit Batu Hijau
 (Sumber: Ore Control, PT. Amman Mineral Nusa Tenggara, 2016)

2.8 Topografi PT. Amman Mineral Nusa Tenggara

PT. Amman Mineral Nusa Tenggara terletak di sebelah Barat Daya Pulau Sumbawa dengan jarak 15 km dari pantai barat dan 10 km dari pantai selatan. PT. Amman Mineral Nusa Tenggara berada di Kecamatan Sekongkang, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Lokasi proyek pertambangan Batu Hijau terletak pada area perbukitan dengan elevasi berkisar

antara 300-600 m diatas permukaan laut yang sebagian besar daerahnya masih berupa hutan lebat.

2.9 Gambaran Umum Proyek

Batu hijau merupakan sebuah cebakan porfiri dengan mineral ikutan berupa emas. Pembentukan cebakan porfiri ini terjadi akibat proses dari pendinginan magma yang naik ke permukaan melalui celah-celah rekahan batuan atau struktur yang ada. Kandungan mineral yang terkandung dalam cebakan porfiri yang berada di Batu Hijau yaitu 0,53% untuk tembaga dan 0,4 gram per ton bijih emas (g/mt). Keberadaan dari cebakan porfiri inilah yang menjadi pembentukan awal terbentuknya proses penambangan pada daerah tersebut.

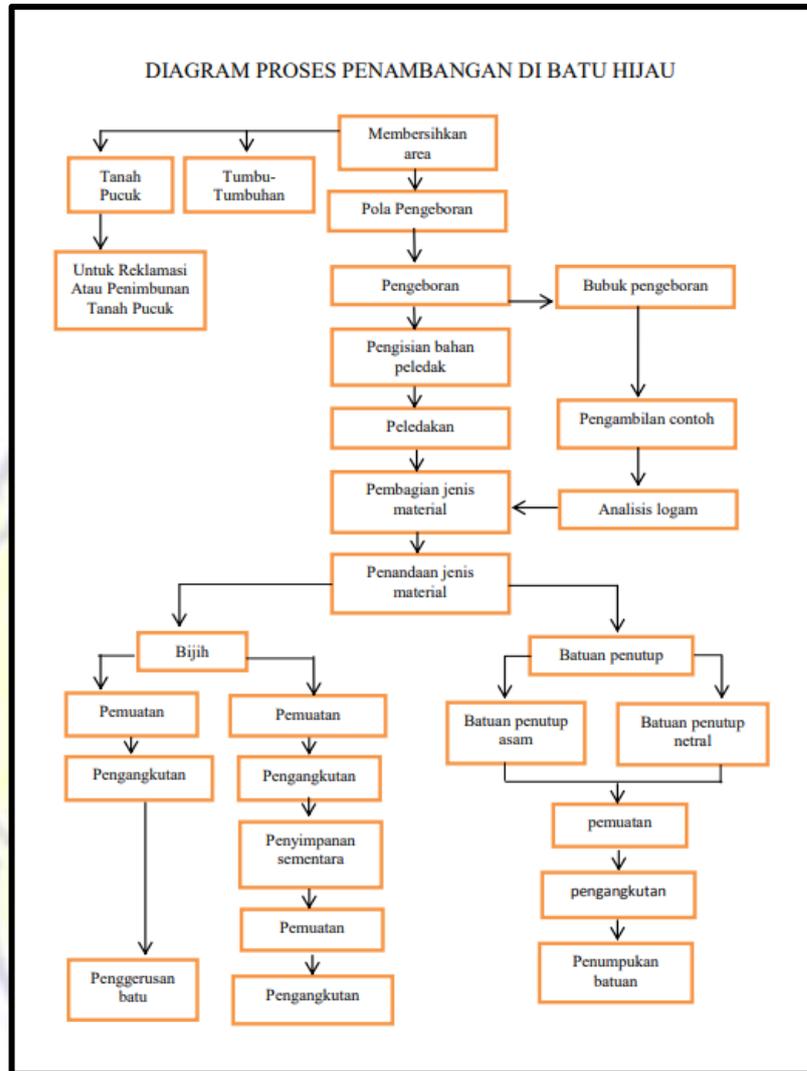
2.9.1 Kegiatan Pertambangan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara

Sistem penambangan tambang terbuka dengan metode *open pit* merupakan sistem yang diterapkan oleh PT. Amman Mineral Nusa Tenggara dalam proses penambangannya (**Gambar 2.6**). *Open pit* merupakan sebuah metode yang tujuannya membuat bukaan pada permukaan tanah sehingga dapat diambilnya bijih/*ore* yang nantinya akan dibiarkan terbuka (tidak ditimbun kembali) selama pengambilan bijih/*ore* masih berlangsung.. Kegiatan penambangan yang berlangsung pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara berlangsung selama 2 *shift*/hari selama 24 jam dengan rata-rata produksi 6000-9000 ton/jam.



Gambar 2.5 *Open Pit* Tambang Batu Hijau PT. Amman Mineral Nusa Tenggara
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

Tahapan kegiatan utama dalam penambangan yang dilakukan di Batu Hijau yaitu pengeboran dan peledakan material (*drilling and blasting*), pemuatan dan pengangkutan material (*loading and hauling*) serta penimbunan (*dumping*)



Gambar 2.6 Diagram alur proses penambangan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara
(Sumber : Arsip dispatch PT.AMNT tahun 2015)

2.9.1.1 Pengeboran (*Drilling*) dan Peledakan (*Blasting*)

Kondisi geologi batuan pada *pit* Batu Hijau termasuk ke dalam material yang sulit untuk dibongkar sehingga dibutuhkan proses pengeboran dan peledakan dalam proses pemberaiannya. Kegiatan ini bertujuan dalam memudahkan pembongkaran batuan yang akan dimuat dan diangkut oleh alat

mekanis. Sebelum dilakukannya kegiatan pengeboran dan peledakan, seorang *drill and blast engineering* wajib mencari serta menyiapkan area sesaat sebelum dilakukannya pengeboran dan peledakan. Kegiatan tersebut dinamakan dengan kegiatan *land clearing*.

1. Pengeboran (*Drilling*)

Dalam kegiatan pengeboran yang dilakukan memiliki beberapa tujuan diantaranya yaitu pembuatan *pre-split* pada batas jenjang/*bench* tambang, pembuatan lubang ledak untuk produksi, pembuatan *drainase hole* pada *project horizontal drill* yang bertujuan untuk membuat saluran air pada dinding-dinding *pit* tambang serta untuk mempermudah dalam pengambilan sampel yang akan dilakukan oleh seorang *geologist engineering* untuk menentukan kadar atau perhitungan kadar dari endapan tersebut.

Adapun beberapa jenis alat bor yang digunakan dalam kegiatan pengeboran oleh PT. Amman Mineral Nusa Tenggara diantaranya yaitu :

- a. Atlas Copco PV351 merupakan alat bor berukuran besar dengan diameter 311 mm (12,24 inch). Alat bor ini digunakan dalam pembuatan lubang ledak produksi.
- b. Atlas Copco PV 235 dengan diameter 251 mm (9,88 inch) dan Atlas Copco PV 271 dengan diameter 270 mm (10,63 inch). Kedua alat bor tersebut termasuk kedalam alat bor berukuran sedang yang biasanya digunakan dalam pembuatan lubang trim.
- c. *Drilling machine* D 65 merupakan alat bor berukuran kecil dengan diameter 140 mm (5,51 inch) yang digunakan dalam pembuatan lubang *pre-split*.

Kegiatan pengeboran yang dilakukan oleh *drill operator* mengacu pada titik control dan *drill patern* yang telah direncanakan oleh seorang *drill and blast engineering* menggunakan *software* MineSight. Setelah proses pembuatan *pattern* selesai, *pattern* tersebut diimport ke *Jigsaw Dispatch System* guna dilakukannya pendisplayan pada layar operator *drill* yang berguna sebagai navigasi *drill*.

2. Peledakan (*Blasting*)

Kegiatan peledakan dilakukan bertujuan untuk membraikan batuan dari batuan induknya yang hasilnya akan berbentuk fragmentasi-fragmentasi yang nantinya akan diumpun kepada alat peremukan (*crusher*). Setelah dilakukannya kegiatan pengeboran (*drilling*), tahapan yang akan dilakukan selanjutnya yaitu persiapan peledakan berupa *charging* (pengisian bahan peledak). Sebelum dilakukannya pengisian bahan peledak, lubang yang telah siap akan diisi terlebih dahulu dengan detonator yang berfungsi sebagai pemacu awal yang menimbulkan inisiasi dalam bentuk letupan (ledakan kecil) sebagai bentuk aksi yang memberikan efek kejut terhadap bahan peledak primer.

Kegiatan peledakan akan dilakukan sesuai jadwal yang telah ditentukan, setelah persiapan seluruh rangkaian dari kegiatan peledakan telah selesai. Sebelum peledakan dilakukan baik alat maupun para pekerja yang berada disekitar area peledakan harus dievakuasi terlebih dahulu menuju zona aman. Zona aman akan ditandai dengan bendera yang berbeda-beda warnanya sesuai dengan kegunaannya, dimana bendera berwarna kuning dengan radius 300 m ditujukan untuk menjadi tempat evakuasi alat sedangkan bendera berwarna hijau dengan radius 500 m untuk para pekerja sesuai dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 .

Setelah kegiatan peledakan selesai, selanjutnya dilakukan pemasangan patok oleh tim *survey* pada area *broken muck* yang nantinya batasan dari patok-patok tersebut akan di *upload* ke *jigsaw*. Tujuan dilakukannya pemasangan patok ini yaitu untuk menandakan area-area yang tergolong *high grade*, *medium grade*, *low grade* dan juga materil *waste* (*acid waste and neutral waste*).

2.9.1.2 Pemuatan (*Loading*) dan Pengangkutan (*Hauling*)

Setelah dilakukannya tahapan pengeboran dan peledakan, selanjutnya material hasil peledakan akan dimuat oleh beberapa alat muat menuju alat

angkut. Adapun jenis alat muat yang terdapat pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu :

1. *Electric Shovel* P&H 4100 A dengan kapasitas *bucket* 47,4 m³
2. *Electric Shovel* P&H 2800XPA dengan kapasitas *bucket* 24,4 m³
3. *Excavator* HITACHI EX5500 dengan kapasitas *bucket* 29 m³
4. *Excavator* HITACHI EX3600 dengan kapasitas *bucket* 22 m³
5. *Wheel Loader* CAT 994 D dengan kapasitas *bucket* 19 m³



Gambar 2.7 Electric Shovel P&H 4100 A
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

Proses lanjutan yang dilakukan setelah kegiatan pemuatan yaitu material-material tersebut akan dibawa menuju lokasi *dumping*, *crusher* ataupun *stockpile* menggunakan alat angkut. Adapun jenis alat angkut yang terdapat pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu :

1. *Truck* CAT type 793 C dengan kapasitas muat sebesar 252 ton
2. *Truck* CAT type 777 D dengan kapasitas muat sebesar 100 ton

Material hasil dari kegiatan peledakan akan diangkut oleh alat angkut menuju lokasi yang berbeda-beda untuk setiap jenis materialnya. Terdapat 4 jenis material hasil peledakan yaitu material *high grade*, material *medium grade*, material *low grade* dan material *subgrade*. Material *highgrade* akan diangkut menuju area *crusher*; material *medium grade* dan material *low grade* menuju area *stockpile* dan material *subgrade (waste)* akan diangkut menuju area *waste dump*. Sistem pemantauan baik alat muat maupun alat angkut dibantu oleh *dispatcher* dengan menggunakan sistem *dispatch monitoring* dan GPS. Hal ini

bertujuan guna mempermudah dalam pengawasan seluruh kegiatan lalu lintas dan operasional yang terdapat pada area *pit* Batu Hijau.

2.9.2 Kegiatan Pengolahan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara

Kegiatan pengolahan bijih/*ore* pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara telah dirancang guna dapat mengolah antara 120.000-180.000 ton/hari. Adapun tahapan pengolahan yang dilakukan pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu :



Gambar 2.8 Area Processing Plant PT. Amman Mineral Nusa Tenggara
(Sumber : *Arsip Dispatch* PT. Amman Mineral Nusa Tenggara, 2015)

2.9.2.1 Peremukan (*Crushing*)

Proses peremukan (*crushing*) pada PT. AMNT terdiri dari sistem *primary crusher* dan *overland coveyor*. Sistem ini memiliki fungsi sebagai pemecah bijih yang berasal dari *run of-mine* (ROM) yang nanti hasil dari peremukan akan dikirim langsung oleh *belt conveyer* menuju area *stockpile bijih kasar* yang berada pada area *processing plant*. PT. Amman Mineral Nusa Tenggara memiliki dua unit alat *primary crusher* dengan kapasitas 6.000-9.000 ton/jam. Alat ini dapat memecah biji ROM berdiameter 95 cm menjadi lebih kecil dengan ukuran diamter sekitar 17,5 cm (175 mm). Adapun kapasitas maksimum dari *conveyer* yang digunakan yaitu 9.400 ton/jam.

2.9.2.2 Penggerusan (*Grinding*)

Penggerusan (*grinding*) merupakan langkah kedua dari tahap kominusi atau pengecilan ukuran. Pada PT. Amman Mineral Nusa Tenggara terdapat dua *grinding line* yang dilengkapi oleh dua alat *mill* yaitu SAG (*Semiautogeneous Grinding*) *mill* dan *ball mill*. Pada proses penggerusan pada SAG *mill* mineral bijih yang berukuran 17,5 cm diperkecil menjadi mineral berukuran 6 mm dengan kapasitas alat sebesar 6.000-9.000 ton/jam. Hasil dari kegiatan SAG *mill* akan berupa *slurry* yang umumnya terdiri dari 68% padatan hingga 72% padatan (70% sama dengan perbandingan 7 gram biji dan 3 gram air). Mineral yang berukuran lebih besar dari 6 mm atau *overflow* akan dibawa melalui *cyclone* untuk dibawa kembali ke SAG *mill* sedangkan material *underflow* akan langsung dialirkan menuju *ball mill*.

Setelah melalui penggerusan pada SAG *mill*, material bijih akan kembali dikesilkan ukurannya atau digerus kembali hingga mencapai ukuran 0,2 mm pada *ball mill* yang memiliki diameter 6,1 m dan panjang 10,1 m. Hasil penggerusan pada *ball mill* kemudian akan dipompakan menuju tangki *cyclone* yang berada pada *ball mill* untuk dipisahkan partikel bijih yang berukuran *overflow* dan kemudian akan digerus kembali sedangkan material yang *underflow* akan dialirkan pada proses selanjutnya.

2.9.2.3 Flotasi

Kegiatan flotasi bertujuan guna memperoleh 92% kandungan tembaga dari *feed* yang masuk ke *plant*. Kandungan tembaga yang terkumpul dalam sirkuit *flotasi* akan diubah menjadi konsentrat. Kandungan dari konsentrat tersebut yaitu 34 % tembaga. Pada kegiatan *flotasi* terdapat 2 tahapan yaitu *rougher scavenger* dan *cleaning*. Adapun hasil akhir dari kegiatan *flotasi* akan menghasilkan konsentrat yang mengandung 60-70% *solid* yang telah di keringkan dengan cara *thickening*.

2.9.2.4 Pencucian Konsentrat dan Pemompaan Konsentrat

Pengolahan bijih (*grinding* dan *flotasi*) dilakukan dengan menggunakan air laut. Air laut merupakan sumber air yang murah akan tetapi

mengandung garam yang harus dibuang dari konsentrat. Apabila garam yang berada pada konsentrat tidak dibuang, maka akan terjadi korosi besar. Adapun metode penghilangan garam yang digunakan oleh PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu dengan proses *Counter Current Decantation (CCD)*. Proses CCD ini diterapkan dengan melakukan pencucian kembali konsentrat, di mana aliran konsentrat diarahkan berlawanan arah dengan arah dari aliran air pencuci. Air pencuci yang digunakan dalam proses ini yaitu air tawar. Setelah itu, konsentrat dipompa menuju area pelabuhan dengan menggunakan pipa sepanjang 17,6 km. Pompa yang dalam proses pemompaan ini yaitu pompa model TZPM 500, dengan *variable-speedmotor* berkekuatan 400-kW.

2.9.2.5 Tailing

Tailing hasil dari kegiatan proses mineral bijih berbentuk 24-40% padatan. Dalam pengolahan *tailing* oleh konsentrator, terdapat beberapa campuran yang ditambahkan ke dalam *tailing* diantaranya yaitu air guna mengurangi tingkat padatan dari *tailing* dan juga larutan kapur guna mengendapkan tembaga atau logam lainnya yang terbawa dalam *slurry*. Tujuan diprosesnya terlebih dahulu *tailing* sebelum di buang ke bawah laut yaitu untuk menghilangkan kandungan udara yang terdapat pada *tailing*, sehingga ketika ditempatkan di laut dalam, tidak terjadi pergerakan - pergerakan *tailing* ke atas akibat dorongan udara tersebut.

Pembuangan *tailing* ini dilakukan dengan menggunakan pipa dari area *plant concentrator* menuju bawah laut. Pipa yang digunakan dalam proses pembuangan *tailing* ke laut dalam yaitu 1,12 m (44 inchi) untuk pipa yang berada di darat maupun di laut. Panjang pipa pembuangan *tailing* yang berada di darat yaitu 6 km. Sistem pembuangan *tailing* tersebut di namakan sebagai penempatan *tailing* laut dalam (*deep sea tailing placement*). PT. Amman Mineral Nusa Tenggara menempatkan *tailingnya* di lepas pantai Sejorong dengan kedalaman mencapai 3-4 km di palung laut.



Gambar 2. 9 Tempat Penampungan Air Asam Tambang PTAMNT
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

2.9.2.6 Shipping atau Pengapalan Konsentrat

Setelah konsentrat di pompa menuju pelabuhan, konsentrat akan diolah kembali agar siap untuk dijual *shipping*. Tujuan dilakukannya pengolahan ini yaitu untuk menyesuaikan kembali tingkat kelembaban konsentrat dan memastikannya telah sesuai dengan tingkat kelembaban standar. Konsentrat yang akan dikapalkan tidak boleh terlalu kering ataupun terlalu basah. Konsentrat dengan nilai kelembaban terlalu kering akan menimbulkan masalah pada saat penanganan material dan juga akan menimbulkan banyak debu yang berlebihan saat dilakukan pembongkaran muatan, sedangkan apabila konsentrat dalam kadar kelembaban yang terlalu basah maka pada saat telah di muat konsentrat dapat bergerak dan mengalir ketika berada di dalam dek kapal dan akan memungkinkan terjadinya kapal terbalik.

PT. Amman Mineral Nusa Tenggara menghasilkan konsentrat setiap harinya, akan tetapi proses *shipping* atau pengapalan tidak terjadi setiap hari. Berdasarkan hal tersebut, maka PT. Amman Mineral Nusa Tenggara membangun suatu tempat penyimpanan konsentrat yang dinamakan dengan *stockpile* konsentrat. Kapasitas dari *stockpile* konsentrat ini yaitu mencapai 40.000 ton kubik ditambah dengan 20.000 ton kubik kapasitas darurat.

2.9.3 Kegiatan Reklamasi

Program reklamasi telah dan terus dikembangkan guna menata ulang vegetasi setempat yang hasilnya akan memiliki struktur dan keberagaman yang sama dengan masa sebelum kegiatan penambangan dilakukan. Kegiatan reklamasi yang dilakukan oleh PT. Amman Mineral Nusa Tenggara dilakukan bertahap dan beriringan dengan proses penambangan agar dapat mencegah terjadinya erosi, menjaga kestabilan dari lereng dan juga secepat mungkin dalam mendukung dalam pengembalian habitat satwa liar asli yang berada di Batu Hijau seperti monyet, ayam hutan, babi hutan burung elang dan hewan lainnya. Adapun kegiatan reklamasi yang dilakukan yaitu pada area *dumping* yang telah final dan tidak akan diganggu kembali. Selain kegiatan vegetasi, hal lain yang dilakukan oleh PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yaitu dengan membuat instalasi pengolahan limbah yang didirikan di Tongoloka dan Sejorong yang dapat menjadi tempat menghapusnya potensi degradasi air permukaan oleh air asam dari batuan limbah tambang.



Gambar 2.10 Area Reklamasi PT. Amman Mineral Nusa Tenggara
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Lereng

Lereng merupakan suatu bidang yang dapat menjadi penghubung antara permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan yang lebih rendah. Menurut Das (1985) lereng merupakan suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal dan tidak terlindungi. Selain itu, lereng juga didefinisikan sebagai bagian dari permukaan bumi yang berbentuk miring. Berdasarkan material pembentuknya, lereng dibedakan menjadi lereng batuan dan lereng tanah. Sedangkan dalam (Pangaribuan & Retongga, 2022) menurut Abramson (1985) lereng dibedakan menjadi dua jenis sesuai proses pembentukannya yaitu :

1. Lereng Alami (*natural slope*)

Lereng alami merupakan suatu lereng yang terbentuk karena adanya proses alam. Lereng alami dapat mengalami runtuh secara tiba-tiba dikarenakan adanya beberapa faktor yaitu perubahan topografi, gempa, aliran air tanah, perubahan tegangan, cuaca serta pelapukan. Keruntuhan yang terjadi pada lereng alami sulit untuk dipahami secara baik faktor penyebabnya dikarenakan sedikitnya studi-studi yang dilakukan pada lereng alami tersebut.

2. Lereng Buatan

Lereng buatan merupakan lereng yang dibuat oleh manusia. Adapun jenis dari lereng buatan dibagi menjadi dua yaitu :

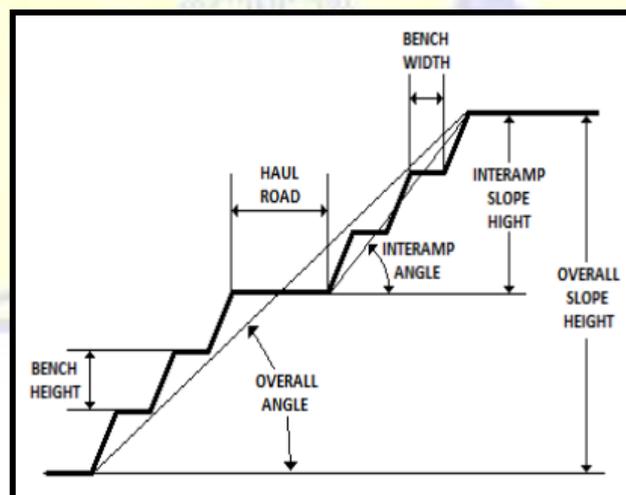
- a. Lereng galian (*cut slope*)

Lereng galian terbuat oleh tanah asli dengan cara memotong sesuai kemiringan yang telah ditentukan. Lereng galian biasanya digunakan untuk pembuatan jalan atau saluran irigasi. Tujuan dari dibuatnya rencana untuk lereng galian yaitu untuk menentukan geometri dan sudut kemiringan lereng yang optimum sehingga lereng yang terbentuk dalam kondisi stabil. Lamanya kondisi kestabilan lereng

harus disesuaikan dengan sifat galian baik sementara ataupun permanen. Lereng galian dapat dibuat dengan sudut kemiringan tunggal ataupun bervariasi sesuai jenis material yang digali. Proses penggalian dapat dilakukan secara berjenjang dengan membuat *bench* untuk setiap interval ketinggian. Adapun jenis analisa yang dilakukan untuk lereng yang berjenjang maka harus dilakukan analisa kestabilan lereng secara menyeluruh ataupun secara tunggal pada setiap jenjang.

b. Lereng timbunan (*embankment*)

Lereng timbunan merupakan lereng yang terbentuk oleh material tanah atau batuan yang dipadatkan. Adapun contoh dari lereng timbunan yaitu timbunan badan jalan raya, timbunan tanah urug, tanggul dan juga area *waste dump* pada suatu pertambangan. Sifat teknis tanah timbunan sangat dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan, metode penimbunan dan juga kepadatan material penyusunnya. Umumnya, proses analisa kestabilan lereng timbunan biasanya relatif lebih mudah dari pada lereng alami dan lereng galian karena material yang akan digunakan untuk timbunan dapat dipilih dan dikontrol secara baik.



Gambar 3.1 Bagian-Bagian dari Suatu Lereng
(Sumber : Hoek & Bray, 1981)

3.2 Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng dalam operasi tambang terbuka sangat berkaitan pada kegiatan penimbunan *waste* pada daerah *waste dump*. Apabila lereng yang terbentuk akibat dari kegiatan-kegiatan tersebut terganggu ataupun tidak stabil, maka akan menjadi penyebab terganggunya kegiatan penambangan. Berdasarkan hal tersebut, suatu analisis kestabilan lereng menjadi suatu bagian yang penting untuk dikaji guna mencegah terjadinya gangguan terhadap kegiatan penambangan maupun terjadinya bencana yang fatal. Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan dari suatu lereng yaitu :

1. Kekuatan Material Penyusun Lereng

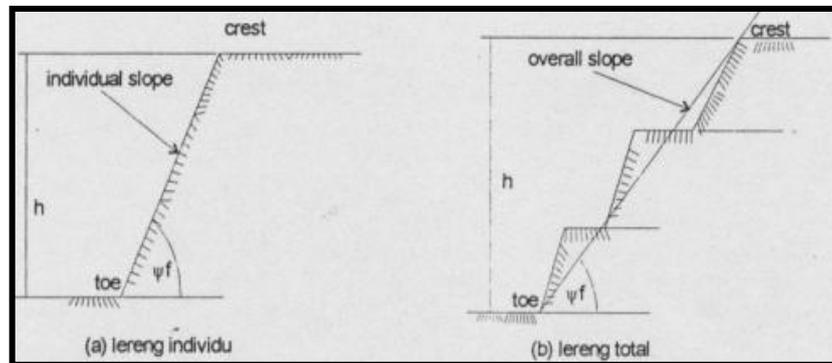
Sifat fisik dan mekanik yang merupakan bagian dari kekuatan massa tanah/batuan sangat berperan penting dalam kegiatan analisis kestabilan lereng. Dalam kegiatan analisis kestabilan lereng sifat fisik yang dibutuhkan yaitu bobot isi. Bobot isi merupakan bagian yang berperan dalam menimbulkan tekanan pada permukaan bidang longsor. Semakin besar nilai bobot isi pada suatu lereng maka gaya geser penyebab longsor akan semakin besar. Sedangkan sifat mekanik yang dibutuhkan dalam analisis kestabilan lereng yaitu kekuatan geser yang dinyatakan dalam parameter kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Kohesi (c) dapat didefinisikan sebagai gaya tarik menarik yang terjadi antar partikel material yang satuannya dapat dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Selain parameter kohesi, parameter lain yang merupakan bagian dari kekuatan geser yaitu sudut geser dalam (ϕ). Sudut geser dalam (ϕ) merupakan sudut yang terbentuk akibat adanya interaksi atau hubungan antara tegangan normal dengan tegangan geser yang berada dalam material.

2. Geometri Lereng

Geometri lereng merupakan bentukan dari suatu lereng yang terdiri dari tinggi (h) dan kemiringan lereng (ψ) baik pada lereng tunggal (*single slope*) maupun lereng keseluruhan (*overall slope*). Suatu lereng dapat dikatakan lereng tunggal (*single slope*) apabila hanya tersusun oleh satu jenjang, sedangkan untuk lereng keseluruhan (*overall slope*) yaitu tersusun

oleh beberapa jenjang. Sudut kemiringan pada lereng didapatkan dengan cara menghubungkan batas bawah (*toe*) jenjang terbawah dengan batas atas (*crest*) jenjang teratas (**Gambar 3.2**)



Gambar 3.2 Geometri Lereng Tunggal dan Lereng Keseluruhan
(Sumber : Hoek & Bray, 1981)

Kemiringan lereng juga dapat menjadi faktor utama dalam kestabilan suatu lereng. Semakin curam terbentuknya suatu lereng maka semakin besar juga kemungkinan lereng tersebut akan longsor. Hal tersebut dikarenakan gaya penggerak dari lereng tersebut semakin besar dan begitupun sebaliknya apabila kemiringan lereng semakin landai maka akan semakin kecil kemungkinan untuk lereng tersebut longsor karena gaya penggerak lereng tersebut semakin kecil.

3. Iklim

Iklim sangat berpengaruh terhadap kemantapan suatu lereng karena iklim mempengaruhi jumlah curah hujan pada suatu daerah. Debit dari intensitas curah hujan yang cukup tinggi pada suatu daerah akan menyebabkan bertambahnya debit air yang akan menjadi air tanah dan juga air permukaan. Kedua jenis air tersebut sangat berpengaruh pada proses pelapukan material, semakin banyaknya jumlah air pada suatu daerah maka akan semakin cepat material pada daerah tersebut mengalami pelapukan. Adanya pelapukan ini akan menjadi penyebab lemahnya kekuatan massa material maupun kekuatan geseknya sehingga secara tidak langsung akan mempengaruhi kestabilan dari lereng tersebut.

4. Gaya Luar

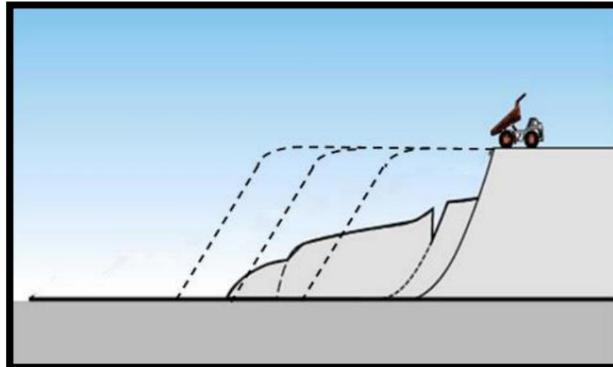
Gaya luar merupakan gaya yang berasal dari luar lereng yang dapat mempengaruhi kestabilan dari suatu lereng. Gaya ini dapat berupa getaran yang berasal dari kegiatan peledakan, gempa dan operasional alat mekanis yang berada disekitar lereng (Bowles, 1989). Getaran yang ditimbulkan akan mengakibatkan terganggunya kestabilan dari gaya-gaya yang bekerja didalam lereng yang akan menyebabkan bertambahnya gaya geser yang terjadi.

3.3 *Waste Dump*

Menurut Arif dan Gatot (2005), area *waste dump* merupakan suatu daerah yang berada pada suatu operasi penambangan sistem tambang terbuka yang berfungsi atau dijadikan sebagai tempat pembuangan material tidak berharga, baik itu material mineral dengan kadar rendah ataupun material lapisan penutup (*overburden*) yang berada dekat dengan lokasi penambangan. Area *waste dump* yang telah final dari segi bentuk dan juga volume, nantinya akan dijadikan sebagai daerah reklamasi atau daerah penghijauan. Adapun metode penimbunan material dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. *Valley Fill (Crest dump)*

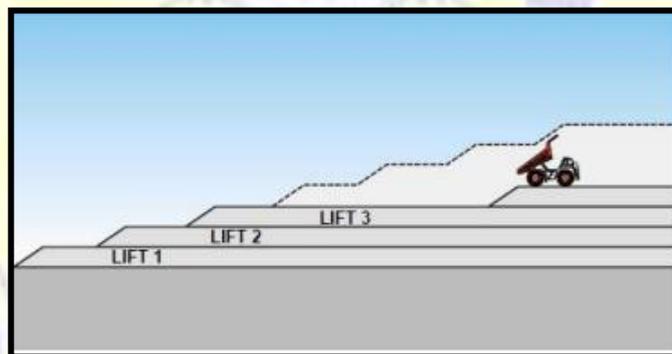
Metode ini sering kali digunakan pada daerah yang memiliki topografi yang curam. Alat angkut yang membawa muatan akan berada pada elevasi tersebut tertinggi yang telah ditentukan pada awal perencanaan area dan membuang muatannya kearah bawah atau arah lembah. Setelah tinggi material timbunan sama dengan tinggi tebing maka akan dilakukan perataan. Elevasi *crest* harus tetap dipertahankan sampai operasi penambangan selesai. Dalam prakteknya, timbunan ini dapat membentuk lahan yang tidak stabil terutama apabila terdapat banyak material lunak dan apabila terjadi hujan yang memiliki curah tinggi akan membutuhkan usaha yang besar dalam pemadatan material yang memenuhi syarat dalam proses kegiatan reklamasi.



Gambar 3.3 Metode Penimbunan *Valley Fill/Crest Dumps*
(Sumber: Rana Antariksa D,2022)

2. *Terraced Dump*

Metode ini dapat digunakan pada daerah yang memiliki topografi tidak begitu curam pada lokasi area *waste dump*. Metode ini dilakukan dengan melakukan *dumping* dari arah bawah ke atas dengan membentuk beberapa jenjang penimbunan (*bench*). Tinggi antar jenjang penimbunan berkisar antara 20-40 meter. Jenjang-jenjang yang berikutnya terbetuk terletak lebih ke belakang sehingga membentuk sudut lereng keseluruhan (*overall slope*) dengan mendekati syarat yang dibutuhkan untuk proses reklamasi.



Gambar 3.4 Metode Penimbunan *Terraced Dump*
(Sumber: Rana Antariksa D,2022)

Rancangan area *waste dump* sangat perlu diperhatikan guna perhitungan keekonomian. Lokasi dan bentuk suatu area *waste dump* sangat berpengaruh pada jumlah gilir truk, biaya operasi dan jumlah truk dalam satu armada yang diperlukan. Adapun fakta umum yang ada pada area *waste dump* yaitu :

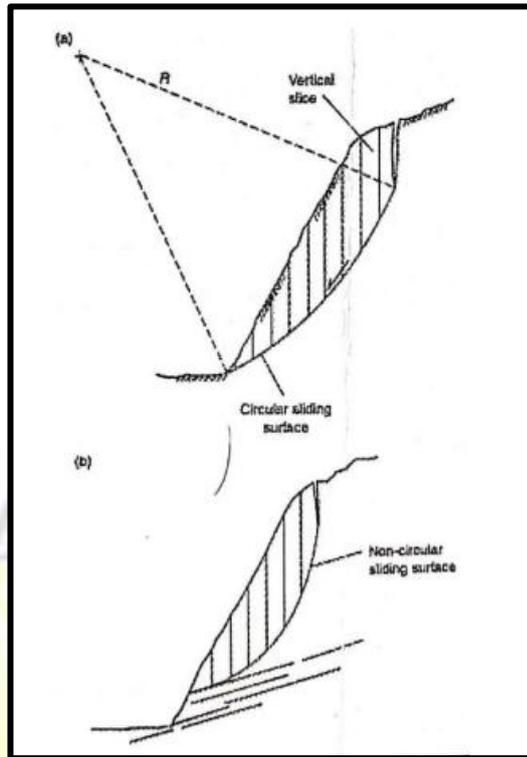
1. Material yang telah dibongkar (*loose material*) berkembang menjadi 30-45 (*swelling factor*) dibandingkan dengan material *in situ*.
2. Sudut kemiringan untuk suatu *waste dump* lebih landai dari pada *pit*
3. Material umumnya tidak dapat ditumpuk setinggi kedalaman *pit*.

3.4 Longsoran

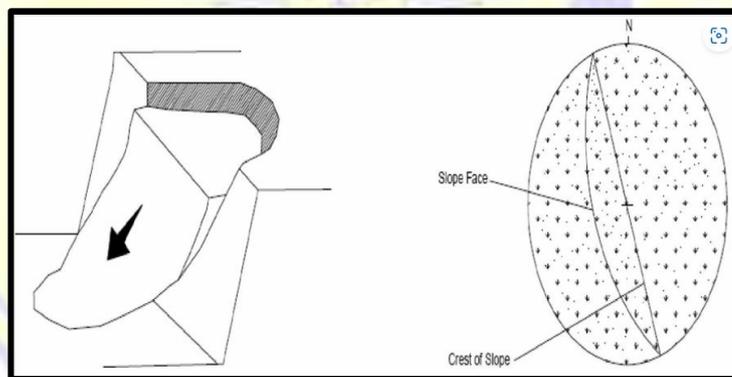
Longsoran merupakan salah satu jenis gerakan masa tanah, batuan ataupun bahan rombakan yang menuruni lereng (Karnawati, 2005). Lereng tambang yang tidak stabil akan mengalami longsoran sampai lereng tersebut menemukan keseimbangan yang baru dan menjadi stabil. Longsoran yang terjadi dapat menimbulkan kerusakan kecil hingga kerusakan total. Adapun jenis longsoran yang sering terjadi pada lereng tambang yaitu longsoran bidang, longsoran busur, longsoran guling, longsoran baji dan longsoran kompleks. Namun, jenis longsoran yang biasanya terjadi pada area lereng *waste dump* yaitu :

1. Longsoran Busur

Longsoran busur merupakan salah satu jenis longsoran yang paling umum terjadi terutama pada lereng yang material penyusunnya telah mengalami pelapukan serta pada lereng-lereng area *waste dump*. Bentuk bidang gelincir pada longsoran busur akan menyerupai busur bila digambarkan pada penampang melintang. Selain itu, longsoran ini umumnya sering terjadi pada lereng yang memiliki susunan material tanah atau batuan yang lunak.



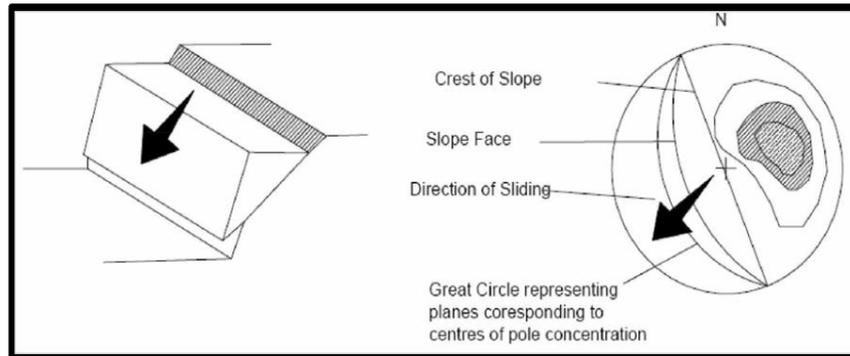
Gambar 3.5 Skema Longsoran Busur
(Sumber : Irwandi Arif, 2016)



Gambar 3.6 Bentuk Longsoran Busur
(Sumber : Hoek and Bray, 1981)

2. Longsoran Bidang

Longsoran bidang merupakan suatu longsoran batuan yang bidang seluncurnya dianggap rata. Longsoran jenis ini relatif jarang terjadi. Namun, jika longsoran ini terjadi volume longsoran akan lebih besar daripada volume longsoran jenis lain.



Gambar 3.7 Bentuk Longsoran Bidang
(Sumber : Hoek and Bray, 1981)

3.5 Upaya Perkuatan Lereng dan Pencegahan Longsor

Penanggulangan longsoran yang dilakukan yaitu bersifat pencegahan sebelum kejadian terjadi longsor pada daerah potensial dan juga setelah longsor terjadi jika belum runtuh total. Cara penanggulangan yang tepat dapat diperhatikan dengan mengetahui penyebab utama terjadinya longsoran dan kondisi geologi perlapisan. Adapun langkah umum yang digunakan dalam menangani longsor yaitu pemetaan geologi topografi daerah longsor, pemetaan untuk mengetahui bentuk dari lapisan bidang gelincir, pemasangan *piezometer* untuk mengetahui muka air tanah dan melakukan pemasangan *slope indicator* guna mencari bidang geser yang terjadi. Pada prinsipnya terdapat dua cara yang dapat digunakan dalam menstabilkan lereng yaitu :

1. Memperkecil gaya penggerak dengan mengubah bentuk lereng.

Adapun langkah yang dapat dilakukan yaitu :

- a. Memperkecil sudut kemiringan lereng.
- b. Memperkecil ketinggian lereng .
- c. Merubah lereng menjadi bertingkat (seperti contoh awalnya 1 *bench* menjadi 2 *bench/ multi slope*).

2. Memperbesar gaya penahan longsor.

Adapun Langkah yang dapat dilakukan yaitu :

- a. Membuat *counter weight* yaitu dengan memberikan dinding timbunan pada kaki lereng dengan tinggi 3/4 dari tinggi alat mekanis terbesar.
- b. Membuat saluran drainase sehingga muka air tanah dapat menurun.

3.6 Analisis Kestabilan Lereng

Menurut Hardiyatmo (2006) dalam Wangga Sebayang (2020), analisis kestabilan lereng dilakukan bertujuan untuk menentukan nilai faktor keamanan (FK) dari suatu bidang yang memiliki potensi mengalami longsoran. Nilai Faktor keamanan (FK) merupakan perbandingan antara besarnya gaya penahan dengan gaya penggerak longsoran, dengan diketahuinya nilai FK dapat membantu dalam pembentukan atau perkuatan lereng guna memastikan lereng dalam keadaan stabil atau tidak stabil. Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan suatu nilai faktor keamanan (FK) minimum dengan suatu nilai tertentu yang dijadikan sebagai batas faktor keamanan terendah yang masih aman sehingga lereng dapat dinyatakan stabil atau tidak. Secara matematis faktor kestabilan lereng dinyatakan sebagai berikut:

$$F = \frac{R}{Fp} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

- F : Faktor kestabilan lereng
- R : Gaya penahan (resultan gaya-gaya yang membuat lereng tetap stabil)
- Fp : Gaya penggerak (resultan gaya-gaya yang menyebabkan lereng longsor)

3.7 Dasar Hukum Geoteknik Tambang

Dalam analisis yang dilakukan terdapat dasar hukum yang menjadi acuan serta pedoman dalam menentukan hasil analisa. Adapun dasar hukum yang digunakan dalam kestabilan lereng yaitu Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik yaitu untuk nilai faktor keamanan (FK) lereng sebesar $\geq 1,1$ untuk lereng tunggal (*single slope*) dan $\geq 1,3$ untuk lereng keseluruhan (*overall slope*).

Tabel 3.1 Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Lereng Tambang

Jenis Lereng	Keparahan Longsor	Kriteria dapat diterima		
		Faktor Keamanan Statis (min)	Faktor Keamanan Dinamis (min)	Probabilitas Longsor (maks)
Lereng Tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25 – 50 %
<i>Inter-ramp</i>	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 %

(Sumber : KEPMEN ESDM Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 (hal-57))

3.8 Metode Analisis Kestabilan Lereng

Adapun jenis metode yang digunakan dalam proses analisis kestabilan lereng yaitu :

1. Metode *Bishop*

Metode *Bishop* merupakan metode dalam menganalisa kestabilan lereng dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada, dengan asumsi bahwa nilai gaya geser antar irisan sama dengan nol. Metode *bishop* ini menjadi metode yang sangat populer dalam menganalisa kestabilan lereng khususnya lereng timbunan atau *waste dump* dikarenakan perhitungan yang dilakukan cukup sederhana, cepat dan dapat memberikan hasil perhitungan yang cukup teliti. Metode ini sangat cocok digunakan dalam pencarian secara otomatis bidang runtuh kritis yang berbentuk busur lingkaran guna mencari faktor keamanan minimum dan longsoran busur merupakan jenis longsoran yang sering terjadi pada area *waste dump*. Kelemahan dari metode ini yaitu tidak mempertimbangkan kesetimbangan gaya horizontal dan kurang pas jika digunakan untuk perhitungan selain longsoran busur. Adapun persamaan dari metode *bishop* yaitu sebagai berikut :

$$SF = \frac{1}{W \sin \alpha} [c' + (w - uB) \cdot \operatorname{tg} \phi'] \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \phi'}{SF}} \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan :

- SF = Faktor keamanan
- W = Berat slice
- c' = Kohesi efektif
- ϕ' = Sudut geser dalam efektif
- B = Lebar slice

2. Metode *Morgenstren-price*

Metode *Morgenstren-price* merupakan metode kesetimbangan batas yang dalam proses analisisnya berasal dari hasil kesetimbangan setiap gaya-gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut. Proses analisa menggunakan metode ini dilakukan dengan dua prinsip yaitu kesetimbangan momen (Fm) dan kesetimbangan gaya (Ff). Metode ini dapat digunakan untuk semua bentuk bidang runtuh dan telah memenuhi semua kondisi kesetimbangan. Selain itu, metode ini merupakan metode yang paling teliti dalam analisis kestabilan lereng karena metode ini mengasumsikan kemiringan gaya geser antar irisan lereng karena ia mengasumsikan kemiringan gaya geser antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi yang diasumsikan tertentu. Adapun kelebihan dari metode ini yaitu metode ini memperhitungkan kesetimbangan gaya vertical dan horizontal, termasuk pula gaya putar dan juga memperhitungkan semua kesetimbangan momen.

Dalam metode ini dilakukan asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antara gaya geser pada sekitar irisan (X) dengan gaya normal di sekitar irisan (E) dengan persamaan :

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E \dots \dots \dots (3.3)$$

Gaya-gaya yang bekerja pada tiap irisan hiding kelongsoran ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{[Wn - (XR - XL) - \frac{1}{F}(c'(\sin \alpha - ul \tan \phi' \sin \alpha))]}{\cos \alpha (1 + \tan \alpha \frac{\tan \phi'}{E})} \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

P = Gaya normal

c' = Kohesi

Wm = Gaya akibat beban tanah ke-n

α = Sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor

ϕ = Sudut geser tanah

u = Tekanan air pori

XL, XR = Gaya gesek yang bekerja di tepi irisan

Pada metode ini proses analisis kestabilan lereng dilakukan dengan dua prinsip yaitu kesetimbangan momen (F_m) dan kesetimbangan gaya (F_f). Adapun persamaan faktor keamanan dari prinsip kesetimbangan momen untuk bidang longsor circular yaitu :

$$F_m = \frac{\sum (c' l + (p - ul) \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha} \dots \dots \dots (3.5)$$

Adapun nilai faktor keamanan untuk prinsip kesetimbangan gaya yaitu :

$$F_m = \frac{\sum [(c' l + (p - ul) \tan \phi') \cos \alpha]}{\sum P \sin \alpha} \dots \dots \dots (3.6)$$

Pada proses analisis yang pertama, gaya geser disekitar irisan (XL dan XR) diasumsikan sama dengan nol. Kemudian pada proses selanjutnya gaya tersebut didapatkan rumus yaitu :

$$(ER - EL) = P \sin \alpha - \frac{1}{F} [C' + P - ul] \tan \phi' \cos \alpha \dots \dots \dots (3.7)$$