

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN JANGKA PANJANG AREA *PIT COMPARTMENT 2*  
DI BLOK BAHODOPI PT VALE INDONESIA TBK  
PROVINSI SULAWESI TENGAH**

**Disusun dan diajukan oleh**

**TASYAH SHAFIRA**

**D111181006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PERENCANAAN JANGKA PANJANG AREA *PIT COMPARTMENT 2*  
DI BLOK BAHODOPI PT VALE INDONESIA TBK  
PROVINSI SULAWESI TENGAH**

**Disusun dan diajukan oleh**

**TASYAH SHAFIRA**

**D111181006**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 29 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

**Menyetujui,**

Pembimbing Utama,

Dr. Eng. Rini Novrianti Sutardjo T, S.T., M.BA., M.T

NIP. 198311142014042001

Pembimbing Pendamping,

Dr. Aryanti Virianti Anas, S.T., M.T

NIP. 197101012010121001

Ketua Program Studi,



Asran Ilyas, ST., M.T., Ph.D

NIP. 197303142000121001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tasyah Shafira  
NIM : D111181006  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Perencanaan Jangka Panjang Area *Pit Compartment 2*  
di Blok Bahodopi PT Vale Indonesia Tbk  
Provinsi Sulawesi Tengah

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 Agustus 2022

Yang menyatakan



Tanda tangan

Tasyah Shafira

## ABSTRAK

PT Vale Indonesia Tbk, merupakan salah satu perusahaan pertambangan nikel terbesar di Indonesia dengan luas 70.566 hektar yang terletak di daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Salah satu dari bagian Kontrak Karya PT Vale Indonesia adalah Blok Bahodopi. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat desain *pit*, *mine haul road*, *disposal*, *dyke* dan *quarry*, mengestimasi total cadangan, melakukan analisis kelayakan investasi dan analisis sensitivitas. Data yang digunakan dalam pembuatan desain adalah data topografi daerah penelitian, model blok daerah penelitian, data *mine recovery factor* tahun 2021, data operasi, data geometri jenjang, geometri jalan angkut, dan geometri jenjang *disposal*. Desain *pit compartment* dan perhitungan cadangan diolah menggunakan *software Micromine 2021* dan desain *mine haul road*, *disposal*, *dyke* dan *quarry* menggunakan *software Maptek Vulcan 2020* serta analisis kelayakan investasi dan analisis sensitivitas diolah menggunakan aplikasi *Microsoft Excel*. Perencanaan jangka panjang area *Pit Compartment 2* mempertimbangkan aspek teknis berupa Standar Operasional Prosedur (SOP) dan geometri jenjang. Total tonase material (*overburden* dan *waste*) dan bijih nikel yang dihasilkan pada *Pit Compartment 2* sebanyak 3.602.751 wmt dan 2.359.388 wmt. Hasil estimasi total cadangan nikel yang dihasilkan dari area *Pit Compartment 2* sebanyak 19.942 ton nikel. Hasil analisis kelayakan investasi dengan *discount rate* 7,5% per tahun diperoleh nilai *Net Present Value* sebesar US\$122.206.312, *Internal Rate of Return* sebesar 215% dan *Payback Period* yakni 0,13 tahun, hasil analisis sensitivitas memperlihatkan bahwa nilai *Net Present Value* paling sensitif terhadap perubahan nilai variabel harga nikel.

Kata Kunci: nikel, *pit compartment*, jalan tambang, *disposal*, *quarry*, *dyke*.

## **ABSTRACT**

*PT Vale Indonesia Tbk is one of the largest nickel mining companies in Indonesia with an area of 70,566 hectares located in the Sorowako area, East Luwu Regency, South Sulawesi Province. One part of PT Vale Indonesia's Contract of Work is the Bahodopi Block. The purpose of this research is to design pit, mine haul road, disposal, dyke and quarry, estimate total reserves, conduct investment feasibility analysis and sensitivity analysis. The data used in making the design are topographic data of the research area, block model of the research area, mine recovery factor data for 2021, operation data, pit level geometry, haul road geometry, and disposal level geometry. The pit compartment design and reserve calculations were processed using Micromine 2021 software and mine haul road, disposal, dyke and quarry designs using Maptek Vulcan 2020 software as well as investment feasibility analysis and sensitivity analysis were processed using the Microsoft Excel application. Long-term planning for the Pit Compartment 2 area considers technical aspects in the form of Standard Operating Procedures (SOP) and pit level geometry. The total tonnage of material (overburden and waste) and nickel ore produced in Pit Compartment 2 is 3,602,751 wmt and 2,359,388 wmt, respectively. The estimated total nickel reserves produced from the Pit Compartment 2 area are 19,942 tons of nickel. The results of the investment feasibility analysis with discount rate of 7.5% per year obtained an Net Present Value of US\$122,206,312 an Internal Rate of Return of 215% and a Payback Period of 0.13 years, the results of the sensitivity analysis show that the Net Present Value is the most sensitive to changes nickel price variable value.*

*Keywords: nickel, pit compartment, mine road, disposal, quarry, dyke.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Jalla Jalaluhu penulis panjatkan karena atas segala berkah yang diberikan oleh-Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul "Perencanaan Jangka Panjang Area *Pit Compartment 2* di Blok Bahodopi PT Vale Indonesia Tbk, Provinsi Sulawesi Tengah" ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini dilakukan di PT Vale Indonesia Tbk dari tanggal 17 November 2021 hingga 31 Januari 2022.

Selama penyusunan laporan Tugas Akhir, penulis banyak menemukan kendala-kendala namun berkat dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Muh. Ibnu Rusjid Andi yang telah menjadi pembimbing selama penulis melakukan Tugas Akhir. Terima kasih juga penulis haturkan kepada Kak Yuyun Wahyudin dan Kak Yessi Destianti dari *Mines Department* yang selalu siap membantu dan juga banyak memberikan arahan dan masukan.

Terima kasih kepada seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya dan untuk seluruh staf akademik Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu di bidang akademik dan kemahasiswaan.

Terima kasih kepada Ibu Rini Novrianti Sutardjo T, S.T., M.BA., M.T. dan Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T. selaku pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing, memberi masukan, serta memberi semangat kepada penulis selama menyusun laporan Tugas Akhir, dan kepada Ibu Rizki Amalia, S.T., M.T selaku dosen Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Asran Ilyas, S.T, M.T, Ph.D dan Bapak Dr. Eng. Ir Muhammad Ramli, M.T. selaku dosen penguji.

Ucapan terima kasih juga juga penulis haturkan kepada Afifah Liutari dan keluarga, sahabat-sahabatku, saudara-saudaraku dari Teknik Pertambangan angkatan 2018 dan seluruh anggota Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis. Terutama kepada keluargaku yang tercinta, terima kasih juga tak kalah besarnya penulis haturkan kepada kedua orang tua dan keluarga besar yang selalu mendo'akan serta memberikan semangat yang luar biasa dan memberikan dukungan moril maupun materil selama penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan untuk pembaca mengenai perencanaan jangka panjang tambang.

Makassar, 12 Agustus 2022

Tasyah Shafira

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Lokasi Penelitian .....	4
1.6 Tahapan Penelitian .....	5
BAB II PERENCANAAN JANGKA PANJANG.....	7
2.1 Perencanaan Tambang.....	7
2.2 Cadangan .....	19
2.3 Analisis Kelayakan Investasi.....	24
2.4 Analisis Sensitivitas .....	29
BAB III METODE PENELITIAN .....	33
3.1 Pengambilan Data.....	33
3.2 Pengolahan dan Analisis Data .....	36



BAB IV PERENCANAAN AREA <i>PIT COMPARTMENT 2</i> .....	75
4.1    Desain <i>Pit Compartment 2</i> .....	75
4.2    Desain <i>Mine Haul Road</i> .....	77
4.3    Desain <i>Disposal</i> .....	78
4.4    Desain <i>Dyke</i> .....	79
4.5    Desain <i>Quarry</i> .....	80
4.6    Perhitungan Cadangan .....	81
4.7    Perhitungan Pendapatan ( <i>Gross Revenue</i> ).....	83
4.8    Perhitungan Total Pengeluaran.....	84
4.9    Perhitungan <i>Cash Flow (Profit)</i> .....	86
4.10   Analisis Kelayakan Investasi.....	87
4.11   Analisis Sensitivitas .....	88
BAB V PENUTUP .....	92
5.1    Kesimpulan .....	92
5.2    Saran .....	93
DAFTAR PUSTAKA .....	94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Diagram proses perencanaan tambang (Sasongko, 2009). .....	8
2. 2 Bagian-bagian geometri jenjang (Hustrulid <i>et al.</i> , 2013).....	11
2. 3 Penampang <i>open pit</i> pada tubuh bijih (Wetherelt <i>and</i> Wielen, 2011).....	12
2. 4 <i>Disposal induced flow</i> (DIF) (PT Vale Indonesia Tbk, 2018).....	15
2. 5 <i>Disposal semi induced flow</i> (DSIF) (PT Vale Indonesia Tbk, 2018). .....	15
2. 6 <i>Disposal finger</i> (DF) (PT Vale Indonesia Tbk, 2018).....	16
2. 7 Skema penampang <i>dyke</i> (Askuri <i>and</i> Ben, 2011).....	17
3. 1 Menu menampilkan model blok dari <i>Pit Compartment 2</i> . .....	36
3. 2 Tampilan model blok dari <i>Pit Compartment 2</i> .....	37
3. 3 Tampilan cara membuat <i>pit</i> . .....	37
3. 4 Tampilan jendela <i>pit design</i> . .....	38
3. 5 Tampilan cara membuat poligon <i>toe</i> . .....	38
3. 6 Tampilan hasil membuat poligon <i>toe</i> pada <i>pit design</i> .....	39
3. 7 Tampilan hasil menghaluskan sudut menggunakan <i>smooth</i> . .....	39
3. 8 Tampilan hasil dari pembuatan <i>ramp</i> dari elevasi terendah. ....	40
3. 9 Tampilan hasil proyeksi poligon <i>toe</i> . .....	40
3. 10 Tampilan hasil pembuatan <i>string pit</i> .....	41
3. 11 Tampilan hasil pembuatan <i>surface pit compartment</i> . .....	41
3. 12 Tampilan cara memotong <i>surface pit</i> dan topografi. ....	42
3. 13 Tampilan hasil potongan <i>surface pit</i> dan topografi.....	42
3. 14 Tampilan cara memotong <i>solid pit</i> . .....	43
3. 15 Tampilan <i>solid pit</i> yang telah dibuat.....	43
3. 16 Tampilan cara perhitungan cadangan.....	44

Gambar	Halaman
3. 17 Tampilan cara membuat <i>line mine haul road</i> .....	45
3. 18 Cara menampilkan <i>grade line haul road</i> .....	45
3. 19 Tampilan cara membuat <i>ramp</i> dan <i>line haul road</i> . ....	46
3. 20 Tampilan cara memproyeksikan poligon ke atas. ....	46
3. 21 Tampilan hasil dari proyeksi poligon ke atas.....	47
3. 22 Tampilan cara mengekspan poligon ke samping. ....	47
3. 23 Tampilan hasil mengekspan poligon ke samping.....	48
3. 24 Tampilan hasil akhir dari proyeksi poligon untuk <i>cut</i> . ....	48
3. 25 Tampilan cara membuat <i>surface</i> dari proyeksi poligon <i>cut</i> .....	49
3. 26 Tampilan triangulasi topografi <i>mineout</i> dan <i>solid</i> dari <i>cut</i> . ....	49
3. 27 Tampilan cara menghitung volume <i>solid</i> dari <i>cut</i> . ....	50
3. 28 Tampilan cara memproyeksikan poligon ke bawah.....	50
3. 29 Tampilan hasil dari proyeksi poligon ke bawah. ....	51
3. 30 Tampilan cara mengekspan poligon ke samping. ....	51
3. 31 Tampilan hasil mengekspan poligon ke samping.....	52
3. 32 Tampilan hasil akhir dari proyeksi poligon untuk <i>fill</i> . ....	52
3. 33 Tampilan cara membuat <i>surface</i> dari proyeksi poligon <i>fill</i> . ....	53
3. 34 Tampilan <i>surface</i> dari proyeksi <i>polygon fill</i> .....	53
3. 35 Tampilan cara menambahkan <i>solid</i> dari hasil triangulasi dari <i>fill</i> . ....	54
3. 36 Tampilan cara menghitung volume dari <i>solid fill</i> . ....	54
3. 37 Tampilan hasil pembuatan poligon <i>disposal</i> .....	55
3. 38 Tampilan cara memproyeksikan poligon ke bawah.....	56
3. 39 Tampilan hasil akhir proyeksi poligon ke bawah. ....	56
3. 40 Tampilan cara membuat <i>surface disposal</i> . ....	57
3. 41 Tampilan cara pembuatan <i>solid triangulation</i> dari <i>disposal</i> . ....	57

Gambar	Halaman
3. 42 Tampilan hasil pembuatan <i>solid triangulation</i> dari <i>disposal</i> .....	58
3. 43 Tampilan hasil pembuatan <i>centre line berm</i> .....	58
3. 44 Tampilan cara menyamakan elevasi <i>centre line berm</i> .....	59
3. 45 Tampilan cara membuat <i>ramp</i> .....	59
3. 46 Tampilan <i>ramp</i> pada <i>line dyke</i> .....	60
3. 47 Tampilan cara memproyeksikan poligon. ....	60
3. 48 Tampilan hasil proyeksi poligon ke bawah. ....	61
3. 49 Tampilan cara membuat <i>berm</i> .....	61
3. 50 Hasil proyeksi ke samping. ....	62
3. 51 Tampilan cara membuat <i>surface dyke</i> . ....	62
3. 52 Tampilan cara membuat <i>triangulation</i> topografi dan <i>solid dump</i> .....	63
3. 53 Tampilan <i>triangulation</i> topografi dan <i>solid dump</i> pada <i>dyke</i> .....	63
3. 54 Tampilan hasil pembuatan poligon <i>quarry</i> .....	64
3. 55 Tampilan hasil dari <i>project string</i> . ....	65
3. 56 Tampilan hasil proyeksi ke samping. ....	65
3. 57 Tampilan hasil pembuatan <i>string quarry</i> .....	66
3. 58 Tampilan <i>surface</i> dari <i>quarry</i> .....	66
3. 59 Tampilan cara pembuatan <i>triangulation</i> dari <i>quarry</i> .....	67
3. 60 Tampilan hasil <i>triangulation</i> dari <i>quarry</i> .....	67
3. 61 Bagan alir penelitian.....	73
4. 1 Grafik analisis sensitivitas nilai NPV terhadap perubahan masing-masing variabel.....	91

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3. 1 Data geometri jenjang <i>pit compartment</i> dan <i>dyke</i> di PT Vale Indonesia Tbk ....	34
3.2 Data geometri jalan angkut di PT Vale Indonesia Tbk .....	34
3. 3 Data geometri jenjang <i>disposal</i> di PT Vale Indonesia Tbk.....	34
3. 4 Data <i>mine recovery factor</i> tahun 2021 yang digunakan PTVI.....	35
3. 5 Data biaya operasi .....	35
4. 1 Hasil perhitungan tonase material <i>Pit Compartment 2</i> .....	76
4. 2 Tonase material <i>cut</i> dan <i>fill</i> dari <i>new road area Hill Myara 02</i> .....	77
4. 3 Tonase material <i>cut</i> dan <i>fill</i> dari <i>existing road area Hill Myara 02</i> .....	78
4. 4 Tonase material <i>disposal</i> .....	79
4. 5 Tonase material <i>dyke</i> .....	80
4. 6 Tonase material konstruksi hasil desain <i>quarry</i> .....	80
4. 7 Hasil perhitungan cadangan <i>Pit Compartment 2</i> .....	81
4. 8 Hasil perhitungan kadar mineral pada <i>Pit Compartment 2</i> .....	82
4. 9 Hasil dari perhitungan pendapatan ( <i>revenue</i> ) .....	84
4. 10 Hasil perhitungan <i>operating expenditure</i> .....	84
4. 11 Hasil perhitungan <i>capital expenditure</i> .....	85
4. 12 Hasil perhitungan <i>net cash flow</i> .....	86
4. 13 Hasil perhitungan kriteria kelayakan investasi .....	88
4. 14 Analisis sensitivitas nilai NPV terhadap perubahan harga nikel .....	89
4. 15 Analisis sensitivitas nilai NPV terhadap perubahan <i>operating expenditure</i> .....	89
4. 16 Analisis sensitivitas nilai NPV terhadap perubahan <i>capital expenditure</i> .....	90

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Peta Tunjuk Lokasi Penelitian .....	99
B. Topografi Blok Bahodopi .....	101
C. <i>Block Model Pit Compartment 2</i> .....	103
D. Desain <i>Pit Compartment 2</i> .....	105
E. Desain <i>Mine Haul Road</i> .....	107
F. Desain <i>Disposal and Dyke</i> .....	109
G. Desain <i>Quarry</i> .....	111
H. Cadangan <i>Pit Compartment 2</i> .....	113
I. Standar Operasional Prosedur (SOP) .....	115

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu bagian dari Kontrak Karya PT Vale Indonesia Tbk adalah area Blok Bahodopi yang terletak di Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah. Blok Bahodopi memiliki luas area sebesar 22.699 hektar. Area yang akan digunakan sebagai lokasi penambangan adalah *Hill Myara 02* dan saat ini Blok Bahodopi masih dalam tahap eksplorasi lanjutan. Produksi direncanakan dimulai pada tahun 2023, sehingga perencanaan penambangan yang dibuat termasuk dalam kategori *long term planning* (LTP).

Perencanaan jangka panjang merupakan bagian dari *mining engineering* yang bekerja untuk mengatur perencanaan konseptual jangka panjang dari suatu kegiatan penambangan yang akan dilaksanakan. Perencanaan jangka panjang bertanggung jawab pada beberapa kegiatan seperti *pre-mining works, haul road, disposal* dan *dyke preliminary design* (PT Vale Indonesia Tbk, 2021). Perencanaan jangka panjang pada area *Pit Compartment 2* meliputi desain *pit compartment, mine haul road, disposal*, dan *quarry*.

Desain *pit* adalah suatu kegiatan dalam merencanakan kegiatan produksi pada tambang dengan metode yang digunakan adalah tambang terbuka. Selain itu, desain *pit* berperan penting untuk memudahkan untuk pengambilan cadangan dari suatu endapan (Wandy dkk., 2016). Desain suatu *pit* bergantung pada bentuk dan arah penyebaran dari suatu mineral yang akan ditambang. Mineral dengan penyebaran yang begitu luas menyebabkan desain *pit* penambangan yang luas pula. Salah satu metode untuk mengatasi masalah pengelolaan *pit* yang luas adalah metode *pit compartment*. Metode

ini membagi *pit* yang luas menjadi beberapa *pit* agar proses penambangannya dilakukan berdasarkan unit-unit *pit* yang lebih sempit sehingga proses pembuatan *pit* menjadi lebih mudah (Marbun *and* Alex, 2010). PT Vale Indonesia Tbk menggunakan metode tersebut untuk mengurangi pembukaan lahan yang luas di area yang terbatas.

Desain *pit compartment* menghasilkan tonase material yang terdiri dari material lapisan penutup (*overburden* dan *waste*) dan bijih (*ore*) yang akan ditambang. Bijih nikel akan diangkut menuju *stockpile* sedangkan lapisan penutup (*overburden* dan *waste*) ditimbun di tempat penyimpanan *overburden* atau biasa disebut *disposal*. Desain *disposal* yang baik hendaknya dibuat dengan mengikuti rencana produksi yang sudah ditetapkan dan mengikuti kaidah geometri atau parameter geoteknikal yang telah ditetapkan, sehingga desain tersebut dapat mengakomodasi produksi dan aman untuk diimplementasikan di lapangan (Hardianti dan Halim, 2021). Pada *disposal* dibuat *dyke* yaitu tanggul yang digunakan untuk menghindari longsor akibat material lepas *overburden*. *Dyke* berfungsi sebagai penahan *overburden* pada *disposal* agar tidak longsor ke area reklamasi dan area jalan angkut (Askuri *and* Ben, 2011).

Untuk menghubungkan *pit* dengan *screening station*, *disposal*, dan *quarry* diperlukan jalan angkut (*hauling road*) sehingga desain jalan angkut yang baik dapat mendukung kinerja alat angkut yang melaluinya. Oleh karena itu, jalan tambang perlu mendapat perhatian khusus agar dapat menunjang kinerja peralatan mekanis (Rifandy dan Hefni, 2016).

Pembuatan *mine haul road* dan *disposal* memerlukan material konstruksi yang berasal dari *quarry*. *Quarry* dalam sistem penambangan adalah jenis tambang terbuka yang diterapkan untuk menambang endapan bahan galian industri yang menghasilkan material konstruksi digunakan untuk memenuhi kebutuhan material lapis perkerasan jalan tambang dan juga sebagai bahan campuran untuk pembuatan *dyke*. Material



*quarry* di PT Vale Indonesia Tbk merupakan material yang berasal dari *bluezone* atau *bedrock* (PT Vale Indonesia Tbk, 2017).

Pada perencanaan jangka panjang tambang seperti di area *Pit Compartment 2* diperlukan analisis kelayakan ekonomi tambang untuk mengetahui bagaimana aliran uang keluar dan masuk pada proses penambangan atau disebut dengan *cash flow*. Investasi tambang adalah kegiatan penanaman modal untuk kegiatan pertambangan. Keputusan dilakukannya investasi suatu proyek penambangan mineral dengan tambang terbuka harus dipersiapkan dengan cermat. Oleh karena itu, analisis investasi tambang merupakan suatu langkah sistematis yang dilakukan untuk mengevaluasi potensi keuntungan pada suatu proyek penambangan (Sari dkk., 2018).

Harga dan biaya merupakan risiko pasar kegiatan pertambangan yang mungkin berubah di masa mendatang, sehingga akan memengaruhi keuntungan yang diperoleh. Salah satu analisis risiko yang paling banyak digunakan adalah analisis sensitivitas yaitu analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat ketidakpastian profitabilitas pada investasi dengan mengubah variasi pada salah satu variabel untuk mengetahui perubahan evaluasi ekonomi yang dihasilkan (Diego, 2009). Pada tambang bijih nikel laterit, analisis sensitivitas dapat mengetahui variabel paling kritis yang memiliki dampak terbesar terhadap nilai NPV dari kelayakan investasi proyek pertambangan.

Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk membuat perencanaan jangka panjang pada area *Pit Compartment 2, Hill Myara 02, Blok Bahodopi*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Salah satu bagian dari Kontrak Karya PT Vale Indonesia yaitu Area *Hill Myara 02, Blok Bahodopi* yang direncanakan mulai berproduksi pada tahun 2023. Saat ini area tersebut masih dalam tahap eksplorasi lanjutan, sehingga diperlukan perencanaan

jangka panjang (*Long Term Planning*) yang akan digunakan hingga kegiatan penambangan selesai. Berdasarkan hal tersebut, rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana desain *pit compartment*, *mine haul road*, *disposal*, *dyke* serta *quarry*.
2. Bagaimana tingkat kelayakan investasi area *Pit Compartment 2* berdasarkan kriteria penilaian investasi *Net Present Value*, *Internal Rate of Return* dan *Payback Period*.
3. Faktor-faktor apa yang paling mempengaruhi nilai *Net Present Value* (NPV).

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Membuat desain *pit compartment*, *mine haul road*, *disposal*, *dyke* dan *quarry*.
2. Menganalisis tingkat kelayakan investasi area *Pit Compartment 2* berdasarkan nilai *Net Present Value*, *Internal Rate of Return* dan *Payback Period*.
3. Melakukan analisis sensitivitas terhadap faktor yang mempengaruhi nilai *Net Present Value* (NPV).

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah pengembangan wawasan dan pengetahuan mengenai perencanaan tambang jangka panjang khususnya mendesain *pit compartment*, *mine haul road*, *disposal*, *dyke* dan *quarry* serta mengetahui tingkat kelayakan investasi dan analisis risiko pasar dari rencana kegiatan penambangan.

### **1.5 Lokasi Penelitian**

Blok Bahodopi terletak di pantai timur Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Untuk menuju lokasi tersebut dapat ditempuh dengan tiga sarana transportasi yaitu darat, udara dan laut. Rute perjalanan untuk menuju lokasi rencana tambang Blok

Bahodopi dapat ditempuh dari Sorowako dengan menggunakan kendaraan roda empat untuk menuju lokasi rencana tambang Blok Bahodopi dengan jarak  $\pm$  65 km ditempuh dalam waktu 4 jam melalui jalan eksplorasi yang menghubungkan Petea dengan Bahodopi Blok 1 berupa jalan tanah milik perusahaan.

PT Vale Indonesia Tbk beroperasi dalam naungan Kontrak Karya yang telah diamandemen pada 17 Oktober 2014 dan berlaku hingga 28 Desember 2025 dengan luas konsesi 118.017 hektar dibagi ke dalam tiga provinsi dan beberapa blok konsesi, yaitu (PT Vale Indonesia Tbk, 2021):

1. *Central Sulawesi* dengan luas area 22.699 hektar meliputi blok konsesi Kolonodale dan Bahadopi.
2. *South Sulawesi* dengan luas area 70.566 hektar meliputi daerah blok konsesi Sorowako-Towuti, Matano, Bulubalang dan Lingke.
3. *Southeast Sulawesi* dengan luas area 24.752 hektar meliputi daerah Latao, Matarape, Pomala dan Suasua.

## **1.6 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Perumusan masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam melakukan penelitian. Masalah dirumuskan berdasarkan latar belakang penelitian. Masalah yang telah diperoleh kemudian diidentifikasi dan dibagi berdasarkan kategori-kategori permasalahan.

2. Studi literatur

Studi literatur merupakan kegiatan pengumpulan referensi atau materi yang berkaitan dengan kegiatan penelitian. Kegiatan studi literatur tidak hanya dilakukan pada saat persiapan dalam melakukan penelitian, tetapi juga dilakukan pada saat pengolahan dan analisis data.

3. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan diperoleh langsung dari perusahaan yang terdiri dari data topografi, data blok model, data geometri jenjang, data geometri jalan angkut, data *mine recovery factor* tahun 2021, dan data biaya operasi tahun 2021.

4. Pengolahan dan analisis data

Tahapan pengolahan dan analisis data dilakukan dengan tujuan agar mendapatkan hasil dari permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Hasil dari pengolahan dan analisis data disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Pengolahan dan analisis data yang dilakukan yaitu mendesain *pit compartment*, *mine haul road*, *disposal*, dan *quarry*, menghitung estimasi cadangan *pit compartment*, menghitung pendapatan (*revenue*), menganalisis biaya, menghitung *cash flow*, menganalisis kelayakan investasi serta analisis sensitivitas nilai NPV.

5. Penyusunan laporan

Penyusunan laporan merupakan tahapan akhir dalam melakukan penelitian dimana keseluruhan data yang telah diperoleh dan diolah, diakumulasikan dan dituangkan dalam bentuk *draft* laporan hasil penelitian sesuai dengan format dan kaidah penulisan Tugas Akhir yang telah ditetapkan Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

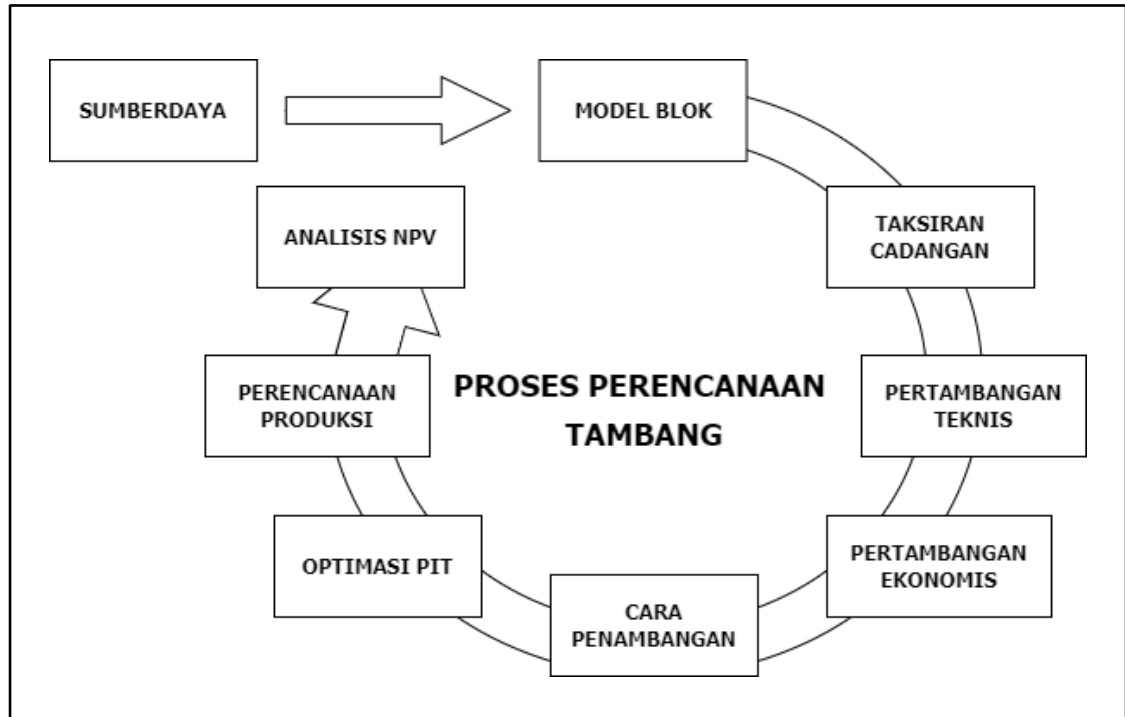
## BAB II

# PERENCANAAN JANGKA PANJANG

### 2.1 Perencanaan Tambang

Perencanaan (*planning*) merupakan penentuan persyaratan teknik untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan serta urutan teknis pelaksanaannya. Oleh karena itu, perencanaan adalah gagasan pada saat awal kegiatan untuk menetapkan apa dan mengapa harus dikerjakan, oleh siapa, kapan, di mana dan bagaimana melaksanakannya. Perencanaan tambang dapat mencakup kegiatan-kegiatan prospeksi, eksplorasi, studi kelayakan yang dilengkapi dengan analisis mengenai dampak lingkungan, persiapan penambangan dan konstruksi prasarana serta sarana penambangan, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup. Tiga aspek penting dalam perencanaan tambang yaitu perancangan *pit limit*, tahapan penambangan, dan penjadwalan produksi (Hustrulid and Kuchta, 1995).

Perencanaan tambang terdiri dari tiga tahap antara lain yaitu tahap pemodelan geologi, perencanaan jangka panjang (*long-term planning*) dan perencanaan jangka pendek (*short-term planning*). Geologi merupakan dasar bagi perencanaan tambang dalam hal pemodelan sumberdaya, data geoteknik, data hidrogeologi dan reklamasi. Perencanaan jangka panjang (*long-term planning*) adalah perencanaan awal yang dibuat sebelum melakukan penambangan. Perencanaan jangka panjang sering diarahkan pada *strategic planning* atau *feasibility study*. Perencanaan jangka pendek merupakan perencanaan operasional untuk mencapai perencanaan yang telah ditetapkan pada perencanaan jangka panjang. Perencanaan tambang merupakan proses yang melingkar atau iterasi seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 (Sasongko, 2009).



Gambar 2. 1 Diagram proses perencanaan tambang (Sasongko, 2009).

Perencanaan tambang sangat berkaitan erat dalam proses estimasi cadangan, dimana merupakan proses yang melingkar atau iterasi seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. Setelah model geologi sumberdaya batubara/mineral dibangun, maka kemudian dilakukan pembuatan model blok. Pembuatan model blok merupakan tahapan membagi area sumberdaya dalam blok-blok yang lebih kecil (Sasongko, 2009).

Setelah itu disesuaikan dengan rencana penjadwalan produksi dan alat-alat tambang yang digunakan. Berdasarkan model blok tersebut secara numerik sumberdaya dapat diestimasi jumlahnya. Tahap selanjutnya adalah optimasi *pit* dengan pertimbangan faktor teknis yaitu sudut lereng tambang aman, jenjang, dan kondisi lokal, dan pertimbangan faktor ekonomis seperti harga jual komoditas tambang, biaya-biaya tambang, dan kewajiban finansial perusahaan tambang terhadap pemerintah. Optimasi *pit* adalah untuk menentukan batas tambang akhir (*ultimate pit limit*), dimana batas tambang tersebut digunakan sebagai batas keruangan dalam perhitungan cadangan tertambang. Setelah cadangan tertambang diketahui, maka tahap selanjutnya adalah

perencanaan produksi, yaitu berupa aktivitas perencanaan tahapan tambang (*pushback*), sekuen tambang, dan penjadwalan produksi tambang. Tahap terakhir proses perencanaan tambang adalah penilaian cadangan dengan menentukan indikator ekonomi seperti nilai sekarang bersih (*net present value*), *internal rate of return*, dan *payback period* (Sasongko, 2009).

Rancangan (*design*) merupakan penentuan persyaratan, spesifikasi dan kriteria teknik yang rinci dan pasti untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan serta urutan teknis pelaksanaannya. Di industri pertambangan juga dikenal rancangan tambang (*mine design*) yang mencakup pula kegiatan-kegiatan seperti yang ada pada perencanaan tambang, tetapi semua data dan informasinya sudah rinci (pemodelan geologi, *pit* potensial, *pit limit*, geometri jenjang, *stripping ratio*, dan data pendukung lainnya). Pada umumnya ada dua tingkat rancangan yaitu (Hariyadi, 2018):

a. Rancangan konsep (*Conceptual design*)

Rancangan konsep (*conceptual design*) merupakan suatu rancangan awal atau titik tolak rancangan yang dibuat atas dasar analisis dan perhitungan secara garis besar dan baru dipandang dari beberapa segi yang terpenting, kemudian akan dikembangkan agar sesuai dengan keadaan (*condition*) nyata di lapangan.

b. Rancangan rekayasa atau rekacipta (*Engineering design*)

Rancangan rekayasa atau rekacipta (*engineering design*) adalah suatu rancangan lanjutan dari rancangan konsep yang disusun dengan rinci dan lengkap berdasarkan data dan informasi hasil penelitian laboratorium serta literatur dilengkapi dengan hasil-hasil pemeriksaan keadaan lapangan.

Rancangan konsep pada umumnya digunakan untuk perhitungan teknis dan penentuan urutan kegiatan sampai tahap studi kelayakan (*feasibility study*), sedangkan rancangan rekayasa (rekacipta) dipakai sebagai acuan atau pegangan dari pelaksanaan kegiatan sebenarnya di lapangan yang meliputi rancangan batas akhir tambang, tahapan

penambangan (*mining stages/phases/pushback/sekuens*), penjadwalan produksi, dan material buangan (*waste*). Rancangan rekayasa tersebut biasanya juga diperjelas menjadi rancangan bulanan, mingguan dan harian (Hariyadi, 2018).

Perencanaan jangka panjang terdiri dari rancangan *pit compartment*, *mine haul road*, *sequence*, *disposal*, *dyke* dan *quarry*.

### 2.1.1 Rancangan *Pit*

Rancangan *pit* terdiri atas *pit compartment* dan geometri jenjang.

#### A. *Pit Compartment*

Perancangan *pit* (*design pit*) sangat diperlukan sebagai optimalisasi produksi penambangan. Penyebaran cadangan yang luas memaksa perusahaan tambang untuk membuat lubang bukaan yang besar atau luas sehingga membutuhkan usaha dan biaya yang lebih banyak. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah *pit compartment*. Desain *pit compartment* merupakan desain *pit* yang dibuat dari hasil pemotongan suatu *ore body* (*block model*) menjadi beberapa bagian berdasarkan tujuan tertentu yang mengikuti bentuk bijih (*ore body*) dengan membagi ruang-ruang pada model blok sehingga menghasilkan beberapa desain *pit* dalam model blok yang sama. Pembuatan desain *pit compartment* dari elevasi terendah pada sebuah model blok menuju elevasi tertinggi, dan hal tersebut merupakan cara mendesain *pit* secara manual (Rifandy dan Sutan, 2018).

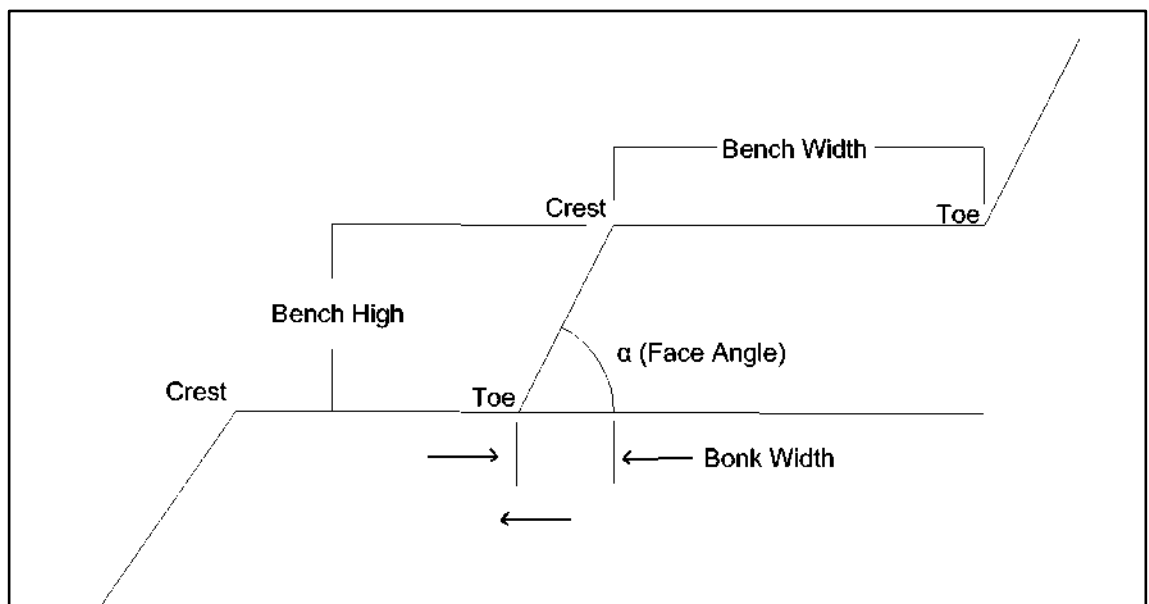
Penyebaran cadangan yang luas mengharuskan perusahaan tambang untuk membuat lubang bukaan yang besar/luas pula. Lubang bukaan (*pit*) yang terlalu besar membutuhkan usaha dan biaya yang lebih banyak. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah *pit compartment*. *Pit compartment* merupakan metode membagi sebuah *pit* yang besar menjadi beberapa *pit* yang lebih kecil berdasarkan penyebaran blok-blok cadangan. Setiap spasi antara blok cadangan satu dengan lainnya akan dibatasi oleh dinding *pit* (*berm*) sehingga terbentuk beberapa *pit* kecil untuk setiap blok



cadangan. Tujuan utama *pit compartment* adalah agar proses penambangan dilakukan berdasarkan unit-unit *pit* yang lebih kecil sehingga penanganan suatu *pit* menjadi lebih mudah (Marbun *and* Alex, 2010).

### B. Geometri Jenjang (Bench)

Desain *pit* pada sebuah tambang terbuka ditekankan pada desain geometri jenjang. Geometri jenjang adalah ukuran jenjang yang terdiri dari tinggi jenjang, lebar jenjang, dan kemiringan jenjang pada saat penambangan (Gambar 2.1) (Hustrulid *et al.*, 2013).

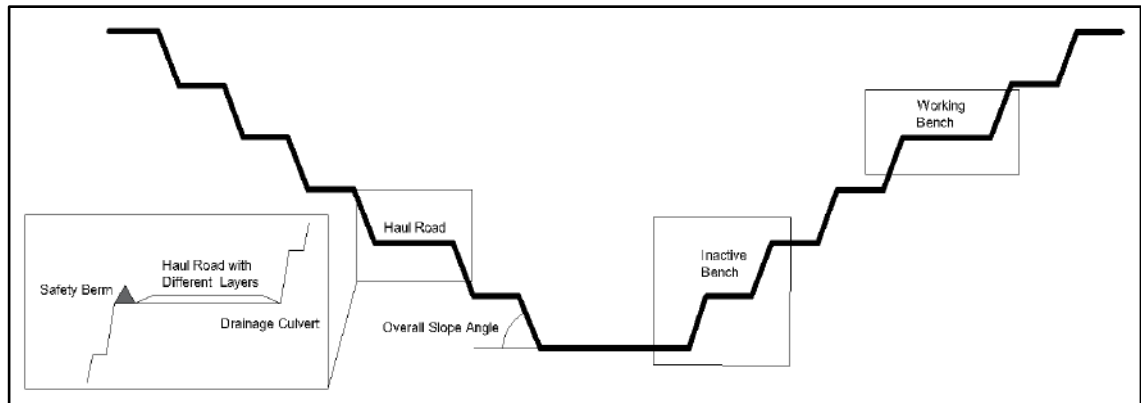


Gambar 2. 2 Bagian-bagian geometri jenjang (Hustrulid *et al.*, 2013).

Jenjang pada penampang *open pit* terbagi menjadi tiga bagian yaitu jenjang kerja (*working bench*), jenjang tidak aktif (*inactive bench*), dan jenjang penangkap (*catch*). Jenjang kerja (*working bench*) merupakan jenjang yang sedang dalam proses penggalian, sedangkan jenjang tidak aktif (*inactive bench*) adalah jenjang kerja yang tersisa untuk menjaga stabilitas *pit slope* (Wetherelt *and* Wielen, 2011).

Di antara jenjang-jenjang utama, jenjang-jenjang penangkap (*catch*) dibiarkan di tempat untuk mencegah jatuhnya material yang membahayakan keselamatan di area-area aktif dari suatu operasi. Tinggi dan lebar jenjang bervariasi sesuai dengan ukuran peralatan dan jenis jenjang. Jenjang kerja setidaknya harus cukup lebar untuk

mengakomodasi radius putaran truk angkut terbesar ditambah lebar tanggul pengaman (Wetherelt *and* Wielen, 2011).



Gambar 2. 3 Penampang *open pit* pada tubuh bijih (Wetherelt *and* Wielen, 2011).

### 2.1.2 Rancangan Jalan Angkut (*Mine Haul Road*)

*Mine haul road* (MHR) atau jalan angkut pertambangan merupakan komponen penting dari infrastruktur pertambangan permukaan dan kinerja jalan ini memiliki dampak langsung pada efisiensi operasional, biaya dan keselamatan. Sebagian besar biaya tambang terkait dengan pengangkutan material dan jalan yang dirancang dan dikelola dengan baik berkontribusi langsung pada pengurangan waktu siklus, pembakaran bahan bakar, biaya ban, dan biaya keseluruhan per ton yang diangkut dan secara kritis, mendukung sistem transportasi yang aman (Thompson *et al.*, 2018).

Jalan angkut tambang (*mine haul road*) merupakan komponen penting dari infrastruktur pertambangan permukaan dan kinerja jalan ini memiliki dampak langsung pada efisiensi operasional, biaya dan keselamatan. Produktivitas tambang, keselamatan, lingkungan, dan ekonomi tambang bergantung pada desain dan kinerja jalan angkut karena faktor-faktor ini mempengaruhi biaya angkut dari dasar *pit* ke tingkat atas *pit* (Chowdhury *et al.*, 2021).

Fungsi utama jalan angkut secara umum adalah menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Medan berat yang mungkin

terdapat di sepanjang rute jalan tambang harus diatasi dengan mengubah rancangan jalan untuk meningkatkan aspek manfaat dan keselamatan kerja (Maulana dkk., 2018).

Keadaan jalan, kemiringan dan jarak akan mempengaruhi daya angkut dari alat-alat angkut yang dipakai. Jalan dalam kondisi baik, kapasitas angkut dapat lebih besar dan alat-alat dapat bergerak lebih cepat. Kemiringan dan jarak harus diukur dengan teliti, karena akan menentukan waktu edar yang diperlukan untuk pengangkutan material (*cycle time*). Letak, jarak, lebar, dan kemiringan jalan perlu direncanakan dengan baik sehingga pengangkutan material dapat lebih maksimal dan mengurangi ongkos pengangkutan (Hartman, 1987; Prayogo, 2020).

Dalam perencanaan geometri jalan angkut harus diperhatikan kondisi topografi lokasi rencana kerja dan peralatan mekanis yang akan digunakan dalam penambangan. Geometri jalan tambang yang sesuai dengan persyaratan dan dimensi alat angkut serta daya dukung tanah yang mampu menopang beban alat angkut yang melintas di atasnya dapat memberikan kontribusi yang besar terhadap keamanan dan kelancaran operasi pengangkutan (Sayuti dkk., 2013). Geometri jalan tambang yang perlu diperhatikan sama seperti jalan raya pada umumnya, yaitu lebar jalan angkut pada kondisi lurus dan belokan, superelevasi dan jari-jari tikungan, kemiringan melintang jalan (*cross slope*), kemiringan jalan (*grade*) dan kondisi permukaan jalan angkut. Geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat angkut tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman sehingga memerlukan desain *mine haul road* untuk memudahkan alat-alat beroperasi pada area penambangan. Pada proses penambangan terbuka, alat angkut yang digunakan adalah *dump truck* (Rifandy dan Hefni, 2016). Faktor-faktor yang mempengaruhi desain *mine haul road* adalah berat kendaraan kotor (*gross vehicle weight*), radius putar, dimensi alat, jenis ban yang digunakan pada alat berat. Desain dan konstruksi jalan angkut sebagian besar dipengaruhi oleh kondisi iklim di lokasi tambang (Tannant and Regensburg, 2001).

### 2.1.3 Rancangan *Disposal*

*Disposal area* merupakan sebuah lokasi pada sebuah tambang terbuka yang digunakan untuk menimbun material tidak berharga (*overburden*) yang harus digali dari lokasi penambangan untuk memperoleh material berharga. *Waste dump* biasanya ditempatkan pada daerah yang tidak ditambang (Hariyadi, 2018).

Desain *disposal* yang baik hendaknya dibuat dengan mengikuti rencana produksi yang sudah ditetapkan dan mengikuti kaidah geometri atau parameter geoteknikal yang telah ditetapkan, sehingga desain tersebut dapat mengakomodasi produksi dan aman untuk diimplementasikan di lapangan (Hardianti dan Halim, 2021).

Rancangan *disposal* sangat penting untuk perhitungan keekonomian. Lokasi dan bentuk dari *disposal* akan berpengaruh terhadap jumlah gilir truk, biaya operasi dan jumlah truk dalam satu armada yang diperlukan. Pada umumnya daerah yang diperlukan untuk *disposal* luasnya berkisar antara 2-3 kali daerah penambangan (*pit*).

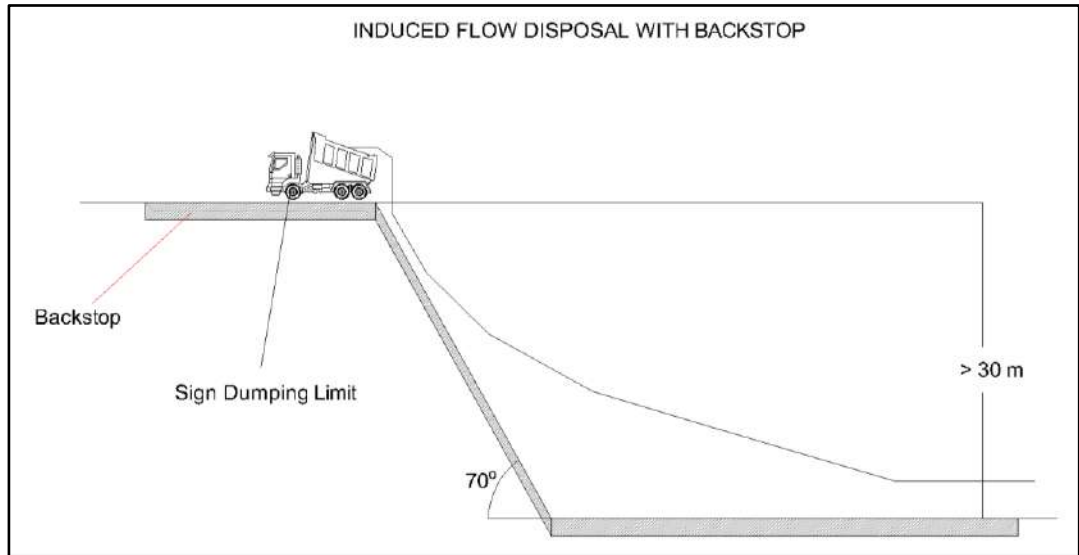
*Disposal* dibagi kedalam beberapa jenis antara lain (PT Vale Indonesia Tbk, 2018):

#### 1. *Disposal Induced Flow* (DIF)

*Disposal induced flow* adalah *disposal* yang memanfaatkan ketinggian lereng tempat penongkangan (*dumping point*) untuk mengalirkan material ke kaki *disposal*. Agar efektif, ketinggian awal lereng tempat *dumping*-nya harus lebih dari 30 m.

Persyaratan utama untuk *disposal* ini adalah tempat penongkangan harus stabil berupa batuan yang kokoh dengan nilai faktor keamanan lerengnya minimal 1,30.

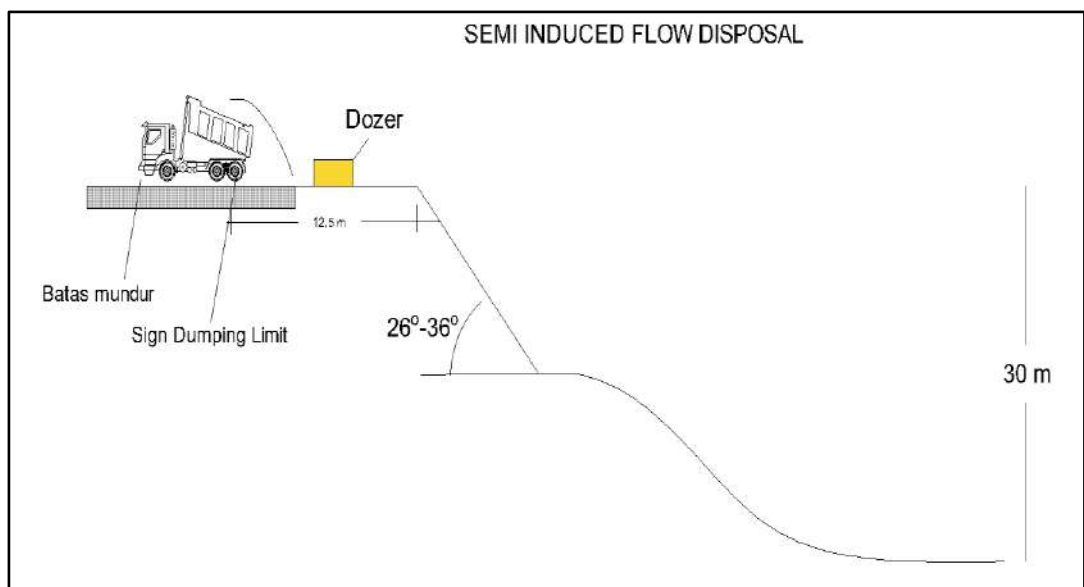
Pada tipe ini, *dumptruck* melakukan penongkangan material *overburden* atau *waste* pada tepi lereng. Oleh karena itu tempat penongkangan harus dipasang *back stop* pada batas *dumping*-nya sebagai batas *dumping* tetap/final dengan koordinat yang sudah ditentukan dari hasil kajian geoteknik.



Gambar 2. 4 *Disposal induced flow* (DIF) (PT Vale Indonesia Tbk, 2018).

## 2. *Disposal Semi Induced Flow* (DSIF)

*Disposal semi induced flow* adalah *disposal* yang memanfaatkan ketinggian lereng tempat penongkangan (*dumping point*) untuk mengalirkan material ke kaki *disposal* dengan bantuan *bulldozer*. Agar efektif, ketinggian awal lereng tempat *dumping*-nya harus lebih dari 15 m dan kurang dari 30 m. Pada *disposal tipe semi induced flow* tempat *dumping*-nya harus berupa tanah asli (*original*) atau batuan yang kokoh dengan nilai faktor keamanan lerengnya minimal 1,30.



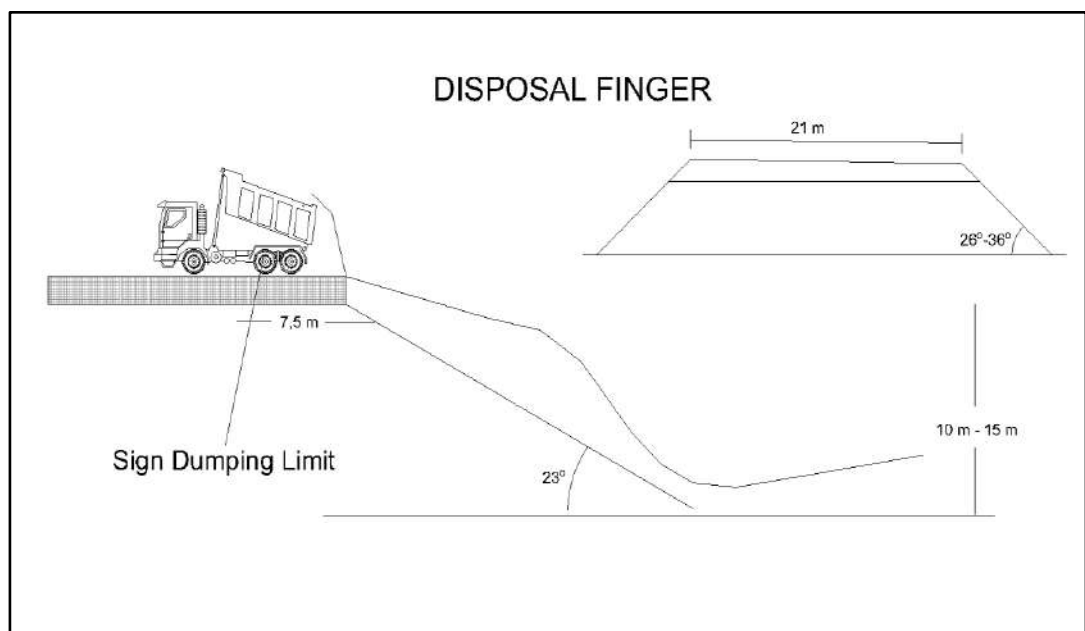
Gambar 2. 5 *Disposal semi induced flow* (DSIF) (PT Vale Indonesia Tbk, 2018).

Pada saat mulai digunakan, jarak minimum antara ujung lereng dan batas *dumping* minimal 7,5 m. Apabila *disposal* ini melakukan penimbunan pada lereng yang berjenjang maka timbunannya dapat mengisi jenjang pertama. Untuk kasus ini batas *dumping* dapat dimajukan dengan menganggap timbunan pada jenjang pertama berada dalam kondisi yang stabil dengan kemiringan  $26^\circ$  dan maksimum ketebalan timbunan adalah 10 m. Penentuan batas *dumping* harus berdasarkan kajian geoteknik.

Pemasangan batas *dumping* awal harus dilakukan oleh team survei berdasarkan *order survey* dari *Disposal Engineer* dengan mengacu pada rekomendasi geoteknik yang diberikan. Apabila memungkinkan dapat dilakukan pemindahan batas *dumping* dan pemasangan patoknya harus dilakukan tim survei.

### 3. *Disposal Finger* (DF)

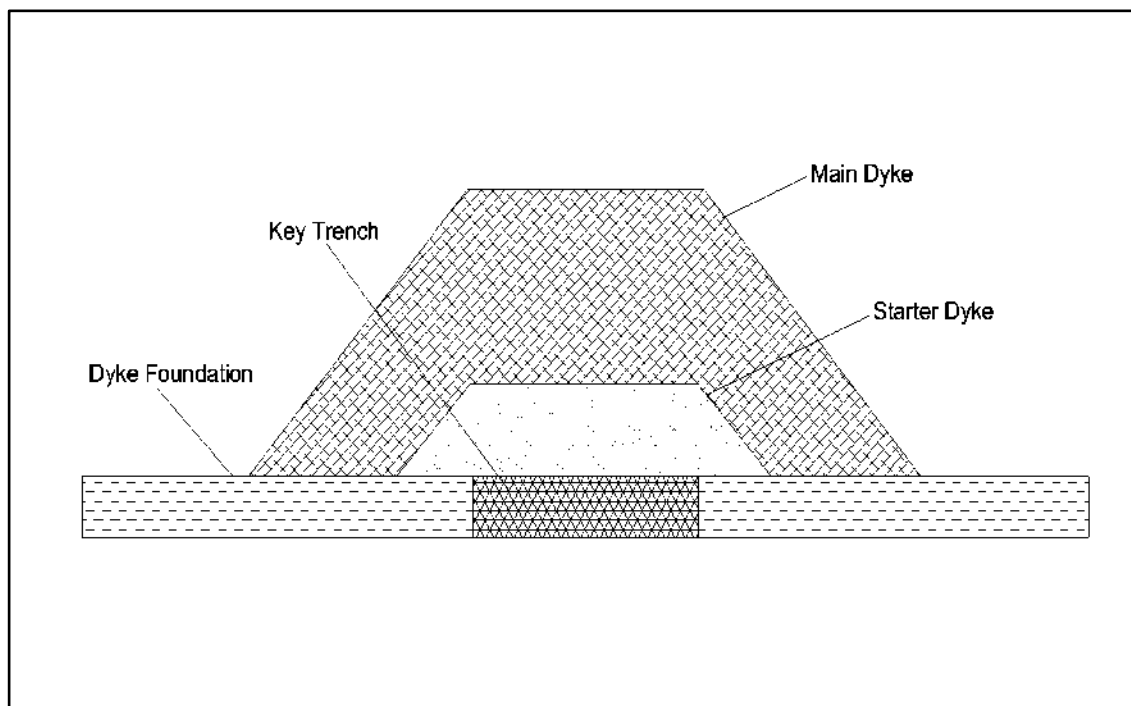
*Disposal finger* adalah *disposal* yang dibuat maju dengan bantuan *bulldozer* dan membutuhkan kontinuitas dari material konstruksi sebagai landasan tempat penongkangan truk dan memanfaatkan beda ketinggian kurang dari 15 m dengan sudut kemiringan final  $26-30^\circ$ .



Gambar 2. 6 *Disposal finger* (DF) (PT Vale Indonesia Tbk, 2018).

#### 2.1.4 Rancangan *Dyke*

Desain *dyke* digunakan untuk menghindari longsor akibat material lepas *overburden*. *Dyke* ini berfungsi sebagai penahan *overburden* pada *disposal* agar tidak longsor ke dataran yang lebih rendah. Biasanya pada area penambangan *dyke* digunakan untuk melindungi area reklamasi dan area jalan angkut. Material *dyke* terdiri dari material *overburden*, *reject*, *quarry*, dan *slag*. Sebagian besar bahan yang digunakan untuk membangun *dyke* berasal dari operasi penambangan. Setiap *dyke* diasumsikan terdiri dari *key trench*, *starter dyke* dan *main dyke* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 (Askuri and Ben, 2011).



Gambar 2. 7 Skema penampang *dyke* (Askuri and Ben, 2011).

Pembuatan *dyke* yang baik melibatkan berbagai kegiatan yang masing-masing bertujuan untuk memastikan bahwa pembuatan *dyke* yang baru, *dyke* yang diperbaiki, *dyke* yang ditingkatkan atau diubah dibuat sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) agar aman ketika dilakukan kegiatan penambangan (*Ministry of Water, Land and Air Protection*, 2003). Agar *dyke* dapat memenuhi fungsinya dengan aman, maka *dyke*

tersebut juga harus dibangun, dioperasikan dan dipelihara dengan baik. Pengawasan konstruksi atau rekonstruksi *dyke* dilakukan oleh insinyur profesional berlisensi diperlukan untuk memastikan bahwa *dyke* akan dibangun sesuai dengan rencana yang telah disetujui (Lieberman, 2014).

#### 2.1.5 Rancangan *Quarry*

*Quarry* dalam sistem penambangan adalah jenis tambang terbuka yang diterapkan untuk menambang endapan-endapan bahan galian industri atau mineral industri, misalnya penambangan batu gamping, marmer, granit, andesit dan sebagainya. Penambangan *quarry* yang dilakukan di PT Vale Indonesia Tbk merupakan material yang berasal dari *bluezone* atau *bedrock*. Material *quarry* ini dimanfaatkan sebagai material konstruksi untuk pengerasan jalan tambang dan material campuran dalam pembuatan *dyke* (PT Vale Indonesia Tbk, 2017).

Setelah penambangan menemukan lapisan *blue zone* yang merupakan zona dimana kadar nikel menurun melewati batas kadar yang ditetapkan sebagai kadar yang memiliki nilai ekonomis lapisan. Hal ini berarti *hill* penambangan telah *mineout* sehingga beberapa daerah ini kemudian dijadikan tambang *quarry* untuk keperluan material konstruksi bersama dengan material *slag* dan *reject* (PT Vale Indonesia Tbk, 2017).

Dalam penambangan *quarry*, sistem peledakan sering digunakan untuk memudahkan pengambilan batuan dan memperkecil fragmen batuan yang diambil karena sifat fisik batuan yang relatif keras sehingga tidak dapat digali secara langsung menggunakan alat gali seperti *backhoe* atau *shovel*. Namun untuk daerah Petea, umumnya memiliki batuan yang kurang kompak, maka pengambilan material dilakukan dengan kegiatan pemuatan dan pengangkutan tanpa adanya kegiatan peledakan terlebih dahulu. Hal tersebut tergantung jumlah kebutuhan material, jika produktivitas alat tidak memungkinkan untuk memenuhi kebutuhan, maka akan dilakukan peledakan



Berdasarkan letak struktur batuan, *quarry* dapat dibagi menjadi dua yaitu (PT Vale Indonesia Tbk, 2017):

1. *Quarry* tipe satu

*Quarry* tipe satu merupakan batuan yang terletak di bawah lokasi penambangan. Batuan ini merupakan *bluezone* pada daerah penambangan. Material tipe satu baru dapat diambil apabila kegiatan pengambilan bijih di *mine front*-nya sudah selesai.

2. *Quarry* tipe dua

*Quarry* tipe dua merupakan suatu massa batuan yang tersingkap di permukaan atau hanya ditutupi oleh tanah penutup. Pada *quarry* tipe dua ini tidak ada kegiatan pengambilan bijih sehingga pengambilan batuan tidak dipengaruhi oleh kegiatan penambangan.

## 2.2 Cadangan

Cadangan (*reserve*) merupakan endapan mineral yang telah diketahui ukuran, bentuk sebaran, kuantitas, dan kualitasnya dan yang secara ekonomis, teknis, hukum, lingkungan dan sosial dapat ditambang pada saat perhitungan dilakukan (Sinclair and Garstone, 2005).

### 2.2.1 Klasifikasi Sumber Daya Mineral dan Cadangan

Klasifikasi sumber daya mineral dan cadangan adalah suatu proses pengumpulan, penyaringan serta pengolahan data dan informasi dari suatu endapan mineral untuk memperoleh gambaran yang ringkas mengenai endapan itu berdasarkan kriterianya (SNI No. 13-4786-1998, 1998).

1. Klasifikasi Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 13-4786-1998 Amandemen 1 Tahun 1998 bahwa klasifikasi sumberdaya mineral dan cadangan adalah:

- a. Sumber daya mineral hipotetik (*hypothetical mineral resource*) adalah sumber daya mineral yang kuantitas dan kualitasnya diperoleh berdasarkan perkiraan pada tahap Survei Tinjau.
- b. Sumber daya mineral tereka (*inferred mineral resource*) adalah sumber daya mineral yang kuantitas dan kualitasnya diperoleh berdasarkan hasil tahap Prospeksi.
- c. Sumber daya mineral terunjuk (*indicated mineral resource*) adalah sumber daya mineral yang kuantitas dan kualitasnya diperoleh berdasarkan hasil tahap Eksplorasi Umum.
- d. Sumber daya mineral terukur (*measured mineral resource*) adalah sumber daya mineral yang kuantitas dan kualitasnya diperoleh berdasarkan hasil tahap Eksplorasi Rinci.
- e. Cadangan terkira (*probable reserve*) adalah sumber daya mineral terunjuk dan sebagian sumberdaya mineral terukur yang tingkat keyakinan geologinya masih lebih rendah yang berdasarkan studi kelayakan tambang semua faktor yang terkait telah terpenuhi, sehingga penambangan dapat dilakukan secara ekonomik
- f. Cadangan terbukti (*proved reserve*) adalah sumber daya mineral terukur yang berdasarkan studi kelayakan tambang semua faktor yang terkait telah terpenuhi, sehingga penambangan dapat dilakukan secara ekonomik.

### 2.2.2 Perhitungan Cadangan

Perhitungan cadangan harus memperhatikan persyaratan tertentu, antara lain (Sinclair *and* Garstone, 2005):

1. Suatu taksiran cadangan harus mencerminkan secara tepat kondisi geologi dan karakteristik/sifat dari endapan bahan galian.

2. Suatu model cadangan yang akan digunakan untuk perencanaan tambang harus konsisten dengan metode penambangan dan teknik perencanaan tambang yang akan diterapkan.
3. Taksiran yang baik dan harus didasarkan pada data aktual yang diolah/diperlakukan secara objektif. Keputusan dipakai-tidaknya suatu data dalam penafsiran harus diambil dengan pedoman yang jelas dan konsisten. Tidak boleh ada pembobotan data yang berbeda dan harus dilakukan dengan dasar yang kuat.

Metode perhitungan cadangan digunakan sesuai dengan bentuk dan arah penyebaran dari cadangan antara lain (Sinclair *and* Garstone, 2005):

1. Metode Penampang

Metode penampang lebih cocok digunakan untuk tipe endapan yang mempunyai kontak tajam seperti bentuk tabular (per lapisan atau *vein*). Pola eksplorasi (bor) umumnya teratur yang terletak sepanjang garis penampang, namun untuk kasus endapan yang akan ditambang secara *underground* umumnya mempunyai pola bor yang kurang teratur. Keuntungan metode ini adalah proses perhitungannya tidak rumit dan sekaligus dapat dipergunakan untuk menyajikan hasil interpretasi model dalam sebuah penampang, sedangkan kekurangannya adalah tidak bisa dipergunakan untuk tipe endapan dengan mineralisasi yang kompleks.

2. Metode Poligon (*Area of Influence*)

Metode ini umumnya diterapkan pada endapan-endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana. Kadar pada suatu luasan di dalam poligon ditaksir dengan nilai data yang berada di tengah-tengah poligon sehingga metoda ini sering disebut dengan metode daerah pengaruh (*area of influence*). Kelemahan metode ini adalah belum memperhitungkan tata letak (ruang) nilai data di sekitar poligon dan tidak ada batasan yang pasti sejauh mana nilai contoh mempengaruhi distribusi ruang.

### 3. Metode USGS *Circular 891*

Sistem *United States Geological Survey* (USGS) merupakan pengembangan dari sistem blok dan perhitungan dan perhitungan volume biasa. Sistem USGS ini dianggap sesuai untuk diterapkan dalam perhitungan cadangan batubara karena sistem ini ditujukan pada pengukuran bahan galian yang berbentuk per lapisan (tabular) yang memiliki ketebalan dan kemiringan lapisan yang relatif konsisten.

### 4. Metode Segitiga

Metode ini digunakan untuk menaksirkan parameter dan juga sekaligus digunakan untuk menghitung cadangan. Rumus perhitungan pada metode ini hampir sama dengan metode poligon hanya saja dalam metode segitiga titik data digunakan untuk mewakili parameter seluruh area segitiga, sedangkan metode poligon menggunakan titik data yang berada di tengah luasan poligon.

### 5. Metode Sistem Blok

Pemodelan dengan komputer untuk mempresentasikan endapan bahan galian umumnya dilakukan dengan model blok (*block model*). Dimensi model blok dibuat sesuai dengan desain penambangannya, yaitu mempunyai ukuran yang sama dengan tinggi jenjang. Semua parameter seperti jenis batuan, kuantitas bahan galian, dan topografi dapat dimodelkan dalam bentuk blok. Parameter yang mewakili setiap blok teratur diperoleh dengan menggunakan metode penafsiran umum yaitu NNP, IDW, atau Kriging.

Keadaan endapan nikel di wilayah Kontrak Karya PT Vale Indonesia Tbk, Blok Bahodopi merupakan endapan nikel laterit dimana mineralogi, penyebaran, kualitas dan sifat bijih dikontrol oleh sifat atau kondisi batuan dasar, sejarah geologi, morfologi dan situasi daerah serta iklim. Profil endapan laterit Bahodopi terdiri dari (PT Vale Indonesia Tbk, 2015):

1. Limonit

Limonit terletak pada bagian atas dari profil laterit di Bahodopi. Ketebalan rata-rata lapisan limonit yang dijumpai di Blok Bahodopi sekitar 6 meter. Material ini mengandung besi tinggi rata-rata sekitar 46,9%, kandungan Ni sekitar 0,83%, sedang kandungan silika sekitar 3,44% dan magnesia 1,04%.

2. Zona transisi

Zona transisi merupakan zona peralihan dari lapisan limonit dan lapisan saprolit. Di Bahodopi, rata-rata ketebalan zona transisi adalah 3 meter dengan kandungan Ni berkisar 1,0%, kandungan Fe 43,7%, kandungan silika 7,71%, kandungan kobalt 0,12% dan kandungan magnesia sebesar 2,31%.

3. Saprolit

Zona saprolit ini biasanya mengandung nikel paling banyak pada profil endapan laterit. Berdasarkan hasil pengeboran, ketebalan rata-rata lapisan saprolit di Bahodopi ini adalah 7,2 meter. Zona saprolit terdapat di bawah zona transisi dengan kandungan nikel berkisar 1,46%. Pada lapisan ini kandungan besinya relatif rendah (12,7%), sedangkan kandungan silika tinggi (38,63%), kandungan Fe rendah (12,7%), kandungan kobalt 0,03% dan kandungan magnesia tinggi (25,5%).

4. *Bedrock*

*Bedrock* terdiri dari peridotit terserpentinisasi, umumnya berukuran *boulder*, dengan kandungan nikel sekitar 0,35% dan diselimuti silika pada permukaannya.

Ketebalan dari masing-masing lapisan tidak merata, tergantung dari morfologi dan relief. Endapan laterit umumnya terakumulasi banyak pada endapan bawah bukit dengan relief yang landai, sedangkan pada relief yang terjal endapan makin menipis, disamping adanya kecenderungan akumulasi mineral yang berkadar tinggi dijumpai pada zona-zona retakan, zona sesar, dan rekahan pada batuan.

### 2.3 Analisis Kelayakan Investasi

Investasi pada proyek pertambangan dan industri terkait cukup berbeda dengan proyek lainnya. Semua proyek pertambangan terkait ketidakpastian dalam profitabilitas masa depan. Ketidakpastian ini berdampak pada harga bijih, biaya operasi, dan sebagainya. Investasi pada proyek pertambangan mengalami keterlambatan antara langkah pengambilan keputusan dan prosedur investasi. Ada berbagai faktor yang membantu investor untuk memiliki pengambilan keputusan investasi yang tepat. Penilaian proyek penambangan tergantung pada berbagai faktor seperti harga bijih dunia, biaya operasi, dan sebagainya (Basiri *et al.*, 2013).

Pada pembukaan *site* baru tentunya memerlukan analisis kelayakan investasi untuk mengetahui bagaimana aliran uang keluar dan masuk pada proses penambangan atau disebut dengan *cash flow*. Keputusan investasi yang tepat dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan. Keputusan investasi merupakan keputusan yang dibuat pada masa sekarang namun manfaatnya akan dirasakan pada masa yang akan datang, sehingga keputusan ini harus dilaksanakan secara hati-hati (Listiawati dan Murad, 2019).

Dalam berinvestasi hal yang sangat penting dilakukan adalah menganalisis kelayakan investasinya, dimana seorang investor akan mengetahui secara gamblang besaran keuntungan yang diperoleh serta dapat melihat bagaimana prospek perusahaan tempat berinvestasi kedepannya. Untuk itu seorang investor harus memahami metode-metode dalam perhitungan kelayakan investasi, dimana nantinya dari hasil analisis ini dapat dijadikan parameter dalam menentukan apakah investasi akan mendapatkan profit atau tidak (Afaz dan Gusman, 2020).

Investasi tambang membutuhkan modal yang sangat besar. Keputusan dilakukannya investasi suatu proyek penambangan mineral dengan tambang terbuka harus dipersiapkan dengan cermat. Investasi adalah komitmen atas sejumlah dana atau

sumber daya lainnya yang dilakukan pada saat tertentu dengan tujuan untuk memperoleh sejumlah keuntungan di masa yang akan datang. Untuk menganalisis aspek keuangan digunakan dengan menerapkan kriteria investasi yaitu *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate Return* (IRR), *Payback Period* (PBP) (Hadyan dan Yoszi, 2020).

### 2.3.1 *Net Present Value* (NPV)

Salah satu indikator yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi proyek penambangan adalah *Net Present Value* (NPV). *Net present value* merupakan metode untuk mengevaluasi kelayakan suatu proyek yang paling umum digunakan oleh perusahaan-perusahaan. Metode ini digunakan untuk mengatasi kekurangan yang ada dalam metode *payback period* karena dalam metode ini telah memperhitungkan *time value of money* (Ross *et al.*, 2010).

Istilah *present value* (PV) hanya mewakili sejumlah uang pada saat ini ( $r = 0$ ) yang setara dengan beberapa urutan arus kas masa depan yang didiskontokan pada tingkat bunga tertentu. Dengan kata lain teknik ini mengakui nilai waktu dari uang dan menyediakan perhitungan jumlah pada saat ini yang setara nilainya dengan serangkaian arus kas masa depan (Gentry *and* O'Neil, 1984).

Perhitungan *present value* paling sering dilakukan untuk menentukan nilai sekarang dari properti penghasil pendapatan, seperti operasi penambangan yang ada. Jika arus kas tahunan masa depan dapat diperkirakan, maka dengan memilih tingkat bunga yang sesuai, nilai sekarang dari properti dapat dihitung. Nilai ini harus memberikan perkiraan yang wajar tentang harga di mana properti dapat dibeli atau dijual (Gentry *and* O'Neil, 1984).

Dalam kasus evaluasi proposal investasi yang lebih umum, seseorang tertarik untuk menentukan perbedaan antara arus kas keluar dan arus kas masuk yang terkait dengan proposal berdasarkan nilai sekarang. Prosedur perhitungan ini disebut sebagai metode nilai sekarang bersih (NPV) dan hanya merupakan selisih antara jumlah nilai

sekarang dari semua arus kas masuk dan jumlah nilai sekarang dari semua arus kas keluar (Gentry *and* O'Neil, 1984).

Sepanjang umur proyek pada tingkat bunga yang ditentukan yang digunakan dalam perhitungan, serta beberapa jumlah surplus. Dengan kata lain, proyek menjanjikan untuk menghasilkan pengembalian yang melebihi tingkat yang digunakan dalam prosedur perhitungan. Jika tingkat yang digunakan dalam perhitungan adalah tingkat pengembalian yang diharapkan investor dari perusahaan untuk mendapatkan investasi, maka proposal yang memiliki NPV positif akan meningkatkan kekayaan perusahaan. Demikian pula, proposal yang menghasilkan NPV negatif pada tingkat diskonto yang disyaratkan harus ditolak (Gentry *and* O'Neil, 1984).

Dalam metode ini pertama-tama dihitung nilai uang sekarang dari kumulatif arus kas masuk bersih (*cash inflows*) yang diharapkan di masa mendatang dan nilai uang sekarang dari arus kas keluar (*cash outflows*) atas dasar biaya modal (*cost of capital*) dari proyek atau *discount rate* tertentu yang diinginkan. Selisih antara jumlah nilai uang sekarang (*present value*) dari arus kas masuk yang diperkirakan didapat dari investasi yang ditanamkan dengan nilai investasi yang dikeluarkan untuk membiayai proyek yang dinamakan dengan *Net Present Value* (NPV) (Ross *et al.*, 2010).

Arti dari perhitungan NPV terhadap keputusan investasi yang akan dilakukan (Sidauruk, 2018):

- a.  $NPV > 0$  , maka proyek ekonomis untuk dijalankan atau usulan investasi tersebut dapat diterima atau berarti bahwa investasi yang akan dilakukan pada akhirnya dapat meningkatkan nilai dari perusahaan.
- b.  $NPV < 0$  , maka proyek tidak layak untuk dijalankan karena tidak ekonomis atau usulan investasi atas proyek tersebut ditolak atau dapat dikatakan investasi tersebut akan dapat mengurangi nilai dari perusahaan.



- c.  $NPV = 0$  , maka proyek dapat dijalankan atau tidak dijalankan atau investasi yang akan dilakukan pada akhirnya tidak akan mengubah nilai perusahaan tersebut.

### 2.3.2 *Internal Rate of Return (IRR)*

*Internal Rate of Return (IRR)* merupakan tingkat bunga yang menyamakan jumlah nilai sekarang dari arus kas masuk dengan jumlah nilai sekarang dari arus kas keluar untuk suatu proyek (Gentry and O'Neil, 1984).

*Internal Rate of Return (IRR)* merupakan suatu tingkat diskonto yang dinyatakan dalam persentase yang menghitung tingkat bunga (*discount rate*) yang membuat nilai sekarang dari arus kas bersih proyek sama dengan nilai sekarang dari investasinya. IRR merupakan tingkat bunga yang membuat NPV dari proyek sama dengan nol (Damodaran, 2001).

*Internal Rate of Return (IRR)* yang merupakan indikator tingkat efisiensi dari suatu investasi. Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya (*rate of return*) lebih besar dari pada laju pengembalian apabila melakukan investasi di tempat lain (bunga deposito bank, reksadana dan lain-lain). IRR digunakan dalam menentukan apakah investasi dilaksanakan atau tidak, untuk itu biasanya digunakan acuan bahwa investasi yang dilakukan harus lebih tinggi dari *minimum acceptable rate of return* atau *minimum attractive rate of return (MARR)*. MARR adalah laju pengembalian minimum dari suatu investasi yang berani dilakukan oleh seorang investor (Sidauruk, 2018).

Jika perhitungan IRR lebih besar dari *cost of capital*-nya, maka *return* yang dihasilkan lebih besar dari yang diharapkan. Dengan *return* yang lebih besar tersebut maka seharusnya usulan proyek investasi dapat diterima. Sebaliknya jika IRR lebih kecil dari *cost of capital*-nya, maka diperkirakan *return* yang dihasilkan dari usulan investasi lebih kecil dari yang diharapkan. Jika *return* yang diperkirakan akan dihasilkan dari

investasi tersebut sama dengan yang diharapkan perusahaan maka perhitungan IRR akan sama dengan *cost of capital*-nya (Damodaran, 2001).

*Internal Rate of Return* (IRR) adalah nilai *discount rate* yang membuat NPV dari proyek sama dengan nol. *Discount rate* yang dipakai untuk mencari *present value* dari suatu *benefit*/biaya harus senilai dengan *opportunity cost of capital* seperti terlihat dari sudut pandangan si penilai proyek. Konsep dasar *opportunity cost* pada hakikatnya merupakan pengorbanan yang diberikan sebagai alternatif terbaik untuk dapat memperoleh sesuatu hasil dan manfaat atau dapat pula menyatakan harga yang harus dibayar untuk mendapatkannya (Sidauruk, 2018).

### 2.3.3 *Payback Period* (PBP)

Salah satu kriteria evaluasi yang paling umum digunakan oleh perusahaan pertambangan adalah *payback* atau periode pembayaran. *Payback period* pernah digunakan sebagai kriteria investasi utama, masa pengembalian modal saat ini umumnya digunakan bersama dengan metode lain yang lebih informatif. *Payback period* hanyalah jumlah tahun yang diperlukan untuk pendapatan tunai dari sebuah proyek untuk mengembalikan investasi tunai awal dalam proyek tersebut. Manfaat yang dihasilkan dari investasi dapat diukur dalam bentuk laba bersih untuk tujuan perhitungan, namun dalam praktik modern telah menghasilkan penggunaan arus kas bersih tahunan untuk denominator (Gentry and O'Neil, 1984).

*Payback period* biasanya digunakan untuk mengevaluasi investasi yang diusulkan. *Payback period* adalah jumlah waktu yang dibutuhkan perusahaan untuk memulihkan investasi awalnya dalam suatu proyek yang dihitung dari arus kas masuk. Dalam kasus anuitas, periode pengembalian dapat dihitung dengan membagi investasi awal dengan arus kas masuk tahunan. Untuk aliran campuran arus kas masuk, arus kas masuk tahunan harus diakumulasikan sampai investasi awal dipulihkan (Mahopatra, 2009).

*Payback period* adalah suatu periode yang diperlukan untuk dapat menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan proceeds atau aliran kas neto (*net cash flow*). Pada metode ini berdasarkan atas suatu periode yang diperlukan untuk dapat menutup kembali sejumlah pengeluaran untuk tujuan investasi dengan mempergunakan proses aliran kas netto (*net cash flow*). Dasar inilah yang dapat menggambarkan panjangnya waktu yang diperlukan agar dana yang tertanam dalam suatu investasi dapat diperoleh kembali untuk jumlah seluruhnya, bila proses pada setiap tahun sama jumlahnya. *Payback period* dari suatu investasi dapat dihitung dengan cara membagi investasi dengan proses tahunan (Riyanto, 2009).

Metode analisis *payback period* bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi *break even point* (jumlah arus kas masuk sama dengan jumlah arus kas keluar). Analisis *payback period* dihitung dengan cara menghitung waktu yang diperlukan pada saat total arus kas masuk sama dengan total arus kas keluar. Dari hasil analisis *payback period* ini nantinya alternatif yang akan dipilih adalah alternatif dengan periode pengembalian lebih singkat. Penggunaan analisis ini hanya disarankan untuk mendapatkan informasi tambahan guna mengukur seberapa cepat pengembalian modal yang diinvestasikan (Sidauruk, 2018).

## **2.4 Analisis Sensitivitas**

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui pengaruh model keluaran terkait dengan variasi parameter yang digunakan. Jika dilakukan perubahan kecil pada parameter yang dimasukkan maka menghasilkan perubahan relatif besar pada model keluaran, maka model tersebut dikatakan peka terhadap parameter. Analisis ini memungkinkan untuk mengenali parameter mana yang paling berpengaruh pada model. Akibat yang mungkin terjadi dari perubahan tersebut dapat diketahui dan diantisipasi sebelumnya jika melakukan analisis sensitivitas. Analisis

sensitivitas adalah teknik yang digunakan untuk menentukan bagaimana dampak perbedaan nilai variabel independen terhadap variabel dependen tertentu. Analisis ini menghitung tingkat perubahan pada *output* sistem sehubungan dengan perubahan dalam parameter pada *input* sistem (Diego, 2009).

Analisis sensitivitas ini untuk melihat seberapa besar perubahan yang terjadi pada NPV apabila ada perubahan satu parameter sedangkan yang lain tetap sehingga dapat dilihat kemungkinan lain yang dapat terjadi. Analisis ini dapat digunakan sebagai masukan untuk menentukan risiko dari proyek tersebut. Biasanya perusahaan menggunakan tiga asumsi yaitu *best*, *optimistic*, *pessimistic* untuk melihat perubahan NPV. Grafik menunjukkan semakin curam kemiringan garisnya maka semakin sensitif NPV terhadap perubahan variabel tersebut (Brigham *and* Houston, 2006).

Secara umum analisis sensitivitas menilai dan memberi informasi tentang seberapa besar pengaruh perubahan nilai yang diakibatkan oleh perubahan nilai dari parameter yang berlaku. Analisis sensitivitas dilakukan dengan mengubah nilai dari suatu parameter pada suatu selanjutnya untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap investasi sehingga dapat diramalkan apakah suatu aspek yang mengalami perubahan tersebut bisa mempengaruhi investasi secara signifikan atau berpengaruh tetapi tidak memiliki dampak yang besar terhadap kelayakan investasi sehingga dapat ditentukan aspek mana yang sensitif terhadap perubahan. Simulasi dengan lebih dari satu nilai bisa memberikan berbagai metode tentang perubahan suatu sistem. Perubahan nilai yang terjadi akibat perubahan parameter dapat mengidentifikasi parameter mana yang paling berpengaruh spesifik terhadap perubahan sistem (Anas *et al.*, 2017).

Prosedur umum yang harus diikuti saat melakukan analisis sensitivitas adalah (Blank *and* Tarquin, 2018):

1. Tentukan parameter yang mungkin berbeda dari nilai yang akan dianalisis.
2. Pilih kisaran dan peningkatan variasi untuk setiap parameter.

3. Pilih ukuran nilai.
4. Hitung hasil untuk setiap parameter dengan menggunakan ukuran nilai sebagai dasar.
5. Untuk menafsirkan sensitivitas dengan lebih baik, tampilkan secara grafis parameter terhadap ukuran bernilai.

Contoh kasus, misalnya laju pengembalian adalah kriteria ekonomi yang digunakan untuk mengukur tingkat keuntungan. Analisis sensitivitas dapat dilakukan dengan melakukan evaluasi bagaimana laju pengembalian tersebut berubah seiring dengan perubahan yang terjadi pada parameter-parameter seperti investasi awal, keuntungan per tahun, umur proyek, dan nilai sisa. Analisis ini sering digunakan untuk menentukan jumlah perubahan dalam sebuah variabel yang mungkin dibutuhkan sebagai keputusan cadangan berdasarkan pada nilai rata-rata atau perkiraan estimasi terbaik (Stermole *and* Stermole, 2000).

Untuk mengetahui seberapa sensitif suatu keputusan terhadap perubahan faktor-faktor yang memengaruhinya maka setiap pengambilan keputusan pada ekonomi teknik hendaknya disertai dengan analisis sensitivitas. Analisis ini akan memberikan gambaran sejauh mana suatu keputusan akan cukup kuat berhadapan dengan perubahan faktor-faktor yang memengaruhi. Tujuan dari analisis sensitivitas sebagai berikut (Sufa, 2007):

1. Menilai apa yang akan terjadi dengan hasil analisis kelayakan suatu kegiatan investasi atau bisnis apabila terjadi perubahan di dalam perhitungan biaya atau manfaat
2. Analisis kelayakan suatu usaha ataupun bisnis perhitungan umumnya didasarkan pada proyeksi yang mengandung ketidakpastian tentang apa yang akan terjadi di waktu yang akan datang

3. Analisis pasca kriteria investasi yang digunakan untuk melihat apa yang akan terjadi dengan kondisi ekonomi dan hasil analisis bisnis jika terjadi perubahan atau ketidaktepatan dalam perhitungan.
4. Menilai apa yang terjadi dari perubahan harga jual, *discount rate*, biaya produksi dan kapital pabrik.