

SKRIPSI

**PERANCANGAN TAMBANG BIJIH NIKEL LATERIT BERDASARKAN
OPTIMASI *PIT LIMIT* DENGAN METODE *FLOATING CONE*
DI *PITMERANTI* PT ANG AND FANG BROTHER**

Disusun dan diajukan oleh

RIFYAN SABARUDDIN

D111181005



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PERANCANGAN TAMBANG BIJIH NIKEL LATERIT BERDASARKAN
OPTIMASI *PIT LIMIT* DENGAN METODE *FLOATING CONE*
DI *PITMERANTI PT ANG AND FANG BROTHER***

Disusun dan diajukan oleh

RIFYAN SABARUDDIN

D111181005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 25 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST. MT.

NIP.197010052008012026

Pembimbing Pendamping,



Rizki Amalia, ST., MT.

NIP.199205042019016001



Ketua Program Studi,

St. Ilyas, ST., MT. Ph.D.

NIP.1973031420001271

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifyan Sabaruddin
NIM : D111181005
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Perancangan Tambang Bijih Nikel Laterit Berdasarkan
Optimasi *Pit Limit* dengan Metode *Floating Cone*
di *Pit Meranti PT Ang and Fang Brother*

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, 25 Agustus 2022

Yang menyatakan



10000
SEPULUH RIBU RUPIAH
10
METERAI
TEMPEL
014AKX011526256

Rifyan Sabaruddin

ABSTRAK

PT Ang and Fang Brother *Site* Lalampu adalah salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan khususnya pertambangan bijih nikel laterit. Perusahaan terletak di Desa Lalampu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. *Front 8 Pit* Meranti adalah salah satu *front* di PT Ang and Fang Brother yang akan dilakukan kegiatan penambangan sehingga perlu dilakukan perencanaan tambang yang diawali dengan penentuan *pit limit*. Untuk menentukan *pit limit* tambang pada *Front 8* yang memberikan nilai *net present value* (NPV) terbesar, dilakukan optimasi *pit limit*. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan *ultimate pit limit* dengan metode *floating cone* dan menghitung *net present value* (NPV), mendesain *pit limit* optimal pada *Front 8 Pit* Meranti dan menghitung cadangan nikel laterit tertambang dan tanah penutup berdasarkan desain *pit*. Data yang digunakan adalah data model blok, topografi, biaya kapital dan biaya operasi, harga komoditas, densitas, data geoteknik, *mine recovery* 85% dan *cut-off grade* 1,3% serta target produksi perusahaan 50.000 ton/bulan. Pengolahan data menghasilkan *Pit Shell 9* sebagai *pit limit* optimal dengan perolehan bijih 264.375 ton dari 284.063 ton sumber daya *Front 8*. Berdasarkan rancangan *pit limit* optimal dengan luas 5,25 hektar yang diolah menggunakan perangkat lunak *Micromine* 2021, diperoleh total bijih nikel laterit sebesar 234.142 ton dengan mengupas 389,063 BCM tanah penutup. Rancangan *pit limit* masih ekonomis karena memiliki nilai *stripping ratio* (1,66 BCM/ton) lebih kecil dari nilai BESR (6,32 BCM/ton). Jumlah cadangan bijih nikel laterit yang diproduksi berdasarkan *mine recovery* 85% adalah 199.021 ton sehingga umur tambang diketahui yaitu 3,98 bulan.

Kata kunci : Nikel laterit, optimasi *pit*, perancangan *pit*, *Net Present Value*, *Front 8*

ABSTRACT

PT Ang and Fang Brother Site Lalampu is one of the companies engaged in mining, especially laterite nickel ore mining. The company is located in Lalampu Village, Bahodopi District, Morowali Regency, Central Sulawesi Province. Front 8 Meranti Pit is one of the fronts at PT Ang and Fang Brother where mining activities will be carried out, so it is necessary to do mine planning starting with the determination of pit limits. To determine the pit limit of the mine in Front 8 which gives the largest net present value (NPV), pit limit optimization is carried out. The purpose of this study is to determine the ultimate pit limit using the floating cone method and calculate the net present value (NPV), to design the ultimate pit limit at the Front 8 Meranti Pit, and to calculate the mined laterite nickel reserves and the overburden based on the pit design. The data used are block model data, topography, capital costs and operating costs, commodity prices, density, geotechnical data, mine recovery 85%, cut-off grade 1.3% and the company's production target of 50,000 tons/month. Data processing generates Pit Shell 9 as the ultimate pit limit with ore recovery of 264,375 tons from 284,063 tons of the Front 8 resource. Based on the ultimate pit limit design with an area of 5.25 hectares processed using the Micromine 2021 software, a total of 234,142 tons of laterite nickel ore was obtained by stripping 389,063 BCM of the overburden. The pit limit design is still economical because it has the stripping ratio value (1.66 BCM/ton), which is smaller than the BESR value (6.32 BCM/ton). The amount of laterite nickel ore reserves produced based on mine recovery of 85% is 199,021 tons so that the life of mine is known to be 3.98 months.

Keyword : Laterite nickel, pit optimization, pit design, Net Present Value, Front 8

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta ala karena atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya, penelitian yang dilakukan berjalan lancar dan penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul "Perancangan Tambang Bijih Nikel Laterit Berdasarkan Optimasi *Pit Limit* dengan Metode *Floating Cone* di *Pit Meranti PT Ang and Fang Brother*" dapat terselesaikan.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat dalam memperoleh gelar sarjana pada Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Saya menyadari bahwa dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak jarang mengalami kendala, namun karena adanya motivasi dan dukungan dari banyak pihak, serta kemudahan dari Allah Subhanahu Wa Ta ala, saya dapat melalui dan mengatasi kendala-kendala tersebut.

Penyelesaian laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan moril dan materil dari berbagai pihak, untuk itu saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Mathius Mangguwali, S.T. selaku *Project Manager* PT Ang and Fang Brother, Bapak Nicholas Hamdani, S.E. selaku *Site Manager* PT Ang and Fang Brother, Bapak Satriya Salasar, SKM., M.KES. selaku Kepala Divisi HSE, Ibu Nurul Amelia, S.Psi. selaku HRD PT Ang and Fang Brother, Kak Anugerah Christianto selaku *Senior Mine Plan Engineer*, serta Kak Enrico Pribadi, S.T. selaku *Junior Mine Plan Engineer* dan sekaligus sebagai pembimbing. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Kak Inri, Kak Jordi, dan Kak Leri. Terima kasih kepada semua jajaran PT Ang and Fang Brother karena telah memberikan banyak pelajaran dan pengalaman serta saran dan masukan selama kegiatan penelitian.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing Tugas Akhir Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T. dan Ibu Rizki Amalia, S.T., M.T.

Terimakasih juga kepada Bapak Asran Ilyas, S.T., M.T., PhD. dan Bapak Asta Arjunoarwan Hatta, S.T., M.T. selaku dosen penguji Tugas Akhir serta Ibu Dr. Eng. Rini Novianti Sutardjo Tui, S.T., M.BA., M.T. selaku dosen Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang. Terimakasih untuk seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Terima kasih buat seluruh saudara seperjuangan TUNNEL 2018 yang selalu ada menemani dalam mencari arti hidup ini, serta rekan-rekan anggota Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang yang telah memberikan masukan dan semangat dalam kegiatan penelitian maupun dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.

Tidak lupa tentunya ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua saya, ayahanda Arifuddin dan ibunda Bun Yan, serta ketiga saudara saya, kakanda Ariyana Murni Aulia Rahma, kakanda Ardiyani Febi Isnaeni, dan adinda Aqila Butsainah Alhaj atas segala doa, nasehat dan arahan, serta semangat yang diberikan.

Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan wawasan dan pengetahuan mengenai ilmu teknik pertambangan khususnya optimasi dan perancangan *pit limit* dengan metode *floating cone*.

Makassar, 25 Agustus 2022



Rifyan Sabaruddin

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tahapan Penelitian	4
1.6 Lokasi Daerah Penelitian	6
BAB II METODE <i>FLOATING CONE</i> , PERANCANGAN <i>PIT</i> DAN <i>NET PRESENT VALUE</i>	7
2.1 Nikel Laterit	7
2.2 Perancangan Tambang	9
2.3 <i>Floating Cone</i>	10
2.4 <i>Pit Shell</i>	13
2.5 Perancangan <i>Pit</i>	14
2.6 <i>Net Present Value</i> (NPV)	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Pengambilan Data	20
3.2 Pengolahan dan Analisis Data	24

BAB IV PERANCANGAN TAMBANG NIKEL LATERIT BERDASARKAN OPTIMASI <i>PIT LIMIT</i> DENGAN METODE <i>FLOATING CONE</i>	79
4.1 Estimasi Sumber Daya dan Penambahan Atribut Model Blok	79
4.2 Optimasi <i>Pit Limit</i> dan Perhitungan <i>Net Present Value</i> (NPV).....	81
4.3 Perancangan <i>Pit Limit</i> Optimal	93
4.4 Perhitungan Jumlah Cadangan dan Tanah Penutup.....	95
BAB V PENUTUP	98
5.1 Kesimpulan.....	98
5.2 Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Profil litologi endapan nikel laterit (Rahmi, 2019).....	7
2.2 Nilai moneter model blok (Hustrulid <i>and</i> Kutcha, 1995).....	12
2.3 Langkah-langkah optimasi <i>pit limit</i> menggunakan <i>floating cone</i> (Hustrulid <i>and</i> Kutcha, 1995)	13
2.4 Aspek geometri lereng (Hustrulid <i>et al</i> , 2013)	17
3.1 Informasi model blok <i>Pit</i> Meranti	21
3.2 Tampilan <i>constraint</i> sumberdaya pada <i>Front 8</i>	26
3.3 Tampilan <i>Block Model Report Format File</i>	26
3.4 Tampilan <i>Block Model Report</i>	27
3.5 Tampilan <i>Enter Constraints</i> pada <i>report</i> sumberdaya	27
3.6 Tampilan <i>output report</i> sumberdaya	28
3.7 Tampilan <i>Add Attributes</i>	29
3.8 Tampilan <i>Assign Values</i> model blok di atas <i>surface</i> topografi	30
3.9 Tampilan <i>Enter Constraints</i> model blok di atas <i>surface</i> topografi	30
3.10 Tampilan <i>Assign Values</i> model blok bijih.....	31
3.11 Tampilan <i>Enter Constraints</i> model blok bijih.....	31
3.12 Tampilan <i>Report to Whittle</i>	32
3.13 Tampilan <i>Project Details</i>	33
3.14 Tampilan <i>Model Files Import</i>	33
3.15 Tampilan <i>Strategic Design</i>	34
3.16 Tampilan <i>Analysis and Scheduling</i>	34
3.17 Tampilan <i>Sensitivity Analysis</i>	35
3.18 Tampilan model blok terdefinisi	35
3.19 Tampilan <i>Formats</i> pada <i>New Block Model</i>	36

Gambar	Halaman
3.20 Tampilan <i>Slope Type</i> pada <i>New Slope Set</i>	36
3.21 Tampilan <i>Profiles</i> pada <i>New Slope Set</i>	37
3.22 Tampilan <i>Report</i> pada <i>New Slope Set</i>	37
3.23 Tampilan <i>Mining</i> pada <i>New Pit Shells</i>	38
3.24 Tampilan <i>Processing</i> pada <i>New Pit Shells</i>	39
3.25 Tampilan <i>Selling</i> pada <i>New Pit Shells</i>	39
3.26 Tampilan <i>Range Revenue Factor</i>	40
3.27 Tampilan <i>Output</i> pada <i>New Pit Shells</i>	40
3.28 Tampilan <i>Time Cost</i> pada <i>New Operational Structure</i>	41
3.29 Tampilan <i>Units</i> pada <i>New Operational Structure</i>	42
3.30 Tampilan <i>Schedule</i> pada <i>Pit by Pit Graph</i>	42
3.31 Tampilan <i>Graph</i> pada <i>Pit by Pit Graph</i>	43
3.32 Tampilan <i>Output</i> pada <i>Pit by Pit Graph</i>	43
3.33 Tampilan <i>Summary</i> pada <i>Pit by Pit Graph</i>	44
3.34 Tampilan <i>Output pit shells</i> pada perangkat lunak <i>Microsoft Excel</i>	44
3.35 Pemilihan <i>pit shell optimal</i>	45
3.36 Tampilan <i>export pit shell optimal</i>	45
3.37 Tampilan awal <i>pit optimasi</i>	46
3.38 Tampilan <i>Sale Price Curves</i>	47
3.39 Tampilan <i>Miling Cost Curves</i>	47
3.40 Tampilan <i>Rock Type Definition</i>	48
3.41 Tampilan <i>Waste Mining Cost</i>	48
3.42 Tampilan <i>Ore Mining Cost</i>	49
3.43 Tampilan <i>Slope</i>	49
3.44 Tampilan <i>Vertical Limits</i>	50

Gambar	Halaman
3.45 Tampilan <i>Optimisation</i>	50
3.46 Tampilan <i>Report</i>	51
3.47 Tampilan <i>output pit</i> optimasi <i>Surpac</i>	51
3.48 Hasil perhitungan jumlah bijih tertambang pada <i>pit</i> optimal <i>Surpac</i>	52
3.49 Tampilan <i>Import Block Model</i>	53
3.50 Tampilan <i>Filter</i>	54
3.51 Tampilan <i>Import Wireframes</i> topografi.....	54
3.52 Tampilan <i>Import CAD pit shell</i>	55
3.53 Tampilan <i>Draw Style</i>	55
3.54 Tampilan elevasi <i>pit bottom</i>	56
3.55 Tampilan <i>Pit Design</i>	57
3.56 <i>Toe pit bottom</i>	57
3.57 Tampilan <i>Road Properties</i>	58
3.58 Tampilan <i>Smooth pit bottom</i>	58
3.59 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 85 m.....	59
3.60 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 88 m.....	59
3.61 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 91 m.....	60
3.62 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 94 m.....	60
3.63 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 97 m.....	61
3.64 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 100 m.....	61
3.65 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 103 m.....	62
3.66 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 106 m.....	62
3.67 ` Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 109 m.....	63
3.68 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 112 m.....	63
3.69 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 115 m.....	64

Gambar	Halaman
3.70 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 118 m.....	64
3.71 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 121 m.....	65
3.72 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 124 m.....	65
3.73 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 127 m.....	66
3.74 Rancangan <i>pit</i> pada elevasi 130 m.....	67
3.75 Tampilan <i>Build</i> DTM rancangan <i>pit limit</i>	67
3.76 Hasil rancangan <i>pit limit</i> optimal.....	68
3.77 Tampilan membuat <i>design pit boundary</i>	68
3.78 Tampilan <i>design pit boundary</i>	69
3.79 Tampilan membuat <i>final pit</i>	69
3.80 Tampilan <i>final pit</i>	70
3.81 Tampilan membuat <i>pit solid</i>	70
3.82 Tampilan <i>pit solid</i>	71
3.83 Tampilan <i>Export Wireframes</i>	71
3.84 Tampilan membuat <i>constraint</i> model blok.....	72
3.85 Tampilan <i>constraints</i> model blok tertambang	73
3.86 Tampilan <i>Report Format File</i> cadangan tertambang	73
3.87 Tampilan <i>Block Model Report</i> cadangan tertambang	74
3.88 Tampilan <i>Enter Constraints</i> pada <i>report</i> cadangan tertambang	75
3.89 Tampilan <i>output report</i> cadangan tertambang	75
3.90 Tampilan <i>Report Format File</i> tanah penutup	76
3.91 Tampilan <i>Block Model Report</i> tanah penutup	76
3.92 Tampilan <i>Enter Constraints</i> pada <i>report</i> tanah penutup.....	77
3.93 Tampilan <i>output report</i> tanah penutup.....	77
3.94 Diagram alir penelitian.....	78

Gambar	Halaman
4.1 Informasi model blok <i>Pit</i> Meranti dengan atribut tambahan	81
4.2 Grafik tonase <i>nested pit shell</i>	83
4.3 Grafik NPV <i>nested pit shell Whittle</i>	87
4.4 Tampilan <i>Pit Shell</i> 9 menggunakan <i>Whittle</i>	88
4.5 Tampilan <i>Pit Shell</i> 9 menggunakan <i>Surpac</i>	88
4.6 Tampilan <i>Pit Shell</i> 4 menggunakan <i>Whittle</i>	89
4.7 Tampilan <i>Pit Shell</i> 4 menggunakan <i>Surpac</i>	89
4.8 Tampilan <i>Pit Shell</i> 14 menggunakan <i>Whittle</i>	90
4.9 Tampilan <i>Pit Shell</i> 14 menggunakan <i>Surpac</i>	90
4.10 Tampilan <i>Pit Shell</i> 17 menggunakan <i>Whittle</i>	91
4.11 Tampilan <i>Pit Shell</i> 17 menggunakan <i>Surpac</i>	91
4.12 Tampilan <i>pit limit</i> optimal <i>Surpac</i>	92
4.13 Desain <i>pit limit</i> optimal <i>Front 8</i>	94

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Parameter biaya kapital	22
3.2 Parameter biaya penambangan bijih nikel laterit	23
3.3 Parameter biaya pengupasan <i>overburden</i> (OB)	23
3.4 Data geometri jenjang dan jalan angkut.....	24
4.1 Hasil pelaporan sumber daya pada model blok <i>Front 8 Pit Meranti</i>	80
4.2 Perolehan tonase <i>ore</i> dan <i>overburden nested pit shell</i>	82
4.3 Hasil perhitungan SR inkremental pada <i>nested pit shell</i>	84
4.4 Hasil perhitungan <i>discounted cash flow nested pit shell</i>	86
4.5 Hasil perhitungan perolehan bijih pada <i>pit limit optimal Surpac</i>	93
4.6 Hasil perhitungan cadangan pada <i>Front 8 Pit Meranti</i>	96
4.7 Hasil perhitungan tanah penutup pada <i>Front 8 Pit Meranti</i>	96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Peta tunjuk lokasi penelitian.....	105
B Data model blok.....	107
C Data topografi	109
D Sekuen penambangan <i>Pit Shell 9</i>	111
E Desain <i>final pit Front 8</i>	113
F Sayatan A-A' model blok <i>Front 8</i>	115
G Sayatan B-B' model blok <i>Front 8</i>	117
H Desain jalan angkut dan geometri jenjang.....	119

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Ang and Fang Brother *Site* Lalampu adalah salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan khususnya pertambangan bijih nikel laterit. Perusahaan terletak di Desa Lalampu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Izin Usaha Pertambangan yang diperoleh PT Ang and Fang Brother *Site* Lalampu terbagi menjadi dua, yaitu IUP 576 dan IUP 199. IUP 576 yang merupakan lokasi penelitian memiliki luas area penambangan 576 hektar berdasarkan Keputusan Bupati Morowali No 540.3/SK.002/DESDM/IV/2012 tanggal 19 April 2012. (PT Ang and Fang Brother, 2019). IUP 576 terdiri dari beberapa *pit*, salah satunya adalah *Pit* Meranti. Kegiatan operasi penambangan dilakukan pada *Pit* Meranti berdasarkan pertimbangan *cut-off grade* 1,3 %. *Pit* Meranti memiliki delapan *front* penambangan, enam *front* dalam proses penambangan dan dua *front* lainnya belum ditambang diantaranya *Front* 8. *Front* 8 memiliki luas area 5,68 hektar dan terdapat 21 titik bor yang diperoleh dari kegiatan eksplorasi dan digunakan dalam tahap perencanaan tambang.

PT Ang and Fang Brother menerapkan sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *selective mining*. Penambangan terbuka adalah metode penambangan umum yang dilakukan di atas permukaan dengan mengupas tanah penutup. Bentuk wilayah penambangan pada akhir operasi penambangan atau batas akhir suatu tambang harus dirancang dan direncanakan sebelum memulai operasi (Subowo, 2011). Perencanaan tambang merupakan suatu perencanaan yang secara sistematis dilakukan untuk mengoptimalkan target produksi penambangan yang telah direncanakan (Barber

and Hanna, 2000). Salah satu usaha untuk memperoleh bijih maksimal dengan biaya yang seminimal mungkin pada tahap perencanaan tambang adalah optimasi *pit*.

Optimasi *pit* adalah usaha untuk menentukan batas tambang terbaik (*ultimate pit limit*) dan menentukan cadangan optimal yang memberikan *net present value* (NPV) maksimal (Sasongko, 2009). Metode yang sering diterapkan dalam optimasi *pit* khususnya pada tambang bijih adalah metode Lerch-Grossman dan kerucut mengambang (*floating/moving cone*) (Sasongko, 2009). Algoritma *floating* atau *moving cone* merupakan salah satu algoritma yang paling mudah dan cepat untuk menentukan batas *pit* akhir penambangan (Zeyni *et al.*, 2011). Algoritma *floating cone* menerapkan penambahan ekspansi *pit* dan menghasilkan serangkaian *pit shell* yang memiliki *net present value* (NPV) untuk parameter ekonomi yang digunakan (Ludijo, 2014). Penambahan ekspansi *pit* yang memberikan keuntungan sama dengan nol dinamakan *break even stripping ratio* (BESR). Pada kondisi titik tersebut akan menghasilkan keuntungan atau nilai *net present value* (NPV) optimal (Sasongko, 2009). BESR digunakan juga sebagai batas maksimum nilai *stripping ratio* yang masih layak ditambang. Nilai *stripping ratio* yang melebihi nilai BESR akan terjadi kerugian apabila dilakukan kegiatan penambangan.

Metode *floating cone* belum umum digunakan dibandingkan metode Lerch-Grossman dan masih memiliki kekurangan, yaitu *net present value* (NPV) maksimal yang dihasilkan oleh *pit shell* masih lebih kecil dibandingkan metode Lerch-Grossman. Namun, metode *floating cone* selalu memberikan solusi dan dapat dengan mudah diprogram (Ares *et al.*, 2022). Selain itu pembatasan operasional penambangan di berbagai lereng dapat diterapkan dengan sempurna pada metode ini (Zeyni *et al.*, 2011). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menentukan *pit limit* optimal pada *Front 8 Pit Meranti* yang memiliki nilai NPV maksimal dengan metode *floating cone* dan mempertimbangkan nilai BESR yang memberikan keuntungan terbesar.

1.2 Rumusan Masalah

Perencanaan tambang yang baik perlu dilakukan untuk memperoleh keuntungan yang maksimal. *Front 8 Pit Meranti* adalah salah satu *front* yang akan dilakukan kegiatan penambangan sehingga perlu dilakukan perencanaan tambang yang diawali dengan penentuan *pit limit*. Untuk menentukan *pit limit* tambang pada *Front 8* yang memberikan nilai *net present value* (NPV) terbesar, dilakukan optimasi *pit limit*. Oleh karena itu, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana batas akhir tambang yang memberikan nilai *net present value* (NPV) terbesar (*ultimate pit limit*).
2. Bagaimana desain *pit limit* optimal pada *Front 8 Pit Meranti*.
3. Berapa jumlah cadangan nikel laterit tertambang dan tanah penutup berdasarkan desain *pit*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan *ultimate pit limit* dengan metode *floating cone* dan menghitung *net present value* (NPV).
2. Mendesain *pit limit* optimal pada *Front 8 Pit Meranti*.
3. Menghitung cadangan nikel laterit tertambang dan tanah penutup.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk meningkatkan pengembangan wawasan dan pengetahuan mengenai perancangan tambang khususnya dalam penerapan optimasi dan desain *pit limit* dengan metode *floating cone*.

1.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Persiapan dan perumusan masalah

Persiapan dan perumusan masalah merupakan tahap awal dalam melakukan penelitian. Masalah dirumuskan berdasarkan latar belakang penelitian untuk menentukan masalah-masalah yang dibahas dalam penelitian. Masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah penentuan batas tambang terbaik (*ultimate pit limit*) serta jumlah cadangan tertambang dan tanah penutup yang memberikan *net present value* (NPV) maksimal menggunakan metode *floating cone*.

2. Studi literatur

Studi literatur merupakan kegiatan untuk mencari referensi dan memperdalam wawasan terkait ilmu teknik pertambangan, terkhusus pada kegiatan penambangan nikel laterit dan 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, serta pada tahap penyusunan laporan Tugas Akhir.

3. Investigasi lapangan dan pengumpulan data

Pengumpulan data diperoleh dari perusahaan dan hasil kegiatan lapangan. Data yang diambil berhubungan dengan perancangan tambang dan optimasi *pit* yang akan diteliti. Data tersebut meliputi data model blok *Pit Meranti Front 8*, topografi daerah penelitian, densitas, *mine recovery*, *cut-off grade* (COG) perusahaan, harga nikel, biaya kapital dan biaya operasi, serta data geoteknik (tinggi jenjang, lebar *berm*, dan sudut kemiringan lereng).

4. Pengolahan dan analisis data

Tahapan pengolahan dan analisis data dilakukan dengan tujuan agar mendapatkan hasil dan penyelesaian dari permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Hasil dari pengolahan dan analisis data disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Perencanaan dan Valuasi Tambang yang terdiri atas:

- a. Estimasi sumber daya.
- b. Perhitungan *break even stripping ratio* (BESR).
- c. Optimasi *pit* dengan metode *floating cone*.
- d. Perhitungan *net present value* (NPV).
- e. Pembuatan desain *pit* penambangan.
- f. Perhitungan jumlah cadangan nikel laterit dan tanah penutup berdasarkan *pit* yang telah didesain.

5. Penyusunan laporan Tugas Akhir

Penyusunan laporan dilakukan setelah pengolahan dan analisis data. Seluruh hasil penelitian disusun dan dilaporkan secara sistematis sesuai aturan yang ditetapkan pada Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

6. Seminar dan penyerahan laporan Tugas Akhir

Seminar dan penyerahan laporan Tugas Akhir merupakan tahapan akhir dalam melakukan penelitian. Hasil penelitian yang disusun pada laporan Tugas Akhir disepakati dan dipresentasikan dalam seminar hasil dan ujian sidang. Setelah melalui penyempurnaan berdasarkan saran yang diperoleh dari dosen pembimbing, laporan Tugas Akhir diserahkan kepada Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

1.6 Lokasi Daerah Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 20 Desember 2021 di PT Ang and Fang Brother *Site Lalampu*, yang berada di Desa Lalampu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Secara astronomis, Desa Lalampu terletak pada koordinat $122^{\circ}05'0''$ sampai $122^{\circ}05'10''$ Bujur Timur dan $2^{\circ}47'25''$ sampai $2^{\circ}47'40''$ Lintang Selatan dan secara letak geografis Desa Lalampu berbatasan dengan beberapa daerah, yaitu:

1. Sebelah utara berbatasan dengan Laut Banda.
2. Sebelah timur berbatasan dengan Desa Bahodopi.
3. Sebelah selatan berbatasan dengan IUP perusahaan BDM (Bintang Delapan Mineral).
4. Sebelah barat berbatasan dengan Desa Siung Batu.

Lokasi penelitian berjarak sekitar \pm 853 kilometer dari Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan dan dapat ditempuh melalui transportasi jalur darat, udara maupun laut. Perjalanan jalur darat dimulai dari Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan dengan waktu tempuh \pm 24 jam. Peta tunjuk lokasi penelitian dapat dilihat pada Lampiran A.

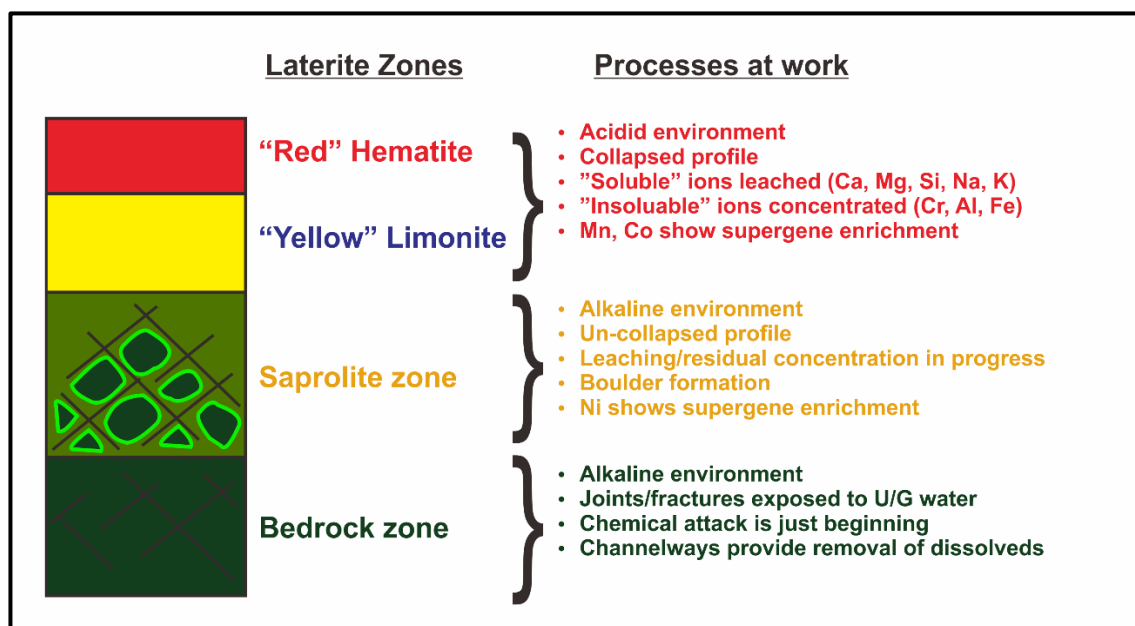
BAB II

METODE *FLOATING CONE*, PERANCANGAN *PIT* DAN *NET PRESENT VALUE*

2.1 Nikel Laterit

Nikel laterit merupakan material yang berasal dari *regolith* (lapisan yang merupakan hasil pelapukan batuan yang menyelimuti suatu batuan dasar) yang berasal dari batuan beku ultrabasa yang mengandung unsur Ni dan Co, terbentuk melalui proses pelapukan fisik dan kimia yang intensif pada daerah dengan iklim tropis hingga subtropis. Proses pembentukan endapan nikel laterit dimulai dari pengendapan batuan induknya yaitu peridotit yang memiliki komposisi berat nikel laterit berkisar antara 0,2% - 0,4% (Butt and Cluzel, 2014).

Profil endapan nikel laterit yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan ultrabasa secara umum terdiri dari empat lapisan, yaitu *top soil* (lapisan tanah penutup), lapisan limonit, lapisan saprolit, dan *bedrock* ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Profil litologi endapan nikel laterit (Rahmi dan Yulhendra, 2019)

Profil endapan nikel laterit yang terdiri dari empat lapisan dijelaskan sebagai berikut (Annels, 2012):

1. Lapisan tanah penutup (*Overburden*)

Lapisan tanah penutup (*overburden*) ini biasa disebut *iron capping*. Material lapisan berukuran lempung, berwarna coklat kemerahan, biasanya terdapat juga sisa-sisa tumbuhan. Pengayaan Fe terjadi pada zona ini karena terdiri dari konkresi Fe-oksida mineral hematit (Fe_2O) dan *chromiferous* (FeCr_2O_4) dengan kandungan Ni relatif rendah. Tebal lapisan bervariasi antara 0 - 2 m. Tekstur batuan asal tidak dapat dikenali lagi. Kandungan unsur Ni pada zona ini < 1% dan Fe > 30%

2. Lapisan limonit

Lapisan limonit merupakan lapisan berwarna coklat muda, ukuran butir lempung sampai pasir, tekstur batuan asal mulai dapat diamati walaupun masih sangat sulit, dengan tebal lapisan berkisar antara 1- 10 m. Lapisan ini tipis pada daerah yang terjal, dan sempat hilang karena erosi. Pada zona limonit hampir seluruh unsur yang mudah larut hilang terlindi, kadar MgO hanya tinggal kurang dari 2% berat dan kadar SiO_2 berkisar 2 - 5% berat. Sebaliknya kadar hematit menjadi sekitar 60 - 80% berat dan kadar Al_2O_3 maksimum 7% berat. Kandungan Ni pada zona ini berada pada selang antara 1% sampai 1,4%. Zona ini didominasi oleh mineral goetit, disamping juga terdapat magnetit, hematit, cromit, serta kuarsa sekunder.

3. Lapisan saprolit

Lapisan saprolit merupakan lapisan dari batuan dasar yang sudah lapuk, berupa bongkah-bongkah lunak berwarna coklat kekuningan sampai kehijauan. Struktur dan tekstur batuan asal masih terlihat. Perubahan geokimia zona saprolit yang terletak di atas batuan asal ini tidak banyak, H_2O dan Ni bertambah. Kadar Ni keseluruhan lapisan antara 2 - 4%, sedangkan magnesium dan silikon hanya sedikit

yang hilang terlindi. Zona ini terdiri dari garnierit yang menyerupai bentuk vein, mangan, serpentin, kuarsa sekunder bertekstur *boxwork* (tekstur seperti jaring laba-laba), krisopras, dan di beberapa tempat sudah terbentuk limonit yang mengandung Fe-hidroksida.

4. Lapisan batuan dasar (*Bedrock*)

Lapisan batuan dasar (*bedrock*) merupakan bagian terbawah dari profil nikel laterit, berwarna hitam kehijauan, terdiri dari bongkah-bongkah batuan dasar dengan ukuran > 75 cm, dan secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis. Kadar mineral mendekati atau sama dengan batuan asal, yaitu dengan kadar Fe \pm 5% serta Ni dan Co antara 0,01 – 0,30%.

2.2 Perancangan Tambang

Perancangan tambang (*mine design*) adalah gambaran dimensi bukaan tambang berdasarkan pemodelan geologi bahan galian dari data hasil kegiatan eksplorasi dengan kriteria tertentu. Desain tambang tersebut menggambarkan metode penambangan yang digunakan untuk mengeksploitasi bahan galian yang ada. Desain tambang dibuat berdasarkan rekomendasi dari beberapa masukan data penting, seperti: topografi, pemodelan geologi (data bor) yang telah dibuat dalam bentuk model blok, rekomendasi geoteknik (geometri lereng), ukuran peralatan tambang, dan beberapa masukan data lain yang dibutuhkan. Perancangan desain harus memperhatikan kemampuan dan ketersediaan alat dan lahan yang akan dilakukan pembongkaran (Yulhendra, 2019).

Pada umumnya ada dua tingkat rancangan, yaitu (Maryanto 2013):

1. Rancangan konsep (*conceptual design*), yaitu 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 kondisi nyata di lapangan.

2. Rancangan rekayasa atau rekayasa (*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 dipakai sebagai dasar acuan atau pegangan dari pelaksanaan kegiatan sebenarnya di lapangan yang meliputi rancangan batas akhir tambang, tahapan penambangan (*mining stages/mining phases pushback*), penjadwalan produksi dan material buangan (*waste*). Rancangan rekayasa tersebut biasanya juga diperjelas menjadi rancangan bulanan, mingguan dan harian (Maryanto 2013). Secara tradisional, optimasi desain tambang terbuka mengutamakan penentuan batas *pit* akhir, menentukan material tertambang dan membagi *pit* menjadi volume material yang dapat dikelola yang sering disebut sebagai *pushback* (Meagher *et al.*, 2014). Penentuan batas *pit* akhir tambang terbuka yang optimal sangat penting dalam perencanaan tambang terbuka, karena profitabilitas dapat bervariasi secara signifikan tergantung pada penentuan batas *pit* akhir (Baek *et al.*, 2016).

2.3 Floating Cone

Optimasi *pit* didefinisikan sebagai suatu istilah yang sering digunakan dalam artian untuk menentukan batas *pit* yang paling optimal untuk memperoleh bahan galian yang dibatasi oleh kondisi tambang dan ekonomi (Denby *and* Schofield, 1993). Optimasi *pit* menentukan bentuk *pit* yang paling mungkin memperoleh total nilai perolehan terbesar yang tertuju pada kebutuhan akan kondisi lereng (Whittle *and* Rozman, 1991). Jika optimasi itu merupakan proses, maka hasil dari optimasi *pit* merupakan *pit* yang telah menjadi lebih efektif dan memiliki keuntungan (Gusman *and* Octova, 2018). Batas

pit yang optimal biasanya dirancang dengan penggunaan model blok. Model blok geologi menyajikan cadangan sebagai kombinasi dari banyak blok kecil yang ditentukan setelah estimasi IDW (*Inverse Distance Wighting*) atau metode geostatistik lainnya. Model blok ekonomis selanjutnya dihitung dengan menerapkan biaya, harga dan parameter lainnya untuk setiap blok. Sebagian besar metode batas *pit* yang optimal menggunakan model blok ekonomis untuk menentukan batas *pit*. Metodologinya adalah mencari kombinasi blok dengan nilai ekonomis maksimum pada kondisi ekonomis dan teknis saat ini (Zeyni *et al.*, 2011). Metode yang sering diterapkan dalam optimasi *pit* adalah metode Learch-Grossman, kerucut mengambang (*floating/moving cone*), dan metode penambahan ekspansi *pit* (*incremental pit expansion*). Metode *Learch-Grossman* dan kerucut mengambang (*floating/moving cone*) lebih sering diterapkan pada tambang bijih (Sasongko, 2009).

Algoritma *floating* atau *moving cone* merupakan salah satu algoritma yang paling mudah dan sederhana untuk menentukan batas *pit* yang optimal (Ares *et al.*, 2022). Selain itu, pembatasan operasional penambangan di berbagai lereng dapat diterapkan dengan sempurna pada metode ini (Zeyni *et al.*, 2011). Premis dasar dari metode ini adalah bahwa keuntungan bersih yang diperoleh dari penambangan bijih yang ditemukan di semua blok dan termasuk dalam kerucut harus melebihi biaya penambangan dan perawatan di kerucut tersebut. Jika keuntungannya positif, semua balok yang termasuk dalam kerucut ditandai sehingga tidak menjadi bagian dari kerucut yang akan datang. Sebaliknya, jika keuntungannya negatif, titik kerucut dipindahkan ke blok berikutnya yang nilainya di atas nilai batas penambangan minimum, mengulangi proses setelahnya (Ares *et al.*, 2022).

Floating cone pertama kali dijelaskan oleh Carlson, Erickson, O'Brain dan Pana pada tahun 1966, yaitu untuk setiap blok (bijih) positif, metode ini melibatkan konstruksi kerucut dengan sisi yang berorientasi sejajar dengan sudut kemiringan lubang, dan

kemudian menentukan nilai kerucut dengan menjumlahkan nilai blok yang tertutup di dalamnya. Jika nilai kerucut positif, semua blok di dalam kerucut ditambang. Proses ini dimulai dari level paling atas dan bergerak ke bawah mencari blok positif. Proses berlanjut sampai tidak ada kerucut positif yang tersisa dalam model blok (Carlson *et al.*, 1966 dalam Zeyni *et al.*, 2011).

Floating cone termasuk dalam metode *automated method (full computer method)*. Dalam metode ini sepenuhnya dilakukan oleh komputer berdasarkan parameter ekonomi dan fisik. Metode yang termasuk dalam kelompok ini mampu merancang batas tambang berdasarkan parameter ekonomi dan fisik yang ada tanpa campur tangan perancang. Program komputer yang dapat melakukan tugas-tugas ini diantaranya adalah program *FOUR-D Whittle Open Pit Optimization Software* yang merupakan produk dari *Whittle Programming Proprietary Limited* Australia, serta program-program lain yang sejenis (Whittle and Rozman, 1991).

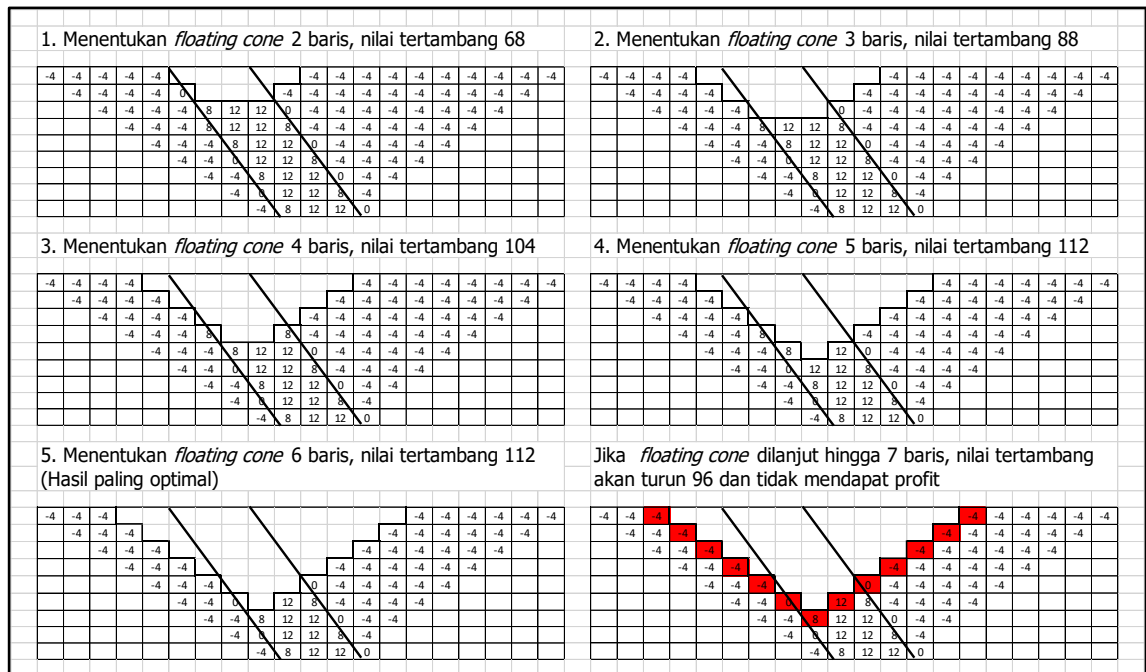
Cara kerja algoritma *floating cone* untuk mengoptimasi *pit limit* dicontohkan menggunakan data nilai ekonomik model blok seperti pada Gambar 2.2. Model blok bernilai positif pada sayatan bijih (*ore*), sedangkan tanah limbah (*waste*) bernilai negatif.

-4	-4	-4	8	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
-4	-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
-4	-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
	-4	-4	-4	8	12	12	8	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
		-4	-4	-4	8	12	12	0	-4	-4	-4	-4	-4		
			-4	-4	0	12	12	8	-4	-4	-4	-4			
				-4	-4	8	12	12	0	-4	-4				
					-4	0	12	12	8	-4					
						-4	8	12	12	0					

Gambar 2.2 Nilai moneter model blok (Hustrulid and Kutcha, 1995)

Algoritma *floating cone* menentukan *ultimate pit limit* berdasarkan kombinasi model blok yang menghasilkan nilai positif paling maksimum. Gambar 2.3 memperlihatkan contoh *ultimate pit limit* pada baris 6 karena memiliki total nilai

ekonomik model blok paling maksimum, baris 7 bukan *ultimate pit limit* walaupun masih bernilai positif.



Gambar 2.3 Langkah-langkah optimasi *pit limit* menggunakan *floating cone* (Hustrulid and Kutcha, 1995)

Sasaran yang ingin dipakai dalam menentukan batas akhir penambangan dalam metode *floating cone* mengharuskan batas akhir tersebut dihitung menggunakan dasar ekonomi pulang pokok. Secara manual penentuan batas akhir tambang mempertimbangkan nilai *break even stripping ratio* (BESR) dimana keuntungan dari menambang tahapan bijih terakhir harus tepat membayar biaya pengupasan lapisan penutupnya (Sulistiyana, 2018).

2.4 Pit Shell

Konsep metode *floating cone* adalah melakukan simulasi dengan membentuk *pit* uji coba secara tiga dimensi yang berbentuk seperti kerucut terbalik. Kerucut memiliki kemiringan dinding tertentu, menyesuaikan dengan kemiringan lereng tambang yang telah ditentukan (Hustrulid *et al.*, 2013). *Pit* hasil simulasi yang terbentuk disebut *pit*

shell. Serangkaian *pit shell* (*nested pit shell*) dihasilkan dari data *input* yang identik untuk setiap *pit shell*-nya kecuali parameter harga komoditas. Setiap *pit shell* akan menunjukkan nilai optimal pada satu harga komoditas. Untuk mendapatkan harga komoditas yang berbeda-beda, maka ditentukan faktor kelipatan yang dimasukkan dalam parameter yaitu *revenue adjustment factor* (RAF) dengan $RAF = 1$ sebagai harga awal. *Revenue adjustment factor* (RAF) adalah faktor kelipatan terhadap harga normal. Harga ini digunakan untuk menghasilkan serangkaian *nested pit shell* dimana setiap *pit shell* mewakili lubang utama untuk varian harga tertentu (Esmaili and Mazzalli, 2021).

Terdapat tiga metode yang digunakan untuk menentukan urutan penambangan pada suatu *pit shell*, yaitu (Esmaili and Mazzalli, 2021):

1. Metode terbaik mengasumsikan bahwa *pit shell* akan ditambang secara berurutan dari *pit shell* dengan nilai RAF terkecil sampai terbesar.
2. Metode terburuk mengasumsikan bahwa setiap *pit shell* akan ditambang sepenuhnya dari atas ke bawah tanpa mempertimbangkan *pit shell* lainnya.
3. Metode *lag* konstan yang merupakan kombinasi dari dua metode sebelumnya mengasumsikan bahwa *pushback* akan ditambang dalam urutan sesuai skenario metode terbaik dan juga mempertimbangkan jumlah *bench* yang perlu ditambang di setiap *pit shell*. Nilai *lag* merupakan jumlah *bench* yang di perbolehkan untuk dilakukan penambangan secara bersamaan. Semakin banyak *lag* maka skenario semakin mendekati metode terbaik.

2.5 Perancangan *Pit*

Desain suatu *pit* penambangan merupakan langkah awal dalam melakukan evaluasi jumlah bahan galian. Salah satu parameter yang menjadi acuan dalam perancangan *pit* penambangan adalah batas penambangan (*pit limit*) (Hustrulid et al., 2013). Parameter-parameter yang mempengaruhi batas penambangan (*pit limit*) untuk

menghitung cadangan tertambang (*mineable*) diantaranya nisbah kupas (*stripping ratio*) yang dihitung dengan pendekatan BESR (*break even stripping ratio*), geometri lereng penambangan, kondisi topografi dan geologi (Aswandi dan Yulhendra, 2019).

2.5.1 *Stripping Ratio* dan *Break Even Stripping Ratio*

Perhitungan jumlah lapisan penutup yang harus dipindahkan untuk mendapatkan per ton bijih sesuai dengan metode penambangan merupakan konsep dasar dari nisbah kupas (*stripping ratio*). Faktor kualitas dan harga jual menjadi sangat penting dalam perumusan *stripping ratio*. Secara umum, faktor utama untuk penentuan nilai ekonomis *stripping ratio* adalah jumlah volume bahan galian dan umur tambang (Hustrulid *et al.*, 2013).

Nisbah pengupasan inkremen (*incremental stripping ratio*) atau disebut juga perubahan *stripping ratio* (SR_1) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 (Hustrulid *et al.*, 2013; Sasongko, 2009).

$$SR_1 = \frac{\Delta W}{\Delta C} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

ΔW = Perubahan volume tanah penutup (BCM)

ΔC = Perubahan tonase bijih (ton)

SR_1 dimana penambahan selisih blok memberikan keuntungan sama dengan nol dinamakan *break even stripping ratio* (BESR). Pada kondisi titik tersebut akan rnenghasilkan keuntungan atau *net present value* (NPV) optimal. Dengan dernikian, suatu *pit* yang menjadi batas tambang merupakan *pit* yang rnenghasilkan selisih margin keuntungan sama dengan 0. Nilai BESR dapat diperoleh melalui Persamaan 2.2 (Sasongko, 2009).

$$BESR = \frac{(1-x)s - c}{w} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

x = Iuran produksi/Royalti (%)

s = Harga komoditas (USD)

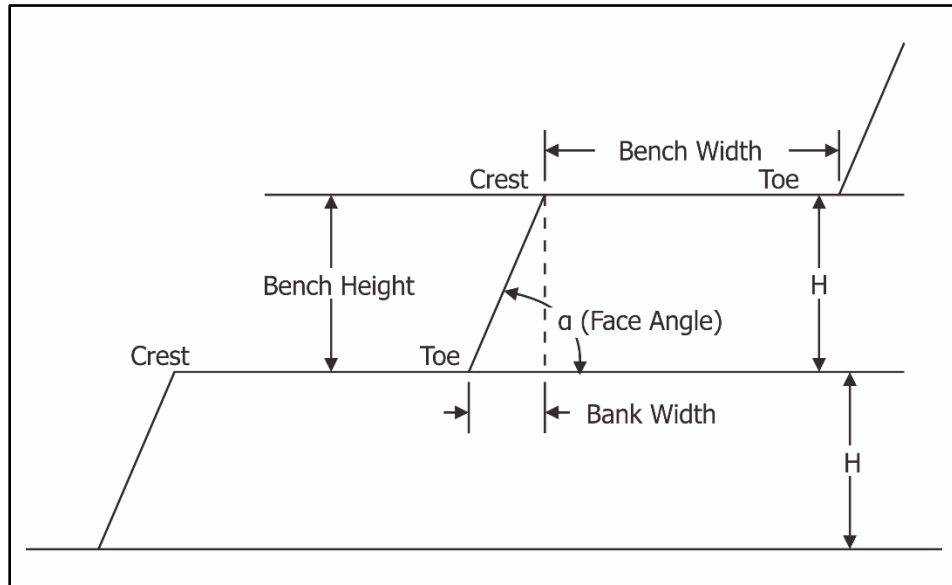
c = Biaya variabel penambangan bijih (USD/ton)

w = Biaya variabel pengupasan tanah penutup (USD/BCM)

Nilai BESR pada Persamaan 2.1 tersebut sudah memperhitungkan model aliran kas (*cash flow*) pada suatu tahun ke-t. Apabila nilai parameter berubah, maka nilai BESR akan berubah dan batas tambang akan bergeser. Batas tambang bergeser, maka cadangan tertambang akan berubah pula. Cadangan tertambang berubah, maka sekuen dan penjadwalan produksi bisa akan berubah (Sasongko, 2009).

2.5.2 Geometri Lereng Penambangan

Cadangan bijih yang akan ditambang menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*) sangat dipengaruhi oleh beberapa aspek meliputi ukuran, bentuk endapan, orientasi dan faktor kedalaman dari permukaan cadangan. Pada penambangan menggunakan sistem tambang terbuka tahapan yang dilakukan dalam perencanaan desain *pit* tambang terdapat beberapa pertimbangan geometri yang harus diperhatikan yaitu geometri jenjang (*bench*). Pada tambang terbuka, masing-masing jenjang (*bench*) memiliki permukaan bagian atas dan bagian bawah yang dipisahkan jarak yang disebut dengan tinggi jenjang. Permukaan subvertikal yang tersingkap disebut sebagai muka jenjang. Kombinasi tersebut digambarkan dengan kaki lereng (*toe*), puncak (*crest*), dan sudut muka jenjang (*face angle*). Beberapa faktor pertimbangan dalam pembuatan geometri jenjang (*bench*) meliputi lebar *bench*, panjang *bench* (*bank width*), dan tinggi *bench* (Hustrulid *et al.*, 2013). Aspek geometri lereng pada tambang terbuka dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Aspek geometri lereng (Hustrulid *et al.*, 2013)

2.5.3 Geometri Jalan Angkut Penambangan

Aspek geometri yang perlu diperhatikan dalam membuat rancangan *pit* penambangan selain geometri lereng adalah geometri jalan angkut tambang. Geometri jalan tambang disesuaikan dengan alat angkut yang digunakan agar alat angkut dapat bergerak secara leluasa. Geometri jalan angkut tambang seperti lebar jalan lurus dan menikung, jari-jari tikungan dan superelevasi, *cross slope*, dan kemiringan jalan harus diperhatikan. Untuk menentukan lebar jalan angkut berdasarkan dengan jumlah jalur menurut *American Association of State Highway and Transport Officials (AASHTO)* dinyatakan pada Persamaan 2.3 (Jenius, 2018; Dwayne and Regensburg, 2001):

$$L_{min} = n \times W_t + (n+1)(0,5 \times W_t) \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

L_{min} = Lebar jalan angkut minimum (meter)

n = Jumlah jalur

W_t = Lebar alat angkut terbesar (meter)

Kemiringan jalan angkut (*grade*) merupakan beda ketinggian antara satu titik pengukuran dengan titik pengukuran lainnya. Kemiringan dapat berarti jalan menanjak

atau menurun. Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM No. 1827 Tahun 2018 menjelaskan bahwa kemiringan (*grade*) jalan tambang/produksi dibuat tidak boleh lebih 12% (dua belas persen) dengan memperhitungkan (Keputusan Menteri ESDM, 2018):

1. Spesifikasi kemampuan alat angkut.
2. Jenis material jalan.
3. *Fuel ratio* penggunaan bahan bakar.

2.6 Net Present Value (NPV)

Discounted cash flow (DCF) merupakan evaluasi untuk menilai aliran kas proyek menggunakan konsep nilai uang terhadap waktu. Konsep ini menjelaskan bahwa nilai uang sekarang memiliki daya beli lebih tinggi dibandingkan nilai uang di masa mendatang. Oleh karena itu, nilai uang di masa mendatang perlu didiskon dengan laju tertentu. Metode *discounted cash flow* (DCF) merupakan cara konvensional dalam melakukan valuasi terhadap suatu proyek dengan *net present value* (NPV) sebagai parameternya. Metode ini menilai proyek dengan asumsi hanya menggunakan satu harga jual dan tidak ada investasi ulang selama umur proyek tersebut (Tua dkk., 2020).

Evaluasi finansial diawali dengan membuat perkiraan mengenai jumlah uang yang dikeluarkan (*cost*) untuk eksplorasi, konstruksi, operasi, pajak, dan kegiatan-kegiatan lainnya, serta jumlah penerimaan (*revenue*) dari produksi mineral. Jumlah uang tersebut dinyatakan sebagai *cash flow* atau aliran kas (Gocht *et al.*, 1988). Biaya (*cost*) adalah setiap pengeluaran dalam bentuk finansial untuk pembiayaan suatu proyek suatu perusahaan. Jenis biaya dalam evaluasi finansial pada umumnya dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung adalah biaya yang berhubungan langsung dengan kepentingan proyek, seperti biaya investasi, biaya operasi, dan biaya pemeliharaan. Biaya tidak langsung adalah biaya yang perlu diperhitungkan dalam analisis proyek, seperti biaya yang harus dikeluarkan untuk

mengatasi dampak negatif dari proyek (Jematia and Olike, 2010). Perhitungan pendapatan (*revenue*) didapat dari hasil penjualan bahan galian dengan harga komoditas. Keuntungan (*net cash flow*) adalah selisih antara biaya dan pendapatan yang digunakan dalam menghitung *net present value* (NPV) (Handayani dkk, 2020).

Net present value (NPV) adalah metode menghitung nilai bersih (*netto*) pada waktu sekarang (*present*). Asumsi *present* yaitu menjelaskan waktu awal perhitungan bertepatan dengan saat evaluasi dilakukan, atau pada periode tahun ke-0 dalam perhitungan *cash flow* investasi. Dengan demikian, metode NPV pada dasarnya adalah memindahkan *cash flow* yang menyebar sepanjang masa investasi ke waktu awal investasi ($t=0$) atau kondisi *present*, tentu saja dengan menerapkan konsep ekuivalensi uang (Handayani dkk, 2020).

Nilai NPV didapat berdasarkan hasil aliran kas yang didiskon dengan biaya yang timbul akibat penggunaan sumber dana atau disebut *cost of capital* yang dinyatakan dalam persen. Besar nilai NPV dapat diperoleh melalui Persamaan 2.4 (Tua dkk., 2020).

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - K \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

- CF_t = *Cash flow* tahun ke-t
- i = *Discount rate/cost of capital*
- K = Biaya kapital
- n = Total tahun/umur tambang

Sebuah proyek dikatakan dapat diterima apabila nilai NPV-nya lebih besar dari nol (NPV > 0), yang menyatakan bahwa nilai proyek tersebut menguntungkan dari segi ekonomi. Apabila nilai NPV-nya lebih kecil dari nol (NPV < 0), proyek dikatakan tidak layak dari segi ekonomis (Giatman, 2011).

BAB III

METODE PENELITIAN

Perancangan dan optimasi *pit* bertujuan untuk menentukan batas *pit* yang paling optimal untuk memperoleh bahan galian yang dibatasi oleh kondisi tambang dan ekonomi. Secara umum penelitian ini membahas mengenai perancangan *pit limit* optimal dan membutuhkan data yang rinci terkait faktor teknis dan faktor ekonomis tambang. Proses dan cara yang digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mengolah data dalam perancangan dan optimasi *pit* pada penelitian ini terangkum dalam metode penelitian.

3.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan tujuan untuk menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya. Data yang diambil berhubungan dengan perancangan dan optimasi *pit* yang diteliti. Data bersumber dari kegiatan lapangan dan data historis yang diperoleh dari PT Ang and Fang Brother, yaitu:

1. Data model blok

Data model blok diperoleh dari Departemen *Mine Plan Engineer*. Data yang diambil merupakan model dasar pada lokasi penelitian sebagai acuan dalam membuat *pit* penambangan di *Front 8 Pit Meranti*. Ukuran model blok sesuai standar blok yang ditetapkan perusahaan yaitu 12,5 m x 12,5 m x 1 m. Pewarnaan model blok yang ditampilkan pada Lampiran B berdasarkan atribut kadar nikel, yaitu *high grade ore* (HGO) dengan nilai kadar $\geq 1,7\%$, *medium grade ore* (MGO) dengan rentang kadar 1,5%-1,7%, dan *low grade ore* (LGO) dengan rentang kadar 1,3%-1,5%, serta nilai kadar $\leq 1,3\%$. Informasi model blok berupa dimensi, total blok, dan atribut ditunjukkan pada Gambar 3.1.