

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Lokasi Penelitian dan Keadaan Umum	3
1.5.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah	3
1.5.2. Fisiografi.....	4
1.5.3. Stratigrafi	4
1.5.4. Struktur Geologi	6
1.5.5. Tahapan Penambangan	8
1.6. Luaran Penelitian	11
1.7. Manfaat Penelitian	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	12
2.1. Tinjauan Pustaka.....	12
2.2. Landasan Teori.....	18
2.2.1. Karakteristik Endapan Nikel Laterit.....	18

2.2.2. Sumber Daya dan Cadangan Mineral.....	19
2.2.2.1. Sumber Daya Mineral	19
2.2.2.2. Cadangan Mineral	20
2.2.3. Perencanaan Tambang	21
2.2.4. Metode Penambangan <i>Open Pit</i>	22
2.2.5. <i>Ultimate Pit Limit</i> (UPL).....	24
2.2.6. Parameter Desain Tambang	25
2.2.6.1. <i>Stripping Ratio</i> (SR).....	25
2.2.6.2. Geometri Jenjang Penambangan	26
2.2.6.3. <i>Front Kerja</i> Penambangan	28
2.2.7. <i>Sequence</i> Penambangan.....	29
2.2.8. Geometri Jalan Tambang	30
2.2.9. Rancangan Kebutuhan Alat Mekanis	36
2.2.9.1. Waktu Edar (<i>Cycle Time</i>)	36
2.2.9.2. Sifat Fisik Material.....	37
2.2.9.3. Waktu Kerja Efektif	38
2.2.9.4. <i>Bucket Fill Factor</i>	39
2.2.9.5. Produktivitas Alat.....	40
2.2.9.6. Kebutuhan Alat Mekanis.....	40
2.2.10. <i>Waste Dump</i>	41
2.2.10.1. Parameter Perencanaan <i>Waste Dump</i>	41
2.2.10.2. Jenis <i>Waste Dump</i>	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1. Metode Penelitian	44
3.2. Tahapan Penelitian	44
BAB IV PENGOLAHAN DAN PENYAJIAN DATA	49
4.1. Pengolahan Data	49
4.1.1. Kondisi Topografi Blok 2	49
4.1.2. Data Eksplorasi dan Karakteristik Endapan	51
4.1.3. Model Endapan Nikel.....	53
4.1.3.1. Sumber Daya Blok 2	53
4.1.3.2. Cadangan Bijih Nikel <i>Pit 1</i>	55
4.1.3.3. Cadangan Tertambang dan Klasifikasi Bijih <i>Pit 1</i>	56
4.1.4. Sasaran Produksi Penambangan	58

4.1.5. Jenis Alat Mekanis Penambangan yang Digunakan	59
4.1.6. Rancangan <i>Pit Design</i>	59
4.1.6.1. Geometri Jenjang Penambangan	60
4.1.6.2. Geometri Jalan Tambang (<i>Ramp</i>).....	60
4.1.6.3. Lebar <i>Front</i> Penambangan	62
4.1.7. Rancangan Area Timbunan <i>Waste</i>	63
4.1.8. Rancangan Sistem Jalan Angkut Penambangan	65
4.1.9. Waktu Kerja Efektif.....	65
4.1.10. Produktivitas Alat Mekanis	66
4.1.10.1. Produktivitas Alat Gali-Muat	66
4.1.10.2. Produktivitas Alat Angkut	67
4.2. Penyajian Data	70
4.2.1. Pemodelan <i>Sequence</i> Penambangan <i>Pit</i> 1 Periode Januari – Juni	70
4.2.2. Pemodelan <i>Waste Dump</i> Periode Januari – Juni.....	72
4.2.3. Panjang Jalan Angkut dan Volume <i>Cut-Fill</i>	75
4.2.4. Rencana Penjadwalan Produksi.....	76
4.2.5. Kebutuhan Alat Mekanis	77
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	79
5.1. Rancangan <i>Sequence</i> Penambangan	79
5.1.1. Rancangan <i>Pit</i>	79
5.1.2. Rancangan <i>Sequence</i> Bulanan	80
5.2. Rancangan Jalan Angkut dan Area Penimbunan	83
5.2.1. Rancangan Jalan Angkut	83
5.2.2. Rancangan Area Penimbunan	85
5.3. Rancangan Kebutuhan Alat Gali-Muat dan Alat Angkut	86
5.3.1. Pengaruh Jarak Angkut terhadap Produktivitas Alat Angkut	86
5.3.2. Kebutuhan Alat Gali-Muat	89
5.3.2. Kebutuhan Alat Angkut	90
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	92
6.1. Kesimpulan	92
6.2. Saran	92
DAFTAR PUSTAKA.....	94
LAMPIRAN.....	96

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Peta Kesampaian Daerah	3
Gambar 1.2. Pembagian Mandala Geologi di Pulau Sulawesi (dimodifikasi oleh Surono, 2013)	4
Gambar 1.3. Peta Geologi Regional Lengan Tenggara Sulawesi (dimodifikasi oleh Surono, 2013)	5
Gambar 1.4. Struktur Regional Sulawesi (dimodifikasi oleh Surono, 2013)	7
Gambar 1.5. Kegiatan <i>Land Clearing</i>	8
Gambar 1.6. Kegiatan Pengupasan <i>Top Soil</i>	9
Gambar 1.7. Kegiatan Pemuatan <i>Waste</i>	9
Gambar 1.8. Kegiatan Pemuatan <i>Ore</i>	10
Gambar 1.9. Kegiatan Pengangkutan <i>Waste</i>	10
Gambar 1.10. Kegiatan Pengangkutan <i>Ore</i>	11
Gambar 2.1. Profil Endapan Nikel Laterit dan Distribusi Kadar Unsur Lapisan Laterit (Elias, 2002)	19
Gambar 2.2. Hubungan antara Tingkat Eksplorasi, Sumber Daya Mineral dan Cadangan Mineral (Badan Standarisasi Nasional SNI 4726: 2019)	21
Gambar 2.3. Ilustasi Penampang Melintang Metode Penambangan <i>Open Pit</i> (Hartman, 1997)	24
Gambar 2.4. Penampang Melintang <i>Ultimate Pit Limit</i> (Hustrulid dkk., 2013)	25
Gambar 2.5. Bagian-Bagian Jenjang Penambangan (Hustrulid dkk., 2013)	27
Gambar 2.6. <i>Working Bench</i> (Hustrulid dkk., 2013)	27
Gambar 2.7. <i>Catch Bench</i> (Hustrulid dkk., 2013)	28
Gambar 2.8. Dimensi <i>Front</i> Penambangan (<i>Caterpillar Performace Handbook Edition 52</i> , 2022)	29
Gambar 2.9. Skema Tahapan Kemajuan Tambang (Hustrulid dkk., 2013)	30
Gambar 2.10. Penampang Melintang Lebar Jalan Angkut Lurus (Kaufman & Ault, 1977)	30

Gambar 2.11. Tampak Atas Lebar Jalan Angkut Tikungan (Kaufman & Ault, 1977)...	32
Gambar 2.12. Tampak Atas Jari-jari Tikungan (Sukirman, 1999).....	33
Gambar 2.13. Penampang Melintang <i>Cross Slope</i> (Hustrulid dkk., 2013)	34
Gambar 2.14. Gaya Sentrifugal pada Tikungan (Bargawa, 2018).....	34
Gambar 2.15. Superelevasi pada Tikungan (Hendarsin, 2000)	35
Gambar 2.16. Tampak Samping Kemiringan Jalan (Hustrulid dkk., 2013)	36
Gambar 2.17. <i>Bucket Fill Factor</i> (Caterpillar Performace Handbook Edition 52, 2022).....	39
Gambar 2.18. <i>Valley Fill Waste Dump</i> (Sumber: Wahler, 1979 dalam Hawley & Cuning, 2017).....	43
Gambar 3.1. Dokumentasi Pengamatan Data <i>Cycle Time</i> Alat Angkut.....	46
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 3.3. Diagram Alir Pemodelan	48
Gambar 4.1. Topografi Blok 2	50
Gambar 4.2. Sebaran Titik Bor Blok 2	52
Gambar 4.3. Endapan Bijih Nikel Blok 2.....	53
Gambar 4.4. Tampak Samping Endapan Bijih Nikel Blok 2 (Barat-Timur)	53
Gambar 4.5. Topografi Blok 2 dan Garis Penampang A-A'	54
Gambar 4.6. Model Cadangan Nikel Blok 2 dan Garis Penampang A-A'	55
Gambar 4.7. <i>Cross Section</i> Garis Penampang A-A'	55
Gambar 4.8. Model Cadangan Nikel <i>Pit</i> 1	56
Gambar 4.9. Topografi Blok 2 dan Garis Penampang B-B'	57
Gambar 4.10. Model Cadangan Nikel <i>Pit</i> 1 dan Garis Penampang B-B'	57
Gambar 4.11. <i>Cross Section</i> Garis Penampang B-B'	57
Gambar 4.12. Tampak Atas Sebaran Klasifikasi Kadar Nikel Tertambang <i>Pit</i> 1	58
Gambar 4.13. Tampak Samping Sebaran Klasifikasi Kadar Nikel Tertambang <i>Pit</i> 1 (Selatan-Utara).....	58
Gambar 4.14. Geometri Jenjang <i>Pit</i> 1	60
Gambar 4.15. Geometri Jalan Tambang pada Segmen Tikungan <i>Pit</i> 1	62
Gambar 4.16. Tampak Atas Area <i>Front</i> Kerja Penambangan <i>Pit</i> 1 Bulan Pertama	63
Gambar 4.17. Lokasi Penimbunan <i>Waste</i>	64
Gambar 4.18. Geometri <i>Waste Dump</i>	64
Gambar 4.19. Rancangan Kemajuan <i>Pit</i> 1 dan Penampang Melintang Periode Januari	70

Gambar 4.20.	Rancangan Kemajuan <i>Pit</i> 1 dan Penampang Melintang Periode Februari ..	70
Gambar 4.21.	Rancangan Kemajuan <i>Pit</i> 1 dan Penampang Melintang Periode Maret.....	71
Gambar 4.22.	Rancangan Kemajuan <i>Pit</i> 1 dan Penampang Melintang Periode April	71
Gambar 4.23.	Rancangan Kemajuan <i>Pit</i> 1 dan Penampang Melintang Periode Mei	71
Gambar 4.24.	Rancangan Kemajuan <i>Pit</i> 1 dan Penampang Melintang Periode Juni	72
Gambar 4.25.	Rancangan Kemajuan <i>Waste Dump</i> 1 dan Penampang Melintang Januari ..	73
Gambar 4.26.	Rancangan Kemajuan <i>Waste Dump</i> 1 dan Penampang Melintang Februari	73
Gambar 4.27.	Rancangan Kemajuan <i>Waste Dump</i> 1 dan Penampang Melintang Maret....	74
Gambar 4.28.	Rancangan Kemajuan <i>Waste Dump</i> 1 dan Penampang Melintang April	74
Gambar 4.29.	Rancangan Kemajuan <i>Waste Dump</i> 1 dan Penampang Melintang Mei	74
Gambar 4.30.	Rancangan Kemajuan <i>Waste Dump</i> 2 dan Penampang Melintang Mei	75
Gambar 4.31.	Rancangan Kemajuan <i>Waste Dump</i> 2 dan Penampang Melintang Juni	75
Gambar 5.1.	Grafik Fluktuasi Jarak Angkut dan Produktivitas <i>Waste</i> Bulanan.....	87
Gambar 5.2.	Grafik Fluktuasi Jarak Angkut dan Produktivitas <i>Ore</i> Bulanan	87
Gambar A.1.	Rekomendasi Geoteknik Jenjang Penambangan.....	97
Gambar C.1.	Spesifikasi Teknis <i>Excavator Backhoe</i> Caterpillar 330 GC	100
Gambar C.2.	Spesifikasi Dimensi dan Jangkauan Kerja <i>Excavator Backhoe</i> Caterpillar 330 GC	101
Gambar D.1.	<i>Dump Truck</i> Sinotruck Howo 6×4 400 HP	102
Gambar D.2.	<i>Dump Truck</i> Mercedes-Benz Axor 2528 C	103
Gambar M.1.	Peta Kemajuan Tambang Bulan Januari 2026	134
Gambar M.2.	Peta Kemajuan Tambang Bulan Februari 2026	135
Gambar M.3.	Peta Kemajuan Tambang Bulan Maret 2026	136
Gambar M.4.	Peta Kemajuan Tambang Bulan April 2026.....	137
Gambar M.5.	Peta Kemajuan Tambang Bulan Mei 2026.....	138
Gambar M.6.	Peta Kemajuan Tambang Bulan Juni 2026	139

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Tinjauan Pustaka	13
Tabel 2.2. Pengaruh Kecepatan dan Radius Tikungan terhadap Superevelasi (Kaufman & Ault, 1977)	35
Tabel 2.3. Nilai <i>Bucket Fill Factor</i> untuk Material Tertentu (<i>Caterpillar Performance Handbook Edition 52, 2002</i>)	39
Tabel 4.1. Statistik Ketebalan Endapan Berdasarkan Data Pemboran	51
Tabel 4.2. Volume <i>Waste</i> dan Tonase <i>Ore</i> pada Blok 2	54
Tabel 4.3. Volume <i>Waste</i> dan Tonase <i>Ore</i> pada <i>Pit 1</i>	55
Tabel 4.4. Volume <i>Waste</i> dan Tonase <i>Ore</i> Tertambang pada <i>Pit 1</i>	56
Tabel 4.5. Klasifikasi Kadar Nikel Tertambang <i>Pit 1</i>	58
Tabel 4.6. Peralatan Mekanis Penambangan	59
Tabel 4.7. Parameter Kehilangan Waktu Kerja Akibat Hambatan Operasional ..	65
Tabel 4.8. Waktu Kerja Efektif	66
Tabel 4.9. Produktivitas Alat Gali-Muat	66
Tabel 4.10. Rata-rata <i>Cycle Time</i> Alat Angkut	67
Tabel 4.11. Kecepatan Rata-rata Alat Angkut	67
Tabel 4.12. Koreksi Waktu Tempuh Alat Angkut	68
Tabel 4.13. <i>Cycle Time</i> Terkoreksi	69
Tabel 4.14. Produktivitas Alat Angkut	69
Tabel 4.15. Rancangan <i>Waste Dump</i>	72
Tabel 4.16. Panjang Jalan Angkut dan Volume <i>Cut-Fill</i>	75
Tabel 4.17. Produksi <i>Ore</i> dan <i>Waste Pit 1</i>	76
Tabel 4.18. Distribusi Kadar Ni Tertambang per Bulan <i>Pit 1</i>	77
Tabel 4.19. Kebutuhan Alat Mekanis untuk Pengupasan <i>Waste</i>	77
Tabel 4.20. Kebutuhan Alat Mekanis untuk Penambangan <i>Ore</i>	78
Tabel A.1. Geometri Jenjang PT Sumber Permata Mineral	97
Tabel B.1. Waktu Kerja Efektif	98

Tabel G.1. <i>Cycle Time</i> Alat Gali-Muat <i>Waste</i>	111
Tabel G.2. <i>Cycle Time</i> Alat Gali-Muat <i>Ore</i>	112
Tabel H.1. <i>Cycle Time</i> Alat Angkut <i>Waste</i>	113
Tabel H.2. <i>Cycle Time</i> Alat Angkut <i>Ore</i>	114

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Rekomendasi Geoteknik	97
Lampiran B. Waktu Kerja Efektif	98
Lampiran C. Spesifikasi Alat Gali-Muat.....	99
Lampiran D. Spesifikasi Alat Angkut	102
Lampiran E. Geometri Jalan Angkut.....	105
Lampiran F. Lebar Minimum <i>Front</i> Penambangan.....	109
Lampiran G. Waktu Edar Alat Gali-Muat	111
Lampiran H. Waktu Edar Alat Angkut	113
Lampiran I. Uji Kecukupan Data	115
Lampiran J. Produktivitas Alat Gali-Muat.....	117
Lampiran K. Produktivitas Alat Angkut	121
Lampiran L. Kebutuhan Jumlah Alat Mekanis	125
Lampiran M. Peta Kemajuan Penambangan (<i>Sequence</i>) <i>Pit 1</i>	134