

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
PRAKATA v	
ABSTRAK vi	
<i>ABSTRACT</i> vii	
DAFTAR ISI.....	8
DAFTAR GAMBAR.....	12
DAFTAR TABEL.....	14
DAFTAR LAMPIRAN.....	15
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	16
BAB I PENDAHULUAN.....	18
1.1. Latar Belakang.....	18
1.2. Rumusan Masalah.....	19
1.3. Tujuan.....	19
1.4. Batasan Masalah.....	20
1.5. Lokasi Penelitian.....	20
1.5.1. Lokasi Kesampaian Daerah.....	21
1.5.2. Geologi.....	24
1.5.2.1. Geologi Regional.....	24
1.5.2.2. Geologi Daerah Penelitian.....	26
1.5.3. Fisiografi.....	27
1.5.4. Kualitas Mineral.....	28
1.5.5. Keadaan Iklim dan Curah Hujan.....	29
1.5.6. Kegiatan Penambangan.....	30
1.6. Luaran Peneltian.....	35
1.7. Manfaat Penelitian.....	35
BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA.....	36

2.1. Tinjauan Pustaka	36
2.2. Landasan Teori.....	37
2.2.1. Faktor yang Mempengaruhi Produksi.....	37
2.2.1.1. Sifat Fisik Material.....	37
2.2.1.2. Faktor Pengisian Mangkuk	38
2.2.1.3. Geometri Jalan Angkut	39
2.2.1.4. Lebar pada Jalan Tikungan	40
2.2.1.5. <i>Equivalent Flat Haul</i> (EFH).....	41
2.2.1.6. <i>Front</i> Penambangan dan Pola pemuatan	42
2.2.1.7. Waktu Edar (<i>Cycle time</i>)	44
2.2.1.8. Hambatan Operasional	45
2.2.1.9. Efisiensi Kerja	47
2.2.2. Produktivitas Alat Gali - Muat dan Alat Angkut	48
Konsep dasar produktivitas alat mekanis dalam penelitian ini mengacu pada prinsip yang dijelaskan oleh Hustrulid dan Kutcha, sedangkan formulasi perhitungan praktis yang digunakan pada tahap perencanaan dan evaluasi awal mengikuti literatur praktik pertambangan sebagaimana dirangkum oleh Indonesianto (2014).	
1. Produktivitas Alat Gali–Muat.....	48
2.3. Analisis Regresi Linear	50
2.3.1. Pembuatan Model Regresi Menggunakan kode pemrograman <i>Python</i> dan <i>Artificial Intelligence</i>	50
2.3.2. Regresi <i>Penalized</i> (Regularisasi)	51
2.3.3. Regresi <i>LASSO</i> (<i>Linear Absolute Shrinkage and Selection Operator</i>)	54
2.3.4. Regresi Ridge	56
2.3.5. Perbandingan Regresi Ridge dan <i>LASSO</i>.....	57
2.3.6. Optimasi	59
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	61
3.1. Metode Penelitian	61
3.2. Tahapan Penelitian	68
BAB IV PENGOLAHAN DAN PENYAJIAN DATA REGRESI RIDGE DAN <i>LASSO</i>.....	70
4.1. Pengolahan Data.....	70

4.1.1. Faktor Pengembangan (<i>Swell Factor</i>) dan Faktor Pengisian Mangkuk (<i>Bucket Fill Factor</i>)	71
4.1.2. Waktu Edar dan Pola Pemuatan	71
4.1.3. Waktu Kerja	71
4.1.4. Lokasi Penambangan dan Rute Pengangkutan	72
4.1.5. Ketersediaan Alat	73
4.1.6. Produktivitas Alat	73
4.1.7. Faktor Keserasian Alat (<i>Match Factor</i>)	74
4.1.8. Pemodelan Regresi	74
4.1.9. Validasi Kinerja dengan Pemodelan Regresi	74
4.1.10. Perumusan Awal Upaya Peningkatan Kinerja Operasi	75
4.1.11. Defisit Produksi dan Sasaran Peningkatan	75
4.1.12. Metode Kuantifikasi Dampak Perbaikan Operasi	76
4.1.13. Metode Penyusunan Paket Skenario Optimasi	76
4.2. Penyajian Data	77
4.2.1. Hasil Faktor Pengembangan dan <i>Bucket Fill Factor</i>	77
4.2.2. Waktu Edar	78
4.2.3. Waktu Kerja	79
4.2.4. Ketersediaan Alat Mekanis	80
4.2.5. Lokasi Penambangan dan Rute Pengangkutan	81
4.2.6. Produktivitas Alat	82
4.2.7. Faktor Keserasian Alat (<i>Match Factor</i>)	83
4.2.8. Hasil Pemodelan Regresi	84
4.2.8.1. Analisis Model <i>Baseline</i> (OLS)	84
4.2.8.2. Pengaruh Variabel Operasional	85
4.2.8.3. Evaluasi Kinerja Model	86
4.2.8.4. Hasil Regresi Ridge dan LASSO	87
4.2.8.5. Validasi dan Evaluasi Model Statistik	88
4.2.8.6. Uji Asumsi (Durbin-Watson)	89
4.2.8.7. Persamaan Prediksi Produktivitas	89
4.2.9. Produksi Aktual terhadap dan <i>Forecast</i>	89
4.2.10. Hasil Kuantifikasi Dampak Perbaikan Operasi	90
4.2.11. Ringkasan Hasil Paket Skenario Optimasi	91

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	92
5.1. Kemampuan Produksi Alat Mekanis	92
5.1.1. Bucket Fill Factor dan Implikasinya terhadap Produktivitas	92
5.1.2. Waktu Kerja Terjadwal, Waktu Kerja Efektif, dan Jam Hilang	93
5.1.3. Waktu Edar dan Komponen <i>cycle time</i> Alat Angkut	94
5.1.4. Analisis Keserasian Alat dan Pola Antrian	95
5.1.5. Analisis Keserasian Alat	96
5.1.6. Perbandingan Regresi Ridge dan LASSO	98
5.1.7. Sintesis Hubungan Antar Faktor Operasional.....	100
5.2. Analisis Kebutuhan Peningkatan Produksi.....	101
5.3. Analisis Skenario Optimasi Produksi.....	103
5.3.1. Analisis Kebutuhan Peningkatan Produksi.....	103
5.3.2. Skenario Konservatif Peningkatan Produksi	105
5.3.3. Skenario Agresif dan Evaluasi Ketercapaian Target	106
5.3.4. Sensitivitas Skenario dan Kelayakan Implementasi.....	107
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	110
6.1. Kesimpulan	110
6.2. Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN	117

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Peta Kesampaian Daerah.....	22
Gambar 1.2. Peta Lokasi Penelitian	23
Gambar 1.3. Peta tektonik Busur Sunda-Banda, Sumbawa terletak di atas sesar dan gunungapi aktif (Syuhada dkk., 2017).	24
Gambar 1.4. Peta geologi regional (Sudradjat dkk., 1998).	25
Gambar 1.5. Stratigrafi regional lembar sumbawa (Sudradjat dkk., 1998).	26
Gambar 1.6. Peta Geologi (Garwin, 2002).	27
Gambar 1.7. Peta fisiografi Pulau Sumbawa berdasarkan Van Bemmelen (1949) dan Sudradjatdkk., (1998).	28
Gambar 1.9. Curah Hujan Rata – Rata Tahun 2015-2024 Site Batu Hijau (Amman Mineral Rain Station)	30
Gambar 1.10 Proses Pemuatan material oleh <i>Electric Shovel</i> P&H 4100 Kapasitas 80 ton	30
Gambar 1.11. Proses pengangkutan material oleh Truk Jungkit <i>Caterpillar</i> 793 Kapasitas 240 ton menuju <i>Crusher</i>	31
Gambar 1.12. Tampak atas proses penumpahan material dari Truk Jungkit CAT 793 kedalam <i>Primary Crusher</i>	31
Gambar 1.13. Sistem <i>overland conveyor</i> dari <i>primary crusher</i> menuju pabrik pengolahan	32
Gambar 1.14 Proses penggilingan dengan <i>Semi-Autogenous Mill</i>	32
Gambar 1.15. Sel Flotasi	33
Gambar 1.16. Tampak Atas Lokasi SWISS (<i>Sea Water Intake System</i>) di Kecamatan Tongo, Kab. Sumbawa Barat	33
Gambar 1.17. Lokasi Filtrasi Konsentrat di <i>Filter Plant</i>	34
Gambar 1.18. Proses pemuatan konsentrat ke kapal tongkang di Pelabuhan Benete	34
Gambar 2.1. Lebar Jalan Angkut Produksi Dua Jalur (Amman Mineral. 2022) .	41
Gambar 2.2. Ilustrasi EFH dengan pendekatan Bottom-Up (Savage,2021)	42
Gambar 2.3. Pemuatan <i>Top Loading</i> (Liebherr, 2022)	43
Gambar 2.4. Pola Pemuatan Side Loading (Komatsu, 2020)	44
Gambar 2.5. Waktu Edar Alat Muat (Chaowasakoo, 2017)	45
Gambar 2.6. Heirarki Distribusi Waktu (Hustrulid, Kutcha, 2013)	45
Gambar 2.7. Ilustrasi Regresi Penalized (Segura, Thadddeus. 2020)	52
Gambar 2.8. Regresi LASSO	55
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	68
Gambar 3.2. Tahap pembuatan Model Regresi Ridge dan Lasso	69
Gambar 4.1. Regresi linear waktu edar terhadap produktivitas	79

Gambar 4.2. Visualisasi Tingkat Kepentingan Variabel (<i>Feature Importance</i>) terhadap Produktivitas Berdasarkan Model Regresi Ridge.	86
Gambar 4.3. Perbandingan Stabilitas Koefisien antara Model OLS dan Ridge. .	88
Gambar 4.4. Visualisasi Validasi Model Regresi Ridge: (a) Plot Sebaran Nilai Prediksi vs Aktual, dan (b) Histogram Distribusi Residual.	88
Gambar 4.5. Hasil Produksi Bulan Februari 2025	90

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Kualitas Mineral PT. Amman (per 2023)	29
Tabel 2.1. Perbandingan Regresi Ridge dan <i>LASSO</i>	58
Tabel 4.1. Faktor Pengembangan <i>Waste</i>	77
Tabel 4.2. <i>Bucket Fill Factor</i> P&H 4100	77
Tabel 4.3. <i>Bucket Fill Factor</i> Liebherr R 9800	78
Tabel 4.4. Waktu Edar Truk Terbaik dan Terburuk	78
Tabel 4.5. Waktu Kerja Efektif Alat Muat	79
Tabel 4.6. Rangkuman Rata-Rata 6 <i>Delay</i> dan <i>idle</i> terbesar per Unit <i>alat muat</i> per Hari	80
Tabel 4.7. Rangkuman Rata-Rata 5 <i>Delay terbesar</i> per Unit Truk per Hari	80
Tabel 4.8. Rangkuman Ketersediaan Alat Bulan Februari 2025	80
Tabel 4.9. 10 Rute Pengangkutan Terbaik	81
Tabel 4.10. Ringkasan Produktivitas Harian	82
Tabel 4.11. Keserasian Alat Berat pada bulan Februari 2025	83
Tabel 4.12. Koefisien dengan pengaruh terbesar	84
Tabel 4.13. Hasil Uji Galat Regresi Ridge dan <i>LASSO</i>	87
Tabel 4.14. Perbandingan antara Koefisien Model Regresi Ridge dan <i>LASSO</i> ..	87
Tabel 4.15. Hasil Peningkatan Produksi Berdasarkan Skenario	91

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Data Curah Hujan Rata-rata di <i>Pit</i> Batu Hijau tahun 2014-2025.	118
Lampiran B. Spesifikasi Alat Gali Muat <i>Electric Shovel</i> P&H 4100A	119
Lampiran C. Spesifikasi Alat Gali Muat Liebherr R 9800 G6	120
Lampiran D. Spesifikasi Alat Angkut Caterpillar 793	121
Lampiran E. <i>Swell Factor</i> dan <i>Bucket Fill Factor</i>	122
Lampiran F. Waktu Edar	122
Lampiran G. Analisis Rute Pengantar	124
Lampiran H. Penjabaran Penggunaan Waktu	132
Lampiran J. Koefisien Model Regresi.....	136
Lampiran K. <i>Delay</i>	150
Lampiran L. Penggunaan Program <i>Python</i> untuk Regresi OLS, Ridge dan LASSO	152

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN		Halaman
PTAMNT	PT Amman Mineral Nusa Tenggara	16
LASSO	Least Absolute Shrinkage and Selection Operator	17
RMSE	Root Mean Squared Error	18
FMS	Fleet Management System	20
SWISS	Sea Water Intake System	31
SF	Swell Factor	36
BFF	Bucket Fill Factor	37
EFH	Equivalent Flat Haul	39
MA	Mechanical Availability	44
PA	Physical Availability	44
UA	Use of Availability	44
EU	Effective Utilization	45
VIMS	Vital Information Management System	46
MF	Match Factor	47
OLS	Ordinary Least Squares	50
MSE	Mean Squared Error	66
WKE	Waktu Kerja Efektif	73
LCM	Loose Cubic Meter	79

LAMBANG		Halaman
R^2	Koefisien determinasi	18
Cta	Waktu edar alat angkut	43
Ctm	Waktu edar alat muat	43
T1	Waktu perjalanan kosong (<i>traveling empty</i>)	43
T2	Waktu antre di front (<i>queue at shovel</i>)	43
T3	Waktu manuver di front (<i>spotting</i>)	43
T4	Waktu pemuatan (<i>loading</i>)	43
T5	Waktu perjalanan bermuatan (<i>hauling</i>)	43
T6	Waktu antre di dump (<i>queue at dump</i>)	43
T7	Waktu manuver dan tumpah (<i>spot & dumping</i>)	43
Ek	Efisiensi kerja	45
N	Jumlah alat	46
β	Koefisien regresi (<i>beta</i>)	48
ε	Galat (<i>error term</i>)	48
X	Variabel independen (faktor operasional)	48
Y	Variabel dependen (produktivitas)	48
λ	Parameter penalti/regularisasi (<i>lambda</i>)	49