

**Kajian Optimalisasi Rancangan Teknis Penambangan Emas
di PT. Gorontalo Minerals Blok I Kompleks Sungai Mak
Jobsite Motomboto North Kabupaten Bone Bolango
Provinsi Gorontalo**

Wahyu Nurmansyah^{1a}, Edy Nursanto¹, Nur Ali Amri¹

^{1/2}UPN “Veteran” Yogyakarta

Afiliasi/Institusi Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta,
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

^aemail: wahyunurmansyah120@gmail.com

ABSTRACT

PT. Gorontalo Minerals (GM) is a gold mining company with surface mining (open pit method) located in Bone Bolango Regency, Gorontalo Province. This research is focused on the study of the Motomboto North optimization pit design using the pit optimization method which has several parameters used, namely: mining recovery, mining dilution, mining costs, processing costs, refining costs and initial mining capital costs.

Based on the resources in Motomboto North, all of them are classified into indicated and measured, with the results of 5,636,500 tons. Based on the resource results, the estimated reserves using the inverse distance weighing method were obtained at 3.910,000 tons. In the case of pit optimization on the Motomboto North prospect. Pit optimization is an effort to determine mining limits with the acquisition of minerals with optimal volume. After optimization on Motomboto North, the reserves aobtained is 3,717,772 tons.

In Motomboto North, the annual production target based on the Taylor formula is 413,000 tons/year, with the limit level taken for the Motomboto North prospect, which is 0.5%. In this study, three pit optimization options were obtained. From the three options, they were selected based on the small net present value and stripping ratio, namely; net present value of \$ 11,322,368 with a stripping ratio of 1:13. The loading and unloading equipment for overburden uses Komatsu PC 400 and for ore using Komatsu PC 200, while the transportation equipment for waste rock uses the Komastu HM 300 Artificial Dump Truck and for ore using the Hino Dutro 130 HD Dump Truck.

Keywords: Design, Optimization, Estimate.

ABSTRAK

PT. Gorontalo Minerals (GM) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan emas dengan sistem tambang terbuka (*surface mining*) dan metode *open pit* yang berada di Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Penelitian difokuskan pada kajian optimasi rancangan pit Motomboto North dengan menggunakan metode optimalisasi pit yang memiliki beberapa parameter yang digunakan yaitu: *mining recovery*, *mining dilution*, ongkos penambangan, biaya pengolahan, biaya pemurnian dan biaya modal awal penambangan.

Berdasarkan sumberdaya pada Motomboto North semua diklasifikasi kedalam mineral terunjuk dan terukur yang berjumlah 5.636.500 ton. Berdasarkan hasil sumberdaya didapatkan estimasi cadangan dengan metode *inverse distance weigthing* diperoleh sebesar 3.910.000 ton. Dalam hal dilakukan optimasi pit pada Motomboto North. Optimasi pit adalah usaha untuk menentukan batas penambangan dengan perolehan komoditas tambang dengan volume yang optimal. Setelah dilakukan optimasi pada Motomboto North jumlah cadangan sebesar 3.717.772 ton.

Pada Motomboto North didapatkan target produksi pertahun berdasarkan rumus *Taylor Formula* sebesar 413.000 ton/tahun, dengan kadar batas yang diambil pada Motomboto North yaitu 0,5 g/t. Dalam penelitian ini mendapatkan tiga opsi optimasi pit. Ketiga opsi tersebut dipilih berdasarkan nilai yang besar dan *stripping rasio* yang kecil yaitu: *net present value* sebesar \$11.322.368 dengan *stripping rasio* sebesar 1:13. Alat bongkar muat untuk *overburden* menggunakan *Komatsu PC 400* dan untuk bijih menggunakan *Komatsu PC 200*, sedangkan Alat angkut untuk *overburden* menggunakan *Artificial Dump Truck Komastu HM 300* dan untuk bijih menggunakan *Dump Truck Hino Dutro 130 HD*.

Kata Kunci: Rancangan , Optimalisasi, Estimasi

I. PENDAHULUAN/INTRODUCTION

PT. Gorontalo Minerals (GM) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan emas dengan sistem tambang terbuka (*surface mining*) dan metode *open pit* yang berada di Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Penggunaan sistem tambang terbuka dengan metode *open pit* dikarenakan dilakukan pada lokasi pertambangan yang cenderung datar atau dengan topografi landai.

Penelitian difokuskan pada kajian rancangan pit optimasi Motomboto Nort dengan menggunakan metode optimalisasi pit yang memiliki beberapa parameter yang digunakan yaitu: *mining recovery*, *mining dilution*, ongkos penambangan, biaya pengolahan, biaya pemurnian dan biaya modal awal penambangan. Adapun kondisi lingkungan kerja seperti melakukan perhitungan produktivitas alat yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk tahap perancangan pit dan biaya awal dalam penambangan.

II. METODE/METHOD

2.1. Estimasi Cadangan

Cadangan adalah bagian dari sumberdaya yang terunjuk dan terukur dapat ditambang secara ekonomis. Estimasi cadangan harus diperhitungkan *dilution* dan *loses* yang muncul pada saat ditambang. Penentuan cadangan secara tepat dilaksanakan yang mungkin termasuk pada studi kelayakan. Penentuan tersebut harus telah mempertimbangkan semua faktor-faktor yang berkaitan seperti metode penambangan, ekonomi, pemasaran, legal, lingkungan, sosial, dan peraturan pemerintah. Adapun beberapa metode dalam estimasi cadangan. Berikut merupakan metode-metode estimasi cadangan

1. *Inverse Distance Weighted (IDW)*

Inverse Distance Weighted (IDW) merupakan metode interpolasi geostatistik yang memiliki formulasi paling sederhana, mudah dipahami dan mudah diimplementasikan. Di samping itu, metode ini memberikan hasil yang cukup akurat, sehingga penggunaannya cukup luas pada berbagai bidang ilmu statistika. Metode ini merupakan metode penaksiran dengan pendekatan blok model yang sederhana dengan mempertimbangkan titik di sekitarnya.

2. *Nearest Neighbour Point*

Metode *Nearest Neighbour Point* atau biasa juga disebut sebagai metode poligon contoh terdekat, dimana pengambilan nilai estimasi terhadap titik berdasarkan pada pengaruh masing-masing titik mengikuti titik terdekat. Metode ini umumnya digunakan pada endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana.

2.2. Optimalisasi Pit

Optimasi merupakan usaha untuk menentukan batas tambang terbaik (*ultimate pit limit*) dan menentukan cadangan optimum yang memberikan profit yang baik. Jika optimasi itu merupakan proses, maka hasil dari optimasi pit merupakan pit yang telah menjadi lebih efektif dan memiliki keuntungan terbesar (keuntungan

= pendapatan – ongkos). Metode yang digunakan dalam optimasi pit adalah metode *Learch-Grossman*. metode *Learch-Grossman* merupakan suatu metode optimasi yang menjadikan *ore* dan *waste* menjadi blok-blok yang masing-masing memiliki nilai dan kemudian membentuk suatu bentuk pit yang optimal.

2.3. Target Produksi

Target adalah kegiatan menentukan sasaran, yaitu tindakan memilih satu atau lebih sasaran untuk dicapai. Dalam rencana kegiatan penambangan penentuan target produksi akan dilakukan untuk menentukan kebutuhan alat dan umur tambang pada penambang. Perhitungan target produksi ini menggunakan rumus *Taylor Formula*. Berikut merupakan rumus *Taylor Formula*:

- Perhitungkan umur tambang:

$$= 0.2 \times \sqrt[4]{\text{Tonnage}}$$

- Perhitungkan target produksi per hari:

$$= \text{Production (mt/day)} \frac{\text{Tonnage}}{\text{Mine life} \times \text{Operation Days}}$$

2.4. *Cut Off Grade*

Ada dua pengertian mengenai COG yaitu:

- Kadar endapan mineral yang masih memberikan keuntungan apabila endapan ditambang (tidak diperlukan pencampuran endapan bahan galian)
- Kadar rata-rata terendah dari endapan mineral yang masih memberikan keuntungan apabila endapan ditambang (*mixing/blending*)

Berikut merupakan rumus *Cut of grade* berdasarkan rumus *break even cut of grade (BECOG)*:

$$\text{BECOG} = \left(\frac{\text{BIAYA (mine+mill+G\&A)}}{(\text{HARGA-SRF}) \times \text{mill rec} \times \text{smelting rec} \times \text{faktor}} \right)$$

Keterangan

| | |
|--------------|--|
| Mine | = Biaya seluruh penambangan |
| Mill | = Biaya seluruh pengolahan |
| G&A | = Biaya umum administrasi atau biaya tak langsung |
| SRF | = Seluruh biaya peleburan |
| Mill rec | = Perolehan pengolahan |
| Smelting rec | = Perolehan pemurnian |
| Faktor | = Faktor konversi, bila dari 5 ke lb dipakai angka 20, bila dari persen ke kilogram pakai 22,046, Sedangkan logam-logam mulia tidak perlu dikonversi, karena satuannya sudah toz/ton |

2.5. Produktivitas Alat

Produktivitas tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat mekanis. Semakin baik penggunaan alat mekanis maka semakin besar produksi yang dihasilkan alat tersebut. Perhitungan produktivitas alat berat di dunia pertambangan satuan yang umum digunakan adalah ton/jam atau BCM/jam, jika dihasilkan perhitungan dengan satuan yang tidak sesuai atau tidak diinginkan maka perlu dikonversi. Dalam hal ini

produktivitas dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Produktivitas Alat Muat

Pengamatan terhadap gerakan dan waktu pemuatan alat gali muat meliputi berapa bagian, yaitu:

- Waktu gali (*digging time*).
- Waktu putar/isi (*swing time/loaded*).
- Waktu penumpahan (*dumping time*).
- Waktu putar/kosong (*swing time/empty*).

Waktu gali dihitung mulai saat *bucket* alat muat menyentuh permukaan tanah yang siap untuk digali dan berakhir bila *bucket* dari alat muat terisi penuh. Waktu berputar terus dihitung hingga *bucket* dari alat muat mulai menumpahkan muatannya kedalam *dump truck*. Waktu pengosongan terus dihitung hingga muatannya habis ditumpahkan, sedangkan waktu berputar *bucket* dalam keadaan kosong dihitung terus, hingga posisi *bucket* dari alat muat kembali dan siap untuk melakukan pemuatan selanjutnya.

Menurut Indonesianto (2005) Untuk menghitung alat gali dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{KB \times BF \times SF \times EK \times 3600}{CT}$$

Keterangan:

P = Kemampuan Produksi Alat (BCM/jam)

CT = Waktu Edar

EK = Efisiensi Kerja

SF = *Sweel Faktor* (%)

BF = *Bucket Faktor* (%)

KB = Kapasitas teoritis *bucket* alat gali dan muat (m³)

2. Produktivitas Alat Angkut

Pengamatan terhadap gerakan dan waktu *dump truck* meliputi beberapa bagian diantaranya Waktu edar alat angkut dihitung dari gerakan sebagai berikut:

- Waktu untuk pengisian bak, dihitung dari alat muat mulai mengisi material kedalam bak alat angkut sampai terisi penuh.
- Waktu untuk mengangkut material, dihitung pada saat *dump truck* mulai bergerak meninggalkan tempat *loading area* sampai *dumping area*.
- Waktu untuk manuver, dihitung pada saat berputar mundur untuk siap menumpahkan material ke *dumping area* atau *stockpile*.
- Waktu untuk mengosongkan bak, dihitung pada saat *truck* telah mengambil posisi untuk *dumping* sampai bak *truck* terangkat menumpahkan seluruh material yang diangkut.
- Waktu kembali kosong, dihitung pada saat *truck* bergerak meninggalkan *dumping point* sampai tempat pemuatan.
- Waktu atur posisi pemuatan, dihitung pada saat *truck* bergerak mundur untuk siap diisi kembali.

Menurut Indonesianto (2005) Untuk menghitung alat angkut dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{n \times KB \times BF \times SF \times EK \times 3600}{CT}$$

Keterangan:

P = Kemampuan Produksi Alat (BCM/jam)

CT = Waktu Edar

EK = Efisiensi Kerja

SF = *Sweel Faktor* (%)

BF = *Bucket Faktor* (%)

KB = Kapasitas teoritis *bucket* alat gali dan muat (m³)

n = Jumlah pengisian bak ke alat angkut

2.6. Kebutuhan Alat Mekanis

Kebutuhan alat muat dapat diperoleh dengan menghitung target produksi terhadap produksi alat angkut ataupun alat muat yang dikoreksi dengan *effective working hours* dan Kemampuan skill pada operator, sedangkan untuk alat angkut diperoleh perhitungan dengan jumlah *fleet* dikali dengan jumlah *excavator*. Untuk menghitung jumlah kebutuhan alat dapat menggunakan persamaan:

$$P = \frac{Target\ Produksi\ (bcm)}{Produksi\ alat\ (\frac{bcm}{jam}) \times EWH \times Operator\ skill}$$

Keterangan:

Target produksi = Target produksi per bulan

Produktivitas Alat = Kemampuan alat (BCM/jam)

EWH = *Effective work Hours* (%)

Operator skill = Kemampuan Operator (%)

P = jumlah *fleet* × jumlah *excavator*

Keterangan:

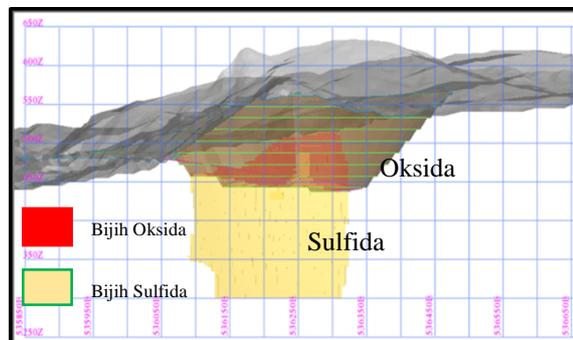
Jumlah *fleet* = jumlah armada *truck* terhadap *excavator*

Jumlah *excavator* = jumlah *excavator*

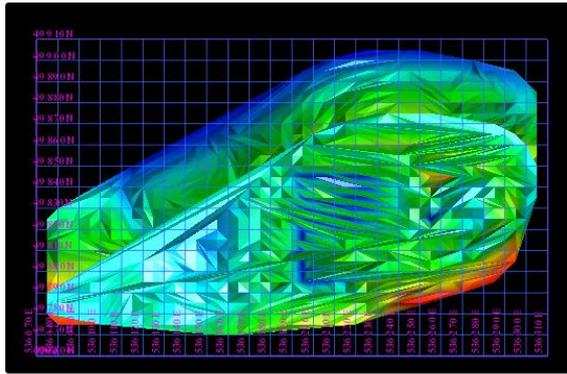
III. HASIL/RESULT

3.1. Estimasi Cadangan

Klasifikasi sumberdaya pada Motomboto North semua diklasifikasi kedalam mineral terukur, dikarenakan tonase, densitas, bentuk, karakteristik fisik, kadar dan kandungan mineral dapat diestimasi dengan tingkat kepercayaan yang tinggi. Lokasi informasi pada kategori ini secara meruung adalah cukup rapat untuk memastikan kemenerusan geologi dan kadar. Berikut merupakan estimasi pontensi sumberdaya pada prospek Motomboto North pada Gambar 1.



Gambar 1. Badan Bijih Motomboto North
Dapat di lihat persebaran bijih dan estimasi pontensi sumberdaya Tabel 1 dan Gambar 2, sedangkan hasil perhitungan estimasi cadangan dengan batuan *software Supac 6.6.2* pada Motomboto North dapat dilihat pada Tabel 4.2.



Gambar 2. Tampak Atas *Grade Block Model*

Tabel 1. Estimasi Sumberdaya Motomboto North

| Klasifikasi <i>Grade Block Model</i> | Kadar (g/t) | Jumlah (ton) |
|--------------------------------------|-------------|--------------|
| <i>Low Grade</i> | 0 – 0,2 | 478.750 |
| <i>Medium Grade</i> | 0,2 – 0,5 | 1.248.750 |
| <i>High Grade</i> | > 0.5 | 3.910.000 |
| Total | | 5.636.500 |

Tabel 2. Estimasi Cadangan Motomboto North

| Bijih | | Satuan |
|--------------|-----------|----------------|
| Volume Bijih | 1.596.000 | m ³ |
| Tonase | 3.910.000 | ton |

4.2. Optimalisasi Pit

Optimalisasi merupakan usaha untuk menentukan batas tambang terbaik (*ultimate pit limit*) dan menentukan cadangan optimum yang memberikan profit yang baik. Hasil penelitian pada Motomboto North berdasarkan parameter optimasi pit yang terdapat pada tabel 3. Untuk Optimasi tersebut menggunakan batuan *software Whittle 4.7*.

Tabel 3. Parameter Optimasi

| Parameter Optimasi | |
|-------------------------------|-----------|
| <i>Mining dilution (%)</i> | 5 |
| <i>Mining Recovery (%)</i> | 95 |
| Ongkos Penambangan (\$) | 3 |
| Biaya Pengolahan (\$) | 14 |
| Biaya Pemurnian (\$) | 6 |
| Parameter Optimasi | |
| Harga Komoditas Mineral (Toz) | 1300 (Au) |
| Modal Awal (\$) | 9.000.000 |
| Terminal Value (%) | 0,7 |
| Nilai Diskon (%) | 9,1 |
| Biaya Modal Pengganti (thn) | 5 |
| Harga Jual (\$) | 1 |
| Tahun | |
| 1 | 5.000.000 |
| 2 | 3.000.000 |
| 3 | 4.000.000 |

Lanjutan Tabel 3.

| | |
|------------------------------|------------|
| 4 | 4.500.000 |
| 5 | 4.000.000 |
| Jumlah Total Modal Awal (\$) | 30.000.000 |

1. Rancangan Geometri Lereng

Berdasarkan parameter pada pada tabel 2.3. Berikut merupakan rancangan geometri lereng pada rancangan akhir penambangan Motomboto North pada Tabel 4:

Tabel 4. Geometri Lereng Motomboto North

| | |
|--------------------|-------------------|
| Lereng Tunggul | 70 ⁰ |
| Lereng Keseluruhan | 45,2 ⁰ |
| Lebar Jenjang | 9 meter |
| Tinggi Jenjang | 15 meter |

2. Pemilihan Desain Hasil Berdasarkan Parameter Optimasi

Berdasarkan parameter geoteknik dan parameter optimasi diperoleh opsi pembuatan rancangan akhir penambangan dapat terlihat pada Tabel 4.4, dengan bantuan *software*. Berikut Hasilnya yang terdapat pada Tabel 5:

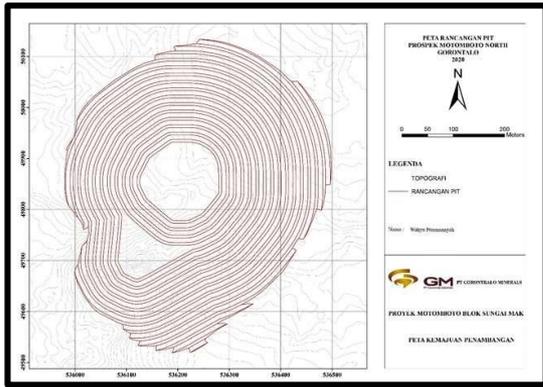
Tabel 4. Pemilihan Rancangan Desain Berdasarkan Parameter Optimasi

| Opsi | NPV (\$) | Bijih (ton) | Overburden (ton) | Umur Tambang (tahun) | IRR (%) |
|------|-------------|-------------|------------------|----------------------|---------|
| 1 | -18.509.268 | 707.469 | 10.161.987 | 3 | 7 |
| 2 | 6.262.345 | 3.160.579 | 31.746.618 | 8 | 20 |
| 3 | 11.322.368 | 3.717.772 | 32.801.771 | 9 | 33 |

Berdasarkan pada Tabel diatas diperoleh 3 opsi rancangan berdasarkan optimasi untuk pembuatan rancangan akhir penambangan dengan *net present value*, cadangan, batuan sisa, umur tambang dan *IRR* yang berbeda-beda berdasarkan parameter optimasi.

3. Hasil Opsi Racangan Berdasarkan Parameter Optimasi

Opsi rancangan desain berdasarkan optimasi ini merupakan suatu acuan untuk pembuatan desain akhir penambangan pada Motomboto North. Opsi rancangan optimasi berdasarkan batas tambang terbaik (*ultimate pit limit*) yang memberikan nilai *net present value* (NPV) maksimal. Pada Tabel 5 dapat dipilih berdasarkan hasil parameter optimasi yaitu opsi nomer 3. Opsi rancangan berdasarkan optimasi nomer 3 diperoleh jadwal produksi penambangan dengan jumlah cadangan 3.717.772 ton dan jumlah *overburden* 32.801.771 ton dengan umur tambang selama 9 tahun. Opsi rancangan kemudian dibuat rancangan berdasarkan parameter geoteknik Berikut merupakan rancangan Motomboto North yang dapat terlihat pada Gambar 6:



Gambar 6. Tampak Atas Desain Pit Motomboto North

Berdasarkan rancangan *pitshell* optimasi diperoleh luas lubang bukan sebesar 23 Hektar (Ha) dengan kedalaman pit sebesar 165 meter (m).

4.3. Perhitungan Target Produksi

Dalam menentukan jadwal produksi dibutuhkan target produksi pada penambangan tersebut. perhitungan target produksi pada Motomboto North menggunakan rumus *taylor formula* (1977). Motomboto North terdapat cadangan sebesar 3.717.722 ton. Berikut hasil perhitungan target produksi pada Motomboto North:

- Umur Tambang : 9 tahun
- Target Produksi(hr) : 1.150 ton/hr
- Target Produksi(thn) : 413.000 ton /thn

4.4. Cut Off Grade

Dalam mentunkan nilai ambang batas pada penambangan dibutuhkan perhitungan *break even cut of grade* (BECOG). Berdasarkan rumus BECOG didapatkan Motomboto North nilai *cut of grade* sebesar 0,46 g/t, maka didapatkan nilai *cut of grade* pada Motomboto North yaitu sebesar 0,5 g/t.

4.5. Jadwal Produksi

Acuan dalam pembuatan penjadwalan penggalian adalah target produksi yang didasarkan pada rancangan akhir pit penambangan, dimana rancangan akhir penambangan diambil dari hasil optimasi pit sebelumnya (Gambar 6). Adapun distribusi jadwal produksi penambangan dari rancangan akhir pit penambangan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jadwal Produksi Motomboto North

| Tahun | Cadangan (Ton) | Batuan Sisa (Ton) |
|--------|----------------|-------------------|
| 1 | 413.027 | 10.276.696 |
| 2 | 413.061 | 9.615.397 |
| 3 | 413.089 | 7.850.511 |
| 4 | 413.134 | 6.893.400 |
| 5 | 413.154 | 6.589.209 |
| 6 | 413.162 | 5.768.900 |
| 7 | 413.067 | 5.643.670 |
| 8 | 413.054 | 5.598.209 |
| 9 | 413.027 | 3.132.140 |
| Jumlah | 3.717.772 | 61.337.132 |

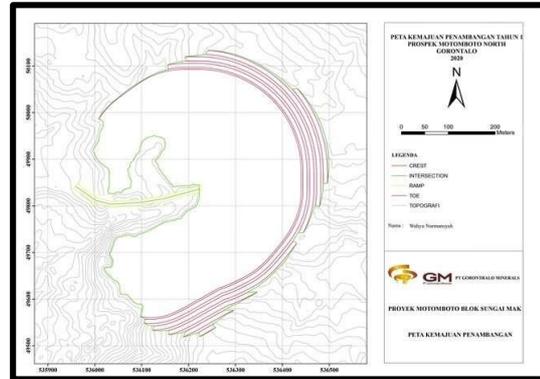
4.7. Kemajuan Penambangan

Kemajuan penambangan yang sesuai dengan sequence yang telah dibuat baik dalam bentuk tahunan, bulanan, mingguan dan harian. Rancangan *sequence* penambangan menentukan lokasi awal penambangan

hingga batas akhir dari kegiatan penambangan. Untuk detail kemajuan penambangan dapat dilihat pada lampiran C.

1. Kemajuan Penambangan Tahun 1

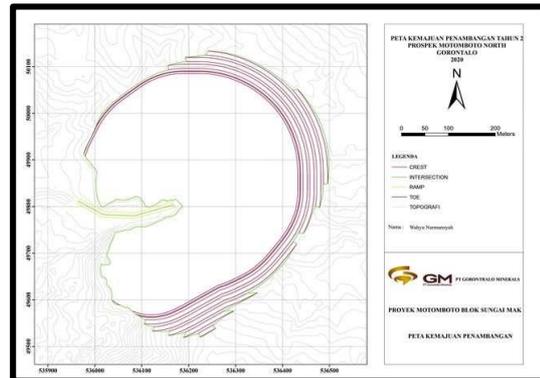
Pada tahun pertama luas area pit sebesar 14 hektar dari elevasi 520 mpdl sampai 585 mdpl dengan jumlah bijih sebesar 413.027 ton dan *overburden* sebesar 10.276.696 ton. Dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kemajuan Penambangan Tahun 1

2. Kemajuan Penambangan Tahun 2

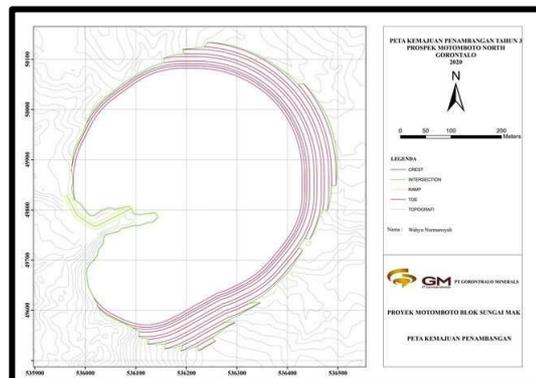
Pada tahun kedua luas area pit sebesar 20 hektar dari elevasi 495 mpdl sampai 585 mdpl dengan jumlah bijih sebesar 413.061 ton dan *overburden* sebesar 9.615.397 ton. Dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 8. Kemajuan Penambangan Tahun 2

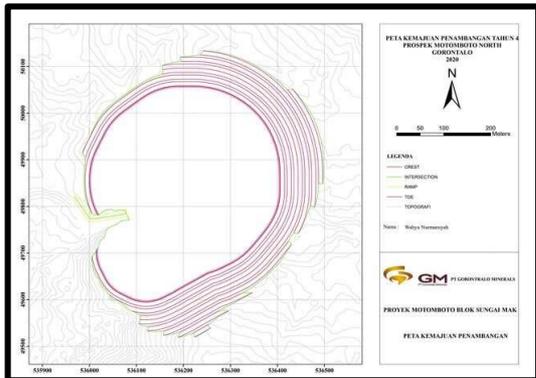
3. Kemajuan Penambangan Tahun 3

Pada tahun ketiga luas area pit sebesar 22 hektar dari elevasi 457 mpdl sampai 585 mdpl dengan jumlah bijih sebesar 413.089 ton dan *overburden* sebesar 7.850.511 ton. Dapat dilihat pada Gambar 9.



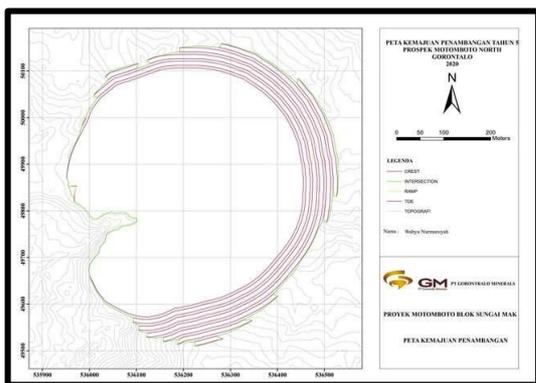
Gambar 9. Kemajuan Penambangan Tahun 3

4. Kemajuan Penambangan Tahun 4
 Pada tahun keempat luas area pit sebesar 1,8 hektar dari elevasi 342 mpdl sampai 585 mdpl dengan jumlah bijih sebesar 413.134 ton dan *overburden* sebesar 6.893.400 ton. Dapat dilihat pada Gambar 10.



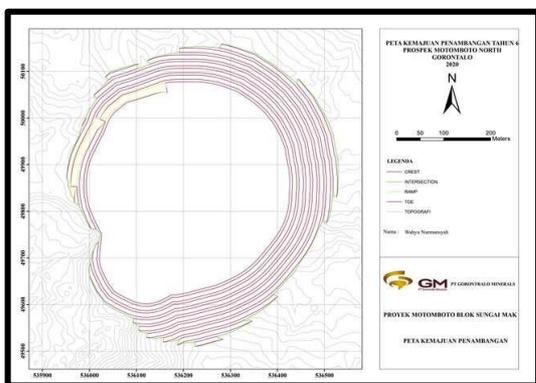
Gambar 10. Kemajuan Penambangan Tahun 4

5. Kemajuan Penambangan Tahun 5
 Pada tahun kelima luas area pit sebesar 21 hektar dari elevasi 342 mpdl sampai 585 mdpl, dengan jumlah bijih sebesar 413.154 ton dan *overburden* sebesar 6.589.209 ton. Dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Kemajuan Penambangan Tahun 5

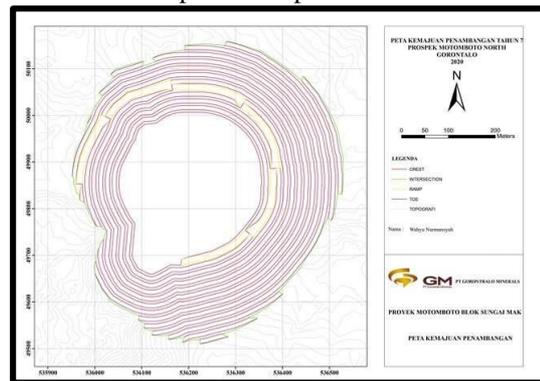
6. Kemajuan Penambangan Tahun 6
 Pada tahun ke 6 luas area pit sebesar 22 hektar dari elevasi 397 mpdl sampai 585 mdpl dengan jumlah bijih sebesar 413.162 ton dan *overburden* sebesar 5.768.900 ton. Dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kemajuan Penambangan Tahun 6

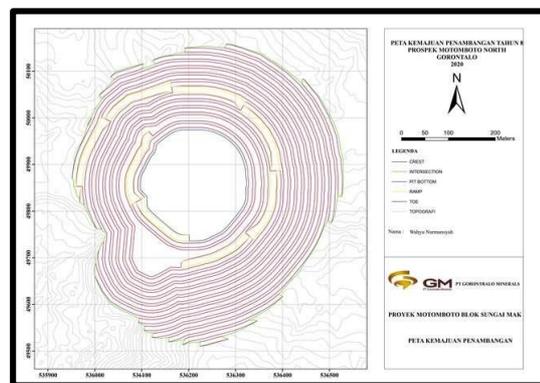
7. Kemajuan Penambangan Tahun 7
 Pada tahun ke tujuh luas area pit sebesar 22 hektar dari elevasi 397 mpdl sampai 585 mdpl dengan jumlah

bijih sebesar 413.067 ton dan *overburden* sebesar 5.643.670 ton. Dapat dilihat pada Gambar 13.



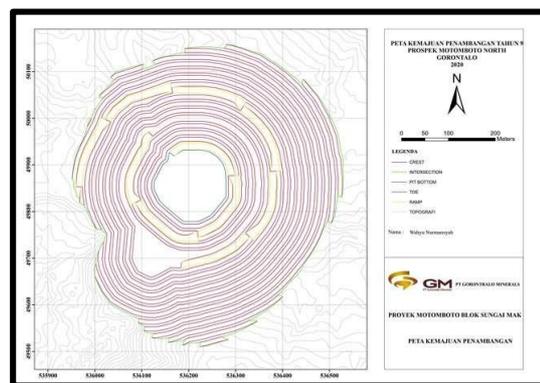
Gambar 13. Kemajuan Penambangan Tahun 7

8. Kemajuan Penambangan Tahun 8
 Pada tahun ke delapan luas area pit sebesar 24 hektar dari elevasi 397 mpdl sampai 585 mdpl dengan jumlah bijih sebesar 413.054 ton dan *overburden* sebesar 5.598.209 ton. Dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Kemajuan Penambangan Tahun 8

9. Kemajuan Penambangan Tahun 9
 Pada tahun ke sembilan luas area pit sebesar 27 hektar dari elevasi 397 mpdl sampai 585 mdpl dengan jumlah bijih sebesar 413.027 ton dan *overburden* sebesar 3.132.140 ton. Dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Kemajuan Penambangan Tahun 9

4.8. Produktivitas Alat

Produktivitas alat muat dan angkut dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya efisiensi kerja, Unjuk kerja alat, sifat fisik material, waktu edar, faktor koreksi skill:

1. Produktivitas Alat Gali Muat

Alat gali muat yang di pakai pada pengupasan *overburden* adalah *Komatsu PC 400* yang dimana melayani *Artificial Dump Truck Komastu HM 300* sebagai alat angkutnya dan pada pengupasan bijih menggunakan *Komatsu PC 200* dan *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* kapasitas 10 ton. Perhitungan produktivitas per hari terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Produktivitas Alat Gali Muat

| Produktivitas Alat Gali Muat (bcm/jam) | | |
|--|-------------------|---------------|
| Tahun | <i>Overburden</i> | Bijih |
| 1 | 163,14 bcm/jam | 56,10 bcm/jam |
| 2 | 163,14 bcm/jam | 56,10 bcm/jam |
| 3 | 163,14 bcm/jam | 56,10 bcm/jam |
| 4 | 163,14 bcm/jam | 56,10 bcm/jam |
| 5 | 163,14 bcm/jam | 56,10 bcm/jam |
| 6 | 163,14 bcm/jam | 56,10 bcm/jam |
| 7 | 163,14 bcm/jam | 56,10 bcm/jam |
| 8 | 163,14 bcm/jam | 56,10 bcm/jam |
| 9 | 163,14 bcm/jam | 56,10 bcm/jam |

2. Produktivitas Alat Angkut

Alat angkut yang digunakan pada *overburden* adalah *Artificial Dump Truck Komastu HM 300*, sedangkan pada bijih alat angkut menggunakan *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* perhitungan produktivitas alat angkut yang terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Produktivitas Alat Angkut

| Produktivitas Alat Angkut | | |
|---------------------------|-------------------|---------------|
| Tahun | <i>Overburden</i> | Bijih |
| 1 | 40,80 bcm/jam | 16 bcm/jam |
| 2 | 35,92 bcm/jam | 16,88 bcm/jam |
| 3 | 38,68 bcm/jam | 18,95 bcm/jam |
| 4 | 41,89 bcm/jam | 21,61 bcm/jam |
| 5 | 49,84 bcm/jam | 28,18 bcm/jam |
| 6 | 43,34 bcm/jam | 19,85 bcm/jam |
| 7 | 36,64 bcm/jam | 15,86 bcm/jam |
| 8 | 34,81 bcm/jam | 14,94 bcm/jam |
| 9 | 30,39 bcm/jam | 12,39 bcm/jam |

4.9. Waktu Kerja Alat

Waktu kerja tambang jumlah dari seluruh waktu yang tersedia yang dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. PT Gorontalo Minerals memiliki ketetapan waktu kerja maksimal selam tujuh belas jam dua puluh lima menit dalam dua *shift* per hari. Untuk memudahkan dalam merencanakan, memperhitungkan dan menilai dari alat- alat mekanis, perlu mempertimbangkan adanya kehilangan waktu kerja. Adanya kehilangan waktu kerja disebabkan karena

faktor alam, alat dan manusia. Perhitungan waktu kerja alat dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Waktu Kerja Alat

| Tahun | Jam Operasional perusahaan per hari | Rencana Jam Kerja | |
|-------|-------------------------------------|-------------------|----------------|
| | | Komatsu PC 400 | Komatsu PC 200 |
| 1 | 17,25 Jam | 14 jam/unit | 8,1 jam/unit |
| 2 | 17,25 Jam | 16,4 jam/unit | 8,1 jam/unit |
| 3 | 17,25 Jam | 13,4 jam/unit | 8,1 jam/unit |
| 4 | 17,25 Jam | 15,6 jam/unit | 8,1 jam/unit |
| 5 | 17,25 Jam | 15 jam/unit | 8,1 jam/unit |
| 6 | 17,25 Jam | 13,1 jam/unit | 8,1 jam/unit |
| 7 | 17,25 Jam | 12,8 jam/unit | 8,1 jam/unit |
| 8 | 17,25 Jam | 12,7 jam/unit | 8,1 jam/unit |
| 9 | 17,25 Jam | 10,7 jam/unit | 8,1 jam/unit |

4.10. Kebutuhan Alat Mekanis

Perhitungan kebutuhan alat mempertimbangkan target produksi, waktu produksi, cadangan tertambang dalam *pit* ,jarak angkut dari lokasi penambangan ke lokasi penimbunan serta jam kerja efektif yang ditentukan. Adapun jam kerja efektif tambang yang direncanakan, dapat dirinci sebagai berikut:

- Hari per tahun : 365 hari/tahun
- Hari libur rencana : 6 hari/tahun
- Hari kerja/tahun : 359 hari/tahun
- *Shift* kerja per hari : 2 *shift*/hari
- Jam kerja per *shift* : 12 jam/*shift*
- Jam kerja efektif/hari : 17,25 jam/hari

Perhitungan kebutuhan alat mekanis dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kebutuhan Alat Mekanis

| Tahun | Truck | | | Excavator | | |
|-------|-------|-------------------|--------|-----------|-------------------|--------|
| | Bijih | <i>Overburden</i> | Satuan | Bijih | <i>Overburden</i> | Satuan |
| 1 | 3 | 20 | Unit | 1 | 5 | Unit |
| 2 | 3 | 16 | Unit | 1 | 4 | Unit |
| 3 | 3 | 16 | Unit | 1 | 4 | Unit |
| 4 | 3 | 12 | Unit | 1 | 3 | Unit |
| 5 | 2 | 12 | Unit | 1 | 3 | Unit |
| 6 | 3 | 12 | Unit | 1 | 3 | Unit |
| 7 | 4 | 15 | Unit | 1 | 3 | Unit |
| 8 | 4 | 15 | Unit | 1 | 3 | Unit |
| 9 | 5 | 12 | Unit | 1 | 2 | Unit |

IV. PEMBAHASAN/DISCUSSION

4.1. Estimasi Sumberdaya dan Cadangan

Sumber daya merupakan bagian komoditas yang berbentuk dan mempunyai nilai tertentu, yang memiliki prospek untuk dilakukan penambangan secara ekonomis. Berdasarkan perhitungan sumber daya pada Motomboto North sebesar 5.636.500 ton. Cadangan adalah bagian dari sumberdaya yang terunjuk dan terukur dapat ditambang secara ekonomis. Estimasi cadangan pada Motomboto North diperhitungan menggunakan *inverst distance weighting* mendapatkan jumlah cadangan sebesar 3.910.000 ton, sedangkan setelah dilakukan optimasi pada Motomboto North jumlah cadangan sebesar 3.717.772 ton

Perbedaan jumlah cadangan dipengaruhi perhitungan *dilution* dan *loses* yang muncul pada saat ditambang

yang menyebabkan kehilangan jumlah cadangan sebesar 192.228 ton.

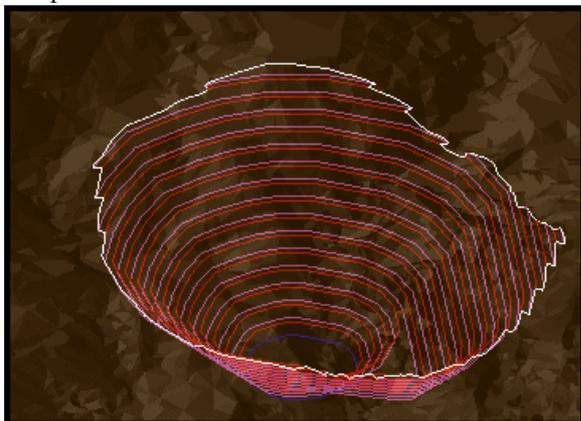
4.2. Perbandingan Opsi Optimalisasi

1. Pada opsi 1 terdapat jumlah bijih sebesar 707.469 ton dan *overburden* sebesar 10.161.987 ton. Opsi 1 memiliki luas area pit sebesar 11 hektar dari elevasi 412 mpdl sampai 585 mdpl dengan nilai *net present value* (NPV) sebesar \$ -18.509.268. Berikut bentuk rancangan pit opsi 1 terlihat pada Gambar 16.



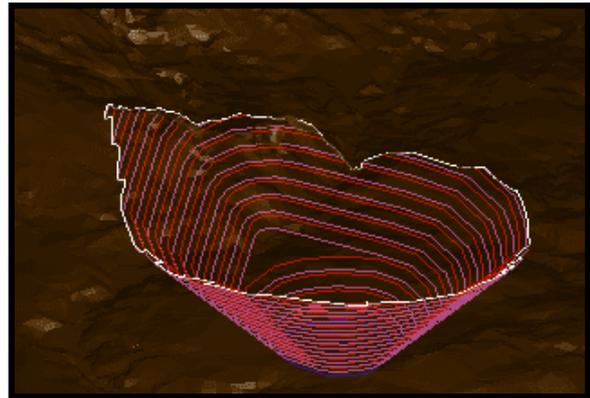
Gambar 16. Rancangan Pit Opsi Pertama

2. Pada opsi 2 terdapat jumlah bijih sebesar 3.160.579 ton dan *overburden* sebesar 31.746.618 ton. Opsi 2 memiliki luas area pit sebesar 21 hektar dari elevasi 342 mpdl sampai 585 mdpl dengan nilai *net present value* (NPV) sebesar \$ 6.262.345. Berikut bentuk desain pit opsi 2 terlihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Rancangan Pit Opsi Kedua

3. Pada opsi 3 terdapat jumlah bijih sebesar 3.685.940 ton dan *overburden* sebesar 32.801.771 ton. Opsi 3 memiliki luas area pit sebesar 21 hektar dari elevasi 342 mpdl sampai 585 mdpl dengan nilai *net present value* (NPV) sebesar \$ 11.322.368. Berikut bentuk desain pit opsi 3 terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Rancangan Pit Opsi Ketiga

Ketiga opsi tersebut, berdasarkan parameter optimasi pit dengan nilai *net present value* (NPV) yang menguntungkan berlaku untuk opsi 3.

4.3. Jadwal Penambangan

Proses jadwal penambangan merupakan proses yang akan dilakukans secara manual dan *trial and error*. Tahap awal jadwal penambangan disini merupakan master *scheduling* yang merupakan development bench yang dibentuk sesuai block –block elevasinya di sesuaikan dengan target produksi. Berikut merupakan langkah pembuatan jadwal penambangan pada Motomboto North:

1. Target Produksi

Mebuat penjadwalan target produksi material cadangan dan *overburden* dilakukan perjenjang mengikuti aturan kemajuan penambangan sampai mendapatkan target dari material bijih baik *tonase* maupun kualitas.

Pada Motomboto North untuk perhitungan target produksi menggunakan rumus *Taylor formula* (1977). Berikut merupakan perhitungan target produksi Motomboto North:

- a. Umur Tambang : $0.2 \times \sqrt[4]{\text{tonnage}}$
: $0.2 \times \sqrt[4]{3.717.772}$
: 9 tahun
- b. Target Produksi(hr) : $\frac{\text{Tonnage}}{\text{mine life} \times \text{operation day}}$
: $\frac{3.717.772}{9 \times 359}$
: 1.150 ton/hr
- c. Target Produksi(thn) : Target Produksi(hr) x 359
: 413.000 ton hr x 359
: 413.000 ton /thn

Rancangan pit Motomboto North umur tambang 9 tahun dengan target produksi hari sebesar 1.150 ton/hari dan target produksi tahun sebesar 413.000 ton/tahun.

Setelah dilakukan pembuatan jadwal penambangan kemudian dilakukan pembuatan kemajuan penambangan yang sesuai dengan *sequence* yang telah dibuat baik dalam bentuk tahunan.

4.4. Kebutuhan Alat Mekanis Selama Penambangan

Kebutuhan alat mekanis per tahun menyesuaikan pada target produksi penambangan yang ditentukan. Kebutuhan alat mekanis untuk *overburden* dan cadangan di Motomboto North pada jangka waktu 9 tahun dapat dilihat pada Tabel 11 sampai Tabel 16.

Tabel 11. Kebutuhan Alat Gali Muat Bijih Pada Motomboto North

| Tahun | Target Produksi | | Produktivitas Alat (BCM/jam) | Jumlah alat (unit) | | Jam kerja efektif per hari (jam) |
|-------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------------|--------|----------------------------------|
| | (ton/tahun) | (bcm/bulan) | | PC 200 | PC 200 | |
| 1 | 413.027 | 13.217 | 56,10 | 1 | 8,1 | |
| 2 | 413.061 | 13.218 | 56,10 | 1 | 8,1 | |
| 3 | 413.089 | 13.219 | 56,10 | 1 | 8,1 | |
| 4 | 413.134 | 13.220 | 56,10 | 1 | 8,1 | |
| 5 | 413.153 | 13.221 | 56,10 | 1 | 8,1 | |
| 6 | 413.162 | 13.221 | 56,10 | 1 | 8,1 | |
| 7 | 413.067 | 13.218 | 56,10 | 1 | 8,1 | |
| 8 | 413.054 | 13.218 | 56,10 | 1 | 8,1 | |
| 9 | 413.025 | 13.217 | 56,10 | 1 | 8,1 | |

Tabel 12. Kebutuhan Alat Gali Muat *Overburden* Pada Motomboto North

| Tahun | Reverse Desain | | Produktivitas Alat (BCM/jam) | Jumlah alat (unit) | | Jam kerja efektif per hari (jam) |
|-------|----------------|-------------|------------------------------|--------------------|--------|----------------------------------|
| | (ton/tahun) | (bcm/bulan) | | PC 400 | PC 400 | |
| 1 | 10.276.696 | 342.557 | 163,14 | 5 | 14 | |
| 2 | 9.615.397 | 320.513 | 163,14 | 4 | 16,4 | |
| 3 | 7.850.511 | 261.684 | 163,14 | 4 | 13,4 | |
| 4 | 6.893.400 | 229.780 | 163,14 | 3 | 15,6 | |
| 5 | 6.589.209 | 219.640 | 163,14 | 3 | 15 | |
| 6 | 5.768.900 | 192.297 | 163,14 | 3 | 13,1 | |
| 7 | 5.643.670 | 188.122 | 163,14 | 3 | 12,8 | |
| 8 | 5.598.209 | 186.607 | 163,14 | 3 | 12,7 | |
| 9 | 3.132.140 | 104.405 | 163,14 | 2 | 10,7 | |

a. Tahun 1

Untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan *overburden* membutuhkan 5 unit *Excavator Komatsu PC-400* dengan durasi kerja efektif selama 14 jam per unit, sedangkan untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan bijih membutuhkan 1 unit *Excavator Komatsu PC-200* dengan durasi kerja efektif per hari selama 8,1 jam per unit.

b. Tahun 2

Untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan *overburden* membutuhkan 4 unit *Excavator Komatsu PC-400* dengan durasi kerja efektif selama 16,4 jam per unit, sedangkan untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan bijih membutuhkan 1 unit *Excavator Komatsu PC-200* dengan durasi kerja efektif per hari selama 8,1 jam per unit.

c. Tahun 3

Untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan *overburden* membutuhkan 4 unit *Excavator Komatsu PC-400* dengan durasi kerja efektif selama 13,4 jam per unit, sedangkan untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan bijih

membutuhkan 1 unit *Excavator Komatsu PC-200* dengan durasi kerja efektif per hari selama 8,1 jam per unit.

d. Tahun 4

Untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan *overburden* membutuhkan 3 unit *Excavator Komatsu PC-400* dengan durasi kerja efektif selama 15,6 jam per unit, sedangkan untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan bijih membutuhkan 1 unit *Excavator Komatsu PC-200* dengan durasi kerja efektif per hari selama 8,1 jam per unit.

e. Tahun 5

Untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan *overburden* membutuhkan 4 unit *Excavator Komatsu PC-400* dengan durasi kerja efektif selama 15 jam per unit, sedangkan untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan bijih membutuhkan 1 unit *Excavator Komatsu PC-200* dengan durasi kerja efektif per hari selama 8,1 jam per unit.

f. Tahun 6

Untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan *overburden* membutuhkan 3 unit *Excavator Komatsu PC-400* dengan durasi kerja efektif selama 13,1 jam per unit, sedangkan untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan bijih membutuhkan 1 unit *Excavator Komatsu PC-200* dengan durasi kerja efektif per hari selama 8,1 jam per unit.

g. Tahun 7

Untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan batuan sisa membutuhkan 3 unit *Excavator Komatsu PC-400* dengan durasi kerja efektif selama 12,8 jam per unit. Sedangkan untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan bijih membutuhkan 1 unit *Excavator Komatsu PC-200* dengan durasi kerja efektif per hari selama 8,1 jam per unit.

h. Tahun 8

Untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan batuan sisa membutuhkan 3 unit *Excavator Komatsu PC-400* dengan durasi kerja efektif selama 12,7 jam per unit. Sedangkan untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan bijih membutuhkan 1 unit *Excavator Komatsu PC-200* dengan durasi kerja efektif per hari selama 8,1 jam per unit.

i. Tahun 9

Untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan pada batuan sisa membutuhkan 2 unit *Excavator Komatsu PC-400* dengan durasi kerja efektif selama 10,7 jam per unit. Sedangkan untuk memenuhi target produksi pembongkaran dan pemuatan bijih

mempunyai 1 unit *Excavator Komatsu PC-200* dengan durasi kerja efektif per hari selama 8,1 jam per unit.

Perbedaan jam kerja efektif alat dipengaruhi oleh target produksi desain dan perbedaan jumlah hari kerja pada tiap bulannya. Selain itu, sisa waktu operasional harian perusahaan menjadi perkiraan waktu bijih jika terjadinya kehilangan waktu kerja agar target produksi tetap tercapai. Pada rencana kebutuhan alat angkut diperlukan kecepatan rencana untuk menghindari tumpahnya material ketika dalam perjalanan pengangkutan. Selain itu juga kecepatan alat angkut mempengaruhi produktivitasnya. Untuk kecepatan rencana alat angkut dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Kecepatan Rencana Alat Angkut Motomboto North

| Alat Angkut | Material | Kecepatan Truck (km/jam) | |
|---|------------|--------------------------|--------|
| | | Isi | Kosong |
| <i>Artificial Dump Truck Komatsu HM 300</i> | overburden | 30 | 35 |
| <i>Dump Truck Hino Dutro 130 HD</i> | Cadangan | 30 | 35 |

Untuk setiap bulannya, jarak yang ditempuh berbeda sehingga mempengaruhi produktivitas alat angkut ketika beroperasi, sedangkan produktivitas dan jumlah kebutuhan alat angkut *overburden* dan bijih yang direncanakan untuk setiap *fleet* dapat dilihat pada Tabel 14 dan Tabel 15.

Tabel 14. Jumlah *Fleet* dan Ritase *Overburden* Motomboto North

| Tahun | Jarak Tempuh (Km) | Produktivitas Alat (Bcm/jam) | Jumlah fleet | Ritase Harian (siklus/jam/fleet) |
|-------|-------------------|---|---|---|
| | | <i>Artificial Dump Truck Komatsu HM 300</i> | <i>Artificial Dump Truck Komatsu HM 300</i> | <i>Artificial Dump Truck Komatsu HM 300</i> |
| 1 | 2 | 40,80 bcm/jam | 4 | 14 |
| 2 | 1,9 | 35,92 bcm/jam | 4 | 12 |
| 3 | 1,7 | 38,68 bcm/jam | 4 | 13 |
| 4 | 1,5 | 41,89 bcm/jam | 4 | 14 |
| 5 | 1,33 | 49,84 bcm/jam | 4 | 18 |
| 6 | 1,83 | 43,34 bcm/jam | 4 | 15 |
| 7 | 2,33 | 36,64 bcm/jam | 5 | 16 |
| 8 | 2,5 | 34,81 bcm/jam | 5 | 15 |
| 9 | 3 | 30,39 bcm/jam | 6 | 16 |

Tabel 15. Jumlah *Fleet* dan Ritase Bijih Motomboto North

| Tahun | Jarak Tempuh (Km) | Produktivitas Alat (Bcm/jam) | Jumlah Fleet | Ritase Harian (siklus/jam/fleet) |
|-------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | <i>Dump Truck Hino Dutro 130 JD</i> | <i>Dump Truck Hino Dutro 130 JD</i> | <i>Dump Truck Hino Dutro 130 JD</i> |
| 1 | 1,1 | 16 bcm/jam | 3 | 13 |
| 2 | 1 | 16,88 bcm/jam | 3 | 14 |
| 3 | 0,8 | 18,95 bcm/jam | 3 | 16 |
| 4 | 0,6 | 21,61 bcm/jam | 3 | 18 |
| 5 | 0,46 | 28,19 bcm/jam | 2 | 16 |
| 6 | 0,9 | 19,85 bcm/jam | 3 | 17 |
| 7 | 1,46 | 15,86 bcm/jam | 4 | 18 |
| 8 | 1,63 | 14,94 bcm/jam | 4 | 17 |
| 9 | 2,13 | 12,39 bcm/jam | 5 | 17 |

Pada jumlah kebutuhan alat angkut yang didasarkan jumlah alat bongkar dan muat yang beroperasi dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Jumlah Kebutuhan Alat Angkut Pada Motomboto North

| Tahun | Jumlah Alat | |
|-------|-------------------|--------------|
| | Overburden (Unit) | Bijih (Unit) |
| 1 | 20 | 3 |
| 2 | 16 | 3 |
| 3 | 16 | 3 |
| 4 | 12 | 3 |
| 5 | 12 | 2 |
| 6 | 12 | 3 |
| 7 | 15 | 3 |
| 8 | 15 | 4 |
| 9 | 12 | 5 |

- a. Tahun 1

Untuk pemindahan *overburden* sejauh 2 km membutuhkan 4 unit alat angkut *Artificial Dump Truck Komatsu HM 300* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-400* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 20 unit. Agar produksi batuan sisa terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 14 siklus per jam, sedangkan untuk pemindahan bijih sejauh 1,1 km membutuhkan 3 unit alat angkut *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-200* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 3 unit. Agar produksi bijih terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 13 siklus per jam
- b. Tahun 2

Untuk pemindahan *overburden* sejauh 1,9 km membutuhkan 4 unit alat angkut *Artificial Dump Truck Komatsu HM 300* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-400* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 16 unit. Agar produksi batuan sisa terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 12 siklus per jam, sedangkan untuk pemindahan bijih sejauh 1 km membutuhkan 3 unit alat angkut *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-200* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 3 unit. Agar produksi bijih terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 14 siklus per jam.
- c. Tahun 3

Untuk pemindahan *overburden* sisa sejauh 1,7 km membutuhkan 4 unit alat angkut *Artificial Dump Truck Komatsu HM 300* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-400* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 16 unit. Agar produksi batuan sisa terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 13 siklus per jam, sedangkan untuk pemindahan bijih sejauh 0,8 km membutuhkan 3 unit alat angkut *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-200* sehingga total alat

- angkut yang dibutuhkan sebanyak 3 unit. Agar produksi bijih terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 16 siklus per jam.
- d. Tahun 4

Untuk pemindahan *overburden* sejauh 1,5 km membutuhkan 4 unit alat angkut *Artificial Dump Truck Komastu HM 300* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-400* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 12 unit. Agar produksi batuan sisa terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 14 siklus per jam, sedangkan untuk pemindahan bijih sejauh 0,6 km membutuhkan 3 unit alat angkut *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-200* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 3 unit. Agar produksi bijih terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 18 siklus per jam.
 - e. Tahun 5

Untuk pemindahan *overburden* sejauh 1,33 km membutuhkan 4 unit alat angkut *Artificial Dump Truck Komastu HM 300* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-400* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 12 unit. Agar produksi batuan sisa terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 18 siklus per jam, sedangkan untuk pemindahan bijih sejauh 0,46 km membutuhkan 2 unit alat angkut *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-200* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 2 unit. Agar produksi bijih terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 16 siklus per jam.
 - f. Tahun 6

Untuk pemindahan *overburden* sejauh 1,93 km membutuhkan 4 unit alat angkut *Artificial Dump Truck Komastu HM 300* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-400* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 12 unit. Agar produksi batuan sisa terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 15 siklus per jam, sedangkan untuk pemindahan bijih sejauh 0,93 km membutuhkan 3 unit alat angkut *Dump Truck Hino Dutro HD* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-200* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 3 unit. Agar produksi bijih terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 16 siklus per jam.
 - g. Tahun 7

Untuk pemindahan *overburden* sejauh 2,33 km membutuhkan 5 unit alat angkut *Artificial Dump Truck Komastu HM 300* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-400* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 15 unit. Agar produksi batuan sisa terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 16 siklus per jam, sedangkan untuk pemindahan cadangan sejauh 1,43 km membutuhkan 4 unit alat angkut *Dump Truck Hino Dutro HD* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-200* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 4 unit. Agar produksi bijih terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 18 siklus per jam.
 - h. Tahun 8

Untuk pemindahan *overburden* sejauh 2,5 km membutuhkan 5 unit alat angkut *Artificial Dump Truck Komastu HM 300* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-400* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 15 unit. Agar produksi batuan sisa terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 15 siklus per jam, sedangkan untuk pemindahan bijih sejauh 1,63 km membutuhkan 4 unit alat angkut *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-200* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 4 unit. Agar produksi bijih terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 17 siklus per jam.
 - i. Tahun 9

Untuk pemindahan *overburden* sejauh 3 km membutuhkan 6 unit alat angkut *Artificial Dump Truck Komastu HM 300* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-400* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 12 unit. Agar produksi batuan sisa terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 16 siklus per jam, sedangkan untuk pemindahan bijih sejauh 0,93 km membutuhkan 5 unit alat angkut *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* pada setiap unit *Excavator Komatsu PC-200* sehingga total alat angkut yang dibutuhkan sebanyak 5 unit. Agar produksi bijih terpenuhi, ritase per *fleet* alat angkut minimal sebanyak 17 siklus per jam.
- Jarak tempuh alat angkut menjadi salah satu faktor dalam perbedaan kebutuhan alat angkut agar tercapainya target produksi. Semakin jauh jaraknya maka semakin tinggi kebutuhan alat angkut yang dibutuhkan. Selain jumlah kebutuhan alat, diperlukan juga jumlah ritase sebagai acuan alat angkut untuk mencapai target produksi dikarenakan jam kerja alat angkut mengikuti jam kerja alat bongkar muat. Namun, acuan produksi alat muat dan alat angkut dapat tercapai ketika alat bekerja serasi tanpa adanya hambatan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH / ACKNOWLEDGEMNET

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada PT. Gorontalo Minerals, orang tua, dan pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan *paper* yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu. Besar harapan penulis, *paper* ini bias memberikan manfaat serta referensi bagi pembaca maupun perusahaan.

VI. KESIMPULAN/CONCLUSION

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan Hasil Penelitian dan Pembahasan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Motomboto North memiliki sumber daya 5.636.500 ton. Estimasi cadangan pada Motomboto North diperhitungan menggunakan *inverst distance weighting* mendapatkan jumlah cadangan sebesar 3.910.000 ton, sedangkan setelah dilakukan optimasi pada Motomboto North jumlah cadangan sebesar 3.717.772 ton. Terjadi hilang sumber daya sebesar 192.228 ton, yang di akibat dari parameter memperhitungan *dilution* dan *loses* pada cadangan.
2. Berdasarkan hasil optimalisasi pit didapatkan 3 opsi dengan opsi yang digunakan yaitu opsi 3 dengan nilai *net present value* sebesar \$11.322.368, dikarenakan jumlah cadangan yang optimal berdasarkan nilai *net present value* (NPV).
3. Dalam pembuatan jadwal produksi dibutuhkan target produksi dan *cut of grade* yang gunakan untuk pembuatan rancangan kemajuan penambangan dan pembuatan rancangan area infraksturktur selama 9 tahun.
 - a. Target produksi pada produksi pada Motomboto North sebesar 413.000 ton/thn dengan *cut of grade* yang digunakan sebesar 0,5 g/t.
 - b. Pembuatan area infraksturktur seperti *wasde dump* dan *stockpile* berdasarkan jadwal produksi pada setiap tahun. Untuk area *wasde dump* mampu menampung jumlah *overburden* selama 9 tahun dan untuk area *stockpile* mampu menampung bijih pada lokasi penambangan dikarenakan setiap tahun bijih tersebut diolah langsung ke pabrik. Sedangkan pada jalan tambang berdasarkan jarak dari lokasi pit menuju area infraksturktur.
4. Kebutuhan alat angkut berdasarkan jumlah cadangan, jumlah *overburden* dan produktivitas alat mekanis dalam kondisi operasi penambangan tanpa hambatan sehingga didapatkan jumlah alat yang tepat.
 - a. Tahun 1
Tahun ke-1 pengupasan tanah penutup menggunakan *Excavator Komatsu PC-400* sebanyak 5 unit, *Komastu Artificial Dump Truck HM 300* sebanyak 20 unit. Rencana jam kerja harian selama 14 jam/unit dan ritase sebanyak 14 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat sebesar 1. Pengalihan bijih emas menggunakan *Excavator Komatsu PC 200* sebanyak 1 unit dan alat angkut *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* sebanyak 3 unit. Rencana jam kerja harian selama 8,1 jam/unit dan ritase sebanyak 13 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat pada tahun 1 sebesar 1,01.
 - b. Tahun 2
Tahun ke-2 pengupasan tanah penutup menggunakan *Excavator Komatsu PC-400* sebanyak 4 unit, *Komastu Artificial Dump Truck HM 300* sebanyak 16 unit. Rencana jam kerja harian selama 16,4 jam/unit dan ritase sebanyak 15 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat sebesar 1,04. Pengalihan bijih emas menggunakan *Excavator Komatsu PC 200* sebanyak 1 unit, *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* sebanyak 3 unit Rencana jam kerja harian selama 8,1 jam/unit dan ritase sebanyak 20 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat pada tahun 2 sebesar 1,06.
 - c. Tahun 3
Tahun ke-3 pengupasan tanah penutup menggunakan *Excavator Komatsu PC 400* sebanyak 4 unit, *Komastu Artificial Dump Truck HM 300* sebanyak 16 unit. Rencana jam kerja harian selama 13,4 jam/*fleet* dan ritase sebanyak 13 siklus/unit/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat sebesar 1,12. Penggalian bijih emas menggunakan *Excavator Komatsu PC 200* sebanyak 1 unit, *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* sebanyak 3 unit. Rencana jam kerja harian selama 8,1 jam/unit dan ritase sebanyak 16 siklus/*fleer*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat pada tahun 3 sebesar 1,19.
 - d. Tahun 4
Tahun ke-4 pengupasan tanah penutup menggunakan *Excavator Komatsu PC-400* sebanyak 3 unit, *Komastu Artificial Dump Truck HM 300* sebanyak 12 unit. Rencana jam kerja harian selama 15,6 jam/unit dan ritase sebanyak 14 siklus/*fleett*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat sebesar 1,21. Penggalian bijih emas menggunakan *Excavator Komatsu PC 200* sebanyak 1 unit, *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* sebanyak 3 unit. Rencana jam kerja harian selama 8,1 jam/unit dan ritase sebanyak 18 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat pada tahun 4 sebesar 1,36.
 - e. Tahun 5
Tahun ke-5 pengupasan tanah penutup menggunakan *Excavator Komatsu PC-400* sebanyak 3 unit, *Komastu Artificial Dump Truck HM 300* sebanyak 12 unit. Rencana jam kerja harian selama 15 jam/unit dan ritase sebanyak 18 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat sebesar 1,3. Penggalian bijih emas menggunakan *Excavator Komatsu PC200* sebanyak 1 unit, *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* sebanyak 2 unit. Rencana jam kerja harian selama 8,1 jam/unit dan ritase sebanyak 16 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat pada tahun 5sebesar 1,01.
 - f. Tahun 6
Tahun ke-6 pengupasan tanah penutup menggunakan *Excavator Komatsu PC-400* sebanyak 2 unit, *Komastu Artificial Dump*

Truck HM 300 sebanyak 12 unit. Rencana jam kerja harian selama 13,1 jam/unit dan ritase sebanyak 15 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat sebesar 1,06. Penggalian bijih emas menggunakan *Excavator Komatsu PC 200* sebanyak 1 unit, *Dump Truck Hino Dutro 130* sebanyak 3 unit. Rencana jam kerja harian selama 8,1 jam/unit dan ritase sebanyak 17 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat padatahun 6 sebesar 1,06.

g. Tahun 7

Tahun ke-7 pengupasan tanah penutup menggunakan *Excavator Komatsu PC-400* sebanyak 3 unit, *Komastu Artificial Dump Truck HM 300* sebanyak 15 unit. Rencana jam kerja harian selama 12,8 jam/unit dan ritase sebanyak 16 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat sebesar 1,12. Penggalian bijih emas menggunakan *Excavator Komatsu PC 200* sebanyak 1 unit, *Dump Truck Hino Dutro 130* sebanyak 4 unit. Rencana jam kerja harian selama 8,1 jam/unit dan ritase sebanyak 18 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat pada tahun 7 sebesar 1,13.

h. Tahun 8

Tahun ke-8 pengupasan tanah penutup menggunakan *Excavator Komatsu PC-400* sebanyak 3 unit, *Komastu Artificial Dump Truck HM 300* sebanyak 15 unit. Rencana jam kerja harian selama 12,8 jam/unit dan ritase sebanyak 15 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat sebesar 1,07. Penggalian bijih emas menggunakan *Excavator Komatsu PC 200* sebanyak 1 unit, *Dump Truck Hino Dutro 130* sebanyak 4 unit. Rencana jam kerja harian selama 8,1 jam/unit dan ritase sebanyak 17 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat pada tahun 8 sebesar 1,07.

i. Tahun 9

Tahun ke-9 pengupasan tanah penutup menggunakan *Excavator Komatsu PC-400* sebanyak 2 unit, *Komastu Artificial Dump Truck HM 300* sebanyak 12 unit. Rencana jam kerja harian selama 10,7 jam/unit dan ritase sebanyak 16 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat sebesar 1,12. Penggalian bijih emas menggunakan *Excavator Komatsu PC200* sebanyak 1 unit, *Dump Truck Hino Dutro 130 HD* sebanyak 5 unit. Rencana jam kerja harian selama 8,1 jam/unit dan ritase sebanyak 17 siklus/*fleet*/jam. Faktor keserasian alat gali dan alat muat pada tahun 9 sebesar 1,1.

6.2. Saran

Dari analisa data yang dilakukan, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Adanya penambahan jumlah bor eksplorasi, untuk menambahkan nilai tingkat klasifikasi, agar hasil yang diberikan akan semakin akurat di daerah motomboto north dan melakukan relogging data bor, dikarenakan adanya data

yang tidak bisa di baca oleh program tambang

2. Melakukan pengkajian ulang terkait dengan proses input parameter optimasi atau *operation standar* pada program optimasi tambang.
3. Target rencana produksi tidak selalu sama dengan perhitungan rumus *taylor (1997)*, tetapi lebih didasarkan bentuk badan bijih dan permintaan pasar.
4. Membuat optimasi perhitungan peralatan dengan kapasitas alat yang berbeda terutama alat angkut dan alat muat.

VII. DAFTAR PUSTAKA/REFERENCES

1. Arif, I. dan Adisuma, G. 2005. *Perencanaan tambang*. Program Studi Teknik Pertambangan. Institut Teknologi Bandung., Bandung
2. Eugene P Ed Pflieger 1973. *Surface Mining American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers*. New York.
3. Hustrulid, W. And Kuchta M, 2013, *Open Pit Mine Planning & Design Volume 1*, A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
4. Indonesianto, Y. 2008. *Pemindahan Tanah Mekanis*, Jurusan Teknik Pertambangan UPN” Veteran” Yogyakarta.
5. Perello, J. A. (1993). *Geology, porphyry Cu-Au, and epithermal Cu-Au-Ag mineralization of the Tombulilato district*. North Sulawesi. Indonesia.
6. Peurifoy, R. L, 1970. *Construction Planing, Equipment and Method, Second Editon*, Mc Graw-Hill, Kogakusha Ltd, Texas.
7. Prodjosumarto, Partanto, Prof, Ir. “*Pemindahan Tanah Mekanis*”. ITB. Bandung, 2004.
8. Read, J. dan Stacey, P, 2009, *Guidelines of Open Pit Slope Design*, CSIRO, Publishing, Collingwood VIC 3066, Australia, 485.
9. “_____”, 2011, *Klarifikasi Sumber Daya dan Cadangan*, Standar Nasional Indonesia Amanden SNI Kode-KCMI 13-4276-2011.
10. “_____”, 2009, *Komatsu Specification and Aplication Handbook*, Komatsu: Japan.
11. “_____”, 2019, *Komatsu Optinum Fleet Recommendation*, Komatsu, Europa
12. “_____” Tahun 2018. *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik*, Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta
13. “_____” (2013), *Laporan Sumberdaya Minerals Prospek Sungai Mak, Blok 1 Tombulilato, Gorontalo*, PT. Gorontalo Minerals, Gorontalo
14. “_____” (2013), “*Feasibility Study (FS) Tambang Bijih Emas*”. PT. Gorontalo Minerals, Tk, Gorontalo.