

Perancangan Penempatan *Muck Raise* Guna Menunjang *Sequence* Penambangan Area Tambang Bawah Tanah *Dmlz Pb-04 PT Freeport Indonesia*

Kevin Bagaskara^{1a}, Singgih Saptono¹, Winda¹, Indun Titisariwati¹, Doli Jumat Rianto²

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Jurusan Teknik Pertambangan, UPN “Veteran” Yogyakarta

²Universitas Muaro Bungo

^aemail: kevinbagaskara2@mail.com

ABSTRACT

PT Freeport Indonesia is currently carrying out development activities to open a new mining area in the Deep Mill Level Zone (DMLZ) underground mine, namely the Production Block 4 DMLZ (PB-04 DMLZ) which is targeted to produce in November 2024. The development activities carried out produces blasted material which will be cleaned by LHD CAT 1700 and put into an orepass which is used to transfer development material which is called Muck Raise. Currently, in the PB-04 DMLZ mining area, blasted material is transported by LHD CAT 1700 from the Heading and temporarily placed in drift cabins that are not yet operational because the distance from the heading to the top of the nearest Muck Raise is too far, so the results of blasting material do not run out within 2-4 hours and inhibit further tunnelling cycles. Therefore, additional Muck Raise with optimal placement is needed based on the actual capabilities of the equipment. This research uses a non-linear regression approach to determine the relationship between hauling distance and the productivity of the equipment used to determine the optimum Muck Raise distance to Heading based on the maximum productivity target during the life of mine. From the research results it is known that the optimum distance at the Apex level is 285 m, Undercut is 265m, Extraction is 240 m, Exhaust is 230 m, Haulage is 20 m, and Drainage is 300m. This optimum distance is used to determine the position and amount of Muck Raise at each level which is determined based on the existing design and schedule. From the results of this research, it can also be concluded that muck handling activities using the Muck Raise is faster and more efficient than the equipment having to carry the material directly to the lower level or to the Crusher.

Keywords: *Muck Raise Placement, Optimum Distance, Productivity Target, Time for Muck Handling*

ABSTRAK

PT Freeport Indonesia saat ini sedang melakukan kegiatan development untuk membuka area penambangan baru pada tambang bawah tanah *Deep Mill Level Zone (DMLZ)*, yaitu area penambangan *Production Block 4 DMLZ (PB-04DMLZ)* yang ditargetkan dapat berproduksi pada bulan November tahun 2024. Kegiatan development yang dilakukan menghasilkan material hasil peledakan yang akan dibersihkan oleh LHD CAT 1700 dan dimasukkan ke dalam suatu *orepass* yang digunakan untuk mentransfer material *development* yang disebut *Muck Raise*. Saat ini, pada area penambangan PB-04 DMLZ, material hasil peledakan diangkut oleh LHD CAT 1700 dari *heading* dan diletakan sementara di dalam *drift-drift* yang belum beroperasi karena jarak dari *heading* ke bagian atas *Muck Raise* terdekat terlalu jauh, sehingga material hasil peledakan tidak habis dalam 2- 4 jam sesuai dengan target waktu pemuatan dan pengangkutan yang menghambat siklus penerowongan selanjutnya. Oleh karena itu, diperlukan tambahan *Muck Raise* dengan penempatan yang optimum berdasarkan kemampuan alat aktual di area penambangan PB-04. Dari hasil penelitian diketahui bahwa jarak optimum untuk LHD CAT 1700 pada level *Apex* sebesar 285m, *Undercut* sebesar 265 m, *Extraction* sebesar 240 m, *Exhaust* sebesar 230 m, *Haulage* sebesar 200 m, dan *Drainage* sebesar 300 m, serta jarak optimum untuk CAT AD 55 pada level *Exhaust* sebesar 670 m, level *Haulage* sebesar 520 m, dan level *Drainage* sebesar 2950 m. Jarak optimum ini digunakan untuk menentukan posisi dan jumlah *Muck Raise* yang dibutuhkan pada tiap level yang ditentukan berdasarkan desain dan *scheduling* yang sudah ada, sehingga didapatkan jumlah kebutuhan *Muck Raise* pada setiap level adalah *Apex* (2), *Undercut* (2), *Extraction-Intake* (2), *Exhaust* (1), dan 4 buah *orepass* pada level *Haulage*. bahwa kegiatan pemuatan dan pengangkutan dengan menggunakan *Muck Raise* lebih cepat dan efisien dibandingkan ketika alat harus membawa material langsung dari *heading* ke level dibawahnya atau ke *Crusher*.

Kata kunci: Penempatan *Muck Raise*, Jarak Optimum, Target Produktivitas, Waktu pemuatan dan pengangkutan

I. PENDAHULUAN

Tambang bawah tanah *Deep Mill Level Zone* (DMLZ) merupakan tambang bawah tanah yang melakukan kegiatan penambangan dengan menggunakan metode *Block Caving*. Area penambangan *Production Block 4* (PB-04) DMLZ memiliki enam level yaitu, *Apex*, *Undercut*, *Extraction*, *Exhaust-Intake*, *Haulage*, dan *Drainage*. PB-04 DMLZ saat ini masih dalam tahap *development* dan ditargetkan dapat berproduksi pada bulan November tahun 2024. Kegiatan *development* yang dilakukan meliputi siklus penerowongan yang terdiri dari kegiatan pemboran, pemuatan bahan peledak, peledakan, pembersihan asap (ventilasi), pemuatan dan pengangkutan, *scalling*, penyanggaan, dan persiapan pemboran selanjutnya.

Salah satu masalah yang ada di PB-04 DMLZ adalah mengenai pemuatan dan pengangkutan. Pada tambang bawah tanah DMLZ material hasil peledakan pada *heading* dimuat dan diangkut oleh LHD CAT 1700 untuk langsung dimasukkan kedalam suatu *orepass* yang digunakan untuk mentransfer material hasil peledakan *development* dari satu level ke level lain dibawahnya yang dinamakan *Muck Raise*. Selanjutnya dari bagian dasar *Muck Raise* yang ada pada level *Exhaust* dan *Haulage*, LHD CAT 1700 memuat dan mengangkat material untuk diisi kedalam *dumphtruck* CAT AD 55 yang akan mengisi material ke dalam *Crusher* pada level *Haulage*. Namun, saat ini LHD CAT 1700 mengangkat material hasil peledakan dari *heading* dan diletakan sementara didalam *drift* yang belum beroperasi, sehingga material banyak menumpuk pada *drift-drift* yang belum beroperasi dan pada saat *drift* tersebut akan digunakan LHD CAT 1700 harus melakukan pembersihan kembali material hasil peledakan tersebut. Hal ini disebabkan karena jarak dari *heading* ke bagian atas *Muck Raise* melebihi jarak pengangkutan LHD CAT 1700 normal sejauh 50 m – 400 m yaitu sejauh 500 m, sehingga LHD CAT 1700 tidak dapat memenuhi target produktivitas alat supaya material hasil peledakan habis dalam 2-4 jam sesuai dengan yang ditargetkan.

Oleh karena itu, diperlukan tambahan *Muck Raise* dengan penempatan yang optimum berdasarkan kemampuan alat yang aktual untuk dapat memenuhi target produktivitas alat yang diperlukan agar kegiatan *development* dapat berjalan lancar sesuai dengan target yang telah ditentukan oleh perusahaan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode empiris analitik, yaitu dengan tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur
Dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian yang berasal dari buku referensi.
2. Observasi Lapangan
Observasi lapangan yang dilakukan untuk melakukan pengamatan dan pengambilan data aktual di level *Apex*, *Undercut*, *Extraction*, *Exhaust*, dan *Haulage* DMLZ.
3. Pengamatan dan Pengukuran di Lapangan
Pengambilan data dilakukan dengan cara pengamatan dan pengukuran secara langsung di lapangan, yaitu :
 - a. Waktu edar alat muat dan angkut.
 - b. Data jarak tempuh alat muat dan angkut.
 - c. Data *Operating Hours* dari LHD dan ADT.

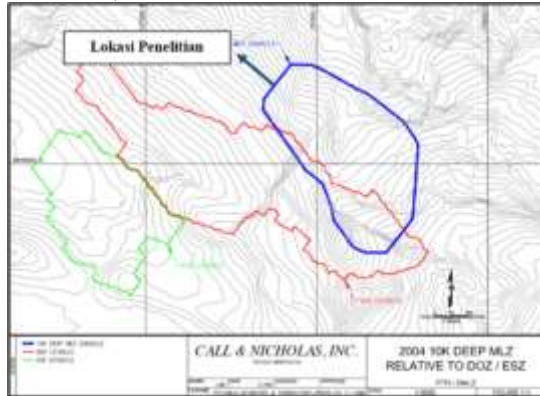
Data sekunder guna mendukung penelitian ini, yaitu :

- a. Data spesifikasi *Loader* dan *truck*.
 - b. Data *scheduling* dan *design* DMLZ#PB-04.
 - c. Data *Forecast Q1 2023*.
 - d. Peta tambang bawah tanah DMLZ#PB-04.
 - e. Dimensi *muck raise*.
 - f. Tabel profile meter standar *heading*.
 - g. Data *Physical Availability* dan *Used of Availability Loader* dan *Truck*.
4. Pengolahan Data
Data yang diperoleh dari lapangan berupa *cycle time* yang nantinya diolah menjadi jarak optimal *Muck Raise* terhadap *heading* yang akan digunakan untuk menentukan posisi *Muck Raise* yang paling tepat.
 5. Pembahasan
Melakukan pembahasan mengenai kapasitas *Muck Raise*, efektifitas *Muck Raise* pada saat melakukan *hauling* terjauh, dan selisih waktu yang diperlukan untuk melakukan pemuatan dan pengangkutan dengan dan tanpa *Muck Raise*.

III. HASIL PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada tambang bawah tanah DMLZ yang terletak di kabupaten Mimika, Provinsi Papua. Lokasi penelitian terletak pada zona 53 *South* dengan koordinat UTM 736500 – 738000 dan 9548500-9549800 yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Secara rinci penelitian dilakukan pada level *Apex*, *Undercut*, *Extraction*, *Exhaust*,

dan *Haulage* tambang bawah tanah DMLZ. (lihat Gambar 1)



Gambar 1. Lokasi Tambang Bawah Tanah DMLZ (PTFI,2009)

a. Aktivitas Pemuatan dan Pengangkutan

Kegiatan pemuatan dan pengangkutan pada kegiatan *development* di DMLZ dilakukan dengan dua cara yaitu *single handling* atau *double handling*. Pemuatan dan pengangkutan dengan cara *single handling* dilakukan dengan cara memuat material hasil peledakan pada *heading* menggunakan *Loader*, mengangkutnya, dan menumpahkan material hasil peledakan tersebut kedalam *muck raise* atau *muck bay* terdekat. kegiatan pemuatan dan pengangkutan dengan cara *single handling* dilakukan pada level yang memiliki dimensi lubang bukaan yang kecil (standar D) seperti level *Apex*, *Undercut*, dan *Extraction*. Pada level tersebut *truck* tidak dapat beroperasi karena ukuran *truck* yang lebih besar dari pada ukuran lubang bukaan yang ada.

Sementara kegiatan *double handling* dilakukan dengan cara memuat material hasil peledakan dari bagian bawah *muck raise* atau *muck bay* dengan *Loader* kemudian diangkat dan dimuat kedalam *Truck*, setelah *Truck* terisi penuh material hasil peledakan *development* akan dibawa untuk dibuang kedalam *muck raise* atau kedalam *Crusher* terdekat yang selanjutnya akan dibawa oleh *belt conveyor* keluar ke permukaan. Kegiatan pemuatan dan pengangkutan dengan cara *double handling* dilakukan di tambang bawah tanah DMLZ pada level *Exhaust* dan *Haulage* karena level ini memiliki ukuran yang besar (standar V) sehingga memungkinkan *truck* untuk beroperasi pada level tersebut.

b. Waktu Edar (Cycle Time) Alat

Waktu edar merupakan waktu yang diperlukan untuk melakukan satu daur kerja. Pada penelitian ini waktu edar alat yang diambil merupakan waktu edar LHD CAT 1700 dan waktu edar CAT AD 55. Pengambilan data di lapangan dilakukan pada *shift* pagi. Pengambilan data waktu edar LHD CAT 1700 (lihat Tabel 1) dilakukan pada level *Apex*, *Undercut*, *Extraction*, *Exhaust*,

dan *Haulage* DMLZ pada kegiatan pemuatan dan pengangkutan *single handling* maupun *double handling*. Sementara pengambilan data waktu edar CAT AD 55 diambil pada level *Exhaust* dan *Haulage* DMLZ (lihat Tabel 2).

Tabel 1. Waktu Edar LHD CAT 1700

Lokasi	Waktu Rata-Rata (detik)	Jarak (m)
Exh Raise to East Internal Ramp - Lateral#4 to East	48	19.69
Waste Pass Access - CR-504 Chamber	46	15.58
Exh Raise to East Internal Ramp - CR-504 Chamber	52	19.69
Main Exh#3 - CR-504 Chamber	101	34.54
Muck Bay Ore Pass - Crusher 504	119	23.12
DD#32N Muck Pass Bot Acc - Exh 2 Lat	54	19.40
P#37-38N Exh Bottom Acc - Exh 2 Lat	41	6.68
CR-504 Metal Picker - CR-504 Chamber	87	34.16
DD#27E-DD#24 Top Acc	201	196.47
Panel#27 - P#32 Exh Top Acc	535	503.36
Panel#27 - P#38 Muckpass Top Acc to Exh	495	441.83
A#31 - A#32N Muckpass Top Acc	307	293.74
DD#39 - DD#32N Muck Pass Top Acc	678	485.83
A#30 - A#32N Muck Pass Top Acc	451	326.24
Exh #5 Decline - Crusher 503 dan Exh #5 Lat 4	66	19.69

Tabel 2. Waktu Edar CAT AD 55

Lokasi	Waktu Rata-Rata (menit)	Jarak (m)
Exh Raise to East Internal Ramp - Lateral#4 to East	18	1084
Waste Pass Access - CR-504 Chamber	17	943
Exh Raise to east Internal Ramp - CR-504 Chamber	38	2942
Main Exh#3 - CR-504 Chamber	23	1459
Muck Bay Ore Pass - CR-504 Chamber	19	933
CR-504 Metal Picker - CR-504 Chamber	15	299

c. Operating Efficiency Alat

Operating efficiency merupakan persentase yang menunjukkan banyaknya waktu kerja alat dalam satu *shift*. Untuk dapat menghitung *operating efficiency* diperlukan data *hours meter* alat. Dari hasil penelitian didapatkan rata-rata jam kerja alat untuk LHD CAT 1700 adalah sebesar 4,85 jam dan untuk CAT AD 55 adalah sebesar

5,29 jam dalam satu *shift*. Dari data waktu kerja alat yang telah dikumpulkan maka dapat dihitung *operating efficiency* alat rata-rata untuk LHD CAT 1700 adalah sebesar 61% dan untuk CAT AD 55 adalah sebesar 66%.

d. Produktivitas Aktual LHD CAT 1700

Data *cycle time* LHD CAT 1700 diambil pada *shift* pagi dengan kondisi kerja dalam keadaan normal pada level *Apex*, *Undercut*, *Extraction*, *Exhaust* dan *Haulage*, dari data tersebut kemudian dilakukan perhitungan produktivitas LHD CAT 1700 sehingga dapat diketahui produktivitas alat aktual yang mampu dicapai oleh LHD CAT 1700. Adapun rata-rata produktivitas aktual LHD CAT 1700 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Produktivitas Aktual LHD CAT 1700

Rangkuman	Produktivitas Rata-Rata (ton/jam)
Exh <i>Raise</i> to East Internal Ramp - Lateral#4 to East	465.36
Waste <i>Pass</i> Access - CR-504 Chamber	479.08
Exh <i>Raise</i> to East Internal Ramp - CR-504 Chamber	447.87
Main Exh#3 - CR-504 Chamber	267.63
<i>Muck Bay Ore Pass</i> - Crusher 504	269.55
DD#32N <i>Muck Pass</i> Bot Acc - Exh 2 Lat	419.53
P#37-38N Exh <i>Bottom</i> Acc - Exh 2 Lat	539.40
CR-504 Metal Picker - CR-504 Chamber	262.04
DD#27E-DD#24 <i>Top</i> Acc	90.00
Panel#27 - P#32 Exh <i>Top</i> Acc	34.08
Panel#27 - P#38 <i>Muckpass</i> <i>Top</i> Acc to Exh	37.84
A#31 - A#32N <i>Muckpass</i> <i>Top</i> Acc	59.34
DD#39 - DD#32N <i>Muck Pass</i> <i>Top</i> Acc	27.10
A#30 - A#32N <i>Muck Pass</i> <i>Top</i> Acc	40.45
Exh #5 Decline - Crusher 503 dan Exh #5 Lat 4	444.35

e. Produktivitas Aktual CAT AD 55

Data *cycle time* CAT AD 55 diambil pada *shift* pagi dengan kondisi kerja dalam keadaan normal pada level *Exhaust* dan *Haulage* DMLZ, dari data tersebut kemudian dilakukan perhitungan produktivitas CAT AD 55 sehingga dapat diketahui produktivitas alat aktual yang mampu dicapai oleh CAT AD 55. Adapun rata-rata produktivitas aktual CAT AD 55 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Produktivitas Aktal CAT AD 55

Rangkuman	Produktivitas Rata-Rata (ton/jam)
Exh <i>Raise</i> to East Internal Ramp - Lateral#4 to East	131
Waste <i>Pass</i> Access - CR-504 Chamber	145
Exh <i>Raise</i> to east Internal Ramp - CR-504 Chamber	63
Main Exh#3 - CR-504 Chamber	108
<i>Muck Bay Ore Pass</i> - CR-504 Chamber	127
CR-504 Metal Picker - CR-504 Chamber	156

f. Physical Availability dan Used of Availability

Physical Availability merupakan ketersediaan fisik alat yang siap untuk dioperasikan sementara. *Used of Availability* merupakan banyaknya waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk dapat beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan. Nilai PA dan UA alat muat-angkut dapat dilihat pada Lampiran D dengan rata-rata PA dan UA pada bulan Februari-Maret 2023 sebesar 83.32% dan 24.43% untuk *Loader* serta 93.46% dan 39.09% untuk *Truck*.

g. Target Produktivitas

Target produktivitas merupakan produktivitas LHD CAT 1700 dan CAT AD 55 yang direncanakan yang ditentukan berdasarkan target *development* per bulan yang harus dicapai yang tercantuk dalam laporan *forecast QI* tahun 2023. Target produktivitas tiap alat pada tiap level berbeda karena tiap level memiliki profil lubang bukaan yang bervariasi sesuai dengan kebutuhannya. Adapun hasil perhitungan target produktivitas *Loader* dan *Truck* adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Target Produktivitas

Target <i>Development</i>	Max	
<i>Apex</i>	337.11	mdeq/bulan
<i>Undercut</i>	568.55	mdeq/bulan
<i>Extraction</i>	659.32	mdeq/bulan
<i>Exhaust</i> 1700 G	420.49	mdeq/bulan
<i>Haulage</i> 1700G	515.40	mdeq/bulan
<i>Drainage</i>	266.49	mdeq/bulan
Produktivitas PB-04	Max	Produktivitas/Headng
<i>Apex</i>	132.58	66.29 Ton/Jam
<i>Undercut</i>	223.61	74.54 Ton/Jam

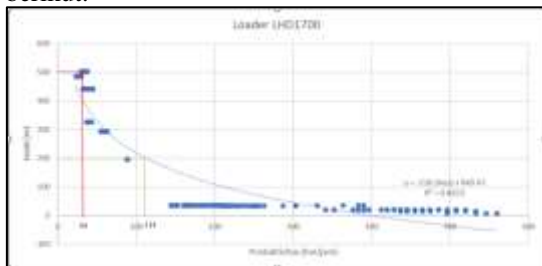
Lanjutan Tabel 5.

<i>Exhaust</i> 1700 G	93. 24	93.24	Ton/Jam
<i>Haulage</i> 1700G	114 .29	114.29	Ton/Jam
<i>Drainage</i>	59. 10	59.10	Ton/Jam

IV. PEMBAHASAN

a. Analisis Regresi Non-Linier

Analisis regresi bertujuan untuk mendapatkan persamaan yang digunakan untuk mengestimasi jarak *hauling* optimum alat berdasarkan korelasi antara 2 variabel bebas yaitu jarak *hauling* dan produktivitas alat. Adapun persamaan regresi yang didapatkan adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Hubungan Jarak dan Produktivitas LHD CAT 1700

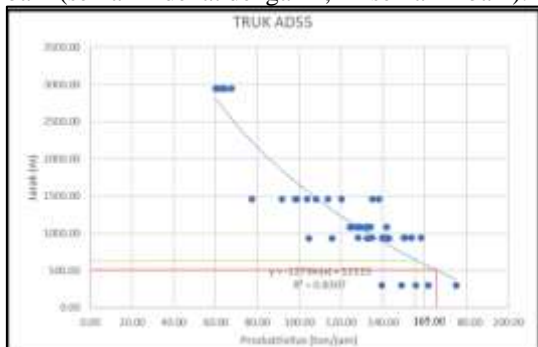
Dari analisis regresi yang dilakukan untuk alat LHD CAT 1700 didapatkan persamaan regresi sebagai berikut :

$$y = 158,5\ln(x) + 949.47 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- y : Jarak (m)
- x : Produktivitas (Ton/Jam)

Persamaan regresi yang didapatkan memiliki nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,93 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,87 yang berarti dari data jarak dan produktivitas aktual yang dikumpulkan memiliki tingkat korelasi yang sangat tinggi yaitu sebesar 0,93. Kemudian dari persamaan yang telah didapatkan (persamaan 1) memiliki nilai koefisien determinasi 0,87 yang berarti persamaan yang dihasilkan sudah merepresentasikan hubungan antar data dengan baik (semakin dekat dengan 1, R² semakin baik).



Gambar 3. Grafik Hubungan Jarak dan Produktivitas CAT AD 55

Pada grafik CAT AD 55 yang terdapat pada Gambar 3 didapatkan persamaan regresi berdasarkan data titik *scatterplot* hubungan jarak dengan produktivitas aktual CAT AD 55.

$$y = 2273\ln(x) + 12115 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- y : Jarak (m)
- x : Produktivitas (Ton/Jam)

Persamaan yang didapatkan memiliki nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,91 dan nilai koefisien determinasi sebesar (R²) sebesar 0,83 yang berarti jarak pengangkutan CAT AD 55 sangat mempengaruhi produktivitas yang dapat dicapai oleh alat. Berdasarkan nilai koefisien determinasi yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa persamaan regresi yang didapatkan sudah cukup baik untuk merepresentasikan hubungan data yang ada.

b. Jarak Optimum Muck Raise Terhadap Heading

Jarak optimum dari *heading* ke bagian atas *muck raise* adalah jarak optimum yang diperoleh dari perhitungan jarak optimum ketika alat melakukan kegiatan pemuatan dan pengangkutan dari tempat muat hingga alat memasukan material ke *muck raise* atau *muck bay* terdekat. Jarak optimal dihitung dengan menggunakan persamaan regresi non linear yang didapatkan. Persamaan yang digunakan oleh tiap-tiap alat berbeda sesuai dengan persamaan yang diperoleh dari hubungan produktivitas dengan jarak alat. Target produktivitas alat yang digunakan dihitung dari target *development* maksimum yang didapatkan dari laporan *forecast Q1* tahun 2023. Target *development* maksimum dipilih supaya ketika target *development* mencapai yang tertinggi pada bulan tersebut, *muck raise* yang dirancang dapat tetap memenuhi target waktu yang diberikan untuk kegiatan pemuatan dan pengangkutan sehingga tidak menghambat siklus penerowongan dari *drift* tersebut. Dari hasil pengolahan data diperoleh jarak optimum untuk LHD CAT 1700 dan CAT AD 55 adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Jarak Optimum dari *Heading* ke Bagian Atas *Muck Raise*

Jarak Optimum				
Level	Alat	Produktivitas (Ton/Jam)	Jarak Optimum (m)	
			1	Max
<i>Apex</i>	1700 G	66.29	284.7	285
			1	
<i>Undercut</i>	1700 G	74.54	266.1	265
			3	
<i>Extraction</i>	1700 G	86.44	242.6	240
			5	

Exhaust	1700 G	93.24	230.6 4	230
	AD60	144.48	670.0 0	670
Haulage	1700 G	114.29	198.3 8	200
	AD60	155.57	520	520

Lanjutan Tabel 6.

Drainage	1700 G	59.10	302.9 2	300
	AD60	59.10	2948. 12	295 0

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada area penambangan bawah tanah PB-04 DMLZ dengan jarak pemuatan dan pengangkutan dari heading ke bagian atas muck raise terdekat sejauh 500 m, LHD CAT 1700 hanya dapat mencapai produktivitas alat sebesar 34 Ton/Jam. Sedangkan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, LHD CAT 1700 pada level Haulage PB-04 DMLZ memiliki target produktivitas sebesar 114 Ton/Jam, untuk dapat mencapai target produktivitas yang direncanakan jarak pengangkutan LHD CAT 1700 harus kurang dari atau sama dengan 200 m. Namun, apabila muck raise dibuat setiap 200 m dari heading hal ini akan mengakibatkan banyaknya muck raise yang harus dibuat. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut kita dapat menambahkan muck bay atau stuck muck pada setiap level, yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara material hasil peledakan development yang nantinya dilakukan double handling menggunakan Truck CAT AD 55 pada level dengan lubang bukaan yang besar atau nantinya muck bay tersebut akan dilakukan pembersihan oleh LHD 1700 CAT pada setiap awal atau akhir shift pada level dengan ukuran lubang bukaan yang kecil supaya LHD CAT 1700 dapat memenuhi target produktivitas yang direncanakan untuk kegiatan pemuatan dan pengangkutan material pada heading. Sementara itu, pada Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa untuk jarak 500 m CAT AD 55 memiliki produktivitas alat sebesar 165 Ton/Jam sehingga masih dapat memenuhi target produktivitas alat untuk development yang diperlukan yaitu sebesar 155 Ton/Jam.

Dari hasil penelitian diatas terlihat bahwa jarak optimum LHD CAT 1700 dan CAT AD 55 berbeda. CAT AD 55 memiliki jarak optimum yang lebih jauh untuk melakukan kegiatan pemuatan dan pengangkutan dari pada LHD CAT 1700 pada setiap level dimana kedua alat tersebut digunakan. Hal ini terjadi karena kapasitas mangkuk CAT AD 55 lebih besar dari pada LHD CAT 1700 sehingga CAT AD 55 dapat membawa lebih banyak material dalam sekali jalan dibanding LHD CAT 1700 yang menyebabkan produktivitas

CAT AD 55 lebih besar sehingga jarak optimum untuk pengangkutan material CAT AD 55 lebih jauh dibandingkan LHD CAT 1700.

c. Kapasitas Muck Raise

Dalam melakukan perencanaan muck raise perlu memperhatikan kapasitas muck raise yang akan dibuat, supaya muck raise yang dibuat dapat memenuhi jumlah material yang dihasilkan dari kegiatan development. Kapasitas muck raise dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya pemilihan metode yang digunakan untuk membuat muck raise dan panjang dari muck raise tersebut.

PTFI memiliki dua metode konstruksi Muck Raise yaitu metode alimak untuk Muck Raise dengan diameter 3 m dan metode Raisebore unuk diameter 4 m. Panjang dari muck raise juga mempengaruhi kapasitas dari muck raise yang dibuat, sehingga harus diketahui bagian atas dan bagian bawah muck raise yang akan dibangun berada pada level apa. Semakin besar diameter muck raise yang dibuat dan semakin panjang muck raise yang dibuat maka kapasitas muck raise tersebut akan semakin besar.

Tabel 7. Kapasitas Muck Raise

Kapasitas			Unit
Apex	Undercut	339.12	Ton
	Undercut	339.12	Ton
	Total	678	Ton
Undercut	Extraction	339.12	Ton
	Total	678	Ton
Extraction	Exhaust	339.12	Ton
	Haulage	847.8	Ton
	Total	1187	Ton
Exhaust	Haulage	904.32	Ton
	Total	904	Ton
Haulage	DMLZ Haulage	3645.54	Ton

Adapun jumlah material yang dihasilkan dari aktivitas development pada saat target kemajuan development maksimum, dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 8. Jumlah Muck

Jumlah Muck	Max	Unit		Total	Unit
Apex	22.0 9	Ton/Ja m	44.18	44.18	Ton
Undercut	66.7 2	Ton/Ja m	133.4 5	177.63	Ton
Extraction	11.9 5	Ton/Ja m	23.91	201.54	Ton
Exhaust	135. 90	Ton/Ja m	271.8 0	473.33	Ton

Haulage	180.19	Ton/Jam	360.39	875.89	Ton
Drainage	21.08	Ton/Jam	42.17	42.17	Ton
Total (per Hari)			875.89		Ton

d. Efektivitas Muck Raise pada Lintasan Hauling Terjauh

Dari desain posisi *muck raise* yang telah ditentukan dapat dilihat bahwa terdapat beberapa area yang berada diluar jarak optimum *hauling* alat. Oleh karena itu dari desain yang telah dibuat, perlu diketahui waktu yang diperlukan untuk dapat menghabiskan material hasil peledakan *heading* pada area dengan lintasan terjauh dari posisi *muck raise*. Adapun waktu yang diperlukan LHD CAT 1700 untuk melakukan pemuatan dan pengangkutan adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Waktu Pemuatan dan Pengangkutan pada Lintasan Hauling Terjauh

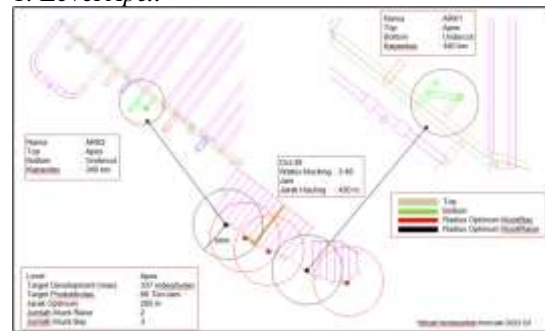
Jumlah Material/Round		
Apex	129	Ton
Undercut	129	Ton
Extraction	150	Ton
Exhaust	186	Ton
Haulage	186	Ton
Drainage	118	Ton
Jarak Hauling Terjauh Berdasarkan Development		
Apex	430	m
Undercut	266	m
Extraction	314	m
Exhaust	158	m
Haulage	124	m
Drainage	194	m
Waktu Untuk Pemuatan dan Pengangkutan		
Apex	3.48	Jam
Undercut	2.07	Jam
Extraction	2.82	Jam
Exhaust	1.48	Jam
Haulage	1.20	Jam
Drainage	1.17	Jam

Tim *development* DMLZ PTFI memiliki target waktu pemuatan dan pengangkutan untuk membersihkan material dari *heading* selama 2-4 jam, dari tabel 5.4 dapat diketahui bahwa waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan pemuatan dan pengangkutan pada tiap level masih masuk dalam target waktu pemuatan dan pengangkutan yang ditentukan, sehingga posisi

muck raise masih efektif untuk menunjang *sequence development* pada lintasan pemuatan dan pengangkutan terjauh dengan waktu pemuatan dan pengangkutan paling lama ada di level *Apex* dengan jarak 430 m dan waktu pemuatan dan pengangkutan selama 3,48 Jam.

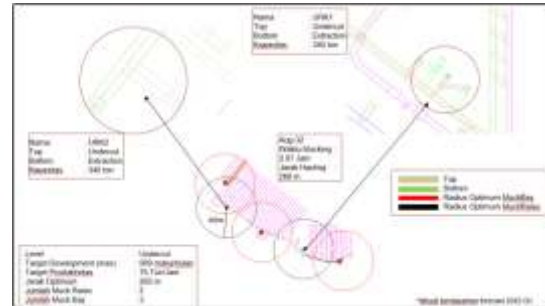
Pada penelitian ini penentuan posisi *muck raise* dilakukan dengan mempertimbangkan dua parameter yaitu peralatan dan kendala operasional, serta sistem *muck raise* dan ketersediaan infrastruktur yang ada di PB-04 DMLZ berdasarkan jarak optimum alat, data desain dan *scheduling* yang sudah ada. Adapun posisi *muck raise* pada setiap level di PB-04 DMLZ adalah sebagai berikut:

1. Level Apex



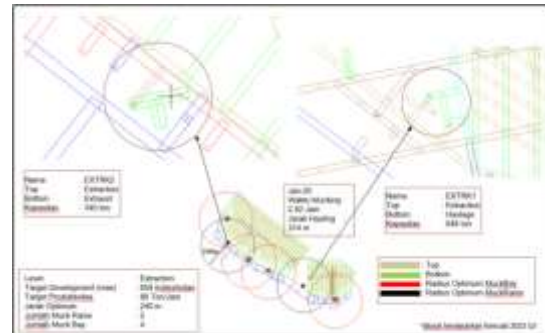
Gambar 4. Posisi Muck Raise pada Level Apex

2. Level Undercut



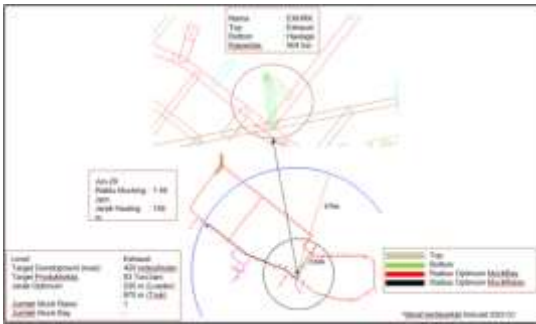
Gambar 5. Posisi Muck Raise pada Level Undercut

3. Level Extraction-Intake



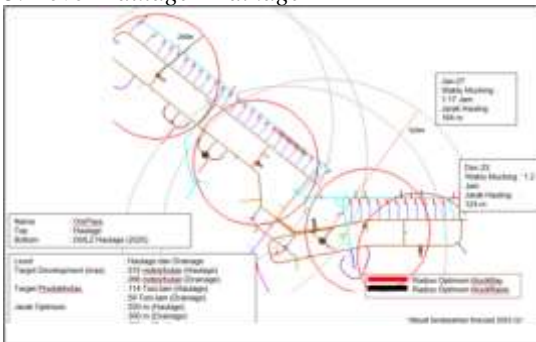
Gambar 6. Posisi Muck Raise pada Level Extraction-Intake

4. Level Exhaust



Gambar 7. Posisi Muck Raise pada Level Extraction-Intake

5. Level Haulage-Drainage



Gambar 8. Posisi Muck Raise pada Level Haulage-Drainage

Dalam siklus penerowongan salah satu kegiatan yang memiliki pengaruh besar terhadap waktu siklus penerowongan adalah kegiatan pemuatan dan pengangkutan supaya material hasil peledakan dapat dibersihkan dengan cepat dari heading supaya kegiatan *development* selanjutnya dapat mulai dilakukan. Oleh karena itu, untuk dapat melakukan kegiatan pemuatan dan pengangkutan dengan lebih cepat kita memerlukan *muck raise* atau *muck bay* dengan posisi yang efisien dan optimum sehingga target waktu pemuatan dan pengangkutan yang diberikan dapat tercapai. Berikut ini merupakan simulasi perbandingan waktu *hauling* dengan dan tanpa *muck raise* pada PB-04 DMLZ yang ditunjukkan oleh Tabel 10 dan Tabel 11

Tabel 10. Perbandingan Waktu *Hauling* Dengan dan Tanpa *Muck Raise* Alat *Dump Truck* CAT AD 55

Area	Jarak Total (km)	Waktu (Jam/Trip)	Waktu Total (Jam/Trip)
CAT AD 55 dengan <i>Muck Raise</i>			
Exh Bottom Raise ExtRK2 - ExhRK1	0.67	0.15	0.17
Bottom ExhRK1 -	0.12	0.03	

Ore Pass 1			
CAT AD 55 tanpa <i>Muck Raise</i>			
Exh Raise to east Internal Ramp - CR-504 Chamber	1.35	0.30	0.30
Penghematan Waktu			
Exh Bottom Raise ExtRK2 - Ore Pass 1			71%

Tabel 11. Perbandingan Waktu *Hauling* Dengan dan Tanpa *Muck Raise* Alat *Loader* LHD CAT 1700

Area	Jarak Total (km)	Waktu (Jam/Trip)	Waktu Total (Jam/Trip)
LHD CAT 1700 dengan <i>Muck Raise</i>			
AMBK#2 - ARK#1	0.35	0.07	0.08
Bottom ARK#1 - URK#1	0.03	0.01	
UMBK#2 - URK#1	0.40	0.08	0.09
Bottom URK#1 - EXTRK#1	0.03	0.01	
EXTMB#2 - EXT#2	0.23	0.05	0.05
Bottom EXT#2 - EXH	0.01	0.00	
LHD CAT 1700 tanpa <i>Muck Raise</i>			
AMBK#2 - URK#1	0.61	0.13	0.13
UMBK#2 - EXTRK#1	0.55	0.12	0.12
EXTMB#2 - EXH	0.86	0.19	0.19
Penghematan waktu			
AMBK#2 - URK#1			69%
UMBK#2 - EXTRK#1			38%
EXTMB#2 - EXH			273%

Dari kedua tabel diatas dapat diketahui bahwa semakin besar jarak yang ditempuh oleh alat maka semakin besar pula *cycle time* yang diperlukan alat untuk membawa *muck* dari *heading* ke *muck raise* atau *muck bay* terdekat. Adapun untuk alat CAT AD 55 ketika kita melakukan pemuatan dan

pengangkutan tanpa *muck raise* dari Exh *Bottom Raise* ExtRK2 - *Ore Pass* 1, waktu yang diperlukan alat untuk melakukan 1 siklus pemuatan dan pengangkutan mengalami kenaikan sebesar 71% dari yang semula 10 menit untuk satu trip menjadi 18 menit untuk menempuh satu trip. Sedangkan untuk alat LHD1700 ketika kita melakukan pemuatan dan pengangkutan tanpa *muck raise* dari AMBK#2 - URK#1 alat mengalami kenaikan waktu pemuatan dan pengangkutan sebesar 69% dibanding ketika kita melakukan pemuatan dan pengangkutan menggunakan *muck raise*. Untuk pemuatan dan pengangkutan dari UMBK#2 - EXTRK#1 tanpa menggunakan *muck raise* alat akan mengalami kenaikan waktu edar sebesar 38%, lalu pada saat kita melakukan pemuatan dan pengangkutan dari EXTMB#2 - EXH alat mengalami kenaikan waktu edar sebesar 273% dibandingkan kita melakukan pemuatan dan pengangkutan tanpa *Muck Raise*.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada seluruh dosen Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta yang telah memberikan ilmunya.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan:

1. Radius optimal dari *heading* ke *muck raise* atau *muck bay*:
 - a. *Apex* : 285 m
 - b. *Undercut* : 265 m
 - c. *Extraction* : 240 m
 - d. *Exhaust* LHD CAT 1700 : 230 m
Truck CAT AD 55 : 670 m
 - e. *Haulage* LHD CAT 1700 : 200 m
Truck CAT AD 55 : 520 m
 - f. *Drainage* LHD CAT 1700 : 300 m
CAT AD 55 : 2950 m
2. Jumlah *muck raise* yang dibutuhkan untuk area DMLZ PB-04:
 - a. *Apex* : 2
 - b. *Undercut* : 2
 - c. *Extraction-intake*: 2
 - d. *Exhaust* : 1
 - e. *Haulage* : 4 (*Orepass*)
 - f. *Drainage* : -
3. Dengan adanya *muck raise* kegiatan pemuatan dan pengangkutan *development* dapat berjalan dengan lebih cepat dan efisien sehingga kegiatan *development* selanjutnya dapat segera dilakukan dan siklus *development* tidak tertunda

VII. DAFTAR PUSTAKA

Bagus, Nyoman. 2018. Analisis Kebutuhan Muck Raise Untuk W-Undercut di Tambang

Bawah Tanah Deep Mill Zone (DMLZ) PT Freeport Indonesia. Yogyakarta: UPN "Veteran" Yogyakarta.

Beus, Michael, Iverson, Stephen. *Design Analysis of Underground Mine Ore Passes: Current Research Approaches*. Washington: National Institute for Occupational Safety and Health Spokane Research Laboratory.

Kadir, Effendi. 2008. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Palembang: Universitas Sriwijaya Palembang

Koivisto, Mikko. 2017. *Ore Pass Design and Placement*. European Mining, Minerals and Environmental Program.

Prodjosumarto, Partanto. 1996. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

PT Freeport Indonesia. 2009. *DMLZ Feasibility Study*. Arizona: PT Freeport Indonesia. PT Freeport Indonesia. 2023. *DMLZ Forecast Q1 2023*. Tembagapura: PT Freeport Indonesia.

Saptono, S., dkk. 2019. Analisis Interaksi *Double Tunnel* dengan *Finite Element Method* : Pengaruh Posisi Terowongan dan Tahapan Penggalian di Terowongan Cismudawu.

Saptono, S. 2019. *Sistem Klasifikasi Massa Batuan Untuk Tambang Terbuka*. Yogyakarta: LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta.

Skawina, Bartłomiej. 2019. *Load-Haul - Dump Operations in Underground Mines*. Swedia: Lulea University of Technology.

Sofita, Desy, dkk. 2015. Analisis Regresi Eksponensial (Studi Kasus : Data Jumlah Penduduk dan Kelahiran di Kalimantan Timur pada Tahun 1992-2013). Samarinda: Universitas Mulawarman.

Wisnu, Danang. 2019. Perencanaan kebutuhan Load Haul Dump (LHD) untuk Menunjang Peningkatan Produksi di Tambang Bawah Tanah Deep Mill Level Zone PT Freeport Indonesia Tahun 2020-2024. Yogyakarta: UPN "Veteran" Yogyakarta.