

# OPTIMALISASI MUCK RAISE DI UNDERCUT LEVEL GUNA MENUNJANG TAHAP PENGEMBANGAN AREA TAMBANG BAWAH TANAH GRASBERG BLOCK CAVE (GBC)

Tabah Pratama Putra<sup>1</sup>, R. Andy Erwin Wijaya<sup>2</sup>, Bayurohman Pangacella P<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, <sup>2</sup>Fakultas Teknologi Mineral, <sup>3</sup>Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Sleman-Yogyakarta

Email : [tabah.pratama@gmail.com](mailto:tabah.pratama@gmail.com) , [andy@itny.ac.id](mailto:andy@itny.ac.id), [bayurohman@itny.ac.id](mailto:bayurohman@itny.ac.id)

## ABSTRAK

*PT Freeport Indonesia (PTFI) merupakan perusahaan afiliasi dari Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc. PT. Freeport Indonesia menambang, memproses, dan melakukan eksplorasi terhadap bijih yang mengandung tembaga, emas, dan perak yang beroperasi di daerah dataran tinggi di Provinsi Papua, Indonesia. Metode block caving yang di terapkan di GBC memiliki 5 level utama untuk menunjang proses penambangan, diantaranya yaitu undercut level (2850), extraction level (2830), service level (2811), haulage level (2760), dan drainage level (2710). Pada undercut dan extraction level terdapat lubang bukaan vertikal yang menghubungkan antara kedua level atau di sebut muck raise, yang berfungsi sebagai akses menyalurkan muck hasil blasting pada proses pembuatan heading (terowongan) di dalam area tambang GBC, namun fungsi dari muck raise belum optimal dalam menunjang proses mucking development yang ditargetkan oleh tim engineering GBC yaitu, 3 heading fresh blast dalam 1 shift kerja atau setara 201 M<sup>3</sup>. Maka dalam hal ini perlu dilakukan analisa aktual di lapangan untuk menentukan lokasi optimal muck raise berdasarkan muck yang dihasilkan dan produktivitas alat yang digunakan, supaya proses hauling dapat tepat waktu, yang tentunya sangat mempengaruhi kecepatan dari proses development pada area tambang Grasberg Block Cave (GBC) di PT. Freeport Indonesia.*

**Kata kunci :** Tambang Bawah Tanah, metode block caving, muck raise, produktivitas

## ABSTRACT

*PT Freeport Indonesia (PTFI) is an affiliated company of Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc. PT. Freeport Indonesia mines, processes and explores copper, gold and silver ores operating in the highlands of Papua Province, Indonesia. The block caving method applied at GBC has 5 main levels to support the mining process, including undercut level (2850), extraction level (2830), service level (2811), haulage level (2760), and drainage level (2710). At the undercut and extraction level there is a vertical opening that connects the two levels or called the muck raise, which functions as an access to channel the blasted muck in the process of making headings (tunnels) in the GBC mining area, but the function of the muck raise is not optimal in supporting it. the mucking development process targeted by the GBC engineering team, namely, 3 headings of fresh blasts in 1 work shift or the equivalent of 201 M<sup>3</sup>. So in this case it is necessary to do an actual analysis in the field to determine the optimal location of the muck raise based on the muck produced and the productivity of the tools used, so that the hauling process can be on time, which of course greatly affects the speed of the development process in the Grasberg Block Cave (GBC) mining area. at PT. Freeport Indonesia.*

**Keywords :** Underground Mining, block caving method, muck raise, productivity

## 1. PENDAHULUAN

PT Freeport Indonesia adalah tambang emas dan tembaga terbesar di Indonesia yang terletak di Kabupaten Mimika, Provinsi Papua. Dalam operasinya, PT. Freeport Indonesia menerapkan dua sistem penambangan yaitu tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Tambang Bawah Tanah di PT. Freeport Indonesia terdiri dari DOZ (*Deep Ore Zone*), Big Gosan, DMLZ (*Deep Mill Level Zone*), Kucing Liar, dan GBC (*Grasberg Block Cave*), dengan salah satu metode yang diterapkan oleh PT. Freeport Indonesia adalah metode ambrukkan (*Block Caving*).

Grasberg Block Cave (GBC) adalah salah satu lokasi tambang bawah tanah PT. Freeport Indonesia dimasa depan yang masih melakukan tahap pengembangan pembukaan terowongan dan mulai memproduksi dengan metode penambangan ambrukkan atau Block Caving. Shotcrete merupakan salah satu bagian dari penyanggaan sekunder dalam siklus development untuk mendukung kestabilan lubang bukaan, keselamatan, dan infrastruktur jangka panjang untuk sasaran produksi yang tinggi pada metodemblock caving (Tambang *et al.*, 2020).

Tambang Grasberg Block Cave (GBC) telah memasuki tahap produksi sejak September 2018, namun dalam operasinya Tambang GBC masih terus mengembangkan area operasionalnya untuk memenuhi target produksi (*development*). Adapun siklus pengembangan (*cycle development*) yang merupakan *operational* utama yang dikerjakan yaitu pengeboran dan peledakan (*drill & blasting*), pemuatan & pengangkutan (*mucking & hauling*), *primary support*, dan *secondary support*. Untuk mendukung jalannya operasional utama perlu adanya *support* utama yang terdiri dari *access and area*, ventilasi, *water and air*, tenaga listrik (*power*), *pull of test*, *survey*, dan *dewatering*.

Dalam metode *block caving* yang di terapkan di GBC memiliki 5 level utama untuk menunjang proses penambangan, diantaranya yaitu *undercut level* (2850), *extraction level* (2830), *service level* (2811), *haulage level* (2760), dan *drainage level* (2710). Pada *undercut* dan *extraction level* terdapat lubang bukaan vertikal yang menghubungkan antara kedua *level* atau di sebut *muck raise*.

Dalam pelaksanaannya, *muck raise* berfungsi sebagai akses untuk menyalurkan *muck* hasil *blasting* pada proses pembuatan *heading* (terowongan) di dalam area tambang GBC, namun hingga saat ini fungsi dari *muck raise* belum optimal dalam menunjang proses *mucking development* yang ditargetkan oleh tim engineering GBC yaitu, 3 *heading fresh blast* dalam 1 shift kerja atau setara 201 M<sup>3</sup>, dengan jumlah *muck* dalam bentuk loose cubic meter (LCM) per *heading* 67 M<sup>3</sup> yang didapatkan dari perkalian antara *area perimeter heading* yang telah ditentukan pada *forecast metres development*, rata – rata kemajuan dalam sekali *blasting* dan *swell factor* batuan di *undercut level* tambang GBC.

Maka dalam hal ini perlu dilakukan analisa aktual di lapangan untuk menentukan lokasi optimal *muck raise* berdasarkan *muck* yang dihasilkan dan produktivitas alat yang digunakan, supaya proses *hauling* dapat tepat waktu, yang tentunya sangat mempengaruhi kecepatan dari proses *development* pada area tambang *Grasberg Block Cave* (GBC) di PT. Freeport Indonesia.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan melakukan pengumpulan data, selanjutnya melakukan survey pendahuluan yang di perlukan untuk mengetahui kondisi sekitar lokasi penelitian. Kemudian melakukan pengambilan data primer dan sekunder. Data primer meliputi *cycle time* loader 1700 H, data *operating efficiency* (EU), *line up* pembagian kerja area *undercut level* dan *extraction level* tambang GBC dan *heading* aktif yang sedang aktif untuk kegiatan *mucking* dan *hauling*. Data sekunder meliputi *forecast metres development muck raise* area *undercut level*, *metres standart heading* tambang GBC, Desain standart *muck raise* di *undercut level*, spesifikasi alat loader 1700 H. Kemudian melakukan analisis dan akuisisi data. Selanjutnya melakukan pengolahan data. Dimulai dari pengolahan melalui *software deswik* dan analisis regresi linier pada *Microsoft excel*, perhitungan produktivitas LHD 1700H, menentukan lokasi optimal *muck raise* berdasarkan pengaruh jarak terhadap produktivitas hingga ditarik kesimpulan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Muck raise* berfungsi untuk menyalurkan *ore development* hasil *blasting* pembuatan *heading* dari level *undercut* ke *extraction*, dari level *extraction* ke level *haulage*. Secara desain *muck raise* berbentuk silinder tabung dan pada *bottom muck raise* berbentuk trapesium prisma. Perhitungan kapasitas *muck raise* secara detail sangat diperlukan guna mengetahui berapa ton *ore* yang dapat di tampung, kapan bisa dilakukan *dumping* pada *top muck raise* dan kapan harus di dilakukan *mucking* dibagian *bottom muck raise*. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus volume tabung dan volume trapesium prisma, *muck raise* yang berdiameter 2.1 m di dapatkan total kapasitas *muck raise* adalah 741 m<sup>3</sup>, dengan rincian hitungan 394.44 ton pada bagian tabung, 229.25 pada bagian kerucut, lalu dikurangi dengan *muck bumper 5 bucket loader* atau setara dengan 53.5 m<sup>3</sup>, lalu di kali dengan *swell factor* 30%. Perhitungan kapasitas *muck raise* di *undercut level* dengan diameter 2,1 meter adalah sebagai berikut :

$$\text{Vol. Tabung} = \Pi \times r^2 \times t$$

Keterangan =

$\Pi$  : 3,14

r : Jari – jari

t : Tinggi Prisma

Perhitungan ;

$\Pi$  : 3,14

r : 1,05<sup>2</sup>

t : 42,2

Maka volume *muck raise* = 3,14 x 1,05<sup>2</sup> x 42,2 = 146,44 x 2,7 = 394,44 ton.

### 3.1. PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS LHD 1700

Siklus pembongkaran material pada tahap *development* di tambang bawah tanah GBC dilakukan dengan peledakan. Pembongkaran dimulai pada tahapan *survey* terhadap permukaan material yang akan dijadikan terowongan. Tahap tersebut yaitu menentukan titik sesuai dengan desain dari *heading* yang telah dirancang. Setelah titik tersebut ditentukan maka berdasarkan titik tersebut akan dilakukan *drilling*. Pada kegiatan ini dilakukan pengeboran dengan desain yang telah dirancang, yang bertujuan untuk membuat lubang bor yang nantinya sebagai tempat dari bahan peledak. Setelah lubang bor siap maka lubang bor akan diisi oleh bahan peledak dan selanjutnya akan dilakukan peledakan. Setelah kegiatan peledakan area *heading* akan dibersihkan menggunakan sirkulasi udara melalui *vent bag* yang telah dipasang, agar *heading* dapat terbebas dari sisa peledakan baik gas ataupun debu. Ketika *heading* tersebut telah bersih dan dinyatakan aman maka akan dilanjutkan dengan kegiatan pengangkutan material ke *muck raise* yang menggunakan alat berat berupa LHD 1700H.

Pengambilan data *cycle time* LHD 1700H untuk kegiatan pengangkutan material yang terdapat pada level *undercut* dilakukan dengan kondisi kerja yang telah sesuai dengan SOP yang terdapat pada PT. Freeport Indonesia dimana kegiatan pengangkutan material baru boleh berjalan jika kondisi *drill drift* maupun *panel* telah di cek mengenai kondisi udara yang terdapat pada *drill drift* ataupun *panel* tersebut dan pada material hasil peledakan tidak didapatkan bahan peledak yang gagal meledak. Selama pengangkutan juga tidak diizinkan terdapat kegiatan lain pada *drill drift* atau *panel* tersebut.

*Cycle time* yang diambil merupakan *cycle time* LHD 1700H dari *heading* yang berbeda juga dengan jarak terhadap *muck raise* yang berbeda. Data *cycle time* kegiatan pengangkutan material meliputi waktu pengambilan material, perjalanan alat berat ketika membawa material dan kembali setelah menumpahkan material, dan lama kegiatan penumpahan itu sendiri.

Kegiatan pengangkutan material di area *undercut level*, mengangkut material yang berasal dari *heading* yaitu *Slot east acces to north*, *DD 13 north slot west*, *DD 13 south slot west*, dan *DD 12 south slot west*. Untuk selanjutnya *muck* akan di tumpahkan ke *muck raise 22*. Sedangkan di area *extraction level*, material di angkut dari *heading Panel 13 from DP 42 to west*, *Panel 27 west DP 43 N*, dan *Panel 26 west DB 37 N*. Untuk kemudian *muck* dari *heading* tersebut di tumpahkan ke *muck*

raise P22/23 – INT 45 top acces. Berikut dibawah merupakan cycle time LHD 1700 di undercut level :

**Tabel 1.** Slot west acc.to north - Muck Raise 22

NO	Mucking & Loading	Trimming full & Empty	Dumping	Delay	Total CT	Jarak (m)
1	0,25	4,51	0,13	0	4,90	335
2	0,25	4,46	0,13	0	4,85	335
3	0,23	4,55	0,13	0	4,91	335
4	0,25	4,61	0,13	0	5,00	335
5	0,25	4,53	0,13	0	4,91	335
6	0,23	4,48	0,13	0	4,85	335
7	0,25	4,55	0,13	0	4,93	335
8	0,25	4,58	0,13	0	4,96	335
9	0,25	4,56	0,13	0	4,95	335
10	0,26	4,46	0,13	0	4,86	335
11	0,25	4,61	0,13	0	5,00	335
12	0,23	4,40	0,13	0	4,76	335
13	0,25	4,48	0,13	0	4,86	335
14	0,25	4,36	0,13	0	4,75	335
15	0,25	4,41	0,13	0	4,80	335
16	0,25	4,45	0,13	0	4,83	335
17	0,30	4,43	0,13	0	4,86	335

**Tabel 2.** DD 13 noth slot west - Muck Raise 22

NO	Mucking & Loading	Trimming full & Empty	Dumping	Delay	Total CT	Jarak (m)
1	0,25	6,56	0,13	1,40	6,95	447
2	0,25	6,48	0,13	0	6,86	447
3	0,25	6,41	0,13	0	6,80	447
4	0,25	6,45	0,13	7,96	6,83	447
5	0,23	6,58	0,11	0	6,93	447
6	0,25	6,50	0,13	0	6,88	447
7	0,25	6,60	0,13	0	6,98	447
8	0,23	6,43	0,13	0	6,80	447
9	0,25	6,60	0,11	0	6,96	447
10	0,25	6,53	0,13	0	6,91	447
11	0,25	6,51	0,13	0	6,90	447
12	0,26	6,41	0,11	0	6,80	447
13	0,25	6,48	0,13	0	6,86	447
14	0,28	6,41	0,13	0	6,83	447
15	0,25	6,58	0,13	1,23	6,96	447

**Tabel 3.** DD 13 south slot west - Muck Raise 22

NO	Mucking & Loading	Trimming full & Empty	Dumping	Delay	Total CT	Jarak (m)
1	0,25	6,03	0,13	0	6,41	457
2	0,25	6,16	0,13	0	6,55	457
3	0,25	6,16	0,16	0	6,58	457
4	0,23	6,11	0,13	0	6,48	457
5	0,25	6,15	0,13	0	6,53	457

6	0,30	0,13	0,11	2,61	6,50	457
7	0,25	6,16	0,13	0	6,55	457
8	0,25	6,25	0,13	0,20	6,63	457
9	0,25	6,21	0,13	0,96	6,63	457
10	0,25	6,06	0,13	0	6,45	457
11	0,25	0,15	0,13	0	6,53	457
12	0,23	0,15	0,13	0	5,51	457
13	0,25	0,15	0,13	0	6,53	457
14	0,25	0,08	0,11	0	6,45	457
15	0,23	6,16	0,13	0	6,53	457
16	0,25	0,06	0,13	0	6,45	457
17	0,25	0,10	0,13	2,10	6,48	457
18	0,28	0,01	0,13	0	6,43	457
19	0,25	6,16	0,11	3,78	6,53	457
20	0,25	6,20	0,13	1,35	6,58	457

**Tabel 4.** *DD 12 south slot west - Muck Raise 22*

NO	<i>Mucking &amp; Loading</i>	<i>Trimming full &amp; Empty</i>	<i>Dumping</i>	<i>Delay</i>	Total CT	Jarak (m)
1	0,25	5,83	0,13	0	6,21	445
2	0,26	5,86	0,13	0	6,26	445
3	0,25	5,95	0,11	1,50	6,31	445
4	0,25	5,90	0,13	7,93	6,28	445
5	0,23	5,90	0,13	7,30	6,26	445
6	0,25	5,85	0,13	1,98	6,23	445
7	0,23	5,90	0,13	1,61	6,26	445
8	0,25	5,83	0,13	0	6,21	445
9	0,25	5,83	0,11	0	6,20	445
10	0,25	5,90	0,13	0	6,28	445
11	0,25	5,86	0,11	0	6,23	445
12	0,28	5,86	0,13	0	6,28	445
13	0,25	5,81	0,13	0	6,20	445
14	0,25	5,81	0,13	0	6,20	445
15	0,25	5,83	0,13	0	6,21	445

Berikut di bawah merupakan cycle time rata – rata LHD 1700 di Undercut Level :

**Tabel 5.** *CT LHD 1700 di Undercut Level*

No	Heading	Jarak(m)	CT (menit)	Lokasi Dumping
1	<i>Slot west acc.to north</i>	335	4,88	<i>Muck Raise 22</i>
2	<i>DD 13 noth slot west</i>	477	4,88	
3	<i>DD 13 south slot west</i>	457	6,51	
4	<i>DD 12 south slot west</i>	445	6,25	

Berikut dibawah merupakan cycle time LHD 1700 di Extraction level :

**Tabel 6.** *Panel 13 from DP 42 to west - P22/23 INT 45 top acc*

NO	<i>Mucking &amp; Loading</i>	<i>Trimming full &amp; Empty</i>	<i>Dumping</i>	<i>Delay</i>	Total CT	Jarak (m)
1	0,25	8,31	0,13	0	8,74	490
2	0,25	8,38	0,13	3,45	8,76	490
3	0,25	8,36	0,13	0	8,75	490

4	0,25	8,23	0,13	0	8,31	490
5	0,25	8,25	0,13	0	8,63	490
6	0,25	8,15	0,13	1,20	8,53	490
7	0,25	8,25	0,13	3,96	8,63	490
8	0,25	8,43	0,13	0	8,81	490
9	0,25	8,08	0,13	0	8,46	490
10	0,25	8,25	0,13	0,96	8,63	490
11	0,25	8,31	0,13	0	8,70	490
12	0,25	7,98	0,13	0	8,36	490
13	0,25	8,23	0,13	0	8,61	490
14	0,25	8,4	0,13	0,81	8,78	490
15	0,25	8,36	0,13	0	8,75	490
16	0,25	8,41	0,13	0	8,80	490
17	0,25	7,96	0,13	0	8,35	490
18	0,25	8,33	0,13	0	8,71	490
19	0,25	8,31	0,13	0	8,70	490
20	0,25	8,33	0,13	4,91	8,71	490

**Tabel 7.** Panel 23 west DP 43 N - P22/23 INT 45 top acc

NO	<i>Mucking &amp; Loading</i>	<i>Trimming full &amp; Empty</i>	<i>Dumping</i>	<i>Delay</i>	Total CT	Jarak (m)
1	0,25	6,10	0,13	0	6,55	453
2	0,25	6,28	0,13	0	6,66	453
3	0,25	6,20	0,11	0	6,56	453
4	0,26	6,25	0,13	0	6,65	453
5	0,25	6,31	0,13	0	6,70	453
6	0,25	6,25	0,13	0	6,63	453
7	0,25	6,30	0,11	2,90	6,66	453
8	0,23	6,21	0,13	0	6,58	453
9	0,25	6,28	0,13	8,06	6,66	453
10	0,25	6,26	0,13	0	6,65	453
11	0,25	6,31	0,11	3,41	6,68	453
12	0,23	6,23	0,13	0	6,60	453
13	0,25	6,26	0,13	3,68	6,65	453
14	0,25	6,15	0,13	0	6,53	453
15	0,23	6,20	0,1	0	6,53	453
16	0,25	6,33	0,13	0	6,71	453
17	0,26	6,25	0,13	11,96	6,65	453
18	0,25	6,36	0,13	4,26	6,75	453
19	0,25	6,18	0,11	0	6,55	453
20	0,25	6,13	0,13	0	6,51	453

**Tabel 8.** Panel 26 west DB 37 N - P22/23 INT 45 top acc

NO	<i>Mucking &amp; Loading</i>	<i>Trimming full &amp; Empty</i>	<i>Dumping</i>	<i>Delay</i>	Total CT	Jarak (m)
1	0,25	3,91	0,13	0	4,30	284
2	0,26	3,96	0,13	0	4,36	284
3	0,23	3,83	0,15	0	4,21	284
4	0,25	3,63	0,13	1,30	4,01	284
5	0,25	3,73	0,15	0,38	4,13	284
6	0,25	3,98	0,13	0,56	4,36	284

7	0,23	3,80	0,13	0	4,16	284
8	0,25	3,75	0,13	5,96	4,13	284
9	0,25	4,08	0,13	1,88	4,46	284

Berikut di bawah merupakan cycle time rata – rata LHD 1700 di Undercut Level :

**Tabel 9.** CT LHD 1700 di *Extraction Level*

No	Heading	Jarak (m)	CT (menit)	Lokasi Dumping
1	<i>Panel 13 from DP 42 to west</i>	490	8,65	<i>Muck Raise 22</i>
2	<i>Panel 23 west DP 43 N</i>	453	6,63	
3	<i>Panel 26 west DB 37 N</i>	284	4,23	

Produktivitas pengangkutan meliputi penggunaan alat berat berupa LHD pada *top muck raise* di level *undercut* dan *top muck raise* di level *extraction*. Untuk mendapatkan nilai produktivitas dibutuhkan beberapa parameter yang harus diketahui terlebih dahulu, yaitu *cycle time* dan *effective utilization* (EU) LHD 1700H. Sehingga didapatkan nilai produktivitas pengangkutan material yang dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4.

Dalam proses pengangkutan material diperlukan nilai produktivitas yang tepat. Besar nilai produktivitas selain dipengaruhi parameter diatas juga dapat dipengaruhi secara umum oleh kondisi kerja yang terdapat di lapangan. Kondisi kerja ini meliputi kemampuan dari operator ataupun kondisi jalan untuk proses pengangkutan.

Dalam penelitian ini kondisi jalan yang dimaksud merupakan jarak antara lokasi pengambilan material terhadap lokasi material ditumpahkan. Sehingga jarak antara *heading* terhadap *muck raise* merupakan hal yang penting guna memenuhi target *development*. Pengambilan data proses pengangkutan material dilakukan pada area level *undercut* GBC. Hasil perhitungan data penelitian tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk menganalisis jarak optimal *muck raise* di *undercut level* sebagai perencanaan ke depan.

Perhitungan *bucket factor* =

$Bucket\ factor = Cam \times F \times SF \times Densitas$  (Yanto Indonesianto, 2014)

Keterangan =

Cam :Kapasitas *bucket* (m<sup>3</sup>)

F :*Bucket fill factor* (%)

SF :*Swell Factor*

Densitas :Kerapatan tiap pori batuan

Perhitungan =

Cam : 5.7 m<sup>3</sup>

F : 90%

SF : 1.67 / 2.7

Densitas : 2.7 gram/cm<sup>3</sup>

*Bucket factor* =

$5.7\ m^3 \times 90\ \% \times 1.67/2.7 = 8.6\ ton$

Perhitungan Produktivitas loader 1700 di *Undercut level* :

$Pdts = \frac{60}{CT} \times bucket\ factor \times EU$

Keterangan =

60 : Detik

CT : *Cycle Time* Rata – rata (menit)

*Bucket Factor* : Kapasitas *Bucket* (m<sup>3</sup>)

EU : Waktu Efektif Kerja

1. Produktivitas rata - rata

Detik : 60 menit

CT : 6,13 menit

- Bucket Factor* : 8,6 ton/jam  
 EU : 75 %  
 Produktivitas / PTM =  
 $60/6,13 \times 8,6 \times 75\% = 63 \text{ ton/jam.}$   
 Maka Rata – rata Produktivitas Loader 1700 di *undercut level* = 63 ton/jam.
2. *Slot west acc.to north - Muck Raise 22* ( jarak 335 m)  
 Detik : 60 menit  
 CT : 4,88 menit  
*Bucket Factor* : 8,6 ton/jam  
 EU : 75 %  
 Produktivitas / PTM =  
 $60/4,88 \times 8,6 \times 75\% = 78,95 \text{ ton/jam}$   
*Slot west acc.to north - Muck Raise 22* 78,95 ton/jam (pada jarak 335 m)
3. *DD 13 noth slot west - Muck Raise 22* (jarak 477 m)  
 Detik : 60 menit  
 CT : 6,88 menit  
*Bucket Factor* : 8,6 ton/jam  
 EU : 75 %  
 Produktivitas / PTM =  
 $60/6,88 \times 8,6 \times 75\% = 56,01 \text{ ton/jam}$   
 Produktivitas Loader 1700 dari *DD 13 noth slot west - Muck Raise 22* = 56,01 ton/jam (pada jarak 477 m)
4. *DD 13 south slot west - Muck Raise 22* (jarak 457 m)  
 Detik : 60 menit  
 CT : 6,52 menit  
*Bucket Factor* : 8,6 ton/jam  
 EU : 75 %  
 Produktivitas / PTM =  
 $60/6,52 \times 8,6 \times 75\% = 59,16 \text{ ton/jam}$   
 Produktivitas Loader 1700 dari *DD 13 south slot west - Muck Raise 22* = 59,16 ton/jam (pada jarak 457 m)
5. *DD 12 south slot west - Muck Raise 22* (jarak 445 m)  
 Detik : 60 menit  
 CT : 6,25 menit  
*Bucket Factor* : 8,6 ton/jam  
 EU : 75 %  
 Produktivitas / PTM =  
 $60/6,25 \times 8,6 \times 75\% = 61,68 \text{ ton/jam}$   
 Produktivitas Loader 1700 dari *DD 12 south slot west - Muck Raise 22* = 61,68 ton/jam (pada jarak 445 m)

**Tabel 10.** Produktivitas LHD 1700H di *Undercut level*

No	Lokasi <i>Mucking dan Hauling</i>	Jarak (meter)	Produktivitas (Ton/jam)
1	<i>Slot west acc.to north - Muck Raise 22</i>	335	45
2	<i>DD 13 noth slot west - Muck Raise 22</i>	477	33
3	<i>DD 13 south slot west - Muck Raise 22</i>	457	35
4	<i>DD 12 south slot west - Muck Raise 22</i>	445	36

Perhitungan Produktivitas loader 1700 di *Undercut level* :

$$Pdts = \frac{60}{CT} \times \text{bucket factor} \times EU$$

Keterangan =

60 : Detik

CT : *Cycle Time* Rata – rata (menit)



*Bucket Factor* : Kapasitas *Bucket* (m<sup>3</sup>)  
 EU : Waktu Efektif Kerja

1. Produktivitas Rata - rata

Detik : 60 menit  
 CT : 6,50 menit  
*Bucket Factor* : 8,6 ton/jam  
 EU : 75 %

Produktivitas / PTM =  
 $60/6,50 \times 8,6 \times 75\% = 59 \text{ ton/jam.}$

Maka Rata – rata Produktivitas Loader 1700 di *extraction level* = 59 ton/jam.

2. *Panel 13 from DP 42 to west - P22/23 INT 45 top acc*

Detik : 60 menit  
 CT : 8,65 menit  
*Bucket Factor* : 8,6 ton/jam  
 EU : 75 %

Produktivitas / PTM =  
 $60/8,65 \times 8,6 \times 75\% = 44,57 \text{ ton/jam}$

Produktivitas Loader 1700 *Panel 13 from DP 42 to west - P22/23 INT 45 top acc* = 44,57 ton/jam.  
 (Pada jarak 490 m)

3. *Panel 26 west DB 37 N - P22/23 INT 45 top acc*

Detik : 60 menit  
 CT : 4,23 menit  
*Bucket Factor* : 8,6 ton/jam  
 EU : 75 %

Produktivitas / PTM =  
 $60/4,23 \times 8,6 \times 75\% = 91,07 \text{ ton/jam}$

Produktivitas Loader 1700 *Panel 26 west DB 37 N - P22/23 INT 45 top acc* = 53 ton/jam (Pada jarak 284 m)

**Tabel 11.** Produktivitas LHD 1700H di *Extraction level*

No	Lokasi <i>Mucking dan Hauling</i>	Jarak (meter)	Produktivitas (Ton/jam)
1	<i>Panel 13 from DP 42 to west - P22/23 INT 45 top acc</i>	490	26
2	<i>Panel 23 west DP 43 N - P22/23 INT 45 top acc</i>	453	34
3	<i>Panel 26 west DB 37 N - P22/23 45 top acc</i>	284	53

### 3.2. TARGET ENGINEER TAMBANG GBC PTFI

Produktivitas minimum satu unit LHD dalam kegiatan pengangkutan material dari *heading* ke *muck raise* merupakan nilai yang harus dicapai agar target *development* untuk area *undercut level* secara keseluruhan dapat tercapai. Target nilai produktivitas alat di dapat berdasarkan rencana *engineer* tambang GBC, yaitu 1 unit loader dapat *mucking 3 heading* yang bersifat *fresh blast* dalam 1 *shift* kerja (8.5 jam). Data yang dibutuhkan untuk mendapatkan target produktivitas yaitu, volume *muck/blast* (ton) dan waktu efektif kerja dalam 1 *shift*. Sehingga didapatkan target produktivitas yang di rencanakan adalah 49 ton/jam dimana perhitungan adalah sebagai berikut :

1. *Tonase muck / blast* (ton)

Kemajuan *heading/day* x area x densitas batuan

Keterangan =

Kemajuan *heading/day*, kemajuan *heading* dalam 1 x *blasting*

Area, luas *perimeter heading* yang direncanakan *engineer GBC*

Densitas batuan, kerapatan yang terdapat pada tiap pori batuan

Perhitungan =

Kemajuan *heading / day* : 3,5 m<sup>2</sup>

Area : 14,7 m<sup>2</sup>

Densitas batuan : 2,7 g/cm<sup>3</sup>

Jumlah *tonase muck /blast* di *undercut level GBC* = 139 ton.

2. Target Rencana *Engineer Tambang GBC*

1 loader dapat melakukan *mucking 3 heading* hasil *blasting* yang bersifat *fresh blast* dalam 1 *shift*.

*Tonase muck / blasting* x target *engineer GBC* : waktu 1 *shift* kerja

Keterangan =

*Tonase muck /blasting*, jumlah *tonase muck* yang dihasilkan dalam 1 x aktivitas *blasting* di *undercut level* tambang *GBC*.

Target *engineer GBC*, rencana yang telah ditetapkan *engineer* tambang *GBC* dalam. *weekly plan*

Waktu 1 *shift* kerja, waktu efektif kerja dalam 1 *shift* di area *undercut level* tambang *GBC*.

Perhitungan =

*Tonase muck / blasting* : 139 ton

Target *engineer GBC* : 3 *heading fresh blast*

Waktu 1 *shift* kerja : 8,5 jam

Berdasarkan rencana *engineer* tambang *GBC* dengan target 1 loader dapat *mucking 3 heading fresh blast* dalam 1 *shift*, maka di dapatkan target produktivitas alat 49 ton/jam.

**3.3. JARAK OPTIMAL MUCK RAISE TERHADAP HEADING AKTIF**

Jarak antara lokasi pengambilan material terhadap penumpahan material memiliki pengaruh terhadap besarnya nilai produktivitas alat angkut. Jarak memiliki pengaruh terhadap *cycle time* alat ketika beroperasi salah satunya karena adanya batasan maksimum terhadap kecepatan alat angkut ketika beroperasi, yaitu 15km/jam. Proses pengangkutan yang terjadi memiliki jarak yang berbeda akan tetapi dengan kondisi jalan yang tidak berpengaruh.

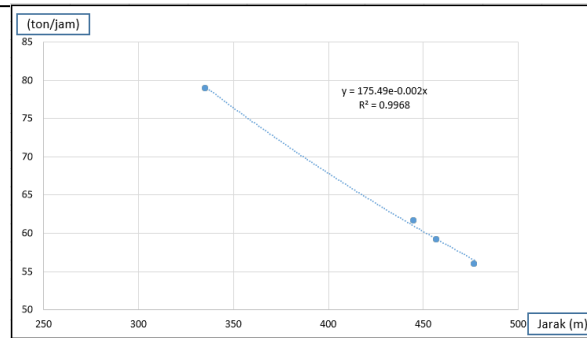
Oleh karena itu maka parameter penentuan nilai produktivitas proses pengangkutan sama dengan antara setiap *heading* akan tetapi memiliki jarak yang berbeda. Sehingga besar suatu nilai produktivitas dipengaruhi oleh besarnya jarak. Berdasarkan hasil analisa regresi pengaruh produktivitas terhadap jarak seperti yang dapat dilihat pada Gambar 8. didapatkan bahwa dalam grafik besar nilai jarak pada sumbu y akan semakin tinggi dan mendekati nilai 0 pada sumbu x yaitu nilai produktivitas.

Penggunaan regresi non- linear dengan metode eksponensial dikarenakan nilai produktivitas pada proses pengangkutan tidak mungkin 0 terlebih dipengaruhi oleh jauh atau dekatnya jarak proses tersebut. Sehingga melalui grafik tersebut akan didapatkan suatu nilai yang menggambar secara matematis mengenai perpotongan antara jarak yang efektif untuk memenuhi suatu target produktivitas.

Pada analisis regresi pengaruh jarak terhadap produktivitas, didapatkan persamaan nilai  $y = 175.49e^{-0.002x}$ , yang dimana X adalah jarak dan Y adalah produktivitas. Kemudian berdasarkan target *engineer* yaitu 1 loader dapat *mucking 3 heading fresh blast* dalam 1 *shift* kerja, maka nilai Y didapatkan produktivitas 49 ton/jam dan nilai X didapatkan sebesar 638 m, sehingga jarak optimal *muck raise* guna menunjang siklus *development* di area *undercut level* tambang *GBC* di dapatkan 638m.

**Tabel 12.** Variabel Regresi Pengaruh Jarak Terhadap Produktivitas

Variabel X (Jarak)	Variabel Y (Produktivitas)
477	78.95
457	56.01
445	59.16
335	61.68



**Gambar 8.** Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Produktivitas

Rumus persamaan yang dihasilkan dari analisis regresi *exponensial* adalah sebagai berikut :

$$\text{Koefisien } y = 175.49e^{-0.002x}$$

$$\text{Nilai } R^2 = 0.9968$$

Maka jarak efektif *muck raise* terhadap *heading* aktif adalah :

$$Y = 175.49e^{-0.002x}$$

$$49 = 175.49e^{-0.002x}$$

$$\frac{49}{175.49} = e^{-0.002x}$$

$$0.279 = e^{-0.002x}$$

$$\ln 0.279 = -0.002x$$

$$x = \frac{-1.276}{-0.002}$$

$$x = 638 \text{ Meter.}$$

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang di peroleh dari penelitian ini adalah:

1. Kapasitas *muck raise* berdiameter 2.1 meter yang ada di *undercut level* yaitu 741m<sup>3</sup>.
2. Produktivitas loader rata – rata di *undercut level* adalah 63 ton/jam, dan di *extraction level* 59 ton/jam, dengan nilai efektivitas kerja di setiap level adalah 73% (8.5 jam) dalam 1 *shift* kerja, yang dimana Kondisi *cycle time* loader di lapangan dipengaruhi oleh keadaan lalu lintas alat di sekitar area kerja.
3. Jarak optimal *muck raise* terhadap *heading* aktif di *undercut level* adalah 638 meter, dengan nilai produktivitas 49 ton/jam yang di dapat berdasarkan perhitungan target rencana *engineer* tambang GBC yaitu 3 *heading* bersifat *fresh blast* dalam 1 *shift* kerja.

#### 5. SARAN

Usaha – usaha yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan *muck raise* di *undercut level* supaya efisien dalam menunjang tahap pengembangan area tambang GBC yaitu :

1. Untuk dapat memenuhi target *mucking 3 heading development* yang bersifat *fresh blast* dalam 1 *shift* kerja sesuai dengan rencana *engineer* tambang GBC, jarak optimal *muck raise* terhadap *heading aktif* di *undercut level* adalah 638 Meter.
2. Pada area *extraction level*, perlu dilakukan pengaturan lalu lintas alat supaya loader yang bekerja dapat sesuai dengan target.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada PT. Freeport Indonesia dan semua yang telah membantu dalam kegiatan penelitian di lokasi, serta Tim dosen Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Tambang, P. *et al.* (2020) ‘Analisis teknis penggunaan’, pp. 619–628.  
 Indonesianto Yanto. (2014) ‘Pemindahan Tanah Mekanis’, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

