



ANALISIS PRODUKTIVITAS PEMBORAN UNTUK PEMBUATAN *SLOT RAISE* DI *EXTRACTION LEVEL* GBC PT. FREEPORT INDONESIA

RAISEBORE RB-50X PRODUCTIVITY ANALYSIS FOR RAISE SLOT DRILLING IN EXTRACTION LEVEL GBC PT. FREEPORT INDONESIA

Y.D.G. Cahyono¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan,

¹Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail : galih.1453@itats.ac.id

ABSTRAK

Salah satu Tambang Bawah Tanah di PT. Freeport Indonesia adalah *Grasberg Block Cave* (GBC), dengan salah satu metode yang digunakan PT. Freeport Indonesia adalah metode ambrukkan. Tambang GBC telah memasuki tahap produksi sejak September 2018, namun dalam operasinya Tambang GBC masih terus mengembangkan area operasionalnya untuk memenuhi target produksi. Salah satu siklus pengembangan (*cycle development*) yang merupakan operasional utama yang dikerjakan yaitu pengeboran dan peledakan. Dalam proses peledakan di *drawbell* dibutuhkan satu bidang bebas (*free face*) yang berfungsi sebagai arah dari ambrukkan batuan dalam proses peledakan. Pembuatan *free face* atau yang biasa disebut dengan *slot raise* menggunakan mesin raisebore dari PT. Redpath untuk kegiatan pengeboran slot raise. Tujuan penelitian ini untuk menentukan tingkat efektifitas pemboran di *drawbell* untuk memenuhi target produksi. Hasil pemboran di 3 lokasi yaitu P32/33 DB20, P27/28E DP19 dan P31/32W DP37N memiliki rata-rata *cycle time* 2676 menit sedangkan dari kesediaan alat antara lain kesediaan mekanis, kesediaan fisik, kesediaan penggunaan alat, dan penggunaan efektif berturut-turut 89,97%, 90,33%, 85,39%, dan 84,19%. Kondisi ini menunjukkan kesediaan alat dalam kondisi baik. Kemudian penggunaan waktu efektif menunjukkan hasil 79,50% dari total waktu yang dijadwalkan sehingga penggunaan waktu efektif disimpulkan baik dan sesuai dengan rencana yang diberikan oleh devisi perencanaan.

Kata kunci: Raisebore RB-50X, *Slot Raise*, GBC, Produktivitas, *Drawbell*

ABSTRACT

Grasberg Block Cave (GBC), one of underground mines at PT. Freeport Indonesia. Is applying collapse method on its operation. GBC mine has been in the production stage since september 2018. However, GBC mine is still developing its operational area to meet the production target. Two of the development cycles are drilling and blasting. In the process of blasting at the drawbell. A free face is needed which serves as the direction of the rock collapse. In mucking free face or what commonly called a slot rise. GBC mine uses a raisebore machine from PT. Redpad. The purpose of this study was to determine the effectiveness of drilling in the drawbell to meet production targets. The result of drilling at 3 location, namely P32/33 DB20, P27/28E DP19, and P31/32W DP37N have an average cycle time of 2676 minutes, while the availability of tools includes mechanical availability, physical availability, willingness to use tools and effective use, respectively 89,97%, 90,33%, 85,39%, and 84,19%. It indicates that the availability of the tools is in good condition. Then the use of effective time shows the result 79,50% from the total scheduled time, and it can be concluded that the use of effective time is good and in accordance with the plan given by mine plan engineer.

Keywords : Raisebore RB-50X, *Slot raise*, GBC, Productivity, *drawbell*

PENDAHULUAN

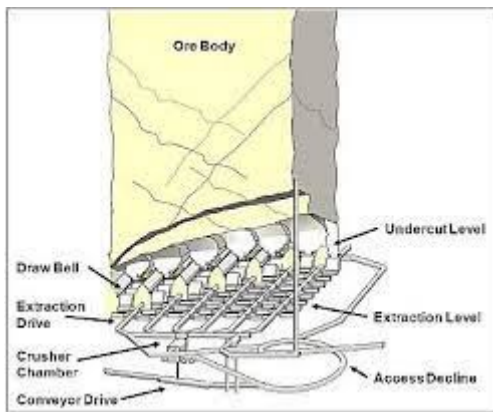
PT. Freeport Indonesia (PTFI) melakukan aktivitas penambangan serta memproses bijih yang mengandung tembaga, emas, dan perak. PTFI berada di daerah dengan

ketinggian 3.300 sampai 4.200 mdpl dan tambang bawah tanah yang berada di ketinggian 2.510 hingga 3.580 mdpl. Tambang bawah tanah yang berada di PTFI dibagi menjadi beberapa area salah satunya adalah *Grasberg Block Caving* (GBC)[1-3]. Tambang bawah tanah GBC

akan menggantikan Grasberg Open Pit dalam produksi bijih yang akan berhenti berproduksi pada tahun 2021.

Tambang bawah tanah GBC merupakan tambang bawah tanah dengan total cadangannya adalah 874 juta ton dan cadangan emasnya mencapai 0,81 gram/ton [4]. Hal ini menjadikan GBC sebagai salah satu blok tambang bawah tanah PTFI dengan capaian produksi yang besar.

Akuisisi data didapat pada tambang bawah tanah GBC di level *extraction* 2830 pada tiap pengeboran *slot raise* pada *drawpoint*. Bentuk panel yang dibuat memiliki penampang berbentuk tapak kuda dengan diameter ukuran standar panel “D” berukuran tinggi 4 m dan lebar 4,4 m pada lokasi tersebut. Untuk pembuatan *slot raise* digunakan alat Raisebor RB-50X. Jenis batuan yang terdapat di lapangan adalah diorite. Penelitian ini berfokus pada *extraction level*. Pada area ini terdapat pembuatan *drawbell* yang berfungsi untuk mengalirkan pecahan batuan hasil peledakan di level *undercut* menuju ke *extraction* dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Kemudian pecahan batuan tersebut dimuat melalui lubang penarikan *drawpoint* dan diangkat dengan *loader* menuju ke tempat pencurahan *loading point (ore pass)* untuk proses selanjutnya. Berikut adalah ilustrasi lokasi *extraction level* (Gambar 1).



Gambar 1. Kondisi di level ekstraksi [5]

Proses peledakan di *drawbell* dibutuhkan satu bidang bebas (*free face*) yang berfungsi sebagai arah dari ambruk batuan dalam proses peledakan pada *drawbell*. Pembuatan *free face* atau yang biasa disebut dengan *slot raise* menggunakan mesin *raisebore* dari PT. Redpath untuk kegiatan pengeboran *slot raise* [6-8]. Permasalahan yang terjadi pada pembuatan *slot raise* adalah keterlambatan proses pemboran oleh *raisebore* RB-50X sehingga mengakibatkan proses peledakan pada *drawbell* terhambat sehingga berpengaruh pada target produksi [9].

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis produktivitas *raisebore* RB-50X PTFI untuk pengeboran *slot raise* serta menganalisis faktor-faktor hambatan yang muncul

dalam proses pengeboran sehingga dapat diketahui apakah keterlambatan pemboran mempengaruhi aktivitas produksi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif. Pengambilan data dilakukan di PTFI dengan melakukan pengamatan kegiatan pemboran. Kegiatan ini bertujuan untuk mengkaji waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu *slot raise* dan menganalisis faktor-faktor hambatan dalam pengeboran *slot raise*. Berikut adalah tahapan yang dilakukan pada penelitian :

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui aktivitas pemboran *slot drawbell blasting*, teori pemboran dan area kerja pemboran yaitu pada *extraction level*.

Pengamatan di lapangan

Pengamatan lapangan bertujuan untuk mengetahui secara langsung lingkungan dan kondisi kerja pengeboran *slot drawbell blasting*, tahapan pengeboran *slot raise* dengan *raisebore* RB-50X, dan mendapatkan gambaran tujuan pembuatan *slot drawbell blasting*.

Pengambilan Data

Akuisisi data dilaksanakan secara langsung di lokasi tambang bawah tanah GBC serta merujuk pada data-data sekunder. Data yang dibutuhkan, yaitu data mengenai penyediaan alat jumlah jam kerja, dan alokasi alat beserta spesifikasinya. Selain itu data terkait target produksi juga diperlukan untuk penentuan target kinerja alat yang diperoleh dari laporan-laporan yang ada di UG Engineering Cave Management, PTFI. Selain itu untuk data primer yang dibutuhkan adalah perhitungan waktu edar alat bor.

Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan dengan mengelompokkan data agar mudah dalam melakukan analisa, baik dalam bentuk tabel, grafik, maupun perhitungan penyelesaian. Adapun data yang diolah antara lain kondisi lingkungan kerja, waktu kerja efektif, waktu kerja nyata, waktu perbaikan dan waktu perpindahan alat bor dari satu titik ke titik lainnya. Penentuan waktu ini digunakan untuk menilai kondisi alat terhadap waktu yang tersedia.

Analisis dan evaluasi data

Dilakukan untuk menilai tingkat keberhasilan pemboran berdasarkan waktu dan kemampuan alat.

Waktu Pengambilan Data

Penelitian mengambil data pada saat shift pagi (shift day) dan shift malam (shift night), mengikuti crew dari pukul 07.00-15.00 WIT untuk mendapatkan data kerja alat bor *raisebore* RB-50X pada pengeboran *slot raise* pada *drawpoint*. Rincian waktu kerja dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Jam Kerja Shift Pagi

No.	Jenis Kegiatan	Jam	Jumlah (menit)
1	Masuk Kerja	07:00	-
2	Kerja Produktif	07:00-11:00	240
3	Istirahat	11:00-13:00	120
4	Kerja Produktif	13:00-15:00	120
Waktu Kerja		8 jam	480

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, yang menjadi objek penelitian adalah alat bor Raisebor RB-50X. Penelitian pada alat bor ini dilakukan agar dapat memperoleh waktu operasional pengeboran dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu *slot raise* di area *extraction level*.

Cycle Time Pengeboran dan Kecepatan Pengeboran

Perhitungan *cycle time* dilakukan untuk mendapatkan waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan satu siklus kerja. Dari *site* satu dengan yang lain memiliki selisih waktu dalam melakukan siklus pengeboran. Hal itu terjadi karena masing-masing memiliki hambatan yang berbeda dan faktor kedalaman lubang pengeboran yang berbeda. Perbedaan lubang pengeboran ini diakibatkan adanya perbedaan antara level *extraction* dan level *undercut*.

Perhitungan *cycle time* pemboran dilaksanakan di 3 *project area* antara lain : Area P32/33W DP20N, Area P27/28E DP19N, dan Area P31/32W DP37N. Pada perhitungan *cycle time* dibagi dalam tiga waktu yaitu waktu mengambil posisi, waktu memasang, dan mengganti batang bor serta yang terakhir adalah waktu pemboran. Selain waktu *cycle time* terdapat pula waktu *delay* dimana waktu ini meliputi *maintenance* dan *moving* atau perpindahan alat dari satu *slot raise* ke *slot raise* lainnya. Detail *cycle time* dan *delay* pada 3 *project area* ditampilkan pada tabel 2 sampai tabel 7.

Tabel 2. Area P32/33W DP20N

	BT		ST		AT	
	D/S	N/S	D/S	N/S	D/S	N/S
P32/33W DP20N	1:31	0:00	0:44	0:00	0:04	0:00
	0:00	6:00	0:00	0:13	0:00	0:05
	4:45	7:06	0:20	0:28	0:12	0:10
	2:30	0:00	0:13	0:00	0:08	0:00
	0:00	2:40	0:00	0:11	0:00	0:04
	4:15	7:30	0:26	0:35	0:09	0:15
	6:30	4:10	1:00	0:16	0:25	0:12
	5:45	6:00	0:23	0:24	0:09	0:10
	Jumlah (menit)	3522		317		125
CT	Menit	Jam				
	3839	63:59				

Keterangan :

CT = Cycle time

BT = Waktu untuk melakukan pemboran (menit)

ST = waktu untuk memasang, mengganti batang bor dan membersihkan cunting (menit)

AT = Waktu untuk mengambil posisi (menit)

D/S = Day Shift

N/S = Night Shift

Tabel 3. Delay Time

Site	Type	Waktu (jam)
P32/33W DP20N	Power	2
	Equipment	5,5
	Mechanical Work	5
	Mechanical Work	11
	Mechanical Work	11
	Electrical	1
	Power	2
	Power	3

Jadi *cycle time* yang didapatkan untuk menyelesaikan pengeboran *slot raise* di Project area P32/33W DP20N dengan diameter lubang 1,2 m dan kedalaman lubang 19,07 m adalah 3.839 menit atau 63,95 jam. Nilai *cycle time* tersebut diperoleh dari total waktu mengambil posisi sebesar 125 menit, memasang, mengganti batang bor dan membersihkan cunting sebesar 317 menit serta waktu pemboran sebesar 3522 menit.

Tabel 4. Area P27/28E DP19N

	BT		ST		AT	
	D/S	N/S	D/S	N/S	D/S	N/S
P27/28E DP19	07:00	04:00	00:43	00:15	0:20	0:10
	05:00	06:20	00:34	00:23	00:15	00:17
	07:00	04:15	00:20	00:24	00:13	00:15
	06:00	00:40	00:21	00:31	00:19	00:21
Jumlah (menit)	2415		211		132	
CT	Menit	Jam				
	2626	43:46				

Tabel 5. Delay Time

Site	Type	Time (Hr)
P27/28E DP19	Power	11
	Manpower	22

Jadi *cycle time* yang didapatkan untuk menyelesaikan pengeboran *slot raise* di Project area P27/28E DP19 dengan diameter lubang 1,2 m dan kedalaman lubang 13,80 m adalah 2.626 menit atau 43,76 jam. Nilai *cycle time* tersebut diperoleh dari total waktu mengambil posisi sebesar 132 menit, memasang, mengganti batang

bor dan membersihkan *cutting* sebesar 211 menit serta waktu pada saat pemboran sebesar 2.415 menit.

Tabel 6. Area P31/32W DP37N

P31/32W DP37N	BT		ST		AT	
	D/S	N/S	D/S	N/S	D/S	N/S
	04:30	02:20	0:13	00:15	00:04	00:06
	05:00	05:20	00:20	0:35	00:15	0:13
	00:45	04:20	00:00	0:24	00:00	00:15
	06:45	04:20	0:35	00:20	00:15	00:17
	04:30	03:20	00:17	00:15	00:20	00:15
Jumlah (menit)	2380		194		122	
CT	Menit	Jam				
	2574	42:54				

Tabel 7. Delay Time

Site	Type	Time (Hr)
P31/32W DP37N	Survey	2
	Power	2
	Mechanical Work	6
	Power	3
	Power	4

Jadi *cycle time* yang didapatkan untuk menyelesaikan pengeboran *slot raise* di project area P31/32W DP37N, dengan kedalaman lubang 14,30 m adalah 2.574 menit atau 42,54 jam. Nilai *cycle time* tersebut diperoleh dari total waktu menggambil posisi sebesar 122 menit, memasang, mengganti batang bor dan membersihkan *cutting* sebesar 194 menit serta waktu pada saat pemboran sebesar 2.380 menit.

Cycle time alat bor ini dapat menentukan kecepatan pengeboran yang ditentukan oleh kecepatan penembusan dan waktu perpindahan. Oleh karena itu, kecepatan penembusan merupakan salah satu bagian dari total kinerja pengeboran. Pada tabel 8 ditunjukkan kedalaman lubang bor, *cycle time* dan kecepatan pemboran.

Tabel 8. Cycle time dan kecepatan pemboran Raisebor RB-50X

Lokasi Pemboran	Kedalaman Lubang (m)	Cycle Time (menit)	Kecepatan pengeboran (meter/menit)
P32/33W DP20N	19,07	3839	0,004967
P27/28E DP19	13,80	2626	0,005255
P31/32W DP37N	14,00	2574	0,005439
Total	46,87	9039	-
Rata-rata	15,6	2676	0,005220

Tabel 8 menunjukkan bahwa pada area P32/33W DP20N memiliki total *cycle time* paling lama karena kedalaman *slot raise* yang harus dibor adalah 19,07 m berbeda dengan area P27/28E DP19 dan P31/32W DP37N yang kedalaman *slot raise* adalah 13,80 m dan 14 m. Namun untuk kecepatan pemboran area P32/33W DP20N memiliki rata-rata kecepatan 0,004947 jauh lebih cepat dibanding dengan dua area lainnya. Hal ini dikarenakan porositas batuan di area tersebut berkisar 40 – 45 dengan mayoritas jenis batuan *heavy sulphide zone* cukup tinggi. Porositas yang tinggi menyebabkan penetrasi alat bor menjadi cukup mudah dalam menembus batuan.

Availability Alat Bor Raisebor RB-50X

Data *availability* yang didapatkan dari perhitungan yaitu rata-rata waktu kerja produktif selama 3.001 menit atau 50,01 jam. Standar *availability* yang dikatakan baik secara umum adalah *availability* yang mempunyai nilai *mechanical availability* 80% yang berarti dalam setiap 112 jam kerja, 89,6 jam kerja dapat digunakan untuk produksi dan 22,4 jam kerja hilang untuk perbaikan alat. *Availability* actual Raisebor RB-50X secara umum dari 14 shift dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Availability Aktual Raisebor RB-50X

No.	Area	Availability %			
		MA	PA	UA	EU
1	P32/33 DB20	82,79	83,40	87,23	77,42
2	P31/32W DP37N	100	100	92,41	92,41
3	P27/28 DB19	87,12	87,58	76,52	82,73
Rata-rata		89,97	90,33	85,39	84,19

Keterangan:

MA : Mechanical Availability

PA : Physical Availability

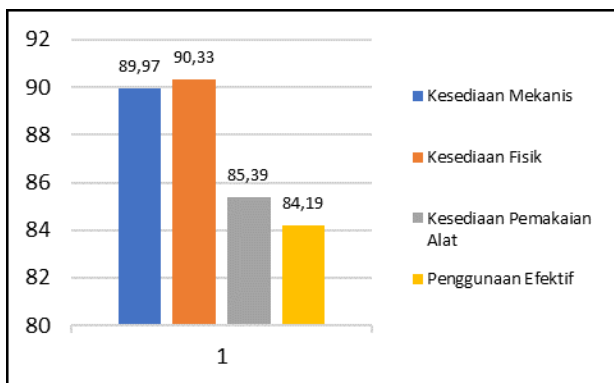
UA : Use Availability

EU : Effective Utility

Berikut ini penilaian ketersediaan alat bor di PTFI berdasarkan faktor yang telah disebutkan, antara lain :

1. Ketersediaan Mekanis
Ketersediaan mekanis merupakan faktor yang menunjukkan alat yang siap digunakan dari waktu yang hilang akibat adanya perbaikan atau kerusakan. Ketersediaan mekanis pada alat bor Raisebor RB-50X PT Freeport Indonesia sebesar 89,97% berarti 10,03% alat bor mengalami kerusakan maka harus dilakukan perbaikan.
2. Ketersediaan Fisik
Area extraction level yaitu 90,33% sehingga terdapat waktu hilang sebesar 9,67%. Kondisi ini menunjukkan mesin bor bekerja secara efisien.

3. Ketersediaan pemakaian alat
Ketersediaan pemakaian alat menunjukkan prosentase waktu yang digunakan saat alat beroperasi sesuai jam kerja yang telah ditentukan. Kesiadaannya adalah 85,39%. Sedangkan waktu *standby* pada kegiatan pengeboran sebesar 14,61%. Hal ini menunjukkan alat masih berfungsi dengan baik.
4. Penggunaan Efektif
Penggunaan efektif merupakan presentase dari seluruh waktu tersedia yang kemudian dimanfaatkan untuk kerja produktif. Efisiensi alat dapat diketahui dengan melihat presentase dari penggunaan efektif ini. Penggunaan efektif rata-rata yaitu adalah 84,19%, sedangkan 15,81% alat dalam kondisi tidak efektif digunakan.



Gambar 2. Grafik ketersediaan alat bor Raisebor RB-50X

Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja pengeboran adalah faktor yang menunjukkan persentase dari seluruh waktu selama 7 hari kerja 14 shift yang dapat digunakan untuk bekerja produktif. Perhitungan efisiensi kerja ini dihitung dari waktu kerja efektif pada setiap area dibagi dengan waktu terjadwal yaitu sebesar 6.720 menit dan dikali 100%. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai efisiensi kerja sebagaimana ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Efisiensi Kerja

No.	Area	Waktu kerja efektif	%
1	P32/33W DP20N	3839	64,73
2	P28/29 DP19E	2626	88,93
3	P31/32W DP37N	2574	84,82
Rata - rata		5409	79,50

Sifat Fisik Batuan

Batuan diorite yang ditemui di lokasi penelitian memiliki sifat yang dapat mempengaruhi aktivitas pengeboran yaitu kekuatan dan kekerasan. Jenis batuan sangat berpengaruh terhadap laju penetrasi bersih karena dari

jenis batuan tersebut dapat diketahui kekuatan dan kekerasannya. Kekuatan dan kekerasan batuan akan menentukan laju penetrasi bersih. Laju penetrasi bersih dihitung dari perbandingan nilai kedalaman lubang bor dengan waktu pengeboran (Bt) tanpa ada waktu hambatan (Pt dan Dt) [10]. Hubungan kedalaman pemboran dengan waktu pemboran ditunjukkan pada tabel 11.

Tabel 11. Hubungan *Cycle Time* Pengeboran, Litology dan Porositas Batuan

No.	Rodd (m)	Cycle Time (menit)	Litology	Porositas (%)
1	1.22	47.57	Tgda-HSZ	38
2	2.44	47.38	Tgda-HSZ	38
3	3.66	46.37	Tgda-HSZ	38
4	4.88	48.47	Tgda-HSZ	38
5	6.1	46.39	Tgda-HSZ	38
6	7.32	48.52	Tgda-HSZ	38
7	8.54	46.44	Tgda-HSZ	38
8	9.76	47.46	Tgda-HSZ	38
9	10.98	48.12	HSZ-Tf	35-45
10	12.2	48.55	HSZ-Tf	35-45
11	13.42	48.45	HSZ-Tf	35-45
12	14.64	46.43	HSZ-Tf	35-45
13	15.86	47.47	HSZ-Tf	35-45
14	17.08	58.56	HSZ-Tf	35-45
15	18.3	46.43	HSZ-Tf	35-45
16	19.52	47.56	HSZ-Tf	35-45
Rata-rata		47,44		

Keterangan:

- Tgda : Fragmental andesit
- HSZ : Heavy Sulphide Zone
- Tf : Faumai Limestone

Lama waktu pemboran atau *cycle time* pada tabel 11 menunjukkan rata-rata pemboran 47,44 menit. Nilai ini menunjukkan bahwa secara prinsip ke dalam pemboran tidak mempengaruhi waktu pemboran. Untuk pengaruh litologi terdapat sedikit perbedaan dari waktu pemboran, dimana untuk litologi Tgda-HSZ memiliki rata-rata waktu pemboran 47,33 menit sedangkan untuk litologi HSZ-Tf memiliki waktu pemboran rata-rata 48,94 sehingga terpaut 1,62 menit. Kondisi ini menunjukkan jenis litologi dan juga tidak terlalu berpengaruh pada lama pemboran.

KESIMPULAN

Cycle time alat bor Raisebor RB-50X yang beroperasi di GBC mulai dari persiapan sampai operasi adalah 9.039 menit atau 150,65 jam atau 21,5 hari. Jam operasi aktual rata-rata Raisebor RB-50X adalah 7 hari atau 14 shift atau 112 jam. Dengan rata-rata presentase waktu pemboran efektif yang didapatkan sebesar 79,50%.



Presentase ini menunjukkan alat bekerja dalam kondisi baik.

Kondisi ini menunjukkan bahwa pembuatan *slot raise* dengan metode *raiseboring* sesuai dengan rencana dari devisi perencanaan. Walaupun terdapat sedikit kendala terkait pasokan udara dan air yang membuat mesin berhenti bekerja sementara

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Freeport Indonesia khususnya Kepala Teknik Tambang dan segenap staf yang telah memberikan penulis kesempatan untuk melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Saroy, AM, Usman, DN dan Widayati, S. (2018). Evaluation Cycle Time Drill Raise Bore Drain Hole in Grasberg Block Caving Area, Underground Mine PT Freeport Indonesia, District Mimika Province Papua. *Prosiding Teknik Pertambangan*,. 4(2), Bandung ; Universitas Islam Bandung.
- [2] Setyadi, H, Widodo, LE, Setiono, H, Soebari, L. (2013). Underground Geological Database Management System for Mapping Process Improvement, Case Study of Deep Ore Zone (DOZ) Mine, PT Freeport Indonesia. *Procedia Earth and Planetary Science*. 6,,70-76.
- [3] Kemong. BJ., Cahyono, YDG. (2020). Kajian Teknis Pemasangan *Cable Bolt* pada Tambang Bawah Tanah di Level *Crusher (2730 l) Area 602 Tail Chamber 2nd Pass, 602 Magnet Chamber 2nd Pass, 602 Conveyor dan 602 Transformer, Grasberg Block Cave* PT. Freeport Indonesia, Distrik Tembagapura, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua. *Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan*, 2 (1), 577-586.
- [4] Safitri PA, Marsudi, Syafrianto MK. (2019). Produktivitas Mesin Bor Junjun Jd - 800 dalam Pembuatan Lubang Ledak Pada Tambang Batu Granodiorit di PT Total Optima Prakarsa Desa Peniraman Kecamatan Sungai Pinyuh, Kabupaten Mempawah. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, 6 (1).
- [5] Widodo, EL, Widijanto, E, Faadhilah, E, Suntoyo, W. (2018). Fuzzi Based Prediction of Spatio-Teporal Distribution of Wet Muck in Block Cave Mine of PT. Freeport Indonesia. *J.Eng.Technol. Sci* 2,291-313
- [6] Sihombing, H, (2016). *Kegiatan Pemboran dalam Pembuatan Lubang Ledak pada Tambang Andesit PT. Ansar Terang Crushindo Sumatera Barat*. Fakultas Teknik : Institut Teknologi Medan.
- [7] Chalabi, HA, Hoseinie H, Lundberg, J. (2016). Monte Carlo Reliability Simulation of Underground Msining Drilling. *Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham*.
- [8] Eremenko, VA, Karpov, VN, Timonin, VV. (2015). Basic trends in development of drilling equipment for ore mining with block caving method. *J Min Sci* 51, 1113–1125.
- [9] Gemvita, JO., Gusman, M. (2020). Analisis Penentuan Waktu Standar Operasi Pemboran dan Produktivitas Jumbo Drill pada Pembuatan Lubang Ledak Menggunakan Metode Analisa Elemen Kerja dan Waktu Baku di Tambang Emas Bawah Tanah PT. Cibaliung Sumberdaya, Kabupaten Pandagelang, Provinsi Banten. *Jurnal Bina Tambang*,5(2), 174-186.
- [10] Webb, M, Lloyd T. White. (2016). Age and nature of Triassic magmatism in the Netoni Intrusive Complex, West Papua, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 132, 58-74.