

**Analisis Kebutuhan Airflow Budget Di Level Extraction
Pada Tambang Bawah Tanah Di Area Deep Mill Level Zone (Dmlz)
PT. Freeport Indonesia Timika Papua
(Analysis Of Airflow Budget Needs In Extraction Level Of Underground Dmlz Airflows
Pt Freeport Indonesia District Tembagapura, District Mimika, Province Of Papua)**

Yudho Dwi Galih Cahyono^{1*}, Avellyn Shinthya Sari², Billi Hanok Wambukomo³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rahman Hakim No.100, Klampis Ngasem, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur (60117)

* Korespondensi E-mail: galih.1453@itats.ac.id

Abstrak

PT. Freeport Indonesia (PTFI) adalah perusahaan tambang yang merupakan affiliate dari Freeport-McMoran Copper & Gold Inc. (FCX) dan PT Indonesia Asahan Aluminium (Persero) (Inalum). Per tahun 2019 ini, telah dilakukan pengambil alihan saham sebesar 51.23% oleh Pemerintah Indonesia (41.23% Inalum, 10% Pemda Papua). Metode penelitian yang digunakan dalam kegiatan ini adalah metode observasi dan komparatif. Dalam menganalisis faktor-faktor perhitungan *design budget criteria*. Data yang di peroleh akan untuk membandingkan data observasi pengamatan langsung dilapangan dengan data laporan bulanan dari perusahaan serta menyamakannya dengan standar udara ventilasi tambang bawah tanah berdasarkan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 1827 K/ 30/ MEM/ 2018. Perhitungan airflow *budget* pada alat yang dipakai dalam perhitungan dan pengolahan data airflow budget adalah loader R1600 LHD didapatkan hasil Utilization Factor selama 1 tahun dengan regulasi Pemerintah PT. Freeport sendiri menggunakan sesuai dengan peraturan yaitu 0.067 dikali dengan 208Kw dari alat R 1600 LHD memperoleh average 0,302 Maximum 0,482 Minimum 0,033 Dengan total supply udara ke dalam tambang DMLZ sebesar 1338 m³/s telah sangat mencukupi dari hasil total kebutuhan udara berdasarkan desain airflow buget sesuai dengan dengan adalah 1095.6 m³/s. Pada tambang bawah tanah DMLZ telah sesuai dengan regulasi Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/ 30/ MEM/ 2018.

Kata kunci: *airflow budget, ketersediaan penggunaan alat, tambang bawahanah*

Abstract

PT. Freeport Indonesia (PTFI) is a mining company that is an affiliate of Freeport-McMoran Copper & Gold Inc. (FCX) and PT Indonesia Asahan Aluminum (Persero) (Inalum). As of 2019, the Government of Indonesia has taken over 51.23% of shares (41.23% Inalum, 10% Regional Government of Papua). The research methods used in this activity are observational and comparative methods. In analyzing the calculation factors of design budget criteria. The data obtained will be used to compare direct field observation data with monthly report data from the company and equalize it with the air standard for underground mine ventilation based on the Decree of the Minister of Mines and Energy No. 1827 K / 30 / MEM / 2018. Calculation of airflow budget for the equipment used In the calculation and processing of airflow budget data is the R1600 LHD loader, the results of the Utilization Factor for 1 year are obtained by regulation of the Government of PT. Freeport itself uses in accordance with the regulations, namely 0.067 multiplied by 208Kw from the R 1600 LHD tool, obtaining an average 0.302 Maximum 0.482 Minimum 0.033 With a total air supply into the DMLZ mine of 1338 m³ / s, this is very sufficient from the results of the total air demand based on the airflow buget design in accordance where is 1095.6 m³ / s. In underground mining, DMLZ is in accordance with the regulation of the Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources of the Republic of Indonesia Number 1827 K / 30 / MEM / 2018

Keywords: *airflow budget, use of availability, underground*

1. Pendahuluan

PT. Freeport Indonesia (PTFI) adalah perusahaan tambang yang merupakan affiliate dari Freeport-McMoran Copper & Gold Inc. (FCX)

dan PT Indonesia Asahan Aluminium (Persero) (Inalum). Per tahun 2019 ini, telah dilakukan pengambil alihan saham sebesar 51.23% oleh Pemerintah Indonesia (41.23% Inalum, 10% Pemda Papua), yang menjadikan Pemerintah

Indonesia melalui PT Inalum sebagai pemilik saham mayoritas di PTFI^[1].

PT. Freeport Indonesia menggunakan dua metode penambangan yaitu metode tambang terbuka dan metode penambangan tambang bawah tanah. Metode tambang terbuka di terapkan pada tambang Grassberg adalah salah satu penghasil tunggal tembaga dan emas terbesar di dunia. Salah satu faktor penting dalam aktifitas tambang bawah tanah adalah ketersediaan udara melalui sistem ventilasi yang digunakan. Perhitungan terkait *design budget* dilakukan karena berkaitan dengan kebutuhan udara bagi aktifitas para pekerja dan peralatan dalam tambang bawah tanah. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan estimasi faktor kebocoran untuk di tambahkan di *design budget* kuantitas udara agar *supply* udara area kerja terpenuhi kembali. Kemudian juga telah di temukannya kuantitas aliran udara yang tidak mencapai kriteria minimum dari *design airflow budget* untuk seluruh area-area yang berada di seluruh tambang.

Begitu pula untuk mendapatkan desain *airflow budget* pada ventilasi diperlukan pengetahuan tentang cara pengambilan dan pengukuran udara yang harus sesuai dengan SOP dari perusahaan beserta kondisi aktifitas peralatan yang bekerja di lapangan agar *supply* udara dapat maksimal dan tidak terbuang percuma yang akan membuat kerugian dari sisi *budgeting*.

Pengendalian kualitas udara pada tambang bawah tanah baik secara kimia atau fisik, udara segar perlu terus dikirim atau dipasok dari dan pengotor seperti debu, gas, panas, dan udara lembab harus dikeluarkan oleh sistem ventilasi^[2].

Sistem pengaliran udara bersih ke dalam tambang dikenal dengan istilah ventilasi tambang^[3]. Ventilasi tambang bawah tanah bertujuan untuk mengalirkan udara segar yang cukup untuk pekerjaan di tambang bawah tanah, sehingga dapat mengalirkan udara kotor keluar seperti debu dan gas berbahaya yang ada didalam^[4].

Untuk menganalisa desain *airflow budget* pada tambang DMLZ diperlukan data dari kecepatan udara *fan* luas *cross section* yang merupakan data primer dan tidak lupa membutuhkan data dari perusahaan seperti *monthly report* dan juga dibutuhkan data dari spesifikasi daya alat agar *supply* udara dapat terpenuhi Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 1827 K/ 30 / MEM/ 2018 agar hasil yang diperoleh dapat sesuai dengan standar dari pemerintah,

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan antara lain terdiri dari studi literatur yang berkaitan dengan penelitian, setelah itu dilakukan penelitian di lapangan dan pengambilan data primer lapangan yaitu data kecepatan udara diukur dengan menggunakan anemometer dan data luas *cross section* menggunakan distometer di area titik pengukuran. Data sekunder yang dibutuhkan antara lain perkiraan desain kuantitas aliran udara kuartal ke-4, Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 1827 K/ 30 / MEM/ 2018, spesifikasi daya alat berat, peta jaringan ventilasi, dan yang digunakan.

Pengambilan data kecepatan udara dan luas jalan udara pada titik stasiun yang dimaksudkan untuk mengetahui besarnya kebutuhan udara dan pembagiannya ke setiap jalur yang memerlukan khususnya pada level extraction udara agar diketahui kuantitas udara yang harus disediakan di dalam tambang bawah tanah. Besarnya debit kebutuhan udara dapat digunakan.

Setiap pekerja dan peralatan tambang merupakan kebutuhan udara seperti yang tertera di KEPMEN No 1827 K/ 30 / MEM/ 2018 tentang Tambang bawah tanah dalam ketentuan umum melaksanakan penambangan bawah tanah membuat rencana penambangan dan rencana kerja teknis penambangan palingkurang memuat sistem ventilasi dengan kondisi kuantitas^[5].

Temperatur udara sangat mempengaruhi kenyamanan bagi para pekerja yang berada di dalam tambang, karena udara tidak hanya untuk pernafasan tetapi juga untuk pendinginan panas tubuh. Temperatur udara yang baik untuk kenyamanan bekerja adalah tidak kurang dari 18°C dan tidak melebihi 24°C^[6]. Sehingga agar dapat bermanfaat dan beroperasi dengan baik juga untuk menjaga agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan yang akan menghambat kegiatan kerja yang dapat mempengaruhi produksi. Untuk pekerja dan peralatan masing-masing kebutuhan minimum telah diatur oleh standar operasi prosedur SOP PT Freeport Indonesia terkait perhitungan kebutuhan udara per aktivitas (Tabel 1).

Ketersediaan Penggunaan (*Use of Availability, UA*) Faktor yang menunjukkan efisiensi pemakaian kerja alat selama waktu beroperasi yang tersedia dimana kondisi alat tidak rusak. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa efektif alat yang tidak rusak dimanfaatkan berapa persen (%) waktu dipergunakan oleh suatu alat dan menjadi ukuran seberapa baik pengelolaan peralatan yang digunakan. Persentase rendah menunjukkan bahwa pengoperasian alat tidak maksimal.

Di dalam kendaraan bermesin diesel terdapat bahan bakar mesin diesel yang dibakar agar

menghasilkan energi. Pembakaran ini menggunakan Oksigen dari ventilasi udara dan menghasilkan gas dalam jumlah besar. Bahan bakar mesin diesel adalah kombinasi dari bahan kimia seperti Karbon, Hidrogen dan Oksigen. Mesin menghisap udara dan pencampur bahan bakar diesel dengan udara sebelum campuran tersebut dibakar dalam ledakan tertutup.

Tabel 1. Perhitungan kebutuhan udara per aktivitas

Parameter	Regulasi	PTFI	Keterangan
Kebutuhan/orang m ³ /det/orang	0.033	0.033	Angka yang digunakan sama
Dilusi Mesin Diesel m ³ /det/kW	0.067	0.067	Angka yang digunakan sama
Kecepatan Udara m/det	0.12	0.3	Angka yang digunakan PTFI lebih besar, angka ini digunakan jika area digunakan sebagai akses saja
		0.5	Angka yang digunakan PTFI lebih besar, angka ini digunakan pada area blasting / perbengkelan

(Sumber: PT. Freeport Indonesia)

Hasil dari ledakan ini mengubah sebagian besar Karbon menjadi Karbon Dioksida (CO₂) dan Karbon Monoksida (CO). Karena CO sangat beracun mesin harus disetel agar menghasilkan gas ini sekecil mungkin dan menghasilkan (CO₂) sebanyak mungkin. Penyetelan ini dilakukan oleh mekanik dan mengatur jumlah udara untuk digunakan untuk membakar setiap kilogram bahan bakar diesel dan menjaga kebersihan saringan udara masuk (*intake air filter*).

Dari jumlah berbagai gas di dalam buangan mesin diesel yang tidak cair harus:

1. CO – kurang dari 1500 ppm
2. Nitrik Oksida (NO) kurang dari 100 ppm dan
3. Nitrik Oksida (NO) ditambah Nitrogen Dioksida (NO₂) kurang dari 500 ppm

Sebagian Karbon tidak di bakar tetapi dibebaskan sebagai jelaga dalam bentuk asap hitam (Bahan Partikel Diesel atau DPM) bahan ini harus dibatasi hingga 30-40 ppm. Karbon ini juga membawa bahan kimia lain dalam jumlah kecil beberapa bahan kimia ini terbukti bisa menyebabkan penyakit kanker.

Beberapa Karbon dan Oksigen akan dapat terbebaskan membentuk formaldehida. Sebagian besar Hidrogen di dalam bahan bakar akan diubah menjadi air (H₂O) dan meninggalkan mesin dalam bentuk uap air. Beberapa hasil Nitrogen (N₂) dari udara bergabung dengan

Oksigen menjadi membentuk Nitrik Oksida (NO) dan Nitrogrn Dioksida (NO₂).

Peraturan Pertambangan Pemerintah Indonesia menetapkan untuk setiap peralatan bermesin diesel yang digunakan di tempat kerja harus disediakan ventilasi yang cukup ini merupakan tambahan untuk jumlah udara yang diperlukan untuk setiap pekerja. Jumlah yang diperlukan untuk setiap kendaraan tergantung pada daya kuda (*horse-power*) mesin diesel.

Dalam penyetelan mesin harus dilakukan dengan sangat hati – hati. Karena pada saat beberapa gas berbahaya berkurang pada jumlahnya bahan kimia lain bisa meningkat karena itu Pemerintah Indonesia menetapkan regulasi bahwa untuk setiap mesin diesel digunakan harus disediakan ventilasi dalam jumlah tertentu. Jumlah ini berbeda ada sesuai dengan daya mesin karena semakin besar tenaga mesin bahan bakar yang digunakan akan semakin banyak.

Pentingnya perawatan berkala pada peralatan bermesin diesel. Pemerintah Indonesia juga telah menetapkan jumlah maksimum berbagai gas di dalam buangan mesin di atmosfer bebas yang ada gunakan untuk bernafas yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Kendaraan yang Layak dan Tidak Layak digunakan

Kandungan	Kendaraan 1	Kendaraan 2	Batas PTFI
CO	2.435 ppm	190 ppm	Kurang dari 1.000 ppm
CO ₂	2%	0%	Kurang dari 500 ppm
NO + NO ₂	746 ppm	345 ppm	
Formaldehida	1 ppm	0 ppm	
Asap	Berasap dan rpm tinggi	Tidak berasap	
komentar	Dikirim untuk perbaikan	Kembali dioperasikan	

(Sumber: PT. Freeport Indonesia)

Jika kendaraan bermesin diesel sedang tidak digunakan, maka harus dimatikan mesin tersebut. Jika anda tetap menghidupkannya kendaraan akan menghasilkan:

1. Menghasilkan gas beracun
2. Membuat tempat kerja lebih panas dan
3. Menghabiskan bahan bakar diesel.

Peraturan Pertambangan Pemerintah Indonesia menetapkan untuk setiap peralatan bermesin diesel yang digunakan di tempat kerja harus disediakan ventilasi yang cukup ini

merupakan tambahan untuk jumlah udara yang diperlukan untuk setiap pekerja. Jumlah yang diperlukan untuk setiap kendaraan tergantung pada daya kuda (*horse-power*) mesin diesel. Daya kuda merupakan cara untuk mengukur jumlah pekerjaan yang bisa dilakukan oleh mesin dan seringkali disingkat dengan (h.p).

Peraturan tersebut mensyaratkan untuk setiap unit daya kuda digunakan harus disediakan ventilasi 3 meter kubik per menit. Jadi jika anda memiliki kendaraan dengan kecepatan 100 hp anda memerlukan aliran udara setidaknya 300 meter kubik per menit (11.000 cfm) (Tabel 3).

Tabel 3. Aliran Udara yang Diperlukan untuk Kendaraan Mesin Diesel

Jenis Kendaraan	Mesin	Daya Kuda	Aliran udara yang diperlukan dalam m ³ /m (kaki kubik per menit)
Eimco Loader	Cat 3306	220	660 (23.000)
Wagner ST6 Loader	Cat 3306, Detroit DDEC50, Deutz F10L	220	660 (23.000)
Wagner ST7.5 Loader	Detroit DDEC60	300	900 (32.000)
Tamrock EJC 180	Deutz F10L	220	660 (23.000)
Elphinstone	Cat 3306	220	660 (23.000)
Wagner MT-420 Haulage Truck	Deutz F10L, Cat 3306	220	660 (23.000)
Tamrock EJC 430 Haulage Truck	Deutz F12L, Detroit DDEC60	300	900 (32.000)
Getman A64 Utility Truck	Cat 3304	100	300 (11.000)
Gatman 1248 Utility Truck	Deutz F8L	172	516 (18.000)

(Sumber: PT. Freeport Indonesia)

3. Hasil dan Pembahasan

Pada analisis *airflow budget* yang dilakukan pada tambang bawah tanah *Deep Mill Level Zone* (DMLZ) pada PT. Freeport Indonesia yang harus diketahui adalah rencana atau kegiatan pada area penambangan DMLZ dari jumlah pekerja dan peralatan sehingga diperoleh hasil analisis yang sesuai dan akurat. Dalam perhitungan dan pengolahan data ini tidak memperhitungkan kehilangan udara akibat adanya perubahan arah (*Shock Loss*) dan kehilangan udara disebabkan oleh gesekan yang terjadi pada dinding (*Friction Losses*)

Sistem ventilasi yang berada pada daerah tambang bawah tanah *Deep Mill Level Zone* (DMLZ) terdapat area *intake* dan *Exhaust*. *Intake airways* adalah jalan masuk aliran udara yang diambil dari permukaan kemudian di kirim ke area penambangan bawah tanah sedangkan untuk *Exhaust airways* adalah kebalikan dari *intake* sendiri dan bertujuan untuk mengeluarkan udara dari dalam area tambang udara kotor dari hasil peledakan atau aktifitas tambang sehingga udara dalam area tambang bawah tanah bersih dan aman untuk aktifitas penambangan (Tabel 4 dan 5).

Tabel 4. *Intake airways*

Quantity Airflow		
No	Intake	Bulan Des (m ³ /s)
1	AB Tunnel – spur 2515L	338
2	Service – Conveyor 3030 – 2546L	236
3	Intake Raise#1 3100 – 2565L	169
4	Intake Raise#2 3100 – 2565L	135
5	Intake Raise#3 3100 – 2565L	220
6	Intake Raise#4 3100 – 2515L	240
Total Intake		1338

Tabel 5. *Exhaust airways*

Quantity Airflow		
No	Exhaust	Bulan Des (m ³ /s)
1	Exhaust Raise#1 2550L – 3120L	510
2	Exhaust Raise#2 2550L – 3120L	281
3	Exhaust Raise#3 2550L – 3120L	547
4	Exhaust Raise#4 2550L – 3120L	0
Total Exhaust		1338

Perkiraan *airflow budget* saat penelitian adalah total kebutuhan aliran udara untuk DMLZ adalah 1.338m³/s terjadi pada kuartal keempat (pada bulan Desember) tahun 2019. *Airflow*

Budget (Tabel 6) ini dalam perhitungan desainnya. *Budget* hanya berdasarkan dari jumlah berbagai aktifitas dan estimasi kecepatan optimal dari per luas area dikalikan dengan luas area yang diperkirakan terjadi pada kuartal ke-4.

Tabel 6. Kebutuhan kuantitas airflow kuartal- 4 per level

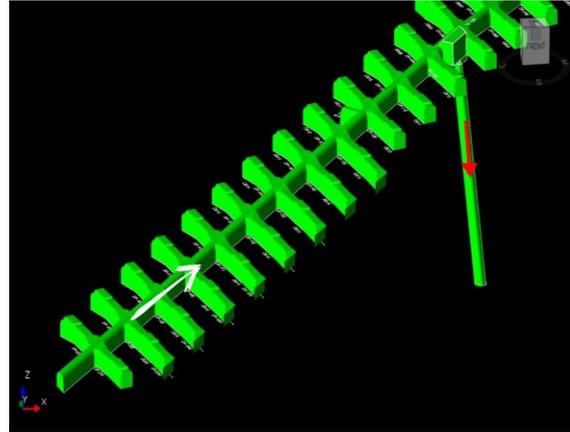
Ventilation by Level	
Level	Flow (m ³ /s)
Extraction	295.5
Apex	22.6
Undercut	67.7
Service Exhaust & Intake	77.1
Drainage	29.7
Conveyor	148.5
Truck Haulage	188.7
Fixed Facilities	254.3
Total	1084.1

(Sumber: PT. Freeport Indonesia)

Sebagian ini menjelaskan *derivasi airflow budget* untuk setiap item baris *airflow budget* ventilasi. Setiap bagian mencakup deskripsi singkat tentang *airflow budget* ventilasi berdasarkan spesifikasi peralatan yang digunakan, dimensi *drift*, kriteria kecepatan untuk mendilusi debu dan gas-gas pengotor, dan perkiraan lokasi kegiatan yang berlaku.

Perhitungan estimasi *budget* ini berdasarkan peraturan menurut regulasi dari perusahaan menerangkan bahwa setiap kW dari peralatan membutuhkan 0.067 m³/s kuantitas udara untuk mendilusi hasil buangan alat dan setiap pekerja membutuhkan 0.033 m³/s kuantitas udara agar setiap kegiatan yang berlangsung pada area pertambangan berjalan sesuai dengan peruntukannya.

Data yang bersifat langsung atau sesungguhnya dari tempat dimana pengambilan data berlangsung dengan menggunakan metode-metode dan peralatan yang telah diberikan agar mendapatkan hasil yang sesuai untuk menyelesaikan dan untuk dipake oleh perusahaan proses pengambilam tersebut melalui beberapa tahapan pengamatan serta pengambilan sampel secara teratur menggunakan peralatan yang sudah ada dimana selanjutnya hasil dari pengambilan data itu diolah menjadi sebagai berikut. Selanjutnya data – data dapat dilihat dari Gambar 2.

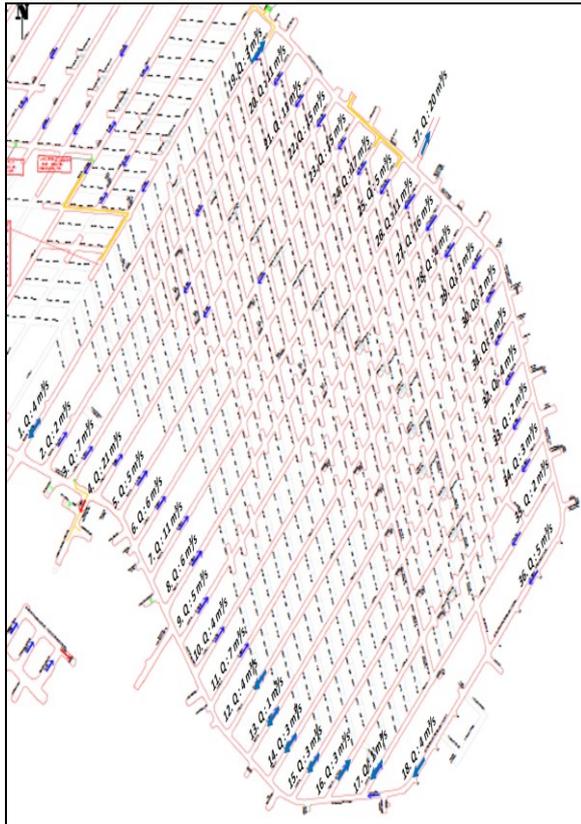


Gambar 2. Gambaran airflow pada area panel

Proses *supply* udara yang berada pada area kerja dimana ditunjukkan pada gambar tersebut udara segar atau intake masuk dan keluar sesuai dengan bagemanya dimana pada gambar arah panah berwarna putih yaitu sebagai jalur udara masuk sedangkan pada gambar panah berwarna merah menunjukkan arah keluarnya udara atau exhaust yang berada pada area panel tersebut agar tempat kerja berada pada kondisi yang baik.

Alat yang dipakai dalam perhitungan dan pengolahan data *airflow budget* adalah loader R1600 LHD. Dengan kendaraan bermesin *diesel* loader R1600 LHD ini didapatkan hasil *Utilization Factor* yang diperoleh dari data sekunder dari *monthly report* selama 1 (satu) tahun dari data alat tersebut yang telah dihitung diperoleh hasil dan dibagi menjadi beberapa tahap agar dapat mengetahui batasan – batasan dari setiap parameter angka.

Hasil pengukuran dari setiap panel terlihat jelas bahwa jumlah *airflow* dan arah angin tersebut dari setiap panel yang pengambilan data dimulai dari *south* menuju *north* pada setiap panel tersebut menunjukkan angka – angka yang berbeda (Gambar 3).



Gambar 3. Airflow Ventilation Map 2590 Extraction East

Dari hasil yang diperoleh dibagi menjadi 4 (empat) bagian yaitu *average* untuk mengetahui hasil dari rata – rata alat yang bekerja *maximum* untuk mengetahui jika alat itu bekerja dalam performa yang bagus dan juga *minimum* jika alat bekerja walaupun dengan performa alat yang kurang dan jika kinerja alat mencapai 100% agar mendapatkan hasil performa alat yang sangat baik. Ketersediaan penggunaan (Use of Availability, UA) Loader R1600 LDH menunjukkan nilai *average* sebesar 0,302; nilai *maximum* sebesar 0,482; dan nilai *minimum* sebesar 0,033. Dari hasil data – data yang diperoleh dapat dipakai menjadi acuan pada kegiatan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Loader R1600 LHD

No	Multi-Criteria Flow Requirement	Ave	Max	Min
1	Drift cross section	17,6 m ²	17,6 m ²	17,6 m ²
2	Diesel engine power	208 kW	208 kW	208 kW
3	Diesel dilution fact	0,08 m ³ /s/kW	0,08 m ³ /s/kW	0,08 m ³ /s/kW
4	Utilization factor	0,302	0,482	0,033
5	Diesel dilution flow	5,02 m ³ /s	8,02 m ³ /s	0,56 m ³ /s
6	Design flow	5,0 m ³ /s	8,0 m ³ /s	0,6 m ³ /s

Hasil dari tabel – tabel diatas yang berupa hitungan *average*, *maximum*, *minimum* dari analisis *Utilization Factor* Loader R1600 LHD selama 1 (satu) tahun dan menggunakan setandar dari PT. Freeport 0.008 untuk digunakan dalam perhitungan. Sedangkan untuk regulasi Pemerintah PT. Freeport sendiri menggunakan sesuai dengan peraturan yaitu 0.067 dan menggunakan *Utilization Factor* 100% agar dapat mengetahui jika alat tersebut bekerja dengan baik (Tabel 8).

Tabel 8. Perbandingan Antara Setandar Pemerintah dan PT. Freeport

Panel	Actual	PTFI AVE	PTFI MAX	PTFI MIN	Pemerintah
Panel 03 N	5m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 04 N	2m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 05 N	3m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 06 N	2m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 07 N	4m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 08 N	3m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 09 N	2m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 10 N	3m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 11 N	4m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 12 N	16m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 13 N	11m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 14 N	4m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 15 N	17m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 16 N	15m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 17 N	15m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 18 N	11m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 19 N	11m ³ /s	5	8	0,6	13,9
Panel 20 N	3m ³ /s	5	8	0,6	13,9

4. Kesimpulan

Nilai total *supply* udara ke dalam tambang DMLZ sebesar 1338 m³/s telah sangat mencukupi dari hasil total kebutuhan udara berdasarkan desain *airflow buget* sesuai dengan dengan adalah 1095.6 m³/s. serta pada tambang bawah tanah DMLZ telah sesuai dengan regulasi Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/ 30/ MEM/ 2018. *Supply* udara di tambang bawah tanah DMLZ disesuaikan dengan kegiatan aktif produksi yang dilakukan ketersediaan udara tidak terbuang sia – sia.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah berperan dalam keberhasilan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini analisis kebutuhan airflow budget di level extraction pada tambang bawah tanah di area *Deep Mill Level Zone* (DMLZ) PT. Freeport Indonesia Timika Papua.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2019. Tuntasnya Proses Divestasi PT Freeport Indonesia (PTFI) dan Terbitnya IUPK Sebagai Pengganti Kontrak Karya PTFI, <https://inalum.id/id/read/tuntasnya-proses-divestasi-pt-freeport-indonesia-ptfi-dan-terbitnya-iupk-sebagai-pengganti-kontrak-karya-ptfi>. Diunduh pada tanggal 14 Desember 2020.
- Heriyadi, B., 2002. Peranginan (Ventilasi) Tambang. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Balai Pendidikan dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah, Indonesia.
- McPherson, M. J., 1993. *Subsurface Ventilation and Environmental Engineering*. USA, Chapman and Hall Inc.
- Jack, D. I., 2003. *Hardrock Rock Miner's Handbook*. North Bay, McIntosh Engineering.
- Pemerintah Indonesia, 2018. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/ 30/ MEM/ 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik, Jakarta.
- Wibawa, Harry., 2014. *Ventilasi Tambang Bawah Tanah*. Balai Diklat Tambang Bawah Tanah, Taliwang.
- PT. Freeport Indonesia, 2019. *PTFI LOM Ventilation Report – pada tambang DMLZ Mines*. Tembagapura: Departemen UG *Ventilation*.