

## Evaluasi Sistem Ventilasi Tambang Emas Ciguha PT ANTAM Tbk. UBPE Pongkor, Desa Bantarkaret Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat

Evaluation of Ciguha Gold Mine Ventilation System of PT ANTAM Tbk. UBPE  
Pongkor, Bantarkaret, Nanggung, Bogor, West Java.

<sup>1</sup>Rizki Adi Rahmat, <sup>2</sup>Stefano Munir, <sup>3</sup>Sriyanti

<sup>1,2</sup> Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,  
jl. tamansari no.1 bandung 40116

email : <sup>1</sup>rizkiadir2014@gmail.com, <sup>2</sup>stefano.munir@gmail.com, <sup>3</sup>sriyanti.tambang@yahoo.com.

**Abstract.** PT Antam Tbk. Pongkor UBPE implements cut and fill underground mining method. Ventilation system at PT Antam Tbk consists of one exhausting main fan installed on rampup CGRB II. It was 450 meters away from MHL inlet portal and was directly connected to Ciguha Selatan rampdown access. Due to collapse caused by illegal miners, main fan was moved to CGRB III its current position at 142 meters from inlet portal. As a result of being too close to MHL inlet portal, clean air is sucked more to CGRB III at 26,8 m<sup>3</sup>/second than to rampdown CGA, CGT, and CGS at 10,1 m<sup>3</sup>/second. Some problems occur on every front of CGA, CGT and CGS ventilation network system. The ventilation research at the Ciguha mine aims to determine the performance of the ventilation system, problems arising from the ventilation system and remedial measures using ventsim software so that clean air needs can be met. In this study, the temperature conditions of the Ciguha mine each block has a temperature of 24°C - 30.2°C, relative humidity of 95.8% - 100%, WBGT 23.9°C - 29.9°C, O<sub>2</sub> 20.3 ppm - 20.8 ppm and CO gas 0 ppm - 17 ppm. The measurement of air quality using the kestrel heat stress tracker 5400, the measurement of air quantity using an MSA altair 4X portable multi gas detector and the measurement of the mine pit dimensions using the Leica disto tool at 40 measurement points, so it is known which Ciguha blocks do not meet the standards so that action can be taken improvements to the ventilation network system using ventsim software. After simulating the scenario, combination of 75 kW and 37 kW booster fans at rampdown CGS increase airflow speed from 1,9 m<sup>3</sup>/second to 9 m<sup>3</sup>/second. Placing 37 kW booster fan at RM III with 37 kW booster fan at rampdown CGS increase airflow speed from 1,9 m<sup>3</sup>/second to 7,8 m<sup>3</sup>/second.

**Keyword :** Cut and Fill, Main Fan, Booster Fan, Ventilation Network System, Ventsim.

**Abstract.** PT Antam Tbk. UBPE Pongkor menerapkan metode penambangan bawah tanah *cut and fill* maka dibutuhkan ventilasi untuk para pekerja maupun alat. Sistem ventilasi PT Antam Tbk. terdiri dari 1 *exhausting main fan* yang dipasang pada *Rampup* CGRB II memiliki jarak dari portal masuk MHL yaitu 450 m dan langsung terhubung dengan akses *Rampdown* Ciguha Selatan. Namun akibat adanya runtuh yang disebabkan oleh penambang ilegal maka *main fan* dipindahkan pada CGRB III dengan jarak dari portal udara masuk yaitu 142 m. Akibat terlalu dekatnya dengan portal masuk MHL, maka udara bersih lebih banyak terhisap langsung oleh CGRB III sebesar 26,8 m<sup>3</sup>/detik dan yang masuk dalam *rampdown* CGA, CGT dan CGS sebesar 10,1 m<sup>3</sup>/detik. Karena udara bersih lebih banyak terhisap oleh CGRB III dari pada udara bersih yang masuk dalam *rampdown* CGA, CGT dan CGS, maka permasalahan sistem jaringan ventilasi terjadi pada setiap *stope* CGA, CGT dan CGS. Penelitian ventilasi pada tambang Ciguha ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem ventilasi, masalah yang timbul dari sistem ventilasi dan upaya tindakan perbaikan menggunakan perangkat lunak ventsim agar kebutuhan udara bersih dapat terpenuhi. Pada penelitian ini, kondisi temperatur tambang Ciguha setiap blok memiliki temperatur 24°C - 30,2°C, kelembapan relatif 95,8% - 100%, WBGT 23,9°C - 29,9°C, O<sub>2</sub> 20,3 ppm - 20,8 ppm dan gas CO 0 ppm - 17 ppm. Pengukuran kualitas udara menggunakan alat kestrel *heat stress tracker* 5400, pengukuran kuantitas udara menggunakan alat MSA altair 4X *portable multi gas detector* dan pengukuran dimensi lubang tambang menggunakan alat Leica disto pada 40 titik pengukuran, sehingga diketahui blok Ciguha mana yang belum memenuhi standar sehingga dapat dilakukan tindakan perbaikan terhadap sistem jaringan ventilasi menggunakan software ventsim. Setelah dilakukan simulasi tindakan perbaikan pada sistem jaringan ventilasi menggunakan software ventsim didapatkan hasil *booster fan* 75 kW kombinasi dengan 37 kW yang dipasang pada *rampdown* CGS meningkat dari 1,9 m<sup>3</sup>/detik menjadi 9 m<sup>3</sup>/detik. Sedangkan apabila *booster fan* 37 kw yang dipasang pada RM III dengan kombinasi *booster fan* 37 kW yang dipasang pada *rampdown* CGS meningkat dari 1,9 m<sup>3</sup>/detik menjadi 7,8 m<sup>3</sup>/detik.

**Kata Kunci :** *Cut and Fill, Main Fan, Booster Fan, Sistem Jaringan Ventilasi, Ventsim.*

## A. Pendahuluan

PT Antam Tbk mengelola tambang emas bawah tanah yang memiliki kondisi geologi endapan bijih berbentuk *vein*, sehingga berdasarkan prinsip keselamatan (*safety*), efisiensi dan ekonomi maka digunakan metode penambangan *cut and fill*. PT Antam Tbk. memiliki tiga tipe endapan vein utama yaitu Ciguha, Kubang Cicau, dan Ciurug. Daerah penelitian dilakukan di tambang Ciguha yang memiliki 4 blok penambangan yaitu Ciguha Utama, Ciguha Atas, Ciguha Timur dan Ciguha Selatan dengan elevasi permukaan 560 m dan level penambangan hingga 450 m sehingga membutuhkan suplai udara bersih untuk para pekerja dan alat. Udara yang masuk kedalam tambang hanya mengandalkan 1 *Main Fan* 132 kW dengan sistem Main Exhaust yang diletakan di CGRB II dengan jarak dari portal masuk MHL (Main Haulage Level) 450 m dan langsung terhubung dengan akses *rampdown* CGS namun akibat adanya runtutan maka *main fan* dipindahkan ke lokasi CGRB III yang dekat dengan portal masuk MHL berjarak 142 m. Akibat terlalu dekatnya portal masuk udara bersih maka terjadinya tidak seimbang antara udara bersih yang terhisap langsung oleh CGRB III sebesar 26.8 m<sup>3</sup>/detik dengan udara yang masuk kedalam blok *rampdown* Ciguha sebesar 10.1 m<sup>3</sup>/detik. maka dari itu perlu dilakukan evaluasi sistem ventilasi pada tambang Ciguha agar pada masing-masing blok terpenuhinya kebutuhan udara.

Berdasarkan atas latar belakang yang telah disampaikan, berikut merupakan tujuan dari penelitian ini:

1. Mengetahui kinerja sistem ventilasi tambang Ciguha.
2. Mengetahui masalah yang timbul dari sistem ventilasi Ciguha dengan cara konvensional.

3. Mengetahui upaya tindakan perbaikan sistem ventilasi menggunakan perangkat lunak ventsim sehingga kebutuhan udara bersih terpenuhi.

## B. Landasan Teori

Untuk dapat melakukan kajian terhadap sistem ventilasi tambang maka dibutuhkan parameter – parameter sistem ventilasi tambang Parameter karakteristik sistem ventilasi tambang dapat diketahui dan ditentukan sebagai berikut :

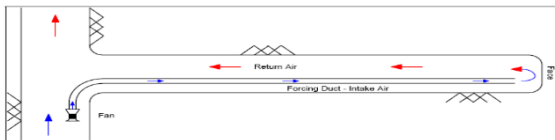
1. Tujuan Ventilasi Tambang  
Secara umum tujuan dari sistem ventilasi tambang bawah tanah adalah :
  - a. Menyediakan udara segar bagi pernafasan manusia.
  - b. Mengeluarkan gas – gas berbahaya dan beracun di dalam tambang, agar tidak membahayakan bagi para pekerja.
  - c. Menurunkan suhu udara di dalam tambang, agar terciptanya lingkungan kerja yang aman dan nyaman bagi para pekerja.
  - d. Menetralkan konsentrasi debu yang disebabkan kegiatan di dalam tambang.
2. Sistem Ventilasi Tambang  
Jenis-jenis ventilasi dapat digolongkan berdasarkan beberapa hal berikut ini, antara lain :
  - a. Penggolongan berdasarkan metode pembangkitan daya ventilasi, terdiri dari ventilasi alami dan ventilasi mesin.
  - b. Penggolongan berdasarkan tekanan ventilasi pada ventilasi mesin , terdiri dari ventilasi tiup dan ventilasi sedot.
  - c. Penggolongan berdasarkan letak *intake* dan *outake*

airway, terdiri dari ventilasi terpusat dan ventilasi diagonal.

Untuk ventilasi mesin yang digunakan adalah mesin fan yang dibagi 3 berdasarkan pemasangannya diantaranya :

1. *Forcing System* (Sistem Hembus)

Mesin *fan* akan memberikan hembusan udara bertekanan positif ke *front* kerja dengan aliran udara yang bertekanan lebih besar dibanding udara di atmosfer.



Sumber : Hartman, L Howard.1997.

**Gambar 1.** Forcing System Ventilation

2. *Exhausting System* (Sistem Hisap)

Sistem *exhausting* akan memberikan hembusan udara yang berkebalikan dengan *forcing system*, yaitu bertekanan negatif ke *front* kerja. Tekanan negatif ini adalah tekanan yang dihasilkan oleh proses penghisapan udara.



Sumber : Hartman, L Howard.1997.

**Gambar 2.** Exhaust System Ventilation

3. *Overlap System*

Merupakan gabungan dari sistem *exhausting* dan *forcing* Sistem ini menggunakan 2 *fan* yang memiliki tugas berbeda satu sama lain. Ada *fan* yang bertugas menyuplai udara ke *front* (intake fan), ada *fan* yang bertugas untuk menghisap udara dari *front* (exhausting fan).

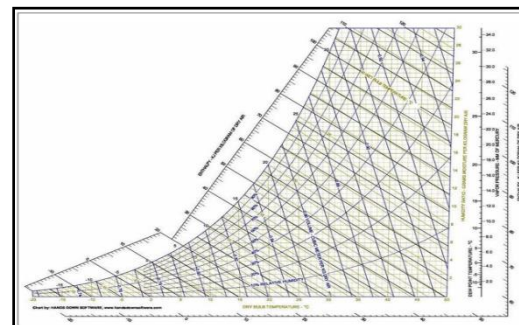


Sumber : Hartman, L Howard.1997.

**Gambar 3.** Overlap System Ventilation

3. Sifat – Sifat Psychometric Udara

*Psychrometry* adalah suatu ilmu yang mempelajari sifat *psychrometric* (panas dan kelembaban) udara dalam kondisi tertentu selama proses pengendalian kelembaban dan temperatur. Sifat *psychrometric* yang paling mudah diukur adalah temperatur cembung kering ( $T_d$ ) dan temperatur cembung basah ( $T_w$ ). Kelembaban relatif membandingkan antara kandungan tekanan uap air aktual dengan keadaan jenuhnya atau pada kapasitas udara untuk menampung uap air.

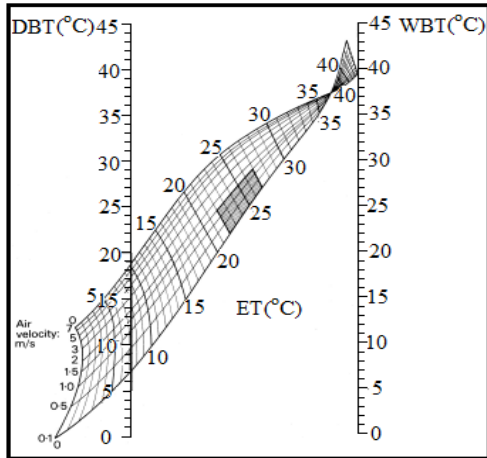


Sumber : Hartman, L Howard.1997.

**Gambar 4.** Grafik Psychometric

4. Temperatur Efektif

Temperatur efektif adalah temperatur yang pada saat seseorang merasa berada kondisi nyaman. Kondisi ini dipengaruhi oleh temperatur cembung kering, temperatur cembung basah dan kecepatan aliran udara di lokasi penambangan.

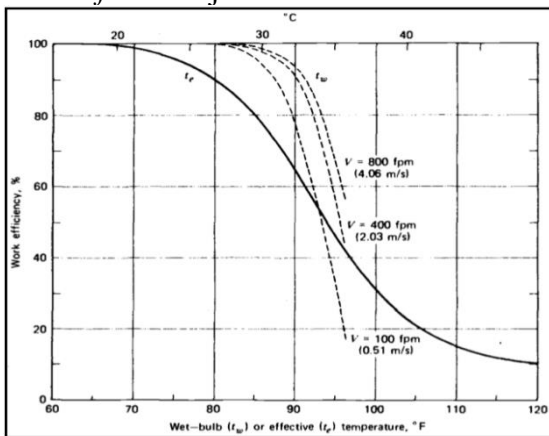


Sumber : Hartman, L Howard.1997.

**Gambar 5.** Temperatur Efektif

5. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja dari hasil perhitungan temperatur efektif, maka dapat ditentukan efisiensi kerja untuk para pekerja di setiap *front* kerja pada lokasi pengamatan. Penentuan efisiensi kerja ini dilakukan sebagai koreksi perusahaan untuk mengetahui dan menilai performa para pekerja didalam bekerja pada masing-masing *front* kerja.



Sumber : Hartman, L Howard.1997.

**Gambar 6.** Efisiensi Kerja

6. Banyaknya aliran Udara

Banyaknya aliran udara (Q) merupakan volume udara yang mengalir pada suatu saluran atau jaringan per satuan waktu. Untuk dapat menghitung banyaknya

aliran udara (Q) pada front kerja dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = A \times V$$

Dimana:

Q = Banyaknya aliran udara (m<sup>3</sup>/detik)

A = Luas penampang *airways* (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan aliran udara (m/detik)

7. Tahanan Saluran Udara

Tambang (*Airways Resitance*) merupakan jumlah kehilangan head aliran karena adanya tahanan atau hambatan yang dialami oleh aliran udara di dalam tambang bawah tanah.

$$Hl = RQ^2$$

Dimana:

Hl = Head Loss (Pa)

R = Tahanan *Airways* (N-s<sup>2</sup> / m<sup>8</sup>)

Q = Banyaknya aliran udara (m<sup>3</sup>/detik)

Sebenarnya, istilah konstanta K, O, L, Le, dan A yang dikelompokkan ke konstanta tunggal, yaitu resistensi (R) seperti dibawah ini:

$$R = \frac{KO(L + Le)}{A^3}$$

Dimana:

R = Tahanan min<sup>2</sup> / ft<sup>6</sup> (N-s / m<sup>8</sup>)

K = Koefisien gesekan (kg/m<sup>3</sup>)

O = Keliling *airways* (m)

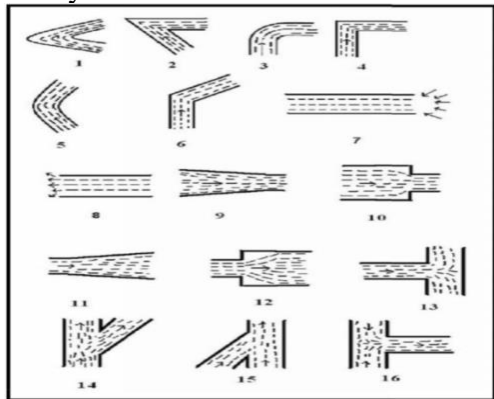
L = Panjang *airways* (m)

Le = Panjang ekivalen (m)

A = Luas *airways* (m<sup>2</sup>)

Nilai koefisien gesekan (K) dapat ditentukan dengan menggunakan tabel 2 yang didasarkan pada parameter material dinding *airways*. Untuk menentukan panjang *ekivalen* ditentukan dengan menggunakan Gambar 7 yang kemudian disesuaikan

dengan Tabel 1 untuk menentukan nilainya.



Sumber : LIPI ITB 2012.

**Gambar 7.** Parameter penentuan Panjang Ekuivalen (Le)

No	Tipe Jalur Udara	Le	
		(ft)	(m)
1	Belokan, sudut tumpul, membulat	3	1
2	Belokan, sudut tumpul, meruncing	150	45
3	Belokan, sudut 90°, membulat	1	1
4	Belokan sudut 90°, meruncing	70	20
5	Belokan, sudut tumpul, membulat	1	1
6	Belokan, sudut tumpul, meruncing	15	5
7	Jalur udara masuk	20	6
8	Jalur udara keluar	65	20
9	Jalur menyempit secara bertahap	1	1
10	Jalur menyempit langsung	10	3
11	Jalur meluas secara bertahap	1	1
12	Jalur meluas langsung	20	6
13	Splitting lurus	30	10
14	Splitting 90°	200	60
15	Junction lurus	60	20
16	Junction 90°	30	10

Sumber : LIPI ITB 2012.

### 8. Metode Wet Bulb Globe

**Tabel 2.** Nilai Faktor Gesek (K)

Surface	Friction factor, K (kg/m <sup>3</sup> )	Coefficient of friction, t (dimensionless)
<i>Rectangular airways</i>		
<i>Smooth concrete lined</i>	0,004	0,0067
<i>Shorcrete</i>	0,0055	0,0092
<i>Unlined with minor irregularities only</i>	0,009	0,015
<i>Girders on Masonry or concrete walls</i>	0,0095	0,0158
<i>Unlined, typical conditions, no major irregularities</i>	0,012	0,02
<i>Unlined irregular</i>	0,014	0,023
<i>Unlined, rough or irregular conditions</i>	0,015	0,027
<i>Girders on side props</i>	0,019	0,032
<i>Drift with rough sides, stepped floor, handrails</i>	0,04	0,067
<i>Steel arched air ways</i>		
<i>Smooth concrete all round</i>	0,004	0,0067
<i>Bricked between arches all round</i>	0,006	0,01
<i>Concrete slabs or timber lagging between flanges all round</i>	0,0075	0,0125
<i>Slabs or timber lagging between flanges to spring</i>	0,009	0,015
<i>Lagged behind arches</i>	0,012	0,02
<i>Arches poorly aligned, rough conditions</i>	0,016	0,027
<i>Shafts</i>		
<i>Smooth lined, unobstructed</i>	0,03	0,005
<i>Brick lined, unobstructed</i>	0,004	0,0067
<i>Concrete lined, ripe guides, pipe fittings</i>	0,0065	0,0108
<i>Brick lined, ripe guides, pipe fittings</i>	0,0075	0,0125
<i>Unlined, well trimmed surface</i>	0,01	0,0167
<i>Unlined, major irregularities removed</i>	0,012	0,02
<i>Unlined, mesh bolted</i>	0,014	0,023
<i>Tubbing lined, no fittings</i>	0,007-0,014	0,0012-0,023
<i>Brick lined, two side but tons</i>	0,018	0,03
<i>Two side buntions, each with a tie girder</i>	0,022	0,037
<i>Longwall faceline with steel conveyor and powered supports</i>		
<i>Good conditions, smooth wall</i>	0,035	0,058
<i>Typical conditions, coal on conveyor</i>	0,05	0,083
<i>Rough conditions, uneven faceline</i>	0,065	0,108
<i>Ventilation Ducting (Forcing system only)</i>		
<i>Collapsible fabric ducting (forcing system only)</i>	0,0037	0,0062
<i>Flexible ducting with fully stretched spiral spring reinforcement</i>	0,011	0,018
<i>Fiberglass</i>	0,0024	0,04
<i>Spiral-wound galvanized steel</i>	0,0021	0,0035

**Tabel 1.** Nilai Panjang Ekuivalen (Le)

Temperature (WBGT) Metode ini adalah penyederhanaan dari temperatur

efektif. Metode *WBGT* saat ini telah dicantumkan didalam ISO 7243, tentang *Hot environment - Estimasi heat stress* pada pekerja. ketetapan zona metode *WBGT* dapat dilihat pada Tabel 3

**Tabel 3.** Warna Bendera, Ketetapan Suhu dan Tindakan Metode *WBGT*

kategori warna zona	Keterangan <i>WBGT</i>	Keterangan Tindakan
	C	
1	<25,6 - 27,7	Tidak ada peringatan
2	27,8 - 29,4	Semua aktifitas fisik dapat dilakukan
3	29,5 - 31,0	Semua aktifitas fisik dapat dilakukandengan wajib berhati-hati dan dibawah pengawasan
4	31,1 - 32,1	Aktifitas fisik berat harus dihentikan
5	>32,2	Semua aktifitas fisik harus dihentikan

#### 9. Standar Peraturan Menteri Ketenagakerjaan

Standar peraturan kesehatan telah diatur dalam PERMEN No. 5 Tahun 2018 tentang keselamatan dan kesehatan lingkungan kerja berdasarkan nilai ambang batas iklim kerja Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) menjelaskan tentang nilai ambang batas dalam lingkungan kerja industri yang diadopsi dari metode *wet bulb globe temperature*. Nilai Ambang Batas (NAB) iklim lingkungan kerja merupakan batas / pedoman pengendalian iklim lingkungan kerja atau pajanan panas (*heat stress*) yang tidak boleh dilampaui selama 8 jam kerja per hari atau 40 jam seminggu. Tabel ketetapan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Nilai Ambang Batas Iklim Kerja Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) yang Diperkenankan

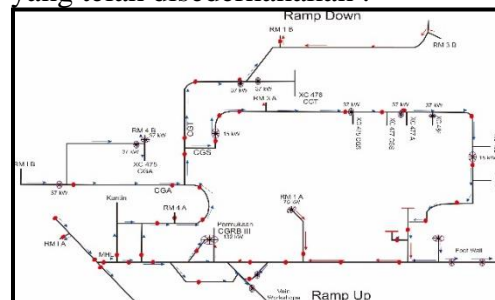
Alokasi Waktu Kerja dan Istirahat	NAB (°C ISBB)			
	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
75 - 100%	31,0	28,0	*	*
50 - 75%	31,0	29,0	27,5	*
25 - 50%	32,0	30,0	29,0	28,0
0 - 25%	32,5	31,5	30,0	30,0

#### 10. Perangkat Lunak *Ventsim*

Perangkat lunak *Ventsim Visual* adalah salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mensimulasikan desain ventilasi tambang bawah tanah dalam bentuk tiga dimensi.

#### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengambilan data diambil sebanyak 40 titik pengamatan yang berada pada Ciguha Utama 18, Ciguha Atas 6, Ciguha Timur 5 dan Ciguha Selatan 11 untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada sketsa jaringan ventilasi yang telah disederhanakan :



Sumber : Data Penelitian Ventilasi Tambang, 2019.

**Gambar 8.** Lokasi Pengukuran Tambang Ciguha

Alat yang digunakan untuk pengukuran ventilasi adalah a) kestrel *heat stress tracker* 5400 dengan



parameter yang dapat seperti temperatur cembung kering, temperatur cembung basah, kelembapan relatif dan *wet bulb global temperature*. b) MSA altair 4X *portable multi gas detector* yang berguna untuk mendeteksi gas berbahaya parameter yang di dapat CO, dan O<sup>2</sup> dan c) Leica disto untuk mengukur dimensi lubang tambang. maka di dapatkan data kualitas dan kuantitas pada setiap blok Ciguha.



Sumber : Data Penelitian Ventilasi Tambang, 2019.

**Gambar 9.** Alat Yang Digunakan

11. Kualitas Kebutuhan Udara Para pekerja dan Alat Berat Saat kegiatan

Untuk mengetahui jumlah udara terbanyak yang dibutuhkan dilihat pada siklus produksi tambang maka dari penelitian menunjukan pada saat kegiatan *charging* dan pemasangan penyangga dalam satu stope dengan total 9.683 m<sup>3</sup>/detik.

**Tabel 5.** Jumlah Kebutuhan Udara Terbesar

Pekerja & Alat	Jumlah	Daya (HP)	Kebutuhan (m <sup>3</sup> /detik)
Pengawas PT Antam	1		0.03
Juru Ledak (PT Antam)	1		0.03
Kreasantama Ungul Mandiri	3		0.09
Wheel Loader	1	87.152	4.358
Mitsubishi Triton	1	103.499	5.175
Total			9.683

**Tabel 6.** Perbandingan Kebutuhan Udara dengan Ketersediaan Banyaknya Aliran Udara Setiap Blok.

Stasiun	ketersediaan aliran udara (m <sup>3</sup> /detik)	banyaknya aliran udara di setiap terowongan (m <sup>3</sup> /detik)
CGUtama	1	68.25
	2	13.5
	3	47.8
	4	22.6
	5	25.2
	6	6.5
	7	14.2
	8	1.4
	9	8.1
	10	4.3
	11	13.6
	12	26.8
	13	9.17
	14	20.4
	15	23.4
	16	4.5
	17	10.6
	18	0
CGA	19	10.1
	20	25.2
	21	10.4
	22	9.1
	23	8.9
	24	9.2
CGT	25	16.6
	26	12.1
	27	12.8
	28	21.2
	29	9.3
CGS	30	27.6
	31	7
	32	7.2
	33	9.3
	34	4.2
	35	5.4
	36	8.4
	37	13.8
	38	9.1
	39	8.4
	40	5.9

**■** Kebutuhan udara belum terpenuhi

12. Kualitas Udara

Sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, suhu efektif sebesar 18 – 24°C , kelembapan relatif >85%, O<sup>2</sup> >19,5% dan CO > 50 ppm.

**Tabel 7.** Data Aktual Kualitas Udara Setiap Blok

Stasiun	RH (%)	Td (°C)	Tw (°C)	WBGT (°C)	O <sub>2</sub> (ppm)	CO (ppm)	
CGUtama	1	97.3	24.1	23.8	27.1	20.8	0
	2	95.8	24	23.5	26.9	20.8	0
	3	97.2	24.3	24.1	23.9	20.8	0
	4	98.7	24.6	24.3	25.9	20.8	0
	5	97.5	24.3	24.1	23.9	20.8	0
	6	100	25.1	25.1	24	20.8	0

	7	96.5	24.4	23.8	23.9	20.8	0	
	8	96	25.3	25.1	24	20.8	0	
	9	100	25.2	25.2	24.2	20.8	0	
	10	99.9	27.2	27.1	24.2	20.8	0	
	11	97	28.4	28	26.7	20.8	0	
	12	100	26.8	26.8	26.8	20.8	0	
	13	100	27.8	27.8	28.2	20.8	0	
	14	100	28.5	28.5	25.3	20.8	0	
	15	100	28.7	28.7	28	20.8	0	
	16	100	28.5	28.5	28.1	20.8	0	
	17	100	29.2	29.2	28.4	20.8	0	
	18	100	29.4	29.4	28.8	20.8	0	
	CGA	19	100	24.8	24.8	24.1	20.8	0
		20	100	26.8	26.8	25.7	20.8	0
		21	100	25.6	25.6	25	20.8	0
		22	100	25.2	25.2	25	20.8	2
		23	100	25.7	25.7	25.8	20.8	13
		24	100	25.7	25.7	25.4	20.8	8
CGT	25	100	25.6	25.6	25.3	20.8	0	
	26	100	25.9	25.9	25.8	20.8	0	
	27	100	26.4	26.4	26.1	20.8	0	
	28	100	26.4	26.4	26.6	20.8	0	
	29	100	27	27	27.3	20.8	0	
CGS	30	100	26	26	25.4	20.8	0	
	31	100	27.3	27.3	26.6	20.8	0	
	32	100	27.5	27.5	26.9	20.8	0	
	33	100	28	28	27.8	20.8	0	
	34	100	28.9	28.9	28.7	20.8	0	
	35	100	28.9	28.9	28.7	20.8	0	
	36	100	29.3	29.3	28.9	20.8	8	
	37	100	30.2	30.2	29.9	20.3	17	
	38	100	29.2	29.2	28.9	20.8	6	
	39	100	29.2	29.2	28.7	20.8	6	
	40	100	29	29	28.3	20.8	5	

13. Temperatur Efektif Dan Efisiensi Kerja Kerja

Untuk mengetahui temperatur efektif dan efisiensi kerja dibutuhkan data kecepatan udara, temperatur kering (Td) dan temperatur basah (Tw) kemudian di plot kedalam grafik.

**Tabel 8.** Temperatur Efektif, Efisiensi kerja dan waktu Kerja Setiap Blok Ciguha

Stasiun	Temperatur Efektif °C	Efisiensi Kerja (%)	Waktu Kerja (8 jam)
CGUtama	1	19	100
	2	22.5	97

	3	20.5	99	9.9	
	4	22.5	97	7.8	
	5	22	97	7.8	
	6	24.5	90	7.2	
	7	20.5	99	7.9	
	8	-	-	-	
	9	24.5	90	7.2	
	10	26.5	86	6.9	
	11	27.5	83	6.6	
	12	25.5	97	7.8	
	13	26	86	6.9	
	14	27	85	6.8	
	15	27	85	6.8	
	16	28	82	6.6	
	17	28.5	78	6.2	
	18	-	-	-	
	CGA	19	23.5	95	7.6
		20	25	88	7.0
21		25.5	97	7.8	
22		24	91	7.3	
23		25	88	7.0	
24		25	88	7.0	
25		24.5	90	7.2	
CGT	26	24.5	90	7.2	
	27	25.5	97	7.8	
	28	24.5	90	7.2	
	29	26	86	6.9	
	30	24	91	7.3	
CGS	31	26.5	86	6.9	
	32	27	85	6.8	
	33	27.5	83	6.6	
	34	28.5	78	6.2	
	35	28.5	78	6.2	
	36	28.5	78	6.2	
	37	29	75	6.0	
	38	28.1	78	6.2	
	39	29	75	6.0	
	40	28.5	78	6.2	

14. Analisis Metode WBGT

Berdasarkan metode WBGT dari 40 stasiun bahwa semua blok Ciguha masuk kedalam iklim yang aman.

kategori wama zona	Keterangan WBGT	Jumlah Stasiun	Keterangan Tindakan
	C		
1	<25,6 - 27,7	29	Tidak ada peringatan
2	27,8 - 29,4	11	Semua aktifitas fisik dapat dilakukan

Sumber : Data Penelitian Ventilasi Tugas Akhir PT Antam Tbk 2019.





- akibat kurangnya suplai udara yang masuk.
- c. Dari hasil pengukuran analisa nilai rata – rata *wet bulb globe temperatur* bahwa pekerja masih bekerja pada kondisi kerja yang aman.
2. Masalah yang terjadi adalah sebagai berikut :
    - a. Distribusi aliran udara bersih tidak seimbang antara *rampdown* Ciguha dengan udara yang terhisap (*Return air*) oleh CGRB III sebesar 26,8 m<sup>3</sup>/detik, sedangkan 10,1 m<sup>3</sup>/detik udara bersih masuk ke *rampdown* Ciguha.
    - b. Dalam siklus produksi tambang, volume udara bersih terbesar dibutuhkan dalam kegiatan *charging & supporting* sebesar 9,68 m<sup>3</sup>/detik sehingga kebutuhan udara belum terpenuhi, terutama blok CGS yang terdapat jumlah *stope* terbanyak.
  3. Tindakan upaya perbaikan sistem ventilasi berdasarkan software ventsim
    - a. Pemindahan lokasi *booster fan* 75 kW dari 1A ke RM III sebagai *exhaust* yang disimpan di CGS akan membantu membuang udara kotor dari CGS dan digantinya *booster fan* 15 kW dengan 37 kW.
    - b. Pemasangan *booster fan* 37 kW pada RM III sebagai *exhaust* dan digantinya *booster fan* 15 kW dengan 37 kW.

## E. Saran

1. Dari rekomendasi 2 diatas dapat dibandingkan kebutuhan listrik yang paling lebih rendah dan lebih ekonomis dapat digunakan

rekomendasi B dikarenakan untuk total kebutuhan listrik pada Ciguha sebesar 1200 kW dan untuk ventilasi sendiri sudah menggunakan 711 kW sehingga apabila menggunakan rekomendasi A maka total listrik ventilasi Ciguha sebesar 733 kW sedangkan untuk rekomendasi B sebesar 695 kW.

## Daftar Pustaka

- Anonim,2011. “Draft Ventilation of Underground Mines”. Safe Work Australia.
- Anonim, Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja.
- Hartman, H.L. 1997 “Mine Ventilation and Air Conditioning”, 3rd Edition John Wiley & ons, Inc, New York.
- Mc.Pherson, Malcolm J. 1993. “Subsurface Ventilation and Environmental Engineering”, Chapman and Hall Inc. USA
- Stefano, Munir, 2005, “Ventilasi Tambang”. Buku Ajar Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas teknik, Universitas Islam Bandung.
- Widodo,N.P.2012.”Pengelolaan Ventilasi Tambang Bawah Tanah”.LIPI ITB. Bandung.