

Analisis Kuantitas Dan Kualitas Udara Pada Sistem Ventilasi Untuk Keamanan Dan Kenyamanan Pengunjung Di Lubang Pendidikan PT. Bukit Asam Tbk. UPO Sawahluwung Talawi Sawahlunto Sumatera Barat.

Muhammad Abbil Raihan^{1,*}, Bambang Heriyadi¹, Mulya Gusman¹, Heri Prabowo¹

¹Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

* albinto88.at@gmail.com

Abstract. The ventilation system is important in underground mines, because the system flows clean air into the mine. If this system is not done or not as it should be, it will cause insecurity and discomfort in the hole. Lubang Pendidikan is a learning facility that has been provided by PT. Bukit Asam Tbk UPO, visitors can learn how to mine well underground, educational pits using a suction ventilation system and using a 2 x 50 Hp fan machine. So a calculation is needed to find out the number of visitors who can enter in safe and comfortable conditions in the hole. Air quantity and quality are parameters that must be known to determine the number of visitors who can enter the hole, air quantity consists of hole area data and wind speed, while air quality consists of gas content data, wet temperature, dry temperature and relative humidity. The evaluation results obtained the maximum number that can enter in safe and comfortable conditions, namely fan machine A is 25 people, fan machine B is 30 people, and fan machine 2 x 50 Hp is 100 people.

Keywords: *Ventilation System, Air Demand, Education Holes*

1 Pendahuluan

Sejarah PTBA UPO bermula pada tahun 1891, saat pemerintah Hindia Belanda mendirikan perusahaan pertambangan di daerah tersebut. Kemudian pada tahun 1919, perusahaan ini berubah nama menjadi NV Mijnbouw Maatschappij Ombilin. Setelah kemerdekaan Indonesia pada tahun 1945, perusahaan ini berganti nama menjadi PN Tambang Batubara Ombilin. Pada tahun 1981, perusahaan ini bergabung dengan PT Bukit Asam (Persero) Tbk dan menjadi salah satu unit penambangan batu bara terbesar di Indonesia.

Seiring berjalannya waktu, tahun 2017 PTBA UPO resmi menghentikan kegiatan operasional penambangannya, dikarenakan harga batubara tak sebanding dengan biaya pengeluaran produksinya, sehingga bekas lubang tambang milik PTBA UPO yang berada pada desa Rantih kecamatan Talawi kota Sawahlunto, saat ini difungsikan menjadi lubang pendidikan untuk sarana belajar dan wisatawan. Selain itu lubang Pendidikan juga dimanfaatkan sebagai totak ukur bagi perusahaan untuk tambang bawah tanah.

Sebagaimana kegiatan pada tambang bawah tanah, kegiatan pada lubang Pendidikan ini membutuhkan sistem ventilasi tambang, bertujuan untuk memasukan udara segar bagi para pengunjung dan membawa keluar segala pengotor dari gas-gas yang ada di dalam lubang tambang hingga tercapai kandungan gas dalam udara yang memenuhi syarat pernapasan. Pada lubang

Pendidikan saat ini digunakan *fan* utama dengan spesifikasi 2 X 50 HP dengan dimanfaatkan dengan sistem hisap (*exhaust*).

Pada lubang Pendidikan, tahun 2019 sudah pernah dilakukan penelitian, namun tahun 2020 ada penambahan cabang baru sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan perhitungan dengan data sebelum adanya cabang yang baru. Diperlukan adanya perhitungan kembali pada sistem ventilasi tambang di lubang Pendidikan.

Pada tahun 2020 - 2022, PTBA melakukan shell off pada cabang yang tidak digunakan, dengan tujuan untuk memperpendek jalur ventilasi. Setelah melakukan shell off dan pembuatan cabang baru.

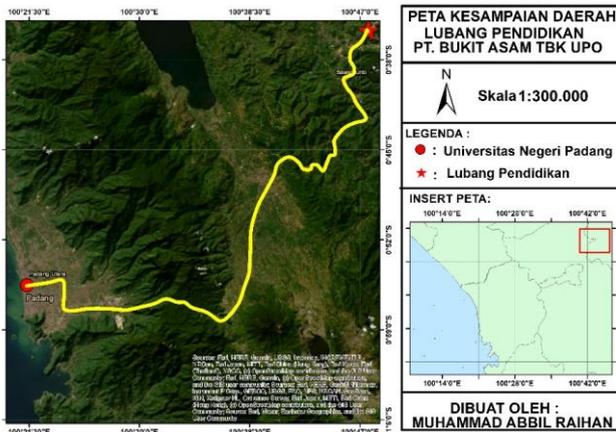
Pada akhir tahun 2022, terjadi ledakan di salah satu lubang tambang bawah tanah yang berada di Sawahlunto yang menyebabkan fatality. Dugaan ledakan tersebut terjadi karena sistem ventilasi yang tidak sesuai standar, sehingga kandungan gas methana yang berada pada lubang tersebut melewati nilai ambang batas kandungan gas methan (CH₄) sebesar 1% dengan dipicu percikan api sehingga menyebabkan lubang tersebut meledak.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara geografis, area ekspansi PT. Bukit Asam Tbk. Unit Penambangan Ombilin (UPO) terletak di 0° 38' 34" S - 100° 46' 10" E. Selain itu, pengelolaan administrasi

taman konsesi milik PT Bukit Asam Tbk. Unit Penambangan Ombilin (UPO) meliputi wilayah Desa Rantih Kecamatan Talawi di kota Sawahlunto di provinsi Sumatera Barat



Gambar 1. Lokasi dan Peta Kesampaian Daerah

2.2 Kuantitas Udara

2.2.1 Udara Tambang

Dalam tambang bawah tanah, dalam perhitungan ventilasi tambang bahwa udara segar normal terdiri dari 79% Nitrogen dan 21% Oksigen, disamping itu selalu dianggap udara segar akan selalu mengandung karbondioksida (CO₂) sebesar 0,03%. Adapun komposisi dari udara segar, bisa dilihat dalam tabel 2

Tabel 1 Komposisi Udara Segar

Unsur	Persentase Volume (%)	Persentase Berat (%)
Nitrogen (N ₂)	78,09	75,53
Oksigen (O ₂)	20,95	23,14
Karbondioksida (CO ₂)	0,03	0,046
Argon (Ar), dll	0,93	1,284

Pada perhitungan kuantitas udara pada lubang tambang didapatkan dari perkalian antara kecepatan aliran udara tambang dengan luas penampang. Persamaan besarnya kuantitas tambang dengan rumus sebagai berikut :

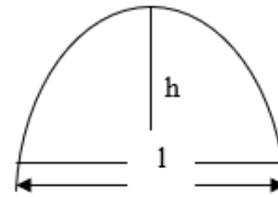
$$Q = V \times A \quad (1)$$

Ket :

- Q = Kuantitas udara tambang (m³/detik)
- V = Kecepatan aliran udara tambang (m/detik)
- A = Luas penampang jalan udara tambang (m²)

2.2.2 Luas Lubang Tambang

Pengukuran ini dilakukan dengan mengukur tinggi serta lebar dari lubang tambang. Pengukuran ini juga mengukur luas penghalang yang ada di lubang tambang seperti *belt conveyort* dan duct. Di dalam lubang tambang, besar luas penampang tergantung kepada bentuk penampang jalur udara sesuai dengan lubang tambang. Dalam lubang tambang banyak jenis penyangga yang digunakan, di bawah ini bentuk penyangga *Arches* dengan bentuk penampang



Untuk rumus luas penampang *Arches* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$A = \left[\left(\frac{1}{8} (\pi \times l^2) \right) + \left[\left(\left(H - \frac{1}{2} l \right) \times l \right) \right] \right] \quad (2)$$

Ket :

- A : Luas Penampang (m²)
- π : Jari-jari penampang
- l : Lebar Penampang (m)
- H : Tinggi Penampang (m)

Sedangkan untuk rumus luas penampang *I-Beam* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{1}{2} (a + b) \times t \quad (3)$$

Ket :

- A : Luas Penampang (m²)
- a : Lebar Atas Penampang (m)
- b : Lebar Bawah Penampang (m)
- t : Tinggi Penampang (m)

2.2.3 Kebutuhan Udara Pernafasan

Kebutuhan udara untuk pernafasan manusia telah diatur didalam Keputusan Dirjen Minerba ESDM No. 185 K/37.04/DJB/2019 yaitu sebesar 2 m³/menit perorang atau 0,03 m³/detik perorang. Untuk mengetahui kebutuhan udara pernafasan digunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q \text{ Pernafasan} = \text{Jumlah Pekerja} \times 0.03 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4)$$

2.2.4 Kebutuhan Udara Untuk Alat

Kebutuhan udara untuk alat telah diatur didalam Keputusan Dirjen Minerba ESDM No. 185 K/37.04/DJB/2019 yaitu setiap 1 horsepower memerlukan 3 m³/min atau 0,05 m³/s udara agar dapat beroperasi dengan baik. Kebutuhan udara untuk alat dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Qh = Hp \times 0,05 \text{ m}^3/\text{s} \quad (5)$$

Keterangan :

- Qh = Jumlah udara untuk kebutuhan alat
- Hp = Torsi yang dibutuhkan oleh mesin untuk bisa bergerak

2.2.5 Koefisien Gesek

Koefisien gesek berbeda tergantung metode terowongan. Berikut ini adalah faktor gesekan untuk masing-masing jenis saluran

Tabel 2. Friction Factor K

Airway	K
Ventilation Piping	0,003
Concrete Lined Empty Shaft	0,004
Straight Rock Tunnel	0,01
Concrete Lined Shaft with Streamline Buntions	0,025
Concrete Lined Shaft with R.S.J Buntions	0,05
Heavily Timbered Rectangular Shaft	0,08

Berikut merupakan rumus Atkinson, untuk mengetahui tekanan ventilasi.

$$P = \frac{K \times C \times L \times Q^2}{A^3} \quad (6)$$

Keterangan :

- p = Tekanan Ventilasi (Pa)
- K = Koefisien Gesek
- C = Keliling (m)
- L = Panjang Lubang (m)
- Q = Debit Udara (m³/s)

Dari rumus diatas, dapat menghitung daya ventilasi dengan rumus dibawah ini.

$$W_a = \frac{p \times Q}{1000} \quad (7)$$

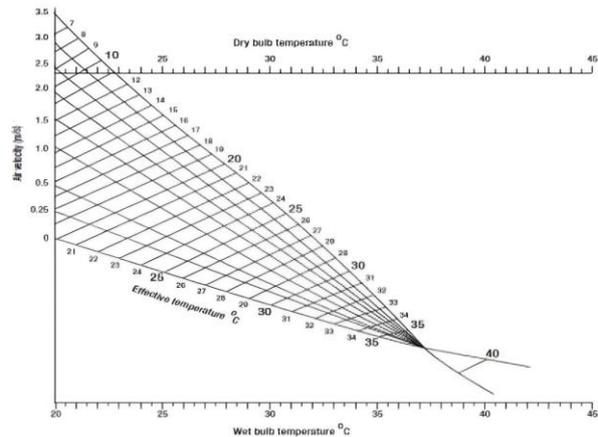
Keterangan :

- W_a = Daya Ventilasi (kW)
- Q = Kuantitas Udara (m³/s)
- p = Tekanan Ventilasi (Pa)

2.3 Kualitas Udara

2.3.1 Temperatur Efektif

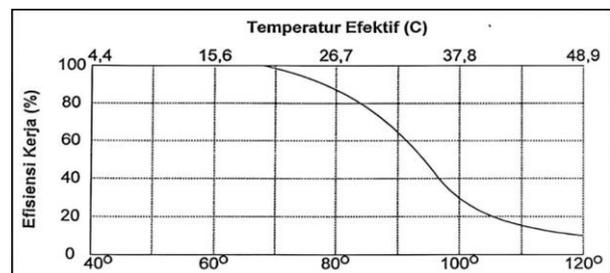
Mengatur panas dan kelembapan udara kerja merupakan fungsi dari ventilasi pada bawah tanah untuk menciptakan nyaman suasana/lingkungan kerja. Panas berlebih dapat menimbulkan kecerobohan dan kecelakaan dalam work, oleh sebab itu perlu diketahui temperatur efektif dari suatu lubang tambang, sehingga tindakan atau perlakuan yang harus diterapkan pada lubang tambang, grafik temperatur dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Temperatur Efektif

2.3.2 Efisiensi Kerja

Suhu kerja normal berkisar antara 18°C hingga 27°C, dan setiap penyimpangan dari kisaran ini akan mengurangi produktivitas. Ventilasi digunakan untuk meningkatkan kesehatan dan keselamatan pekerja di sisi lain negara, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi dan produktivitas, grafik efisiensi kerja dapat dilihat pada



gambar 3.

Gambar 3. Grafik Efisiensi Kerja

3 Metodologi Penelitian

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan (*applied research*) dilakukan berkenaan dengan kenyataan-kenyataan praktis, penerapan, dan pengembangan ilmu pengetahuan yang dihasilkan oleh penelitian dasar dalam kehidupan nyata.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

3.2.1 Tahap Persiapan

Tahap ini dilakukan dengan studi literatur terhadap penelitian yang sudah pernah dilakukan seperti jurnal maupun buku-buku sebagai penunjang yang berhubungan dengan penelitian.

3.2.2 Observasi Lapangan

Tahap ini penulis melakukan survei kondisi pada lubang Pendidikan khususnya pada ventilasi tambang dan bentuk lubang.

3.2.3 Pengumpulan Data

Yaitu primer berupa berupa (a) kecepatan aliran udara menggunakan alat Pengukuran kecepatan aliran udara seperti anemometer yang dilakukan pengambilan lima titik pada setiap lubang (b) dimensi lubang diukur menggunakan alat meteran. Sedangkan data sekunder yaitu *layout* lubang, spesifikasi *fan*, dan data alat dan jumlah pekerja.

3.3 Teknik Pengolahan dan Analisa Data

3.3.1 Mengetahui Pemenuhan Kuantitas dan Kualitas Udara

Analisis yang pertama dilakukan yaitu mengetahui kuantitas udara yang didapatkan dengan mencari data kecepatan angin dan dimensi lubang. Sedangkan untuk mengetahui kualitas udara dengan mencari data temperatur basah dan temperatur kering, kemudian memasukkannya ke dalam grafik temperatur efektif dan grafik efisiensi kerja.

3.3.2 Menghitung Kebutuhan Udara untuk Pengunjung Lubang Pendidikan

Kebutuhan udara untuk pengunjung terdiri dari kebutuhan udara untuk pernafasan, aktivitas rawatan lubang dan aktivitas memompa air.

3.3.3 Menghitung Biaya Operasional *fan* pada setiap *fan*

Biaya operasional *fan* setiap shift

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Dimensi Lubang Pendidikan

Bentuk penampang lubang Pendidikan berbentuk arches dan ibeam, sehingga pengukuran luas penampangnya menggunakan persamaan arches dan trapesium. Berikut merupakan hasil pengukuran dimensi lubang.

Tabel 3. Luas Penampang Lubang

No	Lokasi	Lebar (m)	Tinggi (m)	Penyangga
1	Adit SL	3,98	2,88	Arches
2	J.4	4,57	2,61	Arches
3	J.3 E	3,1	2,14	I-Beam
4	J.2	4,45	2,61	Arches
5	J.6	4,53	2,5	Arches
6	J.7	4,25	2,26	Arches
7	J.37	3	2,51	Arches
8	LB. Pendidikan	2,59	2,85	Arches

4.1.2 Pengukuran Kecepatan Udara

Pengukuran kecepatan aliran udara dilakukan pada setiap cabang lubang Pendidikan, menggunakan alat Anemometer. Pengukuran dilakukan sebanyak lima kali, dua kali menggunakan 1 mesin fan dan tiga kali menggunakan dua mesin fan. Hasil pengukuran kecepatan aliran udara menggunakan mesin fan 2 x 50 HP.

Tabel 4. Kecepatan Aliran Udara Lubang

Lokasi	Pengukuran ke-(m/detik)					
	Fan A 50 Hp		Fan B 50 Hp	Fan 2 x 50 Hp		
	I	II		I	II	III
Adit SL	0,7	0,8	1,05	2,18	2,16	2,16
J.4	0,62	0,8	1,03	1,98	1,96	1,88
J.3 E	0,88	0,8	1,22	2,4	2,32	2,45
J.2	0,68	0,8	0,9	1,84	1,94	1,84
J.6	0,68	0,76	0,94	2,14	2	2,24
J.7	0,8	1	1,2	2,14	2,55	2,3
J.37	0,88	0,9	1,17	2,56	2,44	2,7
LB. Pendidikan	1,1	1,25	1,67	3,66	3,74	3,66

4.1.3 Pengukuran Emisi Kandungan Gas

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran kandungan gas menggunakan alat Gas Detector pada lubang Pendidikan yang diukur pada setiap cabang.

Tabel 5. Kandungan Gas

No	Lokasi	CH ₄ (%)	O ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	CO (ppm)
1	Adit SL	0	20,9	0	0
2	J.4	0	20,9	0	0
3	J.3 E	0	20,9	0	0
4	J.2	0	20,9	0	0
5	J.6	0	20,9	0	0
6	J.7	0	20,9	0	0
7	J.37	0	20,9	0	0
8	LB. Pendidikan	0	20,9	0	0

4.1.4 Pengukuran Temperatur Udara

Pengukuran temperatur udara dilakukan pada setiap cabang lubang. Pengukuran menggunakan alat Sling Psycometer. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran temperatur udara.

Tabel 6. Temperatur Basah dan Kering

Lokasi	Temperatur Basah (°C)			Temperatur Kering (°C)		
	Fan A	Fan B	Fan AB	Fan A	Fan B	Fan AB
Adit SL	25,4	24	24,5	26,4	25	25,5
J.4	26	24	23,5	25	25	24
J.3 E	25	25	23,5	25,7	26	24
J.2	25,4	25	24	25,9	26	25
J.6	25,4	25	24	25,9	26	25
J.7	25,3	25	24	26,2	26	25
J.37	24,5	25	24,5	26	26	25,5
LB. Pendidikan	25,5	24	25	27	25	26

4.1.5 Spesifikasi fan

Spesifikasi *fan* yang digunakan di lubang Pendidikan, menggunakan mesin *fan* 2 x 50 Hp, yang dapat digunakan sesuai kebutuhan rawatan dan kunjungan yang dilakukan. Mesin *fan* ini jika tidak ada kunjungan hanya menggunakan satu mesin *fan*, sistem ventilasi yang digunakan adalah sistem hisap (*exhaust system*).

4.1.6 Kedalaman dan Panjang Lubang

Data kedalaman setiap cabang didapatkan dari data pengukuran lubang, untuk kedalaman yang level terbawah berada di J.6 dan level tertinggi berada di LB. Pendidikan.

Tabel 7. Kedalaman dan Panjang Lubang

No	Lokasi	Panjang (m)	Kedalaman (mdpl)
1	Adit SL	188	214
2	J.4	149	225
3	J.3 E	122	207
4	J.2	101	185
5	J.6	150	150
6	J.7	134	163
7	J.37	306	215
8	LB. Pendidikan	125	223

4.1.7 Jumlah Pekerja

Dalam penjadwalan kerja pada lubang Pendidikan PT. Bukit Asam Tbk, UPO, hari kerja pada senin – juma'at kecuali tim pompa yang bekerja dengan 3 shift kerja dan tidak ada hari libur. Berikut merupakan jumlah pekerja yang ada di lubang Pendidikan.

Tabel 8. Jumlah Pekerja dan Jam Kerja

No	Jenis Pekerjaan	Jumlah Pekerja (orang)	Jam Kerja	Jumlah Shift
1	Kestamngin	2	07.00 – 15.00 WIB	1
2	Layanan	3	07.00 – 15.00 WIB	1
3	Operasional	3	07.00 – 15.00 WIB	1
4	Sintrik	5	07.00 – 15.00 WIB	1
5	Pompa	8	00.01 – 24.00 WIB	3

4.1.8 Peralatan Penunjang Lubang

Alat yang digunakan di lubang Pendidikan, merupakan alat untuk rawatan lubang seperti memompa air, rawatan terhadap penyangga dan simulasi pemboran yang dilakukan saat adanya kunjungan ke lubang Pendidikan.

Tabel 9. Jumlah Alat

No	Nama Alat	Horsepower (Hp)	Jumlah Alat
1	Pompa <i>Orion</i>	73,7	2
2	Haspel <i>Picrose</i>	40,2	1
3	Pompa <i>Flygt</i>	10	1
4	<i>Jack Hammer</i>	1,74	1

4.1.9 Data Pengunjung

Siswa, mahasiswa maupun dari perusahaan melakukan kunjungan ke lubang Pendidikan untuk mengetahui sistem penambangan tambang bawah tanah yang baik, tabel 10 merupakan data pengunjung yang melakukan kunjungan ke dalam lubang.

Tabel 10. Data Kunjungan

No	Data Pengunjung	Tanggal	Jumlah Pengunjung
1	SMK 2 Sawahlunto	20 Februari 2023	19 Orang
2	SMK Migas Teknologi Riau	22 Februari 2023	26 Orang
3	Universitas Negeri Padang (UNP)	6 – 9 Juni 2023	97 Orang

4.2 Pembahasan

4.2.1 Perhitungan Luas Lubang

Terowongan pada lubang Pendidikan umumnya berbentuk Arches dan I-Beam, sehingga luas penampang terowongan didapatkan menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3, dengan hasil luas sebagai berikut.

Tabel 11. Luas Penampang Lubang

No	Lokasi	Luas Penampang	Penyangga
1	Adit SL	9,75	Arches
2	J.4	9,7	Arches
3	J.3 E	6,63	I-Beam
4	J.2	9,48	Arches
5	J.6	9,11	Arches
6	J.7	7,65	Arches
7	J.37	7,13	Arches
8	LB. Pendidikan	5,97	Arches

4.2.2 Perhitungan Kuantitas Udara

Jumlah udara atau kuantitas udara yang mengalir di setiap cabang lubang Pendidikan dapat ditentukan dengan persamaan 1, dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 12. Kuantitas Udara Lubang

Lokasi	Kuantitas Udara (m ³ /s)		
	Fan A	Fan B	Fan 2 x 50 Hp
Adit SL	6,82	10,28	21,25
J.4	6,01	10	19,21
J.3 E	5,9	8,1	15,92
J.2	6,44	8,6	17,44
J.6	6,19	8,6	19,49
J.7	6,12	9,2	16,37
J.37	6,18	8,4	18,25
LB. Pendidikan	6,57	10	21,85

4.2.3 Perhitungan Kelembapan Relatif

Berdasarkan Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Kementerian ESDM Nomor 185 K/37.04/DJB/2019, agar tetap terjaga dalam kondisi aman dan nyaman di dalam lubang dengan kelembapan relatif maksimum 85 %. Maka kelembapan pada lubang Pendidikan di beberapa cabang tidak aman, dikarenakan penyangga kayu sudah pada mulai lapuk dan kondisi kelembapan ditandai dengan tumbuhnya jamur di beberapa cabang. Kondisi tidak aman dan nyaman dapat menjadi faktor kecelakaan di dalam lubang.

Tabel 13. Kelembapan Udara Lubang Pendidikan

Lokasi	Fan A (%)	Fan B (%)	Fan 2 x 50 Hp (%)
Adit SL	84	86	84
J.4	87	91	87
J.3 E	88	92	89
J.2	85	82	84
J.6	84	80	82
J.7	85	92	88
J.37	88	85	87
LB. Pendidikan	83	82	85

4.2.4 Perhitungan Temperatur Efektif

Menurut Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Kementerian ESDM Nomor 185 K/37.04/DJB/2019, temperatur udara pada lubang dipertahankan antara 18 °C sampai 27 °C agar tetap terjaga kondisi aman dan nyaman di dalam lubang.

Berdasarkan hasil Pengukuran dengan menggunakan grafik temperatur pada gambar 2, kondisi temperatur efektif pada lubang Pendidikan termasuk kondisi Aman, dikarenakan temperatur efektif pada lubang dalam rentang nilai 18 °C sampai 20 °C,

Tabel 14. Temperatur Efektif

Lokasi	Fan A (°C)	Fan B (°C)	Fan 2 x 50 Hp (°C)
Adit SL	21,1	17,8	19,5
J.4	20,8	17,5	18,9
J.3 E	21,8	19	19
J.2	21,3	18,4	20
J.6	21,9	18,4	19,1
J.7	21,6	20	19,4
J.37	21,8	22,1	19,3
LB. Pendidikan	22,5	22,1	18

4.2.5 Biaya Operasional Fan

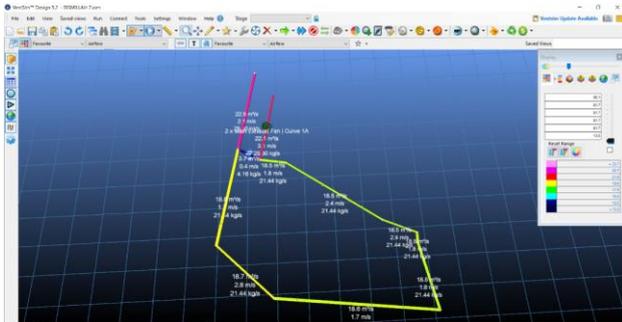
Setelah mendapatkan data keadaan aktual kuantitas dan kualitas lubang Pendidikan, maka diperlukan perhitungan biaya operasional pada setiap fan. Biaya operasional fan dihitung pada 1 shift kerja (8 jam) dari jam 07,00 – 15.00 WIB, untuk biaya operasional setiap fan pada lubang Pendidikan dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Biaya Operasional Fan

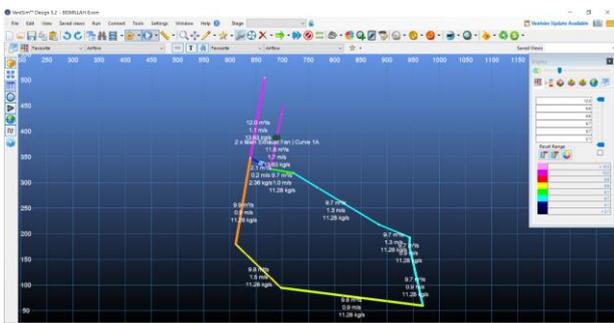
Fan A	Fan B	Fan 2 x 50 Hp	Ket
Rp. 59.615	Rp. 204.331	Rp. 1.805.016	Jam
Rp. 476.920	Rp. 1.634.648	Rp. 14.440.128	Shift

4.2.6 Simulasi Sistem Ventilasi Lubang

Berdasarkan analisis terhadap kondisi aktual lubang dan simulasi ventilasi menggunakan software ventsim adanya perbedaan terhadap nilai kuantitas dan kualitas udara terhadap lubang Pendidikan. Perbedaan ini disebabkan oleh kondisi aktual di dalam lubang dikarenakan adanya kehilangan udara pada cabang yang kondisi penyangganya kurang baik, diakibatkan kurangnya perawatan. Sistem ventilasi yang menggunakan software ventsim merupakan kondisi lubang dalam kondisi yang seharusnya, tanpa adanya kebocoran dan penyangga dalam keadaan baik.



Gambar 4. Simulasi Sistem Ventilasi Mesin Fan 2 x 50 Hp



Gambar 5. Simulasi Sistem Ventilasi Mesin Fan 50 Hp

Tabel 16. Kuantitas Udara Simulasi Mesin Fan 50 Hp

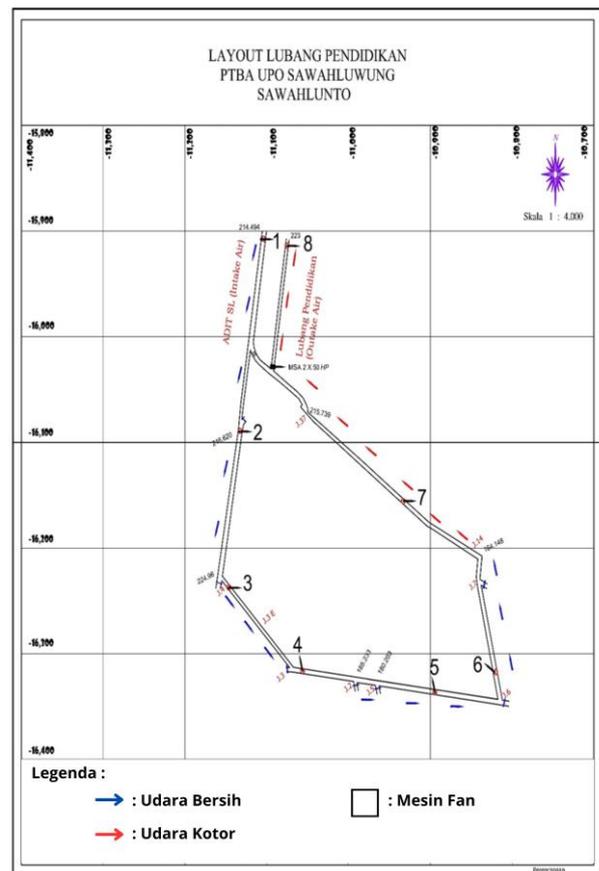
Lokasi	Kecepatan Aliran Udara (m/s)	Kuantitas Udara (m ³ /s)
Adit SL	1,15	12
J.4	1,15	9,9
J.3 E	1,16	9,8
J.2	1,17	9,8
J.6	1,17	9,8
J.7	1,17	9,7
J.37	1,18	9,7
LB. Pendidikan	1,17	11,8

Tabel 17. Kuantitas Udara Sistem Ventilasi Mesin Fan 2 x 50 Hp

Lokasi	Kecepatan Aliran Udara (m/s)	Kuantitas Udara (m ³ /s)
Adit SL	2,1	22,6
J.4	1,7	18,9
J.3 E	2,9	18,9
J.2	1,7	18,7
J.6	1,7	18,7
J.7	1,8	18,6
J.37	2,5	18,6
LB. Pendidikan	3,2	22,2

4.2.7 Layout Lubang Pendidikan

Perbedaan *layout* lubang Pendidikan menyebabkan berubahnya kuantitas udara pada lubang Pendidikan, *layout* lubang Pendidikan yang sekarang dapat lihat pada gambar 6.



Gambar 6. Layout Lubang Pendidikan

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Kondisi aktual kuantitas dan kualitas udara pada lubang Pendidikan PT. Bukit Asam Tbk, UPO, berdasarkan hasil pengukuran adalah sebagai berikut:
 - a. Kuantitas udara pada lubang Pendidikan menggunakan mesin fan A 50 HP udara minimum 5,9 m³/s, mesin fan B 50 HP udara minimum 8,1 m³/s, dan mesin fan 2 x 50 HP memiliki udara 15,92 m³/s.
 - b. Kandungan gas dalam kondisi aman yaitu kandungan metan (CH₄) < 0,25%, O₂ > 18,5 %, H₂S 0,001 % dan CO < 0,005%. Sesuai dengan Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Kementerian ESDM Nomor 185 K/37.04/DJB/2019.
 - c. Kelembapan udara diantara 83 % sampai 88 % menggunakan mesin fan A 50 HP, 80 % - 92 % menggunakan mesin fan B 50 HP, dan 82 % - 89 % menggunakan mesin fan 2 x 50 HP, ada beberapa titik melebihi ketentuan yang sesuai dengan Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Kementerian ESDM Nomor 185 K/37.04/DJB/2019. Dikarenakan penyangga kayu yang digunakan sudah mulai melapuk akibat rembesan air dari rekahan
 - d. Temperatur udara pada lubang yaitu 20,8°C - 22,5 °C menggunakan mesin fan A 50 HP, 17,5 °C - 22,1 °C menggunakan mesin fan B 50 HP, dan 18 °C sampai 20 °C menggunakan mesin fan 2 x 50 HP, terdapat pada beberapa titik tidak sesuai dengan batas yang ada diantara 18 °C sampai 27 °C.
 - e. Efisiensi kerja pada lubang dengan rata-rata 95 % menggunakan mesin fan A 50 HP, 98 % menggunakan mesin fan B 50 HP, dan 99% menggunakan mesin fan 2 x 50 HP, termasuk dalam efisiensi kerja yang diharapkan.
2. Jumlah maksimum pengunjung yang dapat masuk ke dalam lubang dalam kondisi aman dan nyaman, dilihat dari beberapa faktor keamanan dan kenyamanan, yaitu mesin fan A 25 orang, mesin fan B 30 orang, dan mesin fan 2 x 50 Hp 50 orang.
3. Terdapat perbedaan kondisi aktual dengan simulasi sistem ventilasi menggunakan *software* ventsim, perbedaan itu terjadi dikarenakan kondisi beberapa cabang lubang Pendidikan penyangga yang sudah melapuk dan kurangnya perawatan terhadap mesin fan, sehingga menyebabkan perbedaan antara kondisi aktual dengan simulasi sistem ventilasi.
4. 5. Biaya operasional fan menggunakan mesin fan A 50 HP Rp. 59.615/jam dan Rp. 476.920/shift, menggunakan mesin fan B 50 HP Rp. 204.331/jam dan Rp. 1.634.648/shift, sedangkan untuk menggunakan mesin fan 2 x 50 HP Rp. 1.805.016/jam dan Rp. 14.440.128/shift.

5.2 Saran

1. Supaya untuk menjaga kuantitas udara di dalam lubang, maka diperlukannya perawatan terhadap mesin fan secara rutin dan pengecekan secara berkala.
2. Sebaiknya saat adanya yang melakukan kunjungan ke lubang Pendidikan, untuk aktivitas memompa air dan rawatan lubang dilakukan sebelum atau sesudah pengunjung melakukan kunjungan ke dalam lubang Pendidikan.
3. Melakukan perbaikan penyangga yang sudah melapuk pada beberapa cabang supaya mengurangi kehilangan udara yang berada di dalam lubang dan untuk mencegah terjadinya kecelakaan di dalam lubang.
4. Sebaiknya saat melakukan kunjungan dibagi menjadi beberapa kelompok kecil, supaya mesin fan yang digunakan agar lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asmunandar, A., & Heriyadi, B. (2018). Evaluasi dan Rancangan Sistem Ventilasi Pada Lubang Tambang BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana, Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, Kota Sawahlunto. Bina Tambang, 3(3), 1133-1142
- [2] Bafnis, A. F., Heriyadi, B., & Sumarya, S. (2014). Analisis Sistem Ventilasi Tambang Untuk Kebutuhan Operasional Penambangan Pada Tambang Bawah Tanah Ombilin 1 (Sawahluwung) PT. Bukit Asam-UPO. Bina Tambang, 1(2), 85-99.
- [3] Fedi, F., Heriyadi, B., & Anaperta, Y. M. (2015). Analisis Penurunan Suhu Udara di Area Produksi Tambang Batubara Bawah Tanah PT. Bukit Asam (Persero) TBK, Unit Penambangan Ombilin, Sawahlunto, Sumatera Barat. Bina Tambang, 2(1), 232-246.
- [4] Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Rama
- [5] Heriyadi, B. (2002). Perangan (Ventilasi) Tambang. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Balai Pendidikan dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah, Indonesia. Tambang. Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri, 17(2), 147-152.
- [6] Nurluthvia, N. (2021). Upaya Pengontrolan Sistem Ventilasi Tambang untuk Menghitung Kualitas dan Kuantitas Udara pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang Bukaan SD-C2 Lori 1 PT. Nusa Alam Lestari Jobsite Desa Salak Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).
- [7] Sestiana, R., & Heriyadi, B. (2019). Perencanaan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C2 Di PT. Nusa Alam Letari, Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. Bina Tambang, 4(2), 39-48.
- [8] Syaputra, D., & Heriyadi, B. (2019). Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Penurunan Temperatur Efektif Pada Alat Simulasi

Ventilasi Tambang Bawah Tanah. *Bina Tambang*, 4(1), 198-211.

- [9] Syarif, A., & Heriyadi, B. (2019). Evaluasi & Analisis Rencana Perubahan Jalur Ventilasi Untuk Kebutuhan Lubang Pendidikan Tambang Bawah Tanah Ombilin 1 (Sawahluwung) PT. Bukit Asam Tbk-UPO. *Bina Tambang*, 4(1), 252-265.
- [10] Yuniarto, W. B., Wijaya, R. A. E., & Sidiq, H. (2020). Optimalisasi Fan Pada Sistem Ventilasi Tambang Bawah Tanah Area Kubang Kicau PT. Aneka Tambang Tbk, UBPE Pongkor Bogor, Jawa Barat. *ReTII*, 325-332.