

Evaluasi Dan Rancangan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang BMK 35 Lori 4 PT. Bara Mitra Kencana. Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat.

Kurnia Arrafi Siregar^{1*}, Rizto Salia Zakri.S.T.,M.T**

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*kurniaarrafisiregar@gmail.com

Abstract. CV. Bara Mitra Kencana is a coal mining company located in Talawi District, Sawahlunto City, West Sumatra Province. The company has experienced an incident fatality since January 2020 which occurred in the tunnel BMK35 lori 4. In order to prevent fatality in other tunnels, therefore it has research mine ventilation system in the tunnel BMK35 lori 4. This study was conducted to obtain a likely factor causes of fatality

Based on KEPMEN ESDM Number 1827K / 2018 pages 104,107, and 177 regarding mine ventilation, the measurement results obtained are close to or not following details such as the air temperature at BMK35 Lori 4 from 29°C to 31°C, and humidity is between 95% to 100%. BMK35 Lori 4 has a concentration of oxygen (O₂) 19.8%, Sulfide (H₂S) 0%, Carbon Monoxide (CO) 0.036% and Methane (CH₄) has been 0.35%. refer to the minimum air quantity requirement of 2,546 m³/s that have been fulfilled, so that the air needed in the field by 2.4 m³/s.

In order to overcome this problem, The researchers designed an underground mine ventilation system using the Ventsim software. The ventilation design was planned to use 3 blowers with 16-inch diameter.. The blowers had used supplies air to C6 and workface through a duct in a total of 2 pieces and blower for exhaust air out of the mine mouth through ducts as much as 1 piece. The results of the simulation using the Ventsim application showed the air quantity increased from 2.4 m³/s to 2.7 m³/s.

Keywords: Ventilation System, Ventsim, Underground Mining, Gas Content, Fatality

1. Pendahuluan

1.1.Latar belakang

Tambang bawah tanah (*Underground Mining*) merupakan metode penambangan yang segala aspek kegiatan atau aktivitas penambangannya dilakukan dibawah permukaan bumi, sistem tambang bawah tanah akan menjadi pilihan utama eksploitasi mineral dan energi (Howart L Hartman, 1987).

CV. Bara Mitra Kencana merupakan industri pertambangan batubara yang berada di Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Pada daerah tersebut terdapat Cekungan Ombilin yang merupakan formasi pembawa batubara. Jika dilihat pada peta geologi regional lembar Solok oleh Silitongga dan Kastowo (1995), lokasi penambangan tersebut berada di Formasi Sangkarewang. Fomasi ini terdiri dari serpih gampingan sampai napar berwarna coklat kehitaman, berlapis halus dan mengandung fosil

ikan serta tumbuhan yang diendapkan pada lingkungan air tawar (Koesoemadinata dan Matasak, 1981).

Sistem ventilasi yang digunakan CV. Bara Mitra Kencana pada lubang bukaan BMK35 Lori 4 yaitu sistem ventilasi hembus, yang bertujuan untuk menyediakan dan mengalirkan udara segar ke dalam lubang tambang. Sistem ventilasi ini menggunakan *lokal fan* yang udaranya dihembuskan menuju *front* penambangan, dimana jumlah *lokal fan* ada 3 unit dengan ukuran berurutan, 14 inci, 14 inci dan 16 inci. Pada *tunnel* ini, tidak terdapatnya *mainfan* di penampang *tunnel* dan baru ditemukan *lokal fan* pada kedalaman 63 meter

Untuk memenuhi kebutuhan udara para pekerja pada tambang batubara bawah tanah dilakukan pengkajian terhadap jumlah pekerja, emisi gas pengotor, peralatan yang beroperasi di area penambangan serta kondisi temperatur dan kelembaban udara pada lubang tambang. Sehingga dapat diketahui temperatur efektif

dan kelembaban relatif *front* kerja untuk memenuhi kebutuhan udara segar baik untuk pekerja ataupun alat-alat mekanis serta perencanaan sistem ventilasi yang baik untuk memenuhi kebutuhan oksigen para pekerja 2 m³/menit , menstabilkan temperatur 18-24°C dengan kelembaban relatif 85%.

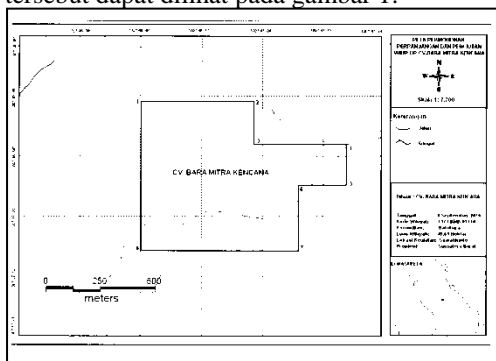
Berdasarkan pengukuran yang dilakukan dilapangan didapatkan temperatur efektif sebesar 29°C yang seharusnya diantara 18°C-24°C, kebocoran duct juga ditemukan pada kedalaman 73 meter, dan kadar oksigen sebesar 19.8 % serta kadar CO₂ sebesar 0.0036%. Maka dapat mengurangi efisiensi kerja dan kenyamanan para pekerja tambang dalam melaksanakan aktivitas penambangan

CV. Bara Mitra Kencana pada januari 2020 lokasi BMK 35 Lori 4 dimana terjadi kecelakaan tambang karena kurangnya suplai oksigen pada lokasi kemajuan tambang sehingga menyebabkan kematian 2 pekerja tambang dan juga pernah terjadi kebakaran pada lubang tambang dimana terjadi pada saat para pekerja libur sehingga tidak menimbulkan korban jiwa oleh sebab itu kepala teknik tambang mengambil kebijakan untuk menutup sementara lokasi tersebut dan arah kemajuan penambangan di arahkan ke sebelah kanan dari lokasi.

Berdasarkan Masalah di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Evaluasi Dan Rancangan Sistem Ventilasi Pada Tambang Bawah Tanah Lubang BMK 35 Lori 4 PT. Bara Mitra Kencana. Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat".

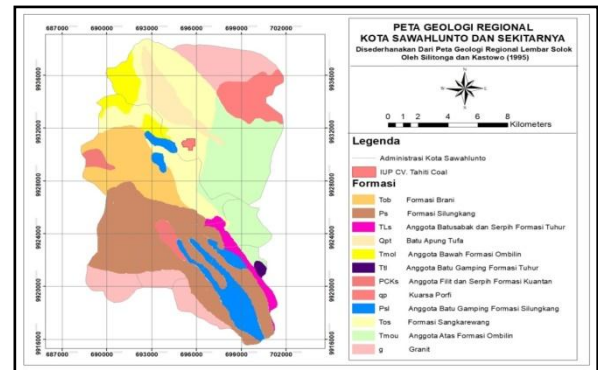
1.2.Lokasi Penelitian

Lokasi penambangan CV. Tahiti Coal secara administratif di Tanah kuning, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. Secara Geografis, wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) CV. Tahiti Coal terletak pada koordinat 100°45'06"-100°45'32" BT dan 00°37'20"-00°37'51" LS. Wilayah IUP tersebut dapat dilihat pada gambar 1.

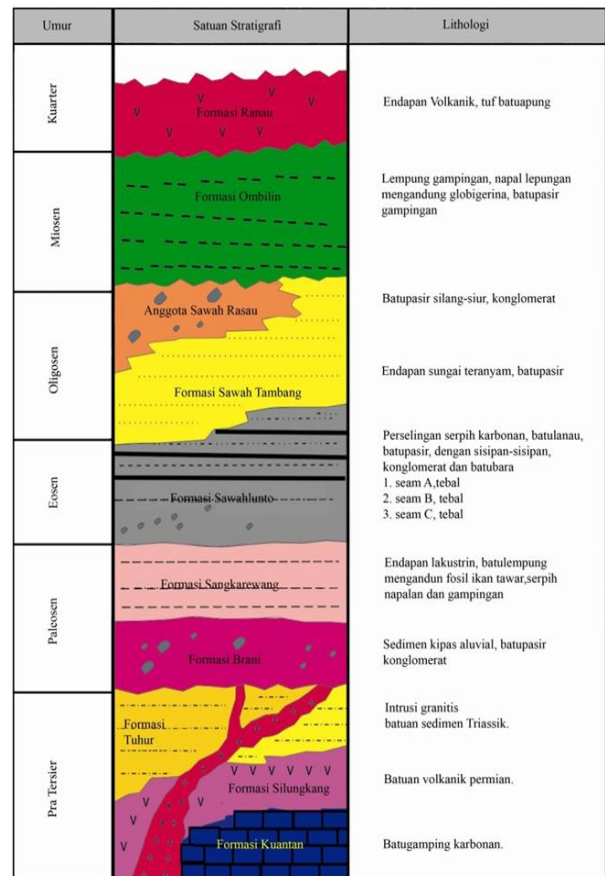


Gambar 1. Peta Wilayah IUP CV. Bara Mitra Kencana

Dilihat pada peta geologi regional lembar Solok oleh Silitongga dan Kastowo (1995), CV. Tahiti Coal berada di Formasi Sangkarewang. Jika disederhanakan peta tersebut dapat dilihat pada gambar 2, dimana Formasi Sangkarewang berwarna kuning.



Gambar 2. Peta Geologi Regional Kota Sawahlunto Lokasi penambangan CV. Bara Mitra Kencana terletak dekat dengan daerah Sikalang. Menurut Finura et al (2019), struktur geologi yang terdapat di Sikalang dan sekitarnya adalah sinklin santur, antiklin kolok, sinklin kandih, sesar geser kolok, dan sesar geser sikalang Berdasarkan umur batuan Koesoemadinata dan Matasak (1981) membagi Cekungan Ombilin menjadi dua bagian besar yaitu Pra-Tersier dan Tersier dengan urutan batuan dari tua ke muda seperti gambar 3



Gambar 3. Stratigrafi Kota Sawahlunto

1.3.Kajian teori

1.3.1. Sistem ventilasi

Terdapat dua jenis sistem ventilasi pada tambang bawah tanah yaitu ventilasi alami dan ventilasi mekanik. Ventilasi alami (*natural ventilation*) adalah aliran udara yang terjadi secara alami akibat adanya perbedaan temperatur atau bobot isi udara pada dua

titik yang berhubungan. Sedangkan, ventilasi mekanik (*mechanical ventilation*) merupakan ventilasi yang menggunakan alat mekanis untuk menimbulkan perbedaan tekanan sehingga udara dapat mengalir.

Berdasarkan letak *fan* ventilasi mekanis dapat dibedakan menjadi tiga sistem, yaitu: sistem hembus (*forcing system*), sistem hisap (*exhaust system*) dan overlap sistem

1.3.2. Kandungan gas

Pramod Thakur (*Advanced Mine Ventilation*, 2018) berpendapat bahwa untuk satu ton batubara dibutuhkan 20 ton udara segar dengan kandungan seperti tabel 1

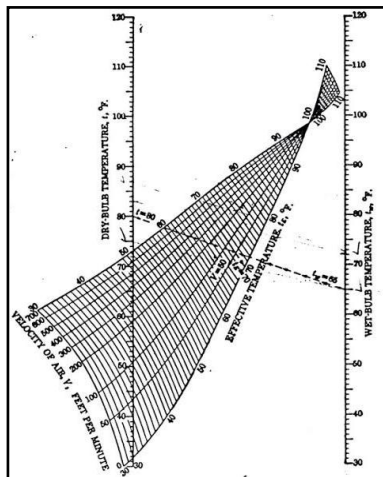
Tabel 1. Komposisi Udara Segar

Unsur	Volume (%)	Berat (%)
Nitrogen (N ₂)	78.09	75.53
Oksigen (O ₂)	20.95	23.14
Karbon dioksida (CO ₂)	0.03	0.046
Argon (Ar)	0.93	1.284

Selain unsur-unsur pada udara segar pada tambang bawah tanah juga terdapat gas-gas pengotor. Gas tersebut dapat berupa, Karbon Dioksida (CO₂), Karbon Monoksida, Hidrogen Sulfida (H₂S), Methane (CH₄), Nitrogen Dioksida (NO₂), dan Sulfur Dioksida (SO₂).

1.3.3. Temperatur efektif

Mengatur panas dan kelembapan udara area kerja merupakan fungsi dari ventilasi pada tambang bawah tanah sehingga dapat menciptakan suasana/lingkungan kerja yang nyaman. Cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai temperature efektif adalah menggunakan grafik seperti gambar 4.



Gambar 4. Grafik Temperatur Efektif

1.3.4. Kelembapan relatif

Pada tambang bawah tanah, udara yang terdapat tidak selalu udara kering tetapi juga terdapat uap air yang mana nantinya akan mempengaruhi kelembapan pada lubang. Ketika udara luar lebih dingin dari udara tambang (musim dingin), udara yang masuk dihangatkan dengan cepat ke suhu tambang. Sehingga selama musim dingin efek dari arus ventilasi adalah mengeringkan tambang dan kelembapan relatifnya rendah. Namun sebaliknya terjadi ketika dalam

keadaan musim panas efek dari arus ventilasi melembapkan dan kelembapan relatifnya menjadi tinggi (Wang Xinyang, 2020)

1.3.5. Software ventsim

Salah satu software yang dapat digunakan adalah ventsim, Ventsim memiliki fungsi-fungsi diantaranya:

- Menyediakan informasi aliran udara dalam tambang.
- Memodelkan jaringan ventilasi dalam bentuk 3 dimensi.
- Melakukan simulasi untuk perencanaan baru.
- Memberikan bentuk duct yang diinginkan.
- Membantu dalam analisis finansial untuk pilihan-pilihan ventilasi.
- Mensimulasikan bentuk jalur dan konsentrasi asap, debu, gas dalam tambang.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jenis penelitian

Menurut tujuannya penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan. Penelitian terapan (*applied research*) adalah penelitian yang diarahkan untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah (Sugiono, 2010). Metode analisis data yang digunakan adalah metode analisis kuantitatif berdasarkan teori perhitungan dan memberikan keluaran yang bersifat kuantitatif atau berbentuk.

2.2. DATA DAN SUMBER DATA

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer data yang didapat secara langsung di lapangan yaitu CV. Bara Mitra Kencana sedangkan data sekunder diperoleh dari sumber-sumber buku atau studi kepustakaan serta dari beberapa literatur untuk menunjang penelitian ini.

2.2.1. Data Primer

Data penting yang digunakan untuk membahas masalah-masalah yang dihadapi.

- Data kandungan gas dalam terowongan.
- Data temperatur dan kelembapan udara.
- Data kecepatan aliran udara.
- Ukuran penampang geometri terowongan.
- Ukuran penampang diameter *duct*.

2.2.2. Data Sekunder

Data yang dapat mendukung data-data dari lapangan guna menganalisis permasalahan yang ada untuk mencari alternatif penyelesaian masalah.

- Layout lubang tambang BMK 35 Lori 4.
- Spesifikasi alat-alat yang digunakan.
- Jumlah pekerja

2.3. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

2.3.1. Tahap persiapan

- Studi pustaka, meliputi pengumpulan informasi awal dan literatur.

b. Administrasi, ini terkait dengan surat-menyurat, surat izin maupun surat pengantar ke instansi dan perusahaan serta lembaga terkait.

2.3.2. Tahap penelitian lapangan

Pengukuran luas penampang terowongan

Pada tahapan ini adalah mengukur luasan dari terowongan yang dimulai dari mengukur panjang, tinggi, dan lebar terowongan dengan menggunakan alat ukur meteran.

a. Pengukuran gas – gas

Pengukuran gas – gas dilakukan untuk mengetahui konsentrasi gas yang terdapat terdapat di tambang bawah tanah, pengukuran ini dilakukan pagi hari sebelum para pekerja masuk kedalam lokasi untuk bekerja. Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah Multi gas detector yang memiliki kemampuan untuk membaca berbagai macam gas seperti CO, CO₂, CH₄, H₂S dan O₂.

b. Pengukuran kecepatan aliran udara

Pengukuran kecepatan udara dilakukan untuk mengetahui kondisi kecepatan udara yang ada didalam lokasi penambangan, pengukuran ini dilakukan beberapa titik dengan menggunakan alat anemometer.

c. Pengukuran temperatur efektif dan kelembaban relatif

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui temperatur dan kelembaban yang berada didalam lokasi, pengukuran ini dilakukan beberapa titik disetiap pagi dan sore. Alat ukur yang digunakan adalah Digital Slingpsycrometer.

2.4.Data Hasil pengukuran

2.4.1. Ukuran penampang/geometri terowongan

Geometri penampang terowongan yang diukur yaitu pada lubang utama, percabangan dan *front* kerja pada lubang tambang BMK-35 menggunakan meteran. Adapun hasil pengukuran lubang bukaan seperti tabel 2

Tabel 2. Hasil Pengukuran Penampang Terowongan

Lokasi	Lebar bawah	Lebar atas	Tinggi
	m	m	m
Kanopi	3.0	3.0	3.3
Jalur	2.6	2.4	2.7
C6	2.3	2.3	2.5
Fk	2.4	2.2	2.5

Dengan layout seperti gambar 5



Gambar 5. Layout Evaluasi Sistem Ventilasi BMK-35

Adapun hasil pengukuran penampang *duct* seperti tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Penampang *Duct*

Diameter blower	
In	m
12in	0.3040
14in	0.3556
16in	0.4060

Adapun hasil pengukuran kecepatan udara seperti tabel 4

Tabel 4. Kuantitas Udara BMK35 LORI 4

Lokasi	Kec udara (m/s)
Kanopi	0.2
Jalur	0.4
C6	0.15
Fk	0.22

Adapun pengukuran gas metana seperti tabel 5.

Tabel 5 . hasil pengukuran gas metana

Jadwal	Gas metane (ppm)							
	Kano pi		Jalur		Fk		C6	
	P a g i	S i a n g	P a g i	S i a n g	P a g i	S i a n g	P a g i	S i a n g
16 juni 2021	0	0	4	4	3	4	3	3
17 juni 2021	0	0	3	4	3	4	3	2
18 juni 2021	0	0	3	4	5	3	4	3
19 juni 2021	0	0	2	3	5	3	5	4
21 juni 2021	0	0	3	4	4	4	3	5
22 juni 2021	0	0	4	4	5	5	2	3
23 juni 2021	0	0	3	4	6	3	6	3
24 juni 2021	0	0	2	3	3	3	3	5
25 juni 2021	0	0	4	4	5	2	6	3
26 juni 2021	0	0	3	4	3	5	3	5
28 juni 2021	0	0	3	4	4	3	2	2
29 juni 2021	0	0	4	3	4	4	4	4
30 juni 2021	0	0	3	3	3	2	5	7
1 juli 2021	0	0	4	4	5	4	3	3
2 juli 2021	0	0	3	2	4	5	4	4

Adapun pengukuran gas oksigen seperti tabel 6.

Tabel 6 . hasil pengukuran gas oksigen

Jadwal	Gas oksigen (ppm)							
	Kanopi		Jalur		Fk		C6	
	Pa gi	Sia ng	Pa gi	Sia ng	Pa gi	Sia ng	Pa gi	Sia ng
16 juni 2021	19.5	19.7	19.5	19.7	18.9	20.2	20.1	19.7
17 juni 2021	18.7	20.3	18.7	20.3	18.4	19.8	19.7	18.8
18 juni 2021	18.5	19.3	18.5	19.3	18.7	20.3	18.9	18.7
19 juni 2021	18.3	19.8	18.3	19.8	19.5	19.7	18.4	18.3
21 juni 2021	18.7	19.5	18.7	19.5	18.7	20.3	18.7	19.8
22 juni 2021	18.5	18.9	18.5	18.9	18.5	19.3	19.5	18.6

23 juni 2021	19.7	18.4	19.7	18.4	18.3	19.8	18.7	20.2
24 juni 2021	18.8	18.7	19.5	19.7	18.7	19.5	19.5	19.7
25 juni 2021	20.3	18.9	18.7	20.3	18.5	18.9	18.7	20.3
26 juni 2021	19.7	18.4	18.5	19.3	19.7	18.4	18.5	19.3
28 juni 2021	20.3	18.7	18.3	19.8	18.8	18.7	18.3	19.8
29 juni 2021	19.3	19.5	18.7	19.5	18.7	19.5	18.7	19.5
30 juni 2021	19.8	18.7	18.5	18.9	18.3	18.7	18.5	18.9
1 juli 2021	19.5	18.5	19.7	18.4	19.8	18.5	19.8	18.3
2 juli 2021	18.9	18.3	19.5	19.7	18.6	18.3	19.2	18.7

Adapun pengukuran gas karbon monoksida seperti tabel 7.

Tabel 7. hasil pengukuran gas karbon monoksida

Jadwal	Gas karbon monoksida(ppm)							
	Kanopi		Jalur		Fk		C6	
	Pa gi	Sia ng	Pa gi	Sia ng	Pa gi	Sia ng	Pa gi	Sia ng
16 juni 2021	20.3	20.3	20.3	20.3	20	24	20	18
17 juni 2021	20.1	20.1	20.1	20.1	23	31	23	25
18 juni 2021	19.2	19.2	19.2	19.2	25	27	22	24
19 juni 2021	20.2	20.2	20.2	20.2	23	25	21	25
21 juni 2021	20	20	20	20	22	25	24	25
22 juni 2021	19	19	19	19	26	28	36	23
23 juni 2021	20	20	20	20	27	29	24	25
24 juni 2021	19.8	19.8	19.8	19.8	32	30	21	35
25 juni 2021	19.7	19.7	19.7	19.7	30	36	24	35
26 juni 2021	19	19	19	19	31	34	23	23
28 juni 2021	20	20	20	20	29	23	24	25
29 juni 2021	20.2	20.2	20.2	20.2	26	22	21	24
30 juni 2021	20.1	20.1	20.1	20.1	25	35	24	25
1 juli 2021	20.2	20.2	20.2	20.2	21	33	19	21
2 juli 2021	20.1	20.1	20.1	20.1	27	32	21	25

Adapun Hasil pengukuran temperatur udara dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Temperatur Udara

lokasi	Suhu (f)		Suhu (c)		Kec udara	Tem peratur efektif
	Td	Tw				
Kanopi	85.7	85.9	29.83	29.94	0.2	26
Jalur	83.7	84.3	28.72	29.06	0.4	28.2
Jalur ventilasi	83.5	85.4	28.61	29.67	0.3	
C6	86.4	83.9	30.2	28.83	0.15	29.6
Fk	84.5	86.3	29.17	30.17	0.22	29.2

Berdasarkan table 8 diatas dapat dilihat bahwa temperatur udara pada lubang tambang BMK-35 melebihi ambang batas yaitu 18-24 °C.

2.5.TAHAPAN PENELITIAN

- (1) Pengumpulan data
- (2) Pengolahan data
 - (a) Menghitung luas penampang terowongan
 - (b) Menghitung kandungan gas
 - (c) Menghitung debit udara.
 - (d) Menghitung temperatur efektif dan kelembaban relatif
 - (e) Menghitung kebutuhan udara pekerja
 - (f) Menghitung kebutuhan udara mesin
 - (g) Menganalisis faktor penyebab kecelakaan kerja
 - (h) Merancang Sistem ventilasi
- (3) Analisis data
- (4) Selesai dan publikasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ventilasi Aktual

Adapun luas penampang lubang bukaan dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Luas penampang lubang bukaan

Lokasi	Luas penampang (m ²)
Kanopi	11.55
Jalur	8.34
C6	6.56
Fk	6.70

Adapun luas duct dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Luas duct

Diameter blower	m	Luas duct
in	m	m ²
12in	0.3040	0.1451
14in	0.3556	0.1985
16in	0.4060	0.2588

Adapun debit udara dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Debit udara

lokasi	Kec udara	Luas penampang	Debit
	m/s	m ²	m ³ /s
Kanopi	0.2	11.55	2.3
Jalur	0.4	8.34	3.34
C6	0.15	6.56	0.984
Fk	0.22	6.70	1.3

Adapun Kelembaban udara, temperatur udara dan kandungan gas dapat dilihat pada tabel 12

Tabel 12. Kelembapan udara, temperatur udara dan kandungan gas

hal	Keterangan	Standar	aktual
Kelembapan udara		<85	95-100
Temperatur		18° C - 24° C	29°
Kandungan gas	oksigen	>18%	18.3-18.9 %
	metana	0.25%	0.35% (paling tinggi)
	Karbon monoksida	0.0005%	0.035% (paling tinggi)

Kebutuhan udara

Minimal udara untuk 1 orang adalah 2 m³/menit atau sama dengan 0.033 m³/s sehingga didapatkan 8 orang x 0.033 m³/s = 0.264 m³/s

Kebutuhan udara untuk alat minimal 3 m³/menit setara dengan 0.05 m³/s untuk 1 HP Sehingga 6 alat bor dengan 6.5 HP

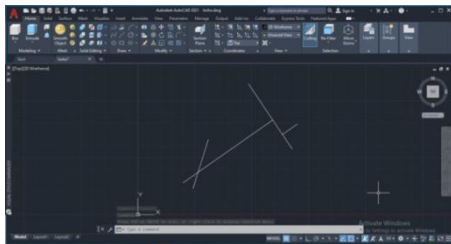
$$q = 6 \times \left(0.05 \frac{m^3}{s} \times 4 \right) = 1.2 \frac{m^3}{s}$$

Total kebutuhan udara 1.95 m³/s + 0.264 m³/s = 2.214 m³/s

15 % dari 2.214 m³/s = 0.332 m³/s

Total minimal udara sebesar 2.214 m³/s + 0.332 m³/s = 2.546 m³/s

Design ventilasi aktual



Gambar 6. Design ventilasi di software autocad

Pembuatan *layout* lubang penambangan berupa garis menggunakan aplikasi autocad. Pembuatan *layout* ini berdasarkan data ukur lubang tambang yang didapat dari perusahaan dapat dilihat seperti gambar 6 untuk hasil disoftware autocad. Setelah pembuatan *layout* selesai barulah di *import* ke aplikasi ventsim. Kemudian dilakukan pengaturan bentuk, ukuran, dan jenis dari setiap lubang tambang. Setelah itu dilanjutkan dengan menempatkan *fan* dan *duct* sesuai dengan keadaan di lapangan. Karakteristik dari *fan* dan *duct* diatur sesuai dengan data yang didapat dari perusahaan. Selanjutnya aplikasi ventsim diatur agar dapat menampilkan arah aliran dan kuantitas udara dalam tambang seperti terlihat pada gambar 7.



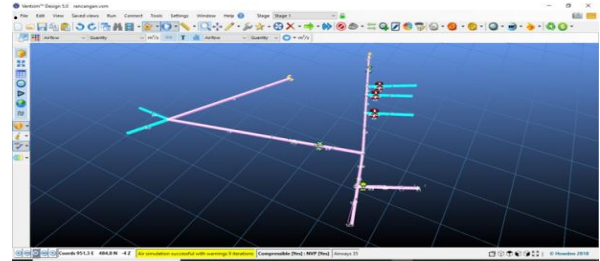
Gambar 7. Design ventilasi di software ventsim

3.2 Ventilasi yang direncanakan

Adapun kandungan gas seperti berikut konsentrasi oksigen sebesar 18.3%. Konsentrasi metan sebesar 0% dan Konsentrasi karbon monoksida sebesar 0.020%. sedangkan kelembapan efektif diantara 90%-100%, dan temperatur efektif diantara 20-24°.

Untuk Debit udara didapatkan di lokasi C6 sebesar 1.3 m³/s dan di FK sebesar 1.4 m³/s dengan dilakukan pergantian blower dengan 16 inci dan posisi dari tempat blower

Untuk design ventilasi yang direncanakan seperti pada gambar 8



Gambar 8. Design ventilasi di software ventsim

3.3 Perbandingan aktual dan rencana

Berdasarkan hasil pengolahan data maka perbandingan kuantitas udara seperti pada tabel 13.

Tabel 13. Perbandingan kuantitas udara

hal	Lokasi	Aktual	Rencana
Kuantitas udara	C6	1 m ³ /s	1.3 m ³ /s
	FK	1.3 m ³ /s	1.4 m ³ /s
	total	2.4 m ³ /s	2.7 m ³ /s

Berdasarkan hasil pengolahan data maka perbandingan kualitas udara seperti pada tabel 14.

Tabel 14. Perbandingan kualitas udara

hal	Keterangan	Standar	aktual	rencana
Kelembapan udara		<85	95-100	90-100
Temperatur		18° C - 24° C	29°	23°
Kandungan gas	oksigen	>18%	18.3-18.9 %	20 %
	metana	0.25%	0.35% (paling tinggi)	0 %
	Karbon monoksida	0.0005 %	0.035% (paling tinggi)	0.025 % (paling tinggi)

Adapun untuk biaya pemasangan ventilasi pada lori 4 secara aktual seperti pada tabel 15

Tabel 15. Biaya ventilasi aktual

No	Nama	jumlah	Meter	harga	total
1	Kabel		80	5.000	400.000
2	blower 14	2		2.7 jt	5.2 jt
3	blower 16	1		3.1 jt	3.1 jt

4	selang duct 14 in	2	40	10.000	800.000
5	selang duct 16 in	1	40	10.000	400.000
6	Tali rafia	1		5.000	5000
7	Genset	kw		8 jt	8 jt
	total			17.905.000	

Pada lori 4 dibangun ventilasi tambang menggunakan genset untuk sumber aliran listrik yang akan mensuplai penggunaan dari blower 14 inci sebanyak 2 dan blower 16 inci sebanyak 1 dengan penghubung antara genset dan blower menggunakan kabel. Udara dari blower disuplai ke front kerja dan C6 menggunakan *duct* yang sesuai dengan diameter dari blowernya yang akan dirapikan sepanjang *duct* menggunakan tali rafia sehingga posisi dari *duct* akan tetap

Adapun untuk biaya pemasangan ventilasi pada lori 4 secara rencanakan seperti pada tabel 16.

Tabel 16. Biaya ventilasi rencana

No	Nama	jumlah	Meter	harga	total
1	Kabel		80	5.000	400.000
2	Blower 16 in	3		3.1 jt	9.3 jt
3	selang duct 16 in	1	100	10.000	400.000
4	Tali rafia	1		5.000	5000
5	Genset	1		8 jt	8 jt
	total			18.105.000	

Pada lori 4 dibangun ventilasi tambang menggunakan genset untuk sumber aliran listrik yang akan mensuplai penggunaan dari blower 13 inci sebanyak 3 dengan penghubung antara genset dan blower menggunakan kabel. Udara dari blower disuplai ke front kerja dan C6 menggunakan *duct* yang sesuai dengan diameter dari blowernya yang akan dirapikan sepanjang *duct* menggunakan tali rafia sehingga posisi dari *duct* akan tetap

4. KESIMPULAN

- (1) Kondisi kualitas dan kuantitas udara yaitu debit udara yang diperlukan $2.546\text{m}^3/\text{s}$ yang baru tercukupi $2.4\text{m}^3/\text{s}$ sedangkan Kualitas udara sebagai berikut Oksigen sebesar 18.3%, Karbon monoksida sebesar 0.036%, dan Methana sebesar 0.35%.
- (2) Faktor-faktor penyebab terjadinya fatality di BMK 35 Lori 4 adalah kurangnya pemahaman pekerja dalam melihat rambu yang ada di lapangan dan sistem ventilasi yang kurang baik
- (3) Merancang sistem ventilasi yang aman di BMK 35 Lori 4 dimana design memiliki 3 blower yang berukuran 16 inci dimana posisi dari blower diganti sehingga dapat kuantitas sebesar untuk $C6 = 1.3\text{m}/\text{s}$ dan $FK = 1.4\text{m}^3/\text{s}$ sedangkan Kualitas udara yaitu Oksigen sebesar 20%, Karbon monoksida sebesar 0.025% dan Methana sebesar 0%

5. REFERENSI

- [1] Acuña, E. I., & Lowndes, I. S. (2014). A review of primary mine ventilation system optimization. *Interfaces*, 44(2), 163-175.
- [2] Akande, J. M., Onifade, M., & Aladejare, A. E. (2013). Determination of airflow distributions in Okaba underground coal mine. *Journal of Mining World Express*, 2(2), 40-44.
- [3] Anonim. *Diktat Ventilasi Tambang UNP*.
- [4] Asmunandar, A. (2018). *Evaluasi dan Rancangan Sistem Ventilasi pada Lubang Tambang BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana, Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, Kota Sawahlunto*. Jurnal Bina Tambang, 3 (3), 1333-1142.
- [5] Anonim. *Diktat Ventilasi Tambang UNP*.
- [6] 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..
- [7] De Souza, E. (2017). Application of ventilation management programs for improved mine safety. *International Journal of Mining Science and Technology*, 27(4), 647-650.
- [8] Hartman, L.H., et al. (1997). *Mine Ventilation and Air Conditioning*. Canada: A Wiley-Interscience Publication.
- [9] Heriyadi, B., & Zakri, R. S. (2021, June). Evaluation and Analysis of Needs for Air Ventilation Systems in Underground Coal Mine (Case Study in Underground Coal Mine, Sawahlunto City). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1940, No. 1, p. 012077). IOP Publishing.
- [10] Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827/K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- [11] Keputusan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 185.K/37.04/DJB/2019 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan, Penilaian, dan Pelaporan Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan Mineral dan Batubara.
- [12] Nie, X., Wei, X., Li, X., & Lu, C. (2018). Heat treatment and ventilation optimization in a deep mine. *Advances in Civil Engineering*, 2018.
- [13] Nel, A. J., Vosloo, J. C., & Mathews, M. J. (2018). Evaluating complex mine ventilation operational changes through simulations. *Journal of Energy in Southern Africa*, 29(3), 22-32.
- [14] Peng, W., Kunlei, Z., Yu, Z., Jingxian, L., & Changyan, S. (2014). Research and

- application of controlled circulating ventilation in deep mining. *Procedia Engineering*, 84, 758-763
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] Wei, F., Fangping, Z., & Huiqing, L. (2011). The use of 3D simulation system in mine ventilation management. *Procedia Engineering*, 26, 1370-1379.