



ANALISIS KEBUTUHAN UDARA UNTUK MERANCANG SISTEM VENTILASI AMAN

ANALYSIS OF AIR REQUIREMENT TO DESIGN A SAFE VENTILATION SYSTEM

Riyamizard Z¹, M. Taufik Toha², Syamsul Komar³

¹⁻³ Magister Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jalan Raya Palembang-Prabumulih, KM 32 Inderalaya Kabupaten Ogan Ilir 30662
e-mail: ¹riyamizardzazili@gmail.com, ²taufiktoha@yahoo.com

ABSTRAK

Tambang bawah tanah (*Underground Mining*) adalah suatu sistem penambangan yang kegiatannya dilakukan di bawah permukaan bumi. Sistem ventilasi yang digunakan CV. Bara Mitra Kencana adalah ventilasi hembus, bertujuan untuk menyediakan dan mengalirkan udara segar ke dalam tambang bagi pernafasan pekerja dan proses lain yang memerlukan udara. Pada lokasi lubang tambang BMK 35 lori 4 pernah terjadi kecelakaan kerja akibat kurangnya suplai oksigen menyebabkan kematian dua orang pekerja. Dari hasil pengukuran gas menggunakan alat *multigas detector* didapatkan kandungan gas metan CH₄ sebesar 7 LEL dan gas CO 36 PPM. Sistem forcing (hembus) menggunakan *blower* 14 Inch dan 12 Inch, debit udara yang dihasilkan sudah melebihi standar (2 m²/menit) akan tetapi gas-gas berbahaya belum dapat terurai dengan baik. Oleh karena itu, *re-design* ventilasi diperlukan dengan menerapkan sistem ventilasi *forcing overlap*, yaitu perpaduan sistem hembus dengan hisap dengan menempatkan *blower* pada lokasi 8 meter sebelum cabang C6 pada saluran udara masuk. Selanjutnya pada dekat lokasi kerja dipasang *exhaust* untuk menarik udara segar yang tersirkulasi ke lokasi Front kerja (FK). Pada lokasi front kerja ditambahkan satu (1) *exhaust* agar membantu menarik udara keluar menuju pintu masuk.

Kata kunci: ventilasi, udara, rancangan

ABSTRACT

Underground mining is a mining system whose activities are carried out below the earth's surface. The ventilation system used by CV. Bara Mitra Kencana is an exhaled vent, which aims to provide and circulate fresh air into the mine for the breathing of workers and other processes that require air. At the BMK 35 lorry 4 mining pit location, a work accident occurred due to lack of oxygen supply causing the death of 2 workers. From the results of gas measurements using a multigas detector, the content of methane CH₄ gas is 7 LEL and CO gas 36 PPM. The forcing system (blowing) uses a 14 Inch and 12 Inch blower, the resulting air flow exceeds the standard (2 m²/min), but the harmful gases cannot be decomposed properly. Therefore, a re-design of ventilation is needed by applying a forcing overlap ventilation system, which is a combination of a blowing and suction system by placing the blower at a location 8 meters before the C6 branch on the intake air duct. Then near the work site an exhaust is installed to draw fresh air that is circulated to the work front location (FK). At the work front location added 1 exhaust to help draw air out towards the entrance.

Keyword: ventilation, air, design



PENDAHULUAN

Tambang bawah tanah (*Underground Mining*) merupakan sistem penambangan yang kegiatan dan aktivitas dilakukan di bawah permukaan bumi [1]. CV. Bara Mitra Kencana merupakan perusahaan penambangan batubara yang melakukan kegiatannya dengan menggunakan sistem tambang bawah tanah. Kegiatan penambangannya dilakukan dengan menggunakan metode *room and pillar* [1]. Sistem ventilasi pada kegiatan tambang bawah tanah adalah hal yang sangat penting karena aliran udara terbatas dan terdapat gas-gas berbahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan tambang seperti metan (CH_4), karbondioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), hidrogen Sulfida (H_2S), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida NO_x , dan gas lainnya.

Ventilasi yang digunakan pada CV. Bara Mitra Kencana adalah sistem hembus yang bertujuan untuk memberikan suplai udara ke dalam lubang tambang untuk para pekerja dan mengurai konsentrasi gas-gas berbahaya. Akibat kurang optimalnya sistem ventilasi di antaranya yaitu terjadi ledakan gas metana, kekurangan oksigen sehingga menyebabkan sulitnya bernafas, dan terhirupnya gas-gas beracun bagi para pekerja, seperti yang pernah terjadi di perusahaan ini pada Januari 2020 lokasi BMK 35 Lori 4. Kecelakaan ini menyebabkan meninggalnya dua orang pekerja akibat kurangnya suplai oksigen pada lokasi kemajuan tambang. Pada lokasi yang sama pada bulan Oktober 2020 terjadi ledakan tambang akibat gas metan yang melebihi nilai ambang batas akan tetapi tidak ada pekerja yang menjadi korban dikarenakan terjadi pada hari libur. Oleh sebab itu kepala teknik tambang mengambil kebijakan untuk menutup sementara lokasi tersebut dan arah kemajuan penambangan dipindahkan ke sebelah kanan dari lokasi.

Untuk dapat memenuhi kebutuhan udara para pekerja di tambang bawah tanah perlu dilakukan pengkajian terhadap jumlah pekerja, emisi gas metana dan gas lainnya, peralatan yang beroperasi serta kondisi temperatur dan kelembaban udara. Dengan dilakukan pengkajian parameter ini dapat ditentukan temperatur efektif dan kelembaban relatif *front* kerja untuk memenuhi kebutuhan udara segar baik untuk pekerja. Perlu adanya perencanaan sistem ventilasi yang baik untuk memberikan suplai udara agar dapat memenuhi kebutuhan oksigen para pekerja $2 \text{ m}^3/\text{menit}$, serta menstabilkan temperatur $18-24^\circ\text{C}$ dengan kelembaban relatif 85%. Oleh karena itu, studi ini dibuat dengan tujuan untuk melakukan *re-design* sistem ventilasi yang aman di BMK 35 Lori 4.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di BMK 35 Lori 4 CV. Bara Mitra Kencana Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengumpulan data dengan metode kuantitatif, analisis data, interpretasi data, merumuskan kesimpulan berdasarkan analisis data tersebut.

Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan pada penelitian ini dimulai dari persiapan lalu penelitian lapangan. Pada tahap persiapan, dilakukan studi pustaka terlebih dahulu untuk mengumpulkan informasi awal dan literatur-literatur yang ada. Selain itu menyiapkan keperluan administrasi seperti surat-menyurat, surat izin, dan surat pengantar.

Tahapan selanjutnya yaitu penelitian lapangan ditujukan untuk melakukan berbagai pengukuran seperti pengukuran luas penampang terowongan, gas, kecepatan aliran udara, temperatur efektif dan kelembaban relatif serta pemantauan investigasi lokasi terjadinya kecelakaan.

Pengolahan Data

Data yang sudah diambil akan diolah dan dihitung sesuai dengan rumus persamaan yang telah ditetapkan.

Perhitungan Luas Penampang Terowongan

Pada perhitungan luas tambang terowongan menggunakan persamaan berikut, (Refky Adi Nata, 2019).

$$\text{luas elips} = a \times b \times \pi \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{luas setengah elips} = \frac{a \times b \times \pi}{2} \dots\dots\dots(2)$$

$$A = px\lambda \dots\dots\dots(3)$$

A = Luas penampang persegi panjang

Perhitungan Kandungan Rata-Rata Gas

Kandungan gas seperti CO , CO_2 , CH_4 , H_2S , dan O_2 diukur setiap hari selama 2 minggu, kemudian dijumlahkan dan diakumulasikan untuk mendapatkan rata-rata dari konsentrasi gas di lokasi tersebut.

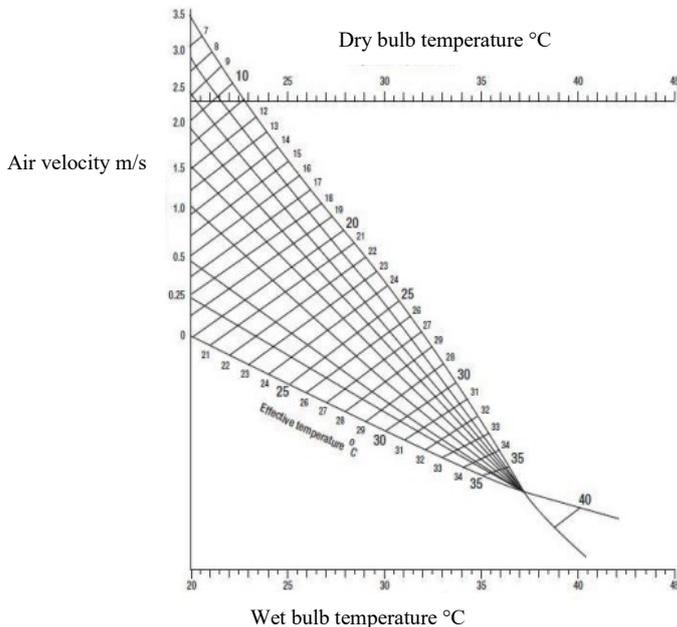
Menghitung Debit Udara

Persamaan debit udara dihitung dengan persamaan berikut, (Hartaman H.L, 2012)

$$Q = v \times A \dots\dots\dots(4)$$

Menghitung Temperatur Efektif dan Kelembaban Relatif

Temperatur dan kelembaban yang didapatkan dari pengukuran menggunakan *digital sling psychrometer* akan dimasukkan ke dalam kurva temperatur efektif. Gambaran kurva temperatur efektif pada Gambar 1.



Gambar 1. Temperatur Efektif [2].

Temperatur efektif yang dianjurkan pada lokasi tambang bawah tanah berkisar antara 18-27°C. Hal ini berpengaruh terhadap kinerja para pekerja yang berada pada lokasi apabila melebihi atau kurang dari yang dianjurkan.

Menghitung Kebutuhan Udara Pekerja

Kebutuhan udara untuk pekerja dihitung dengan cara mengalikan jumlah pekerja yang ada dalam lokasi terowongan dengan 8 jam kerja sesuai dengan standar jam kerja.

Menganalisis Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja yang mengakibatkan kematian dua (2) orang pekerja akan dianalisis dengan melihat hasil pengukuran kandungan gas, kuantitas udara dan investigasi dari lapangan.

Rancangan Ventilasi

Perancangan sistem ventilasi yang aman disesuaikan dengan nilai ambang batas dari semua aspek ventilasi dengan menghitung keseluruhan yang disesuaikan dengan standar ventilasi.

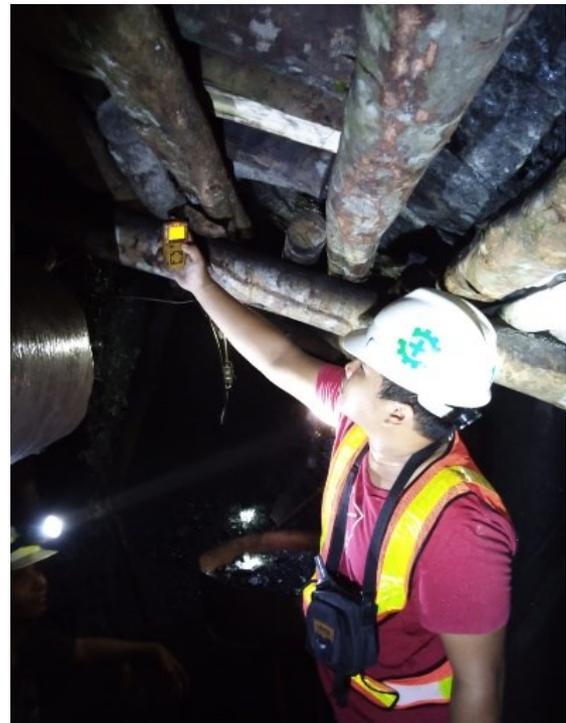
Analisis Data Penelitian

Analisis data dilakukan berdasarkan hasil pengukuran kondisi aktual lapangan di lokasi tambang bawah tanah BMK 35 Lori 4 disesuaikan dengan standar ventilasi berdasarkan Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 185 K/37.04/DJB/2019.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Gas

Pengukuran gas pada lokasi lubang tambang BMK Lori 4 dilakukan selama 10 hari dari tanggal 9-18 Maret 2021 setiap pagi dan siang hari dengan menggunakan alat multigas *detector*. Proses pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran Gas

Alat *multigas detector* dapat membaca konsentrasi empat (4) macam gas yaitu metana, oksigen, karbon monoksida, dan hidrogen sulfida.

Pengukuran Gas Metana

Hasil pengukuran gas metana dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Pengukuran Gas Methana

Tanggal	Gas Metana [CH4 (LEL)]									
	Kanopi		Jalur		FK		C6		Jalur Ventilasi	
	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang
09-Mar-21	0	0	4	3	5	4	5	2	0	0
10-Mar-21	0	0	3	4	6	5	3	4	0	0
11-Mar-21	0	0	3	6	5	5	6	5	0	0
12-Mar-21	0	0	3	2	6	4	3	5	0	0
13-Mar-21	0	0	4	1	5	3	1	0	0	0
14-Mar-21	0	0	2	4	5	8	1	0	0	0
15-Mar-21	0	0	4	2	5	4	3	5	0	0
16-Mar-21	0	0	3	1	6	3	1	4	0	0
17-Mar-21	0	0	3	5	2	1	4	7	0	0
18-Mar-21	0	0	0	2	5	3	3	2	0	0

Didapatkan kandungan gas metana yang terdapat pada lokasi jalur, FK, C6, dan jalur ventilasi. Akan tetapi kandungan tertinggi terdapat pada lokasi C6 tanggal 17 Maret 2021 sebesar 7 LEL setara dengan 0,35 % dimana kondisi ini melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 185 K/37.04/DJB/2019 sebesar 0,25%. Apabila melebihi standar tersebut dapat menimbulkan ledakan tambang. Pada tambang batubara bawah tanah akumulasi gas metana berasal dari lapisan batubara dan batuan di sekelilingnya yang terbebaskan pada saat kegiatan pembukaan lubang bukaan tambang [1,3].

Pengukuran Gas Hidrogen Sulfida (H₂S)

Gas hidrogen sulfida disebut juga gas busuk (*stinkdamp*). Hal ini dikarenakan gas tersebut berbau telur busuk. Karakter gas ini tidak berwarna, beracun, dan dapat meledak, dekomposisi dari belerang. Berdasarkan hasil pengukuran yang dapat dilihat pada Tabel 2, tidak ditemukan kandungan gas hirogen sulfida pada lokasi lubang bukaan tambang BMK 35 lori 4 sehingga pada lokasi tersebut dinyatakan aman untuk dilakukan kegiatan penambangan.

Tabel 2. Pengukuran Hidrogen Sulfida

Tanggal	Gas H2S (PPM)									
	Kanopi		Jalur		FK		C6		Jalur Ventilasi	
	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang
09-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-Mar-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pengukuran Gas Karbon Monoksida (CO)

Terdapatnya gas CO biasanya ditemukan setelah kegiatan peledakan dan penggalian jalan utama yang dipengaruhi oleh jarak antara mulut saluran udara dan permukaan kerja [4]. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan kandungan gas karbon monoksida didapatkan pada dua (2) lokasi yaitu FK dan C6 dimana pada lokasi tersebut memiliki konsentrasi yang tinggi hingga 36 ppm setara dengan 0,0036% sehingga mendekati nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 185 K/37.04/DJB/2019 sebesar 0,005%. Apabila melebihi standar tersebut dapat mengakibatkan kematian.

Tabel 3. Pengukuran CO

Tanggal	Gas CO (PPM)									
	Kanopi		Jalur		FK		C6		Jalur Ventilasi	
	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang
09-Mar-21	0	0	0	0	20	15	18	25	0	0
10-Mar-21	0	0	0	0	30	28	25	33	0	0
11-Mar-21	0	0	0	0	30	32	18	21	0	0
12-Mar-21	0	0	0	0	28	34	27	19	0	0
13-Mar-21	0	0	0	0	30	36	11	9	0	0
14-Mar-21	0	0	0	0	32	35	13	11	0	0
15-Mar-21	0	0	0	0	29	36	14	17	0	0
16-Mar-21	0	0	0	0	28	32	27	19	0	0
17-Mar-21	0	0	0	0	30	30	18	21	0	0
18-Mar-21	0	0	0	0	29	34	27	29	0	0

Pengukuran Oksigen (O₂)

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan didapatkan konsentrasi oksigen di bawah nilai ambang batas yang

terdapat pada lokasi FK dan C6, dimana kandungan oksigen yang kurang dari nilai ambang batas dapat menyebabkan resiko yang besar pada saat kegiatan penambangan berlangsung (Tabel 4).

Tabel 4. Pengukuran Oksigen

Tanggal	O ₂ %									
	Kanopi		Jalur		FK		C6		Jalur Ventilasi	
	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang
09-Mar-21	20,1	20,1	20	20,3	19,1	19,3	19	19,4	20,1	20,2
10-Mar-21	20,1	20,3	20,1	20,3	19,1	19,3	18,7	19,1	20,2	20,2
11-Mar-21	20,1	20,1	20,1	20,4	19,1	19,1	19	19,2	20,1	20,1
12-Mar-21	20,2	20,1	20,1	20,1	19,1	19	18,7	19,1	20,1	20,2
13-Mar-21	20,1	20,1	20,1	20,1	19	19,1	19	19,1	20,1	20,2
14-Mar-21	20,1	20,1	20,1	20,1	19	19,1	18	19,1	20,1	20,1
15-Mar-21	20,1	20,1	20,1	20,4	19	19,1	19	19,2	20,1	20,2
16-Mar-21	20,1	20,1	20,1	20,4	19	19,1	19	19,2	20,1	20,2
17-Mar-21	20,1	20,1	20,1	20,4	19,2	19,1	19	19,2	20,1	20,1
18-Mar-21	20,2	20,1	20,1	20,1	19,1	19	19	19,1	20,1	20,2

Kondisi ini sangat berbahaya bagi para pekerja di lapangan karena oksigen yang berada pada kedua lokasi tersebut dapat menyebabkan sulit bernapas dan tidak sesuai dengan Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 185 K/37.04/DJB/2019 sebesar 19,5%.

Pengukuran Lubang Bukaannya

Pengukuran dilakukan di beberapa lokasi, mulai dari kanopi, jalur, front kerja, cabang C6, dan jalur ventilasi. Pengukuran pada lima (5) lokasi tersebut dikarenakan lokasi tersebut memiliki bentuk penampang dan luasan yang berbeda, oleh sebab itu harus dilakukan pengukuran per lokasi. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Pengukuran Luas Penampang

No	Lebar Bawah (W) (Meter)	Lebar Atas (T) (Meter)	Tinggi (H) (Meter)	Luas Penampang (Meter)
Kanaopi	3,1	3,1	3,4	12,98
Jalur	2,5	2,2	2,8	3,94
Front Kerja	2,4	2,1	2,5	5,6
Cabang C6	2,4	2	2,5	5,3
Jalur Ventilasi	2,1	1,7	2,2	4,18

Berdasarkan hasil pengukuran lubang bukaan, kondisi lubang bukaan yang ukurannya tidak sama sehingga berpengaruh terhadap bentuk lubang bukaan yang tidak beraturan.

Pengukuran Debit

Pengukuran kecepatan udara dilakukan dengan menggunakan alat anemometer dilakukan di lima (5) lokasi (Tabel 6).

Tabel 6. Pengukuran Debit Udara

Lokasi	Kecepatan Udara (m/s)	Luas Penampang (m ²)	Debit m ³ /det
Kanopi	0,2	12,98	2,596
Jalur	0,4	5,8	2,32
Front Kerja	0,3	5,6	1,68
Cabang C6	0,15	5,3	0,795
Jalur Ventilasi	0,22	4,18	0,9196

Berdasarkan tabel di atas diketahui debit tertinggi pada lokasi kanopi dan debit terendah didapatkan pada cabang C6.

Pengukuran Temperatur Efektif

Pengukuran temperatur efektif dilakukan di lima (5) stasiun pengukuran dengan menggunakan alat *digital sling psychrometer*. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengukuran Temperatur Efektif

Lokasi	Suhu F		Kecepatan Udara ft/menit	Temperatur Efektif
	TD	TW		
Kanopi	86,468	86,468	0,2	30
Jalur	84,2	84,2	0,4	29
Front kerja	83,552	83,57	0,3	29,3
Cabang C6	83,4	83,4	0,15	28,8
Jalur ventilasi	83,4	83,4	0,22	28,7

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai temperatur efektif yang berada pada lokasi lebih dari 27°C sehingga melebihi nilai standar yang ditentukan.

Pengukuran Kelembaban Relatif

Berdasarkan hasil pengukuran kelembaban relatif pada lokasi lubang bukaan BMK 35 Lori 4 di lima (5) stasiun pantau hasil yang dapat dilihat di Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Pengukuran Kelembaban Relatif

Tanggal	RH (%)				
	Kanopi	Jalur	FK	C6	Jalur Ventilasi
09-Mar-21	97	97	99	97	98
10-Mar-21	97	98	99	97	98
11-Mar-21	97	98	99	97	98
12-Mar-21	97	98	99	97	98
13-Mar-21	97	98	99	98	98
14-Mar-21	97	98	99	98	98
15-Mar-21	89,2	97	98	98	97
16-Mar-21	97	98	99	97	98
17-Mar-21	97	98	99	97	98
18-Mar-21	97	98	99	97	98

Dari pengukuran didapatkan nilai kelembaban relatif yang melebihi standar Keputusan Direktur Jendral Mineral dan Batubara Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 185 K/37.04/DJB/2019 bahwa kelembaban relatif tidak boleh lebih dari 85% sedangkan kelembaban yang didapatkan di atas 85%. Hal ini menunjukkan bahwa lokasi tersebut sangat lembab yang akan berpengaruh pada aktivitas para pekerja di lokasi [5].

Kebutuhan Udara Pekerja

Kebutuhan udara pekerja berdasarkan Keputusan Dirjen Minerba No. 185.K/3.04/DJB/2019 dijelaskan tentang pemenuhan kebutuhan udara di dalam tambang untuk pekerja dan peralatan tambang yang bekerja [6]. Hasil pengukuran kebutuhan udara pekerja dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Kebutuhan Udara Pekerja

Lokasi	Jumlah Pekerja	Kebutuhan Udara m ³ /detik
Kanopi	2	0,06
Jalur	2	0,06
Front Kerja FK	6	0,198
Cabang C6	6	0,198
Jalur Ventilasi	2	0,06
Jumlah udara yang di perlukan		0,1152

Dalam pasal 21 dijelaskan volume udara bersih di sistem ventilasi wajib diperhatikan berdasarkan jumlah pekerja tidak kurang dari 2m³/menit (0,03m³/s) selama pekerjaan berlangsung. Kebutuhan udara peralatan mekanis adalah 0,05m³/detik per 1 hp.

Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Korban Meninggal Akibat Gas di BMK 35 Lori 4

1. Penyebab Langsung
 - a. Kondisi Tidak Aman

Front kerja yang masih terasa hangat, kadar oksigen 14% di bawah standar. Portal dan rambu yang digunakan kurang memadai, sehingga bisa memberi celah kepada pekerja untuk bisa melewatinya.

- b. Tindakan Tidak Aman
 - Pekerja tambang memasuki area yang telah dibarikade/diportal dan diberi rambu larangan pada daerah yang tidak dialiri oleh udara bersih atau ventilasi peranganin.
 - Berusaha menolong korban dengan inisiatif sendiri tanpa meminta pertolongan terlebih dahulu ke luar tambang.
- c. Tidak memastikan terlebih dahulu kadar oksigen dan gas sebelum melakukan pertolongan pada korban, yang mengakibatkan adanya korban tambahan karena kekurangan oksigen.
- d. Motivasi keliru menganggap gampang daerah bahaya.

Rancangan Sistem Ventilasi yang Aman di BMK 35 Lori 4

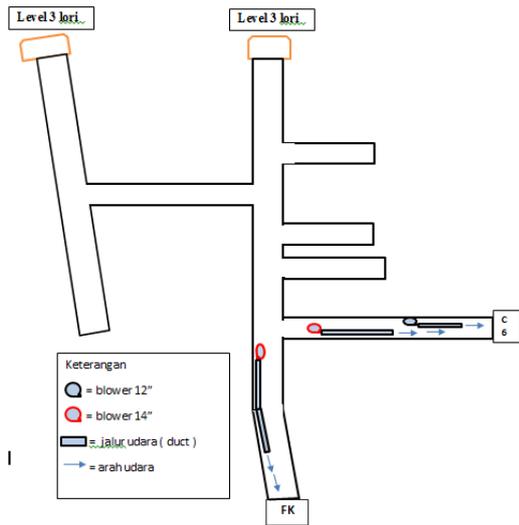
Lokasi BMK 35 lori 4 memiliki sistem ventilasi dengan prinsip hembus dengan menggunakan *blower*. Blower dipasang pada lokasi yang akan dialirkan udara untuk memeberikan oksigen dan memecah konsentrasi gas-gas berbahaya sehingga dapat teruraikan serta berperan untuk menurunkan temperatur yang ada pada lokasi.

Pada lokasi cabang C6 dipasang *blower* 14” dan 12” dan lokasi *front* kerja FK dipasang *blower* 14” dikarenakan pada lokasi tersebut merupakan tempat kegiatan penambangan yang masih aktif dan juga lokasi tersebut memiliki kandungan gas metan dan gas CO yang tinggi. Walaupun pada lokasi tersebut telah dipasang *blower* akan tetapi belum mampu memecah konsentrasi gas berbahaya secara maksimal. Posisi aktual ventilasi dapat dilihat pada Gambar 3.

Simulasi aktual dilakukan dengan menggunakan *software ventsim* visual [7,8] dimana data yang diperlukan adalah :

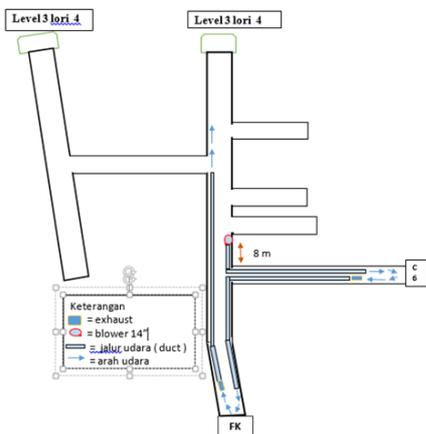
1. Data pengukuran luas penampang
2. Data *blower* yang digunakan
3. Data kecepatan udara
4. Layout BMK 35 lori 4
5. Data kandungan gas

Data-data tersebut akan dimasukkan ke dalam parameter *ventsimsim* visual untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya (Gambar 4).



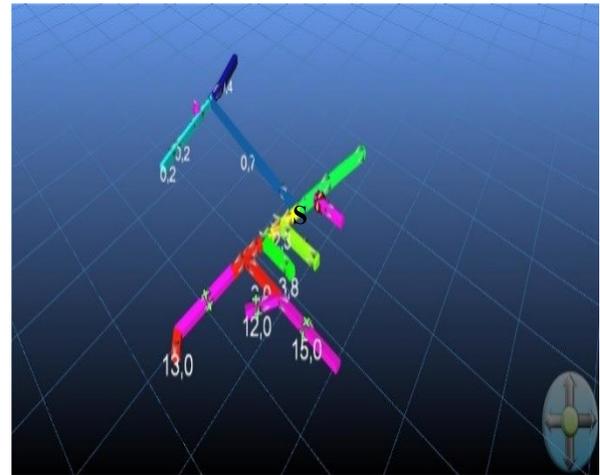
Gambar 3. Kondisi Aktual Lokasi Ventilasi.

Berdasarkan hasil simulasi dari *software ventsim* [9] di mana didapatkan kondisi udara yang ada pada lubang tambang BMK 35 Lori 4 relatif aman akan tetapi kondisi yang aman berdasarkan *software* berbeda dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Kondisi sebenarnya di lapangan, kandungan gas berbahaya pada cabang C6 dan front kerja memiliki kandungan gas metan dan CO yang masih melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan.



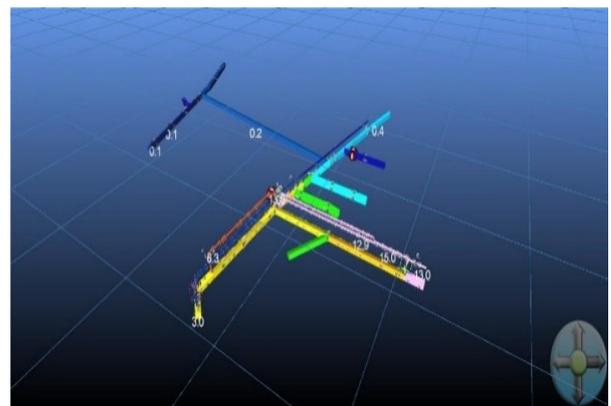
Gambar 5. Rancangan Ventilasi

Rancangan ventilasi mengacu kepada sistem ventilasi dengan sistem *forcing overlap* ventilasi dimana perpaduan antara sistem hembus dan sistem hisap dengan menempatkan *blower* pada lokasi 8 meter sebelum cabang C6 dengan saluran udara yang masuk,



Gambar 4. Kondisi Aktual Ventilasi dengan Ventsim

Hal tersebut menunjukkan bahwa suplai udara belum mampu secara maksimal untuk dapat mengurai konsentrasi gas-gas berbahaya walaupun udara pada lokasi sudah sesuai standar. Untuk itu perencanaan ventilasi harus diperhatikan agar dapat menetralkan gas yang terdapat pada lokasi lubang BMK 35 level 3 lori 4. Perencanaan dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 berikut.



Gambar 6. Rancangan Ventilasi dengan Ventsim Visual.

dan selanjutnya pada dekat lokasi kerja dipasang *exhaust* untuk menarik udara segar yang tersirkulasi ke lokasi *front kerja* (FK) maju. Pada lokasi *front kerja* ditambahkan satu (1) *exhaust* agar membantu menarik udara keluar menuju pintu masuk melalui jalur udara.



Perencanaan ventilasi ini dirancang untuk membawa dan menetralkan gas-gas berbahaya yang berada pada lokasi [10].

KESIMPULAN

Kondisi aktual kandungan gas dan udara di BMK 35 Lori 4 melebihi standar yaitu sebesar 7 LEL atau setara dengan 0,35%. Selanjutnya gas CO yang masih terdapat pada lokasi tersebut sebesar 36 PPM atau setara dengan 0,0036% yang merupakan faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja.

Berdasarkan rancangan ventilasi yang dilakukan di BMK 35 Lori 4 dengan menerapkan sistem *forcing overlap* yang disimulasikan dengan menggunakan software *vensim visual* menggambarkan bahwa rancangan tersebut mampu mensuplai udara dengan tidak terjadinya sirkulasi ulang untuk dapat masuk ke dalam lokasi lubang bukaan, menurunkan temperatur, kelembaban, dan juga dapat memecah konsentrasi gas-gas berbahaya yang berada pada C6 dan FK.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada CV. Bara Mitra Kencana yang memberikan izin untuk melaksanakan penelitian dan juga ucapan terimakasih kepada Universitas Sriwijaya khususnya Jurusan Magister Teknik Pertambangan yang memberi dukungan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V. (Raja V. ., & Wang, Y. J. (2012). Coal Mine Ventilation Systems (pp. 455–524). Wiley.
- [2] Heriyadi, B. (2017). Rancangan Dan Pembuatan Alat Simulasi Sistem Ventilasi Tambang Pada Laboratorium Untuk Pembelajaran Ventilasi Tambang. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 17(2);147. <https://doi.org/10.36275/stsp.v17i2.74>.
- [3] Singh, H., & Mallick, J. (2015). Utilization of Ventilation Air Methane in Indian Coal Mines: Prospects and Challenges. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.008>.
- [4] Huang, R., Shen, X., Wang, B., & Liao, X. (2020). Migration characteristics of CO under forced ventilation after excavation roadway blasting: A case study in a plateau mine. *Journal of Cleaner Production*, 267, 122094. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122094>.
- [5] Nata, R. A., & Nanda, H. F. (2019). Analysis on Ventilation System in Holes C1 Underground Mines of Pt. Nusa Alam Lestari, Desa Salak, Kecamatan Talawi, Sawahlunto, West Sumatera. *Jurnal GEOSAPTA*, 5(2), 115. <https://doi.org/10.20527/jg.v5i2.6085>.
- [6] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019). *Kepdirjen Minerba Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 185.K/37.04/DJB/2019 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Keselamatan Pertambangan dan Pelaksanaan, Penilaian, dan Pelaporan Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan*.
- [7] Feng, W., Zhu, F., & Lv, H. (2011). The use of 3D simulation system in mine ventilation management. *Procedia Engineering*, 26, 1370–1379. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2313>.
- [8] 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. *Jurnal Bina Tambang*, 4(2), 39–48.
- [9] Syaputra, D., & Heriyadi, B. (2019). Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Terhadap Penurunan Temperatur Efektif Pada Alat Simulasi Ventilasi Tambang Bawah Tanah. *Jurnal Bina Tambang*. Vol. 4 No. 1.
- [10] Widodo, N. P. (2015). Studi Mengenai Ventilasi Tambang Batubara Bawah Tanah PT XYZ Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Ventsim Visual 3 Tanah PT XYZ Dengan Menggunakan Perangkat Lunak. August 2019 *Prosiding Tpt Xxiv Dan Kongres Perhapi Ix 2015 (2015) (August 2019)*.