



KEBUTUHAN KIPAS PADA CABANG B1A DAN CABANG B1E1 DI TUNNEL T-8 KARIM

FAN REQUIREMENTS AT BRANCH B1A AND BRANCH B1E1 IN THE T-8 KARIM TUNNEL

N. Risgunadi¹, Y. Y. Hutajulu², F. Indrajaya³, N. Sukmawatie⁴, Y. D. Inso⁵

¹⁻⁵Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

¹⁻⁵Kampus UPR Tunjung Nyaho Jalan Yos Sudarso, Palangka Raya, 73112, Kalimantan Tengah, Indonesia

email: 1naryadimbes@gmail.com, 2yossayonathan@mining.upr.ac.id, 3fahrulindrajaya@mining.upr.ac.id,

4nenysukmawatie@mining.upr.ac.id, 5yosdavidinso@mining.upr.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan produksi di *Tunnel T-8 Karim* dilakukan di cabang B1A dan cabang B1E1. Pada saat aktivitas peledakan, kandungan gas karbon monoksida dapat mencapai 75 ppm di cabang B1A dan temperatur serta kelembaban yang tinggi. Penelitian ini bertujuan merencanakan kebutuhan kipas menggunakan simulasi untuk menyuplai udara bersih dan mengeluarkan gas-gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) lebih cepat dengan memperhatikan jarak suplai udara yang berasal dari luar *tunnel* dan jalur udara bersih serta kotor. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan menghitung data-data primer dan sekunder untuk mendapatkan nilai kuantitas dan kualitas udara. Dengan memperhitungkan kebutuhan udara pada *front* penambangan serta memperhatikan pergerakan aliran udara sehingga dapat menerapkan sistem *overlap*. Kebutuhan kipas secara simulasi sebagai berikut [1] *Main Axial Fan* dengan volume debit udara sebesar 15 m³/s [2] Satu unit *Forcing Fan* dengan volume debit udara sebesar 10 m³/s pada jalur lori sesudah cabang A [3] Satu unit *Forcing Fan* dengan volume debit udara sebesar 10 m³/s di cabang B1 dengan *ventilation duct* diameter 60 cm sampai di area *front* penambangan cabang B1A [4] Satu buah *Exhaust fan* dengan volume debit udara sebesar 6 m³/s di dekat *shaft* dengan *ventilation duct* diameter 60 sentimeter dari front cabang B1A [5] Satu unit *Forcing Fan* dengan volume debit udara sebesar 8,5 m³/s di cabang B1E dengan *ventilation duct* diameter 60 sentimeter sampai *front* cabang B1E1 dan [6] Satu buah *Exhaust fan* dengan volume debit udara sebesar 3 m³/s di area *front* cabang B1E1 dengan *ventilation duct* diameter 50 sentimeter sampai di dekat *shaft*.

Kata kunci: kebutuhan kipas, kualitas udara, gas karbon monoksida, ventilasi

ABSTRACT

Production activities at the *T-8 Karim Tunnel* are carried out at branch B1A and branch B1E. Based on blasting activity, the carbon monoxide gas content can reach 75 ppm in the B1A branch and the temperature and humidity are high. This research aims to describe fan requirements so that it can help in designing a good ventilation system where clean air reaches the front of the mine more quickly and dangerous gases can be removed quickly and temperature and humidity can drop to safe conditions for workers. This research method is a quantitative descriptive method, namely by observing the location and measuring the quantity and quality of the air and then stating the fan requirements. By considering the air requirements in front of the mine and paying attention to the movement of air flow so that an overlapping system can be implemented. Fan requirements are simulated through the application as follows [1] *Main Axial Fan* with an air discharge volume of 15 m³/s [2] One *Forcing Fan* unit with an air discharge volume of 10 m³/s on the lorry route after branch A [3] One *Forcing Fan* unit with an air discharge volume of 10 m³/s in the B1 branch with a *ventilation duct* diameter of 60 cm to the mining front area of the B1A branch [4] one *Exhaust fan* with an air discharge volume of 6 m³/s near the shaft with a *ventilation duct* diameter of 60 centimeters from the front of the B1A branch [5] one *Forcing Fan* unit with an air flow volume of 8,5 m³/s in the B1E branch with a *ventilation duct* with a diameter of 60 centimeters to the front of the B1E1 branch and [6] One *Exhaust fan* with an air flow volume of 3 m³/s in the front branch area B1E1 with a *ventilation duct* with a diameter of 50 centimeters near the shaft.

Keywords : fan requirements, air quality, carbon monoxide gas, ventilation

PENDAHULUAN

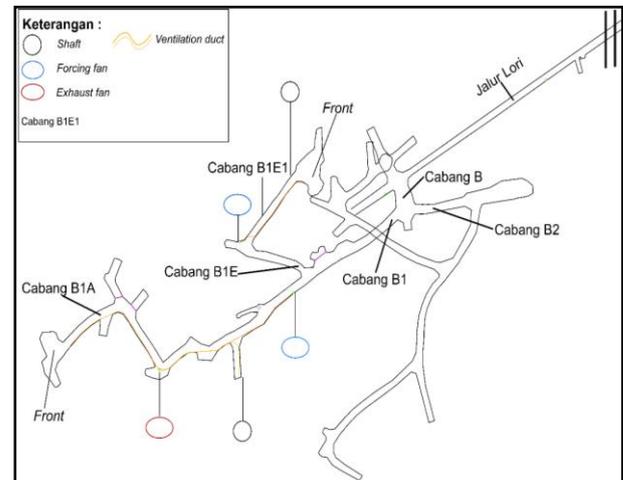
Kegiatan penambangan bawah tanah mempunyai banyak resiko salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah kebutuhan udara baik dari segi kuantitas maupun dari segi kualitas. Kuantitas udara mencakup kecepatan udara dan jumlah udara, sedangkan kualitas udara mencakup kandungan gas, temperatur dan kelembaban [1].

PT Kapuas Prima Coal, Tbk merupakan salah satu perusahaan tambang di Indonesia yang menerapkan metode penambangan bawah tanah. Ada empat *tunnel* yang beroperasi yaitu *Tunnel T-3 Gosan*, *T-6 Gojo*, *T-5* dan *T-8 Karim*. Kegiatan produksi di *Tunnel T-8 Karim* dilakukan di cabang B1A dan cabang B1E1. Kebutuhan udara untuk pekerja sebesar $2 \text{ m}^3/\text{min}$ atau $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ dan alat sebesar $3 \text{ m}^3/\text{min}$ atau $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ untuk setiap HP nya [2]. Kebutuhan udara dari segi kuantitas udara sudah mencukupi karena jumlah udara sudah melebihi dari jumlah udara yang dibutuhkan, akan tetapi dari segi kualitas udara masih tergolong buruk. Kebutuhan udara berdasarkan jenis aktivitasnya untuk cabang B1A dan B1E1 sama. Aktivitas yang dilakukan di cabang B1A dan B1E1 antara lain *loading* (1 orang), *Mapping ventilasi* (2 orang), *charging for blasting* (5 orang), *drilling jackleg* (3 orang), *helper* (2 orang) dengan total jumlah pekerja 13 orang serta 1 alat berupa *load haul dump* dengan HP 112,64.

Pada aktivitas peledakan, kandungan gas karbon monoksida dapat mencapai 75 ppm di cabang B1A. Dengan kondisi gas karbon monoksida sebesar 75 ppm tersebut, kondisi aman pekerja hanya memiliki durasi waktu 10 – 15 menit di lokasi maka dari itu harus cepat dikeluarkan. Paparan CO dengan konsentrasi $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ (87,3 ppm), $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ (52,38 ppm), $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ (26,19 ppm), dan $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (8,73 ppm) memiliki durasi batas normal paparan secara berturut-turut hanya selama 10 menit, 15 menit, 1 jam dan 8 jam [3]. Efek yang ditimbulkan dari paparan CO dengan konsentrasi dan durasi paparan yang melebihi konsentrasi normal dapat menyebabkan gangguan kesehatan yaitu gangguan pada sistem kardiologi, hematologi, neurologi, dan respirologi [4]. Temperatur yang dapat mencapai $32,4 \text{ }^\circ\text{C}$ di cabang B1A dan $33,7 \text{ }^\circ\text{C}$ di cabang B1E1 serta kelembaban dapat mencapai 95% di cabang B1A dan 88% di cabang B1E1. Temperatur dan kelembaban yang tinggi perlu diturunkan karena dapat menyebabkan kelelahan, dehidrasi, serta penurunan produktivitas pekerja yang menyebabkan produksi dapat menurun akibat kondisi lingkungan tidak nyaman [5].

Untuk mengeluarkan gas karbon monoksida serta menurunkan temperatur dan kelembaban perlu diperhatikan terkait pergerakan angin dan jarak dari suplai angin menuju *front* penambangan [6]. Dapat dilihat pada gambar 1; dari portal menuju *front* penambangan cabang B1A mempunyai jarak sepanjang 710 meter dan dari portal menuju *front* penambangan

cabang B1E1 mempunyai jarak sepanjang 640 meter. Oleh karena itu diperlukan perkiraan kebutuhan kipas sehingga dapat membantu dalam merancang sistem ventilasi yang baik dimana udara bersih sampai ke *front* penambangan lebih cepat dan gas-gas berbahaya seperti Karbon Monoksida (CO) dapat dikeluarkan dengan cepat serta temperatur dan kelembaban dapat turun ke kondisi aman untuk pekerja.



Gambar 1. Sistem Ventilasi Tunnel T-8 Karim Cabang B

Beberapa penelitian terdahulu di antaranya Leyriesa Awdina et al (2020), menyatakan bahwa pada *front* produksi temperatur udara mencapai 31°C dan kelembaban relatif mencapai 100% sehingga diperlukan perbaikan pada sistem jaringan ventilasi seperti pergantian *fan* 75 Kw menjadi 90 Kw dan pemindahan *booster fan* serta pemasangan *flexible duct* lebih panjang agar udara panas dapat keluar lebih cepat sehingga temperatur dapat menurun ke kondisi aman kerja [7]. Rizky Syabanudin et al (2021), menyatakan bahwa kuantitas dan kualitas udara masih belum memenuhi standar sehingga perlu dilakukan perbaikan pada sistem ventilasi seperti penambahan *booster fan* $2 \times 37 \text{ Kw}$ untuk mensuplai udara bersih dan menghisap udara kotor dan pembuatan pintu udara (*lower shaft*) untuk mengoptimalkan debit aliran udara ke *front* produksi [8].

Menurut Wira Aulia Fadhil (2020), kuantitas udara masih belum tercukupi sehingga perlu dilakukan perencanaan sistem ventilasi menggunakan *software ventsim visual* dengan menambahkan 2 *blower* 11 Kw dan 3 *blower* bantu 4 Kw sehingga kuantitas udara dapat tercukupi [9]. Menurut Nurul Janah et al (2014), udara yang masuk ke Blok Cikoneng kemudian dicabangkan ke X-cut-2 dan *Decline* Cikoneng dengan perbandingan $31,44 \text{ m}/\text{detik}$ dan $8,11 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dengan kondisi aliran udara tersebut timbul permasalahan yang terjadi di *Decline* Cikoneng, dimana kebutuhan udara di *Decline* Cikoneng tidak dapat terpenuhi. Penyebab hal tersebut

adalah udara bersih yang masuk ke X-cut-2 terlalu banyak yakni sebesar 31,44 m³/s dari yang seharusnya hanya 26,5 m³/s. Selain hal tersebut berkurangnya aliran udara tersebut disebabkan banyaknya *losses* akibat besarnya nilai tahanan dan *head loss* pada *airways*. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan tindakan perbaikan terhadap sistem jaringan ventilasi di *Decline* Cikoneng yaitu pemasangan 2 buah *Booster Fan* 55 kW [10].

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu terkait rancangan sistem ventilasi, permasalahan pada area *front* penambangan adalah jumlah udara yang kurang serta temperatur dan kelembaban masih di bawah standar kemudian dilakukan perbaikan pada sistem ventilasi. Pada penelitian-penelitian tersebut belum ada yang memfokuskan terkait perbaikan pada sistem ventilasi yang memperhatikan kandungan gas-gas berbahaya seperti Karbon Monoksida (CO) yang melebihi standar. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan kebutuhan kipas menggunakan simulasi untuk menyuplai udara bersih dan mengeluarkan gas-gas berbahaya seperti Karbon Monoksida (CO) lebih cepat dengan memperhatikan jarak suplai udara yang berasal dari luar *tunnel* dan jalur udara bersih serta kotor sehingga diharapkan dapat membantu dalam merancang sistem ventilasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT Kapuas Prima Coal, Tbk yang berada di Desa Bintang Mengalih, Kecamatan Belantikan Raya, Kabupaten Lamandau, Provinsi Kalimantan Tengah. Untuk mencapai daerah penelitian dapat ditempuh dengan perjalanan dari Palangka Raya menuju Pangkalan Bun menggunakan kendaraan darat selama ± 10 jam kemudian dilanjutkan menuju *site* PT Kapuas Prima Coal, Tbk menggunakan kendaraan roda empat selama ± 4-6 jam.

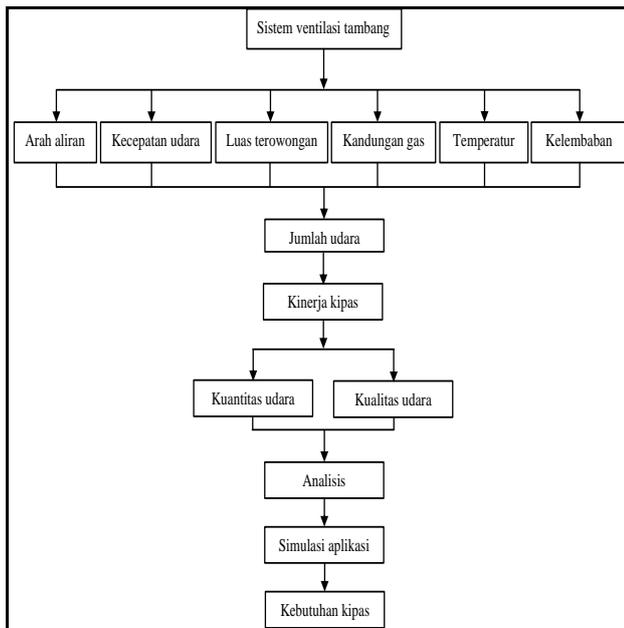
Pada dasarnya prinsip dasar ventilasi tambang bawah tanah mempunyai 4 (empat) pengaturan aliran udara yaitu [5]:

- 1) Udara akan mengalir dari titik yang memiliki temperatur rendah menuju ke titik yang memiliki temperatur tinggi.
- 2) Udara mengalir dari titik yang bertekanan tinggi menuju ke titik yang bertekanan rendah.
- 3) Udara akan lebih banyak mengalir pada jalur ventilasi dengan resistansi yang lebih kecil dibandingkan yang besar.
- 4) Udara juga mengalir dari titik kerapatan yang tinggi ke titik kerapatan yang rendah [5].

Ada tiga jenis kipas berdasarkan fungsinya yang digunakan di tambang bawah tanah yaitu kipas utama, kipas bantu, dan kipas penguat. Kipas utama digunakan mesin angin utama untuk memasok atau menyuplai kebutuhan udara segar bagi para pekerja maupun mesin atau alat tambang lainnya. Kipas bantu digunakan untuk menghembuskan dan menghisap udara pada *front* kerja aktif yang digunakan untuk aktivitas penambangan dan kipas penguat berfungsi untuk mendorong udara [7].

Metode penelitian ini merupakan metode kuantitatif deskriptif yaitu menghitung data-data primer dan sekunder untuk mendapatkan nilai kuantitas dan kualitas udara kemudian menganalisis hasil pengolahan data untuk merencanakan kebutuhan kipas menggunakan simulasi dengan aplikasi. Tahapan-tahapan dalam melaksanakan penelitian ini antara lain:

1. Melakukan studi literatur terkait sistem ventilasi tambang dan kebutuhan kipas pada *tunnel*.
2. Melakukan observasi di lokasi.
3. Melakukan pengambilan data primer dan sekunder.
 - A. Data primer antara lain:
 - 1) Data kecepatan udara;
 - 2) Data arah aliran udara;
 - 3) Data luas terowongan;
 - 4) Data kandungan gas;
 - 5) Data temperatur;
 - 6) Data kelembaban relatif.
 - B. Data sekunder antara lain :
 - 1) Peta situasi terowongan;
 - 2) Data jumlah pekerja;
 - 3) Data spesifikasi alat penambangan.
4. Melakukan pengolahan data untuk mendapatkan rencana rancangan kebutuhan kipas yang dapat diuraikan dalam rangkaian berikut (Gambar 2):
 - 1) Mengetahui sistem ventilasi tambang yang beroperasi, didapat dari peta situasi terowongan PT Kapuas Prima Coal, Tbk.
 - 2) Melakukan pengukuran kecepatan udara, arah aliran udara, luas terowongan, kandungan gas, temperatur dan kelembaban.
 - 3) Menghitung jumlah udara dari hasil pengukuran kecepatan udara dan luas terowongan.
 - 4) Mengetahui kinerja kipas yang beroperasi.
 - 5) Menghitung kuantitas dan kualitas udara.
 - 6) Menganalisis nilai kuantitas dan kualitas udara dengan cara membandingkan data dengan standar kuantitas dan kualitas yang baik menurut regulasi dari Kementerian ESDM nomor 185.K/37.04/DJB/2019.
 - 7) Melakukan simulasi menggunakan aplikasi untuk kebutuhan kipas dari hasil analisis kuantitas dan kualitas udara serta kinerja kipas.
 - 8) Mengetahui rancangan kebutuhan kipas.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data kuantitas udara (Tabel 1) dan data kualitas udara (Tabel 2). Data kuantitas dan kualitas diambil di lokasi pada area *heading* atau area *front* penambangan dan di pintu cabang. Salah satu lokasi pengukuran udara ada di tempat terbaginya udara sedapat mungkin dengan persimpangan [2]. Parameter data kuantitas udara diambil antara lain kecepatan udara, luas penampang dan jumlah udara, sedangkan parameter kualitas udara yaitu kandungan gas, temperatur dan kelembaban.

Tabel 1. Data Kuantitas Udara

Cabang	Lokasi	Kecepatan Udara	Luas Area	Jumlah Udara
B1A	Pintu Cabang	0,89	30,88	27,6
	Area Heading	0,8	10,66	8,5
B1E1	Pintu Cabang	0,8	29,73	23,78
	Area Heading	0,8	7,49	5,99

Tabel 2. Data Kualitas Udara

Cabang	Lokasi	Waktu	Parameter					
			O2 (%)	CO (ppm)	CH4 (%)	H2S (%)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
B1A	Pintu Cabang	Pagi	20,5	45	0	0	31,7	95
	Area Heading	Siang	20,3	75	0	0	32,4	95
	Pintu Cabang	Pagi	20,5	34	0	0	31,8	93
	Area Heading	Siang	20,3	68	0	0	32,3	94,6
B1E1	Pintu Cabang	Pagi	20,5	0	0	0	33,3	91,7
	Area Heading	Siang	20,1	0	0	0	33,5	88,6
	Pintu Cabang	Pagi	20,5	0	0	0	33,5	91
	Area Heading	Siang	20,1	0	0	0	33,7	88

Data kualitas udara diambil pada waktu pagi sebelum aktivitas peledakan dan waktu siang sesudah aktivitas peledakan dan produksi. Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan gas karbon monoksida dapat mencapai angka 75 ppm atau 0,0075% yang melebihi standar dari kandungan gas sebesar 50 ppm [2]. Temperatur dan kelembaban mencapai 32,4 °C di cabang B1A dan 33,7 °C di cabang B1E1 serta kelembaban dapat mencapai 95% di cabang B1A dan 88% di cabang B1E1 sudah melebihi standar 18 – 24 derajat celcius dan kelembaban relatif maksimal 85% [3].

Untuk *tunnel* T-8 Karim udara bersih disuplai dari *main centrifugal fan* yang berada di luar portal dialirkan menuju ke dalam *tunnel*. Dikarenakan jarak yang jauh maka perlu bantuan kipas bantu agar udara sampai pada cabang B1A dan B1E1.

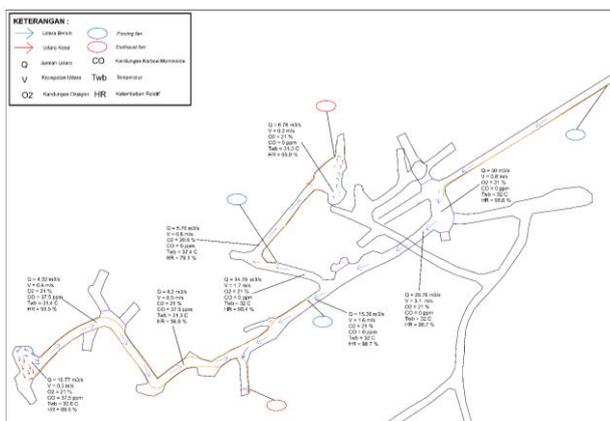
Pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa ada dua *shaft* yang difungsikan sebagai jalur udara keluar, *shaft* 1 berada di dekat cabang B1 dan *shaft* 2 berada di cabang B1E1. Jarak antara *shaft* 1 dan *front* penambangan cabang B1A berjarak sekitar ±115 meter, perlu diterapkan sistem kipas *overlap* agar udara kotor dari cabang B1A dapat dikeluarkan dengan cepat. Dalam menerapkan sistem *overlap*, kipas bersistem hembus dipasang pada lokasi yang akan dialirkan udara untuk memberikan oksigen dan memecah konsentrasi gas-gas berbahaya sehingga dapat teruraikan serta berperan untuk menurunkan temperatur yang ada pada lokasi [11].

Agar udara bersih dapat maksimal mengalir menuju cabang B1A dan cabang B1E1 serta udara kotor tidak menyebar maka dipasangkan *ventilation duct* pada kipas yang bersistem hembus pada cabang B1 untuk mensuplai udara bersih menuju cabang B1A dan pintu cabang

B1E1 untuk mensuplai udara bersih menuju cabang B1E1. Kipas yang bersistem hisap diletakkan ±64 meter setelah cabang B1A di cabang B1 untuk menghisap udara kotor dari cabang B1A dialirkan menuju *shaft* yang sudah disiapkan *main axial fan* yang bersistem hisap. Spesifikasi kipas yang ada pada *Tunnel T-8 Karim* antara lain satu kipas sentrifugal utama dengan volume debit udara sebesar 4,02 m³/s dan dua kipas aksial utama dengan volume debit udara 5,16 m³/s sedangkan kipas bantu memiliki volume debit udara sebesar 3,5 m³/s.

Dengan perbandingan suhu antara permukaan dan di dalam *tunnel* dimana suhu di permukaan sebesar 31,8°C dan di cabang B1A mencapai hingga 32,4°C dan di cabang B1E1 mencapai hingga 33,7°C menunjukkan bahwa udara mengalir dari permukaan ke dalam *tunnel*. Hal ini sesuai dengan pengaturan sifat aliran udara bahwa udara akan mengalir dari titik yang memiliki temperatur rendah menuju ke titik yang memiliki temperatur tinggi [5].

Dalam rangka mempermudah merancang ventilasi diperlukan alat bantu berupa perangkat lunak untuk memodelkan dan mensimulasikan sistem ventilasi secara keseluruhan yang dapat menyesuaikan faktor lingkungan dan teknis sehingga mampu menghasilkan rancangan sistem ventilasi optimal yang membuat kondisi lokasi kerja sesuai dengan standar ventilasi [12]. Maka dari itu meninjau kebutuhan udara bersih agar dapat dialirkan dengan cepat, udara kotor (gas-gas beracun seperti gas karbon monoksida) dapat dikeluarkan lebih cepat serta temperatur dan kelembaban yang tinggi dapat diturunkan. Dibutuhkan desain sistem ventilasi yang baru dengan memperkirakan kebutuhan kipas agar udara bersih dapat maksimal menuju ke arah cabang B1A dan cabang B1E1, serta udara kotor dapat dikeluarkan dengan cepat.



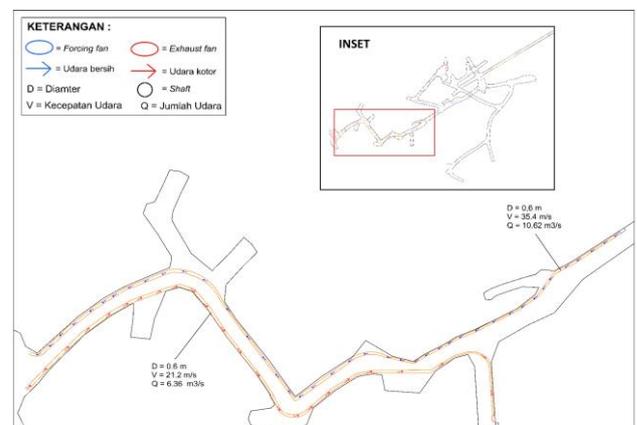
Gambar 3. Sistem ventilasi setelah simulasi

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa perkiraan kipas yang dibutuhkan antara lain (Tabel 3):

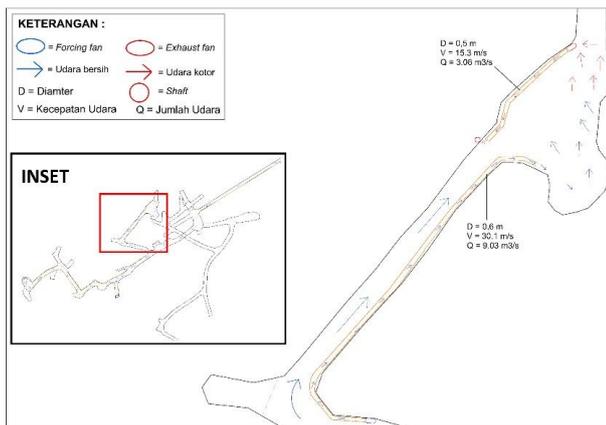
Tabel 3. Kebutuhan kipas

No	Lokasi	Jumlah Kipas	Sistem Kipas	Jumlah Udara (m ³ /s)	Kecepatan Udara (m/s)
1	Main Axial Fan di atas tunnel	2	Hisap	15 (1 kipas)	76,4 (1 kipas)
2	Jalur lori	1	Hembus	10	12,7
3	Di cabang B1	1	Hembus	10	35,4
4	Di dekat shaft 1	1	Hisap	6	21,2
5	Di cabang B1E	1	Hembus	8,5	30,1
6	Di cabang B1E1	1	Hisap	3	15,3

Berdasarkan tabel 1, pada sistem ventilasi tambang yaitu jumlah udara yang masuk sama dengan jumlah udara yang keluar [13]. Maka dari itu dibutuhkan *Main Axial Fan* yang dihubungkan melalui *shaft* yang memiliki volume debit udara sebesar 15 m³/s agar udara yang masuk sebesar 30 m³/s. Satu buah *Forcing Fan* dengan volume debit udara sebesar 10 m³/s pada jalur lori sesudah cabang A yang berfungsi mensuplai udara bersih lebih cepat menuju cabang B serta *ventilation duct* ukuran diameter 1 meter dapat menghasilkan jumlah udara sebesar 10,16 m³/s dan kecepatan udara sebesar 12,7 m/s yang mengalir di *ventilation duct*.



Gambar 4. Sistem *ventilation duct* untuk cabang B1A



Gambar 5. Sistem *ventilation duct* untuk cabang B1E1

Untuk cabang B1A (Gambar 4) membutuhkan satu buah *Forcing Fan* dengan volume debit udara sebesar $10 \text{ m}^3/\text{s}$ di cabang B1 setelah cabang B1E dengan *ventilation duct* ukuran diameter 60 sentimeter sampai di area *front* penambangan cabang B1A yang berfungsi mensuplai udara bersih untuk cabang B1A dapat menghasilkan jumlah udara sebesar $10,62 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan udara sebesar $35,4 \text{ m/s}$ yang mengalir di *ventilation duct*. Dibutuhkan juga satu buah *Exhaust fan* dengan volume debit udara sebesar $6 \text{ m}^3/\text{s}$ di dekat *shaft* dengan *ventilation duct* ukuran diameter 60 sentimeter dari *front* cabang B1A sampai di dekat *shaft* yang berfungsi untuk menghisap udara kotor dari cabang B1A dengan jumlah udara sebesar $6,36 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan udara sebesar $21,1 \text{ m/s}$ yang mengalir di *ventilation duct*. Dari hasil simulasi untuk kebutuhan kipas untuk cabang B1A (Gambar 4) menghasilkan jumlah udara sebesar $10,77 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan udara sebesar $0,3 \text{ m/s}$ di area *front* penambangan, serta jumlah udara sebesar $4,32 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan udara sebesar $0,4 \text{ m/s}$ di pintu cabang B1A.

Untuk cabang B1E1 (Gambar 5) membutuhkan satu buah *Forcing Fan* dengan volume debit udara sebesar $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$ di cabang B1E dengan *ventilation duct* ukuran diameter 60 sentimeter sampai *front* cabang B1E1 sebagai suplai udara bersih untuk cabang B1E1 dapat menghasilkan jumlah udara sebesar $9,03 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan udara sebesar $30,1 \text{ m/s}$ yang mengalir di *ventilation duct*. Dibutuhkan juga satu buah *Exhaust fan* dengan volume debit udara sebesar $3 \text{ m}^3/\text{s}$ di area *front* cabang B1E1 dengan *ventilation duct* ukuran diameter 50 sentimeter sampai di dekat *shaft* untuk menghisap udara kotor dari *front* lebih cepat dialirkan menuju *shaft* dapat menghasilkan jumlah udara sebesar $3,06 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan udara sebesar $15,3 \text{ m/s}$ yang mengalir di *ventilation duct*. Dari hasil simulasi pada kebutuhan kipas untuk cabang B1E1 (Gambar 5) menghasilkan jumlah udara sebesar $6,36 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan udara sebesar $0,2 \text{ m/s}$ di area *front* penambangan, serta jumlah udara sebesar $5,76 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan udara sebesar $0,6 \text{ m/s}$ di pintu cabang B1E1.

Dalam pengoperasian kipas perlu diperhatikan waktu dan kecepatan kipas dalam bergerak. Untuk dua *main axial fan* dan *forcing fan* perlu dioperasikan secara menerus agar udara bersih tetap mengalir menuju ke area *front* penambangan. Untuk *exhaust fan* pada saat sebelum kegiatan peledakan dan produksi (*loading*) dapat dioperasikan dengan kecepatan sedang tetapi pada saat setelah kegiatan peledakan dan pada saat kegiatan produksi (*loading*) agar diaktifkan dengan kecepatan maksimal agar kandungan gas karbon monoksida setelah peledakan dapat dikeluarkan lebih cepat dan area *front* kerja dalam kondisi aman untuk pekerja.

KESIMPULAN

Meninjau kebutuhan udara bersih agar dapat dialirkan dengan cepat, udara kotor (gas-gas beracun seperti gas karbon monoksida) dapat dikeluarkan lebih cepat serta temperatur dan kelembaban yang tinggi dapat diturunkan diperlukan desain sistem ventilasi dengan memperkirakan kebutuhan kipas yang dilakukan dengan simulasi sehingga didapat bahwa kipas yang dibutuhkan yaitu [1] Kipas *Main Axial Fan* dengan volume debit udara sebesar $15 \text{ m}^3/\text{s}$ [2] Satu buah *Forcing Fan* dengan volume debit udara sebesar $10 \text{ m}^3/\text{s}$ pada jalur lori sesudah cabang A [3] Satu buah *Forcing Fan* dengan volume debit udara sebesar $10 \text{ m}^3/\text{s}$ di cabang B1 setelah cabang B1E dengan *ventilation duct* ukuran diameter 60 sentimeter sampai di area *front* penambangan cabang B1A [4] Satu buah *Exhaust fan* dengan volume debit udara sebesar $6 \text{ m}^3/\text{s}$ di dekat *shaft* dengan *ventilation duct* ukuran diameter 60 sentimeter dari *front* cabang B1A sampai di dekat *shaft* [5] Satu buah *Forcing Fan* dengan volume debit udara sebesar $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$ di cabang B1E dengan *ventilation duct* ukuran diameter 60 sentimeter sampai *front* cabang B1E1 [6] Satu buah *Exhaust fan* dengan volume debit udara sebesar $3 \text{ m}^3/\text{s}$ di area *front* cabang B1E1 dengan *ventilation duct*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V., & Wang, Y. J. (2012). *Mine ventilation and air conditioning*. John Wiley & Sons.
 [2] Kementerian ESDM. (2019). *Keputusan Direktur Jenderal Mineral Dan Batubara 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 Mineral Dan Batubara*.
 [3] World Health Organization. (2004). *Carbon Monoxide Environmental Health Criteria*. World Health Organization. Geneva.



- [4] Rivanda, A. (2015). Pengaruh paparan karbon monoksida terhadap daya konduksi trakea. *Jurnal Majority*, 4(8), 153-160.
- [5] Ferliana, Siti Arlinda. (2018). *Analisis Temperatur Efektif Dan Kelembaban Relatif Pada Lubang Tambang Bawah Tanah Bmk 35 Cv. Bara Mitra Kencana Sawahlunto*. Skripsi, Teknik Pertambangan Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang.
- [6] Wiyono Bagus, Sudarsono. (2003). *Diktat Kuliah Ventilasi Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Negeri Veteran Yogyakarta.
- [7] Awdina, L., Irvani, I., & Oktarianty, H. (2020). Kajian teknis sistem jaringan ventilasi tambang ciurug level 600 PT Aneka Tambang Tbk UBPE Pongkor. *MINERAL*, 5(2), 29-34.
- [8] Syabanudin, R., & Sriyanti, S. (2021). Kajian Kinerja Sistem Ventilasi Pada Tambang Pada Tambang Emas Block Gudang Handak Dan Ciguha PT. Antam Tbk UBPE Pongkor Desa Bantarkaret Kecamatan Nanggung Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Teknik Pertambangan ISSN, 2460, 6502*.
- [9] Fadhil, Wira Aulia. (2020). *Perencanaan Sistem Ventilasi Tunnel 3 Dan 4 Menggunakan Perangkat Lunak Pada PT. Allied Indo Coal Jaya Di Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Propinsi Sumatera Barat*. Skripsi, Program studi Teknik Pertambangan Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang.
- [10] Janah, N., Munir, S., & Sriyanti, S. (2015). Kajian Sistem Jaringan Ventilasi Tambang Emas Blok Cikoneng PT Cibaliung Sumberdaya, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 16-24.
- [11] Riyamizard, Z., Toha, M. T., & Komar, S. (2021). Analisis Kebutuhan Udara Untuk Merancang Sistem Ventilasi Aman. *Jurnal Pertambangan*, 5(2), 84-92.
- [12] IHSAN, M., WIDODO, N. P., & PRATA, D. A. (2015). Studi Mengenai Ventilasi Tambang Batubara Bawah Tanah Pt Xyz Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Ventsim Visual 3.
- [13] Oktavianingsih, A., & Heriyadi, B. (2021). Analisis Kebutuhan Udara Dan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 6(2), 184-196.