

Evaluasi dan Perancangan Sistem Ventilasi Pada Lubang Tambang Batubara BT 03 Site Bukit Tambun, PT. Nusa Alam Lestari, Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto

Naufal Deya Al Mafaza Mufti^{1*}, Bambang Heriyadi^{2**}

¹Mahasiswa Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

²Dosen Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*naufal.deya20@gmail.com

**bambangh@ft.unp.ac.id

Abstract. *PT. Nusa Alam Lestari is an underground coal mining company located in Salak Village, Talawi District, Sawahlunto City, West Sumatra. Ventilation system on hole BT 03 PT. Nusa Alam Lestari uses a blowing system. This study aims to evaluate the quality and quantity of underground mining based on Ministerial Decree No. 555.K/26/M.PE/1995 with the parameters to be measured including the value of effective temperature, relative humidity, gas content, air requirements for tools, workers and equipment. gas control and measure the speed of the air flowing to get the value of the incoming air discharge. At hole BT 03 there are two forward fronts and six active mining branches. The results of the average temperature measurement on all working fronts of the BT 03 hole are 29.20C and the results of the average humidity measurement are 89.6%. This temperature value has passed the threshold set between 180C-270C and the humidity has also passed the set threshold of 85%. From the results of the calculation of the air quantity, it is also known that the incoming air has a discharge of 2.83 m³/s. In fact, the need for air which includes the need for air for workers, the need for equipment air, and the need for diluting methane gas is 5.0546 m³/s. Based on the situation the ventilation design for the future is to make a through hole from the C8 branch to the surface. In addition, it will also be equipped with a suction blower system. The simulation results using the Ventsim software stated that the intake air flow rate increased to 12.6 m³/s and has met the total air requirement standard. Furthermore, in the design of air ventilation for mining activities for the next 12 months, it is known that the total mining progress is 2345.3 m per year and the production target is 1334 tons per month. To meet the demand for air, a 20-inch centrifugal blower will be used in each hole A and B and 12 axial blowers will be used to help air reach the work front at each branch.*

Keywords: Mine Ventilation, Ventsim, Underground Coal Mine, Blower, Humidity

1 Pendahuluan

PT. Nusa Alam Lestari (NAL) merupakan perusahaan yang melakukan penambangan dalam bidang pertambangan batubara. Pada tambang bawah tanah semakin dalam seseorang menambang untuk mencari batubara yang ada, maka akan semakin meningkat pula panas yang akan dihasilkan dan semakin berkurang pula udara bersih yang masuk ke dalam terowongan. Untuk itu diperlukan sistem ventilasi yang baik agar dapat menyuplai kebutuhan udara para pekerja (Hartman, 1997). Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan oleh penulis pada lubang penambangan BT 03

didapatkan data hasil pengukuran kualitas udara yaitu temperature rata rata pada lubang tersebut berada pada angka 29.1 °C dan kelembaban relative berada pada angka 89.9%. kondisi ini tentu melebihi aturan yang seharusnya dalam Kepmen 555.K/26/M.PE/1995 temperatur udara pada lubang tambang bawah tanah harus berada pada suhu 18° celcius sampai dengan 27° celcius dengan kelembapan relatif maksimum 86%. Selain itu permasalahan lain dari lubang ini adalah terdapat titik kebocoran pada jalur ventilasi. Kebocoran ini dikarenakan bahan *duct* yang digunakan terlalu tipis dan juga *duct* sengaja dibocorkan pekerja pada tempat yang tidak seharusnya. Kebocoran pada tempat-tempat

yang acak ini menyebabkan kehilangan udara pada sistem ventilasi yang dapat merugikan, karena jumlah udara yang harusnya di *supply* ke *front* kerja menjadi tidak cukup. Berikut ini merupakan layout dari kegiatan penambangan pada lubang BT 03 PT. Nusa Alam Lestari



Gambar 1. Layout Lubang Penambangan BT 03

2 Lokasi Penelitian

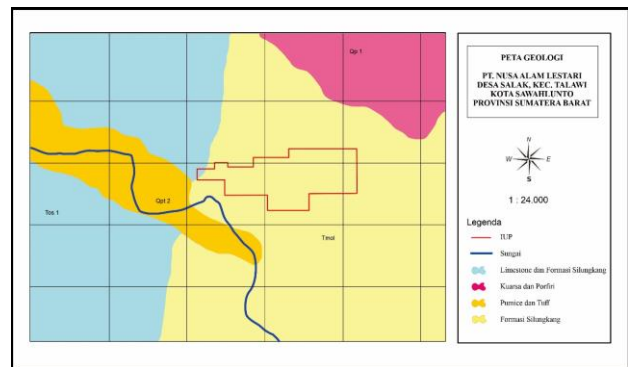
Wilayah penambangan PT. Nusa Alam Lestari terletak di *site* Sapan Dalam, Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Dengan luas areal penambangan mencapai 100 Ha. Berdasarkan kondisi geografis daerah kegiatan penambangan terletak pada titik koordinat diantara $00^{\circ} 36' 45,85''$ – $00^{\circ} 37' 12,10''$ LS dan $100^{\circ} 45' 48,19''$ BT– $100^{\circ} 46' 48,20''$ BT. Secara rinci titik koordinat geografis wilayah izin usaha pertambangan PT. Nusa Alam Lestari pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Koordinat IUP PT. Nusa Alam Lestari

No	Bujur Timur			Lintang Selatan		
	o	'	''	o	'	''
1	100	45	48.19	0	36	54.35
2	100	45	54.50	0	36	54.35
3	100	45	54.50	0	36	51.80
4	100	45	59.70	0	36	51.80
5	100	45	59.70	0	36	53.65
6	100	46	09.00	0	36	53.65
7	100	46	09.00	0	36	49.78
8	100	46	22.40	0	36	49.78
9	100	46	22.40	0	36	45.84
10	100	46	48.00	0	36	45.84
11	100	46	48.00	0	37	04.80
12	100	46	30.20	0	37	04.80
13	100	46	30.20	0	37	12.00
14	100	46	14.45	0	37	12.00
15	100	46	14.45	0	37	05.50
16	100	45	58.67	0	37	05.50
17	100	45	58.67	0	36	59.00
18	100	45	48.19	0	36	59.00

Pada PT. Nusa Alam Lestari, Batubara yang ditambang saat ini terletak pada wilayah bagian barat cekungan ombilin dan berada pada formasi batuan yang bernama formasi Silungkang, Formasi Silungkang merupakan jenis batuan pra-tercier yang tersingkap di

permukaan(Finura, 2014). Secara umum lapisan tanah penutup batubara terdiri dari batu lempung (*clay stone*), batu pasir (*sand stone*), batu lanau (*silt stone*). Untuk lebih jelas dapat diperhatikan pada gambar 1 berikut ini



Gambar 2. Peta Geologi Daerah IUP PT. Nusa Alam Lestari

Bentuk morfologi daerah penyelidikan bisa digolongkan menjadi perbukitan yang memiliki topografu rendah hingga terjal, dengan kemiringan perkiraan kemiringan lereng berkisar antara 5° - 30° , yang dikontrol oleh litologi berupa rijang, meta gamping, lava, breksi, batu lanau, batu lempung, batu pasir, dan struktur bentuk sesar. Sementara itu pada lokasi yang memiliki bentuk berupa dataran serta memiliki sudut kemiringan lereng rentang mulai dari 0° - 4° , dengan litologi batu pasir, batu lempung, serta ubahan dari batuan yang umurnya lebih tua. Sementara itu ketinggian bukit berkisar pada rentang 140 m-310 m dari frontan laut. Bentuk lereng-lereng bukit umumnya terjal dengan perkiraan kemiringan pada lereng berkisar antara 30° hingga 50° terhadap dataran disekitarnya (Koesoemardinata dan matasak, 1981)

3 Landasan Teori

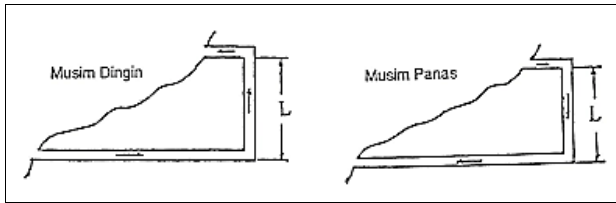
3.1. Ventilasi Tambang

3.1.1. Sistem Ventilasi

Terdapat dua jenis sistem ventilasi pada tambang bawah tanah yaitu ventilasi alami dan ventilasi mekanik dengan penjelasan sebagai berikut

3.1.1.1. Ventilasi Alami

Ventilasi alami (*natural ventilation*) ini merupakan metode pemanfaatan ventilasi yang terjadi secara alami dan diakibatkan oleh adanya bobot isi udara dan perbedaan nilai temperatur atau pada dua titik yang saling memiliki hubungan (Irwandy, 2014)



Gambar 3. Sistem Ventilasi Alami

3.1.1.2. Ventilasi Mekanis

Ini merupakan metode dimana ventilasi mekanis (*mechanical ventilation*) ini menggunakan alat mekanis untuk menghasilkan perbedaan tekanan udara hingga bisa mengalir menuju front penambangan. Penyebab perbedaan tekanan udara ini dipengaruhi oleh alat mekanis berupa *blower* yang berfungsi untuk mengatur perputaran udara dalam tambang sehingga kebutuhan udara dapat terpenuhi (Asmunder, 2018)

3.1.1.2.1 Sistem Hembus

Sistem ini merupakan sistem ventilasi dengan menghembuskan udara bertekanan tinggi ke front kerja memanfaatkan saluran (*duct*) dari bahan plastik dan lain sebagainya.

3.1.1.2.2. Sistem Hisap

Ini adalah sistem ventilasi yang bekerja dengan menyerap udara pada front penambangan sehingga tekanannya berkurang dan mendorong adanya sirkulasi udara.

3.1.1.3. Jenis Fan

Fan merupakan alat yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik ke dalam bentuk energi fluida, ini dilakukan dengan memasok tekanan dan mengurangi *head losses* pada aliran udara. Pada praktiknya terdapat 2 macam *fan* yakni:

3.1.1.3.1. Axial Fan

Memiliki penampang seperti tabung atau bisa saja pipih dimana *blade* terletak dibagian dalam rongga tersebut dan akan berputar memanfaatkan energi listrik. Adanya tabung membantu *blade* dalam mengumpulkan tekanan sehingga udara bisa sampai ke front penambangan

3.1.1.3.2. Sentrifugal Fan

Ini merupakan jenis fan berbentuk seperti keong, dimana *impeller* berbentuk tabung ini bisa berputar sehingga menimbulkan tekanan yang mengakibatkan udara keluar dari sisi suatu lubang dan masuk ke lubang yang lain.

3.1.1.4. Jenis Duct

Dalam system ventilasi tambang bawah tanah, penggunaan *duct* sangatlah penting. Ini dikarenakan *duct* berfungsi sebagai jalur udara yang menghubungkan langsung *blower* dengan front kerja secara langsung.

3.1.1.4.1. Duct Plastik

Sesuai namanya *duct* ini terbuat dari plastic dengan bahan dasar yang tipis. Keuntungan penggunaan *duct* jenis ini adalah harganya relatif paling murah. Namun tentu saja lebih rentan rusak atau bocor karena tipis.

3.1.1.4.2. Duct Terpal

Duct ini berbahan dasar terpal yang lebih tebal dibanding *duct* plastic. Hanya saja *duct* ini agak sulit ditemukan dan agak jarang digunakan.

3.1.1.4.3. Duct Rigid PVC

Duct ini merupakan tipe *duct* dengan kualitas terbaik yang bisa digunakan. Hal ini karena bahan dasarnya yang lebih tebal dan lebih fleksibel

3.2. Pengendalian Kualitas Udara

Adapun hal hal yang diukur dalam mengendalikan kualitas udara tambang bawah tanah meliputi kandungan udara, temperatur udara, dan kelembapan udara.

3.2.1. Kebutuhan udara segar

Pada pernapasan manusia yang melakukan pekerjaan berat, angka bagi pernafasan sama dengan satu, yang berarti jumlah O_2 yang dihembuskan sama dengan jumlah CO_2 yang dihirup. Laju pernafasan manusia per menit merupakan sebagai banyaknya udara dihirup dan dihembuskan per satuan waktu satu menit.

3.2.2. Kandungan gas udara

Udara pada tambang bawah tanah memiliki banyak polutan seperti debu yang dapat terhirup dan gas-gas yang terkandung didalamnya. Paling tidak diperlukan 20 ton udara segar untuk penambangan 1 ton batubara (Carlos, 2020). Selain hal ini udara pada tambang bawah tanah juga dipenuhi oleh gas gas pengotor. Ini terdiri dari Karbon dioksida, karbon monoksida, hydrogen sulfide, metan, nitrogen dioksida, sulfur dioksida, dan gas pengotor lainnya

3.2.3. Temperatur Efektif

Panas yang berlebih dapat menimbulkan kecerobohan dan kecelakaan dalam bekerja oleh sebab itu perlulah diketahui temperature efektif dari suatu lubang tambang. Sehingga setelah itu dapat diputuskan tindakan atau perlakuan yang harus diterapkan pada lubang tambang.

3.2.4. kelembaban udara

Pada lokasi penambangan batubara bawah tanah, udara yang terdapat uap air dan udara kering yang merupakan salah satu hal yang mempengaruhi nilai kelembaban udara pada tambang batubara bawah tanah

3.3. Pengendalian kuantitas udara

Untuk dapat menghitung nilai kecepatan udara pada saluran duct ini digunakan alat yang bernama anemometer. Bentuknya berupa kotak yang bisa digemang dan memiliki baling-baling. Untuk dapat mengukur kecepatan udara, anemometer ini ditaruh pada duct di dalam aliran udara dan memutar baling-balingnya, dan kecepatan angin serta jarak tempuh aliran udara per satuan waktu dapat dilihat dari banyaknya putaran baling-baling dalam waktu tertentu. Daerah kemampuan ukurnya adalah 0,3 m/s - 15 m/s.

$$P = \frac{K \times C \times (L + Le) \times Q^2}{A^3} \times \frac{W}{1.2}$$

Keterangan :

P = Tekanan (Pascal/Pa)

K = Koefisien duct (Ns^2/m^4)

C = Keliling duct (m)

L = Panjang duct (m)

Le = Panjang ekuivalen (m)

Q = Kuantitas udara (m^3/dtk)

W = Berat jenis udara (kg/m^3)

A = Luas duct (m^2)

3.4. Prinsip pengaliran udara

Semenjak manusia menggali material di bawah tanah dan merasakan betapa pentingnya udara segar yang dibutuhkan untuk bekerja produktif, berbagai cara telah dilakukan untuk menjaga suplai udara segar selalu terjaga ke dalam tambang. Aliran udara terjadi karena adanya selisih tekanan yang terjadi pada dua tempat dalam suatu sistem ventilasi. Secara hukum termodinamika, udara akan masuk dari lokasi yang memiliki tekanan tinggi ke lokasi yang memiliki tekanan rendah (Keith, 2015)

3.4.1. Aliran udara laminar

Yaitu aliran udara yang bergerak searah, aliran ini biasanya terjadi karena tidak ada yang menghambat aliran udara.

3.4.2. Aliran udara turbulent

Yaitu aliran udara yang arah gerakannya tidak searah melainkan berputar. Hal ini biasanya diakibatkan oleh banyaknya hambatan aliran udara akibat permukaan yang tidak rata, atau juga oleh penyangga kayu, dan lain sebagainya. Aliran udara ini membutuhkan tekanan udara yang cukup besar, karena hambatan aliran udaranya besar

3.4.3. Aliran udara intermediet

Yaitu aliran udara kombinasi antara aliran laminar dan turbulent.

3.5. Psikometri udara tambang

Kondisi udara bersih yang masuk ke dalam lubang tambang batubara akan mengalami banyak proses contohnya pengembangan atau penekanan, pemanasan atau pendinginan, pengawalembaban atau pelembaban. Dan akibat itu maka kandungan energi panas, tekanan, volume, dan kandungan air juga akan mengalami perubahan. Ilmu yang mempelajari proses perubahan sifat-sifat udara seperti temperatur dan kelembaban disebut psikometri

4 Metode Penelitian

4.1 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.

4.2. Tahapan Penelitian

4.2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilaksanakan untuk mempelajari teori/literatur yang berhubungan dengan penelitian melalui buku-buku, laporan dan jurnal penelitian berkaitan maupun literatur dari internet. Adapun studi literatur yang dilakukan meliputi deskripsi daerah penelitian, teori mengenai ventilasi dan teori mengenai swabakar.

4.2.2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan merupakan kegiatan yang dilakukan langsung di lapangan untuk mengamati kondisi daerah penelitian dan kegiatan penambangan di lokasi tersebut.

4.2.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah merupakan hasil temuan yang berdasarkan pada observasi lapangan untuk menjawab permasalahan dan menemukan jawaban terhadap kegiatan produksi batubara di lubang tambang batubara

4.2.4. Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan dua metode pengambilan data

4.2.4.1. Data Primer

- Dimensi penampang terowongan
- Dimensi penampang duct
- Kecepatan aliran udara
- Kandungan gas
- Temperatur udara
- Kelembapan udara

4.2.4.2. Data Sekunder

- Spesifikasi fan
- Peta layout tambang bawah tanah
- Data produksi
- Data ukur lubang tambang

4.2.5. Pengolahan Data

Metode teknik pengolahan data berfungsi untuk memahami bagaimana proses dan cara yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi sesuai dengan tujuan yang sudah ditetapkan. Kegiatan pengolahan data yang dimaksudkan terdiri dari:

4.2.5.1. Melakukan perhitungan matematis dari data yang telah didapatkan diantaranya:

4.2.5.1.1. Menghitung luas penampang duct dan terowongan

4.2.5.1.2. Menghitung kuantitas udara pada jalur utama maupun penambangan

4.2.5.1.3. Menghitung kebutuhan udara total lubang BT 03 PT. Nusa Alam Lestari

4.2.5.1.3.4. Menghitung kebutuhan udara pada jalur utama maupun percabangan

4.2.5.2. Menganalisis kualitas dan kuantitas udara pada lubang BT 03 dengan melakukan perbandingan antara kondisi aktual dengan kondisi ideal sesuai Keputusan Menteri ESDM No. 555.K/26/M.PE/1995

4.2.5.3. Mengevaluasi kelayakan system ventilasi yang ada saat ini dan merancang system ventilasi yang memenuhi standar sesuai Keputusan Menteri ESDM No. 555.K/26/M.PE/1995

4.2.5.4. Melakukan simulasi menggunakan software untuk mengetahui kondisi aktual kuantitas dan kualitas udara pada saat ini dengan mengacu pada Keputusan Menteri ESDM No. 555.K/26/M.PE/1995

5 Hasil dan Pembahasan

5.1. Hasil Penelitian

5.1.1. Hasil Pengukuran Temperatur Kelembapan, dan Kecepatan Udara

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran temperature, kelembapan dan kecepatan udara pada lubang BT 03

Tabel 2. Hasil Pengukuran Temperatur & kelembaban

No	Lokasi	TD(°C)	TW(°C)	Temperatur Efektif		Rh(%)
				°F	°C	
BT 03 A						
1	C8	28.6	28.7	84	28.89	89.4
2	C10	29.1	29.1	84	28.89	89.9
3	C12	29.5	29.7	86	30	89.8
4	Front Maju	30.2	30.2	86	30	91.2
BT 03 B						
1	C9	28.5	28.6	83	28.33	88.9
2	C11	28.9	29.1	84	28.89	89.5
3	C13	29.5	29.7	85	29.44	89.4
4	Front Maju	29.9	30.2	86	30	88.8
Rata-Rata		29.3	29.4			89.6

5.1.2. Hasil Pengukuran Dimensi Lubang

Tabel 3. Hasil Pengukuran dimensi lubang

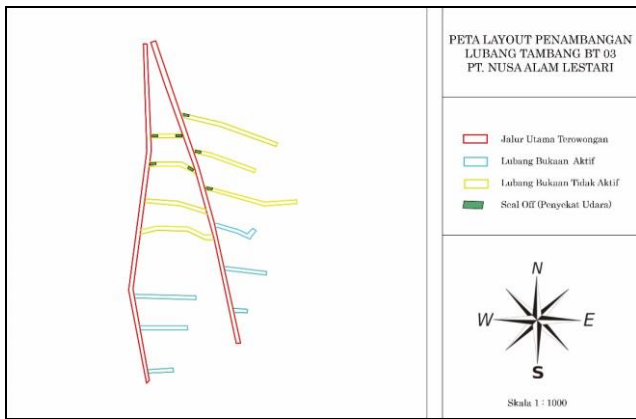
Lokasi	Dimensi Lubang			Dimensi Duct
	Lebar Atas(m)	Lebar Bawah (m)	Tinggi (m)	r (m)
BT 03 A				
C8	2.2	2.8	2.1	0.23
C10	2.2	2.8	2.1	0.23
C12	2.2	2.8	2.1	0.23
Front Maju	2.2	2.8	2.1	0.23
BT 03 B				
C9	2.2	2.8	2.1	0.23
C11	2.2	2.8	2.1	0.23
C13	2.2	2.8	2.1	0.23
Front Maju	2.2	2.8	2.1	0.23

5.1.3. Data Produksi Lubang

Tabel 4. Data Produksi Lubang

No	Lokasi	2 Februari 2022	3 Februari 2022	4 Februari 2022	5 Februari 2022
Satuan pengukuran dalam ton					
BT 03 A					
1	C8	9.8	8.4	8.4	5.6
2	C10	8.4	-	5.6	7.2
3	C12	7	8.4	7	5.6
4	Front Maju	-	-	-	-
BT 03 B					
1	C9	6	6	7.2	6
2	C11	8.4	8.4	7.2	4.8
3	C13	7.2	6	7.2	6
4	Front Maju	8.4	8.4	9.6	4.8

5.1.4. Layout Penambangan



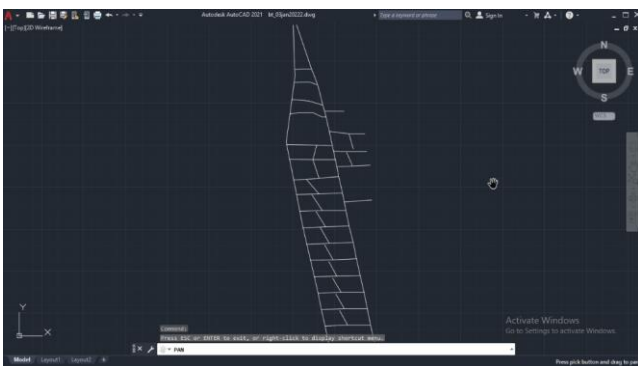
Gambar 4. Layout Penambangan

5.1.5. Kebutuhan udara Pekerja dan Alat

Tabel 5. Kebutuhan Udara

No	Lokasi	Pekerja	Jack Hammer	Pompa Air	Lampu
BT 03 A					
1	C8	3	2	-	2
2	C10	3	2	-	2
3	C12	3	1	-	1
4	Front Maju	4	2	3	12
BT 03 B					
1	C9	3	2	-	1
2	C11	4	1	-	2
3	C13	4	2	-	1
4	Front Maju	4	2	2	9
Jumlah		28	14	3	30

5.1.6. Layout Rencana Penambangan untuk 12 bulan



Gambar 5. Rencana layout penambangan 12 bulan

5.2. Pembahasan

5.2.1. Keadaan Aktual Kuantitas dan Kualitas Udara

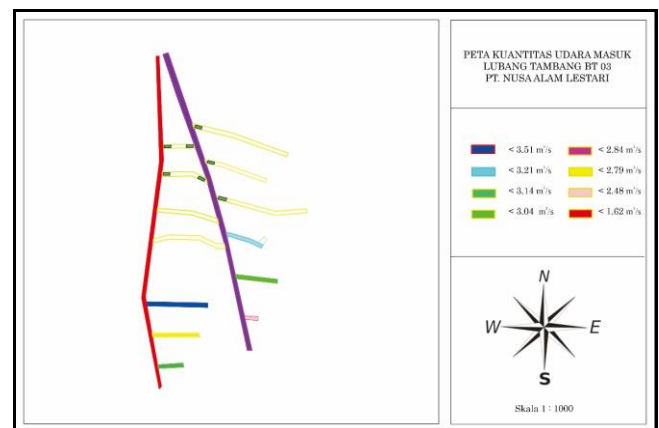
5.2.1.1. Kuantitas Udara

Pada lubang tambang BT 03 menggunakan penampang dengan bentuk trapesium. Selain itu penggunaan *blower* dengan ukuran yang 18 inch dimanfaatkan di semua lokasi penambangan pada lubang BT 03. Dimulai dari pintu masuk utama yang digunakan untuk menyuplai udara dari luar terowongan ke dalam, begitu pula pada masing-masing percabangan yang menyuplai udara ke front kerja. Berikut ini table hasil perhitungan kuantitas atau jumlah udara yang mengalir disetiap percabangan.

Tabel 6. Perhitungan Kuantitas Udara

Lokasi	Luas Terowongan (m ²)	Luas Duct (m ²)	Selisih Luas Terowongan dan duct	Kecepatan Udara (m/s)	Kuantitas (m ³ /s)
BT 03 A					
C8	5.25	0.17	5.08	0.69	3.51
C10	5.25	0.17	5.08	0.55	2.79
C12	5.25	0.17	5.08	0.62	3.14
Front Maju	5.25	0.17	5.08	0.32	1.62
BT 03 B					
C9	5.25	0.17	5.08	0.63	3.21
C11	5.25	0.17	5.08	0.60	3.04
C13	5.25	0.17	5.08	0.49	2.48
Front Maju	5.25	0.17	5.08	0.56	2.84
Rata-rata					2.83

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel tersebut dibuatlah peta untuk memvisualisasi kondisi udara pada lubang tambang BT 03 saat ini. Berikut gambar peta tersebut



Gambar 6. Peta Nilai Kuantitas Udara Masuk

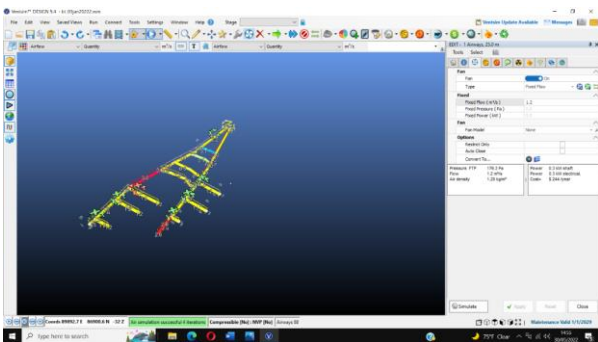
5.2.1.2. Perhitungan total kebutuhan udara

Tabel 7. Total Kebutuhan Udara

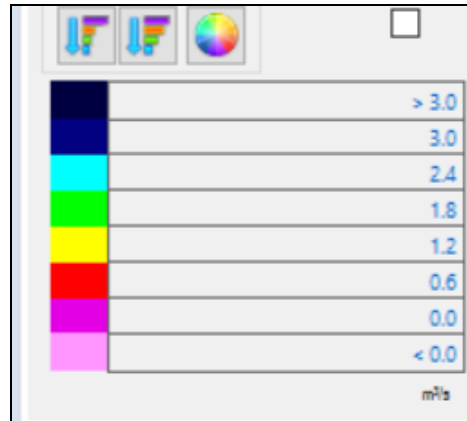
Parameter Kuantitas	C8	C9	C10	C11	C12	C13	Front Maju A	Front Maju B
Kebutuhan udara pekerja (m ³ /dtk)	0.09	0.09	0.09	0.12	0.09	0.12	0.12	0.12
Kebutuhan udara untuk mendilusi gas metan (m ³ /dtk)	0.122	0.131	0.127	0.132	0.147	0.138	0.151	0.148
Kebutuhan udara untuk mengontrol panas dan kelembaban (m ³ /dtk)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Kebutuhan udara untuk alat (m ³ /dtk)	0.7	0.7	0.7	0.35	0.7	0.7	0.7	0.7
Total (m³/dtk)	5.122	5.119	4.767	4.802	5.137	5.158	5.171	5.168
Rata-rata (m³/dtk)	5.0546							

5.2.2. Proses Simulasi Ventilasi

Pada pembuatan sistem ventilasi pada lubang tambang BT 03 dilakukan menggunakan software *Ventsim*. Caranya yang perlu dilakukan adalah dengan membuat layout lokasi penambangan pada software *Autocad*, hal ini dilakukan dengan membuat line pada software tersebut sehingga lebih sederhana. Data layout diperoleh dari data ukur lubang tambang yang dimiliki pihak perusahaan. Setelah pembuatan layout ini selesai baru kemudian file tersebut di *import* ke software *Ventsim*. Selanjutnya dilakukan pengaturan ukuran, bentuk, jdan jenis dari setiap terowongan. Setelah itu dilanjutkan dengan mengatur posisi *duct* dan *fan*, ini dilakukan sesuai dengan kondisi di lapangan. Dimana karakteristik dari *fan* dan *duct* diatur sesuai dengan data yang didapat dari perusahaan. Selanjutnya aplikasi *ventsim* diatur agar dapat menampilkan arah aliran udara dan kuantitasnya pada lubang tambang.

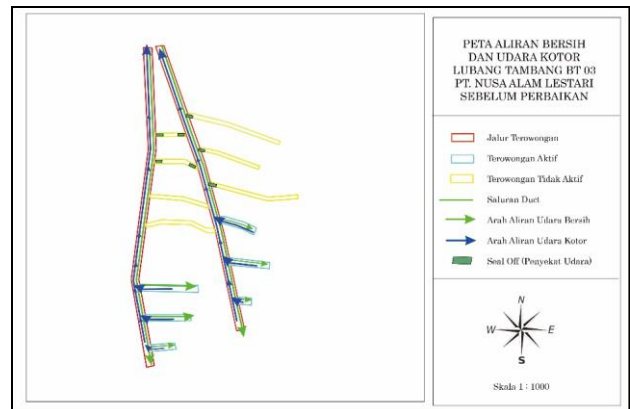


Gambar 7. Hasil Simulasi Kuantitas Udara Lubang BT 03 Saat Ini



Gambar 8. Hasil Simulasi Penggunaan Ventsim

Berdasarkan simulasi yang telah dilaksanakan dapat diketahui bahwa di beberapa tempat yang kuantitas udaranya sangat minim. Lokasi minim udara tersebut umumnya berada pada percabangan C8 sampai ke *front* maju lubang A. Selain itu juga diketahui bahwa kuantitas udara yang keluar dari sistem ventilasi tersebut adalah 3 m³ /dtk. Berikut ini arah aliran udara bersih dan udara kotor pada lubang BT 03 sebelum dilakukan perbaikan



Gambar 9. Peta Aliran udara sebelum dilakukan perbaikan

5.2.3. Panjang jalur yang bisa disuplai blower

Panjang *duct* yang bisa dicapai *blower* utama di lubang BT 03 A dan B *Blower* ini memiliki spesifikasi berupa tekanan yang mencapai 800 pa, kapasitas udara sebanyak 4.2 m³/detik dan diameter 18 inci.

$$L = \frac{P \times A^3}{K \times C \times Q^2 \times \frac{W}{1.2}} - Le$$

$$L = \frac{800 \times 0.158^3}{0.03 \times 1.5 \times 4.2^2 \times \frac{1.178}{1.2}} - 10$$

$$L = 187 - 10$$

$$L = 177 \text{ m}$$

Sementara itu panjang *duct* yang bisa dicapai *blower* pembantu di lubang percabangan

$$L = \frac{P \times A^3}{K \times C \times Q^2 \times \frac{W}{1.2}} - L_e$$

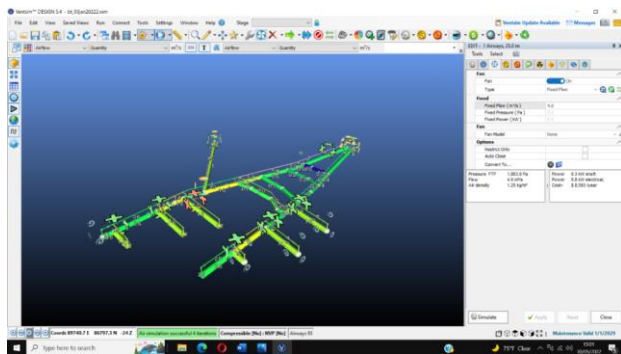
$$L = \frac{300 \times 0.158^3}{0.03 \times 1.5 \times 1.2^2 \times \frac{1.178}{1.2}} - 2$$

$$L = 62 - 2$$

$$L = 60 \text{ m}$$

5.2.4. Rancangan sistem ventilasi yang baru

Menurut penelitian yang dilakukan bungo (2020) dan octavianingsih (2021) untuk membuat layout perencanaan dapat dilakukan dengan menggunakan *software autocad* untuk menentukan arah penggalian dan kemiringan jalur udara yang baru. Sistem ventilasi ini dilakukan dengan membuat lubang tembusan di pertengahan cabang C5 dan cabang C8 dengan arah strike 34° dan dip 25° serta panjang kurang lebih 60 meter hingga tembus permukaan. Ujung lubang tembusan akan diberi *exhaust fan* untuk menghisap udara yang ada di dalam lubang tambang. Jika dibandingkan dengan sistem ventilasi yang diterapkan sekarang kuantitas udara yang masuk lebih banyak.



Gambar 10. Hasil Rancangan sistem ventilasi yang baru

Dari hasil simulasi ini penempatan *blower* dibuat lebih merata. Pada Lubang BT 03 A dan BT 03 B jumlah *blower* yang digunakan masing masingnya menjadi 7 unit, sehingga debit udara yang masuk menjadi :

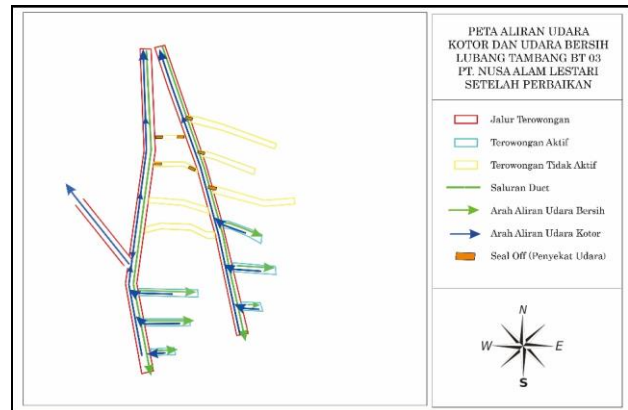
$$\text{Debit udara masuk} = \text{Debit blower utama} + \text{debit blower pembantu}$$

$$\text{Debit udara masuk} = 4.2 \text{ m}^3 + 7 (1.2 \text{ m}^3)$$

$$\text{Debit udara masuk} = 12.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Berdasarkan hasil rancangan sistem ventilasi yang baru ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan udara pada lubang tambang batubara BT 03 dan sesuai dengan standar keselamatan dan kesehatan para pekerja tambang kedepannya.

5.2.5. Rancangan Sistem Ventilasi untuk 12 bulan penambangan



Gambar 11 . Peta Aliran Udara Bersih dan Kotor Setelah Perbaikan

Dengan menggunakan data *layout* yang telah dimiliki, selanjutnya data tersebut di masukkan ke *software ventsim* untuk diketahui jumlah kebutuhan udara dan jumlah *blower* yang digunakan. Untuk volume penambangan per tahun dapat dihitung sebesar :

$$\text{Volume penambangan per bulan} = \frac{\text{tonase}}{\text{density batubara}}$$

$$\text{Volume penambangan per bulan} = \frac{1334 \text{ ton}}{1.3 \text{ ton/m}^3}$$

$$\text{Volume penambangan per bulan} = \frac{1334 \text{ ton}}{1.3 \text{ ton/m}^3}$$

$$\text{Volume penambangan per bulan} = 1026.1 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume penambangan per tahun} = 1026.1 \text{ m}^3 \times 12$$

$$\text{Volume penambangan per tahun} = 12313.2 \text{ m}^3$$

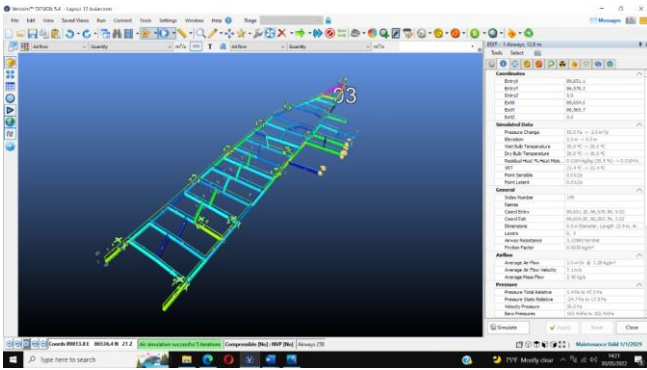
Setelah diketahui volume penambangan, langkah selanjutnya adalah menghitung kemajuan penambangan dengan hasil perhitungan sebesar:

$$\text{Kemajuan Penambangan/tahun} = \frac{\text{Volume}}{\text{Luas Penampang}}$$

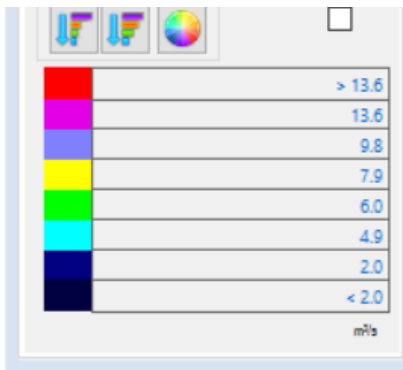
$$\text{Kemajuan Penambangan/tahun} = \frac{12313.2 \text{ m}^3}{5.25 \text{ m}^2}$$

$$\text{Kemajuan Penambangan/tahun} = 2345.3 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dihasilkan layout rencana system ventilasi untuk kegiatan penambangan selama 12 bulan kedepan seperti pada gambar 31. Dengan menggunakan data *layout* yang telah dimiliki, selanjutnya data tersebut di masukkan ke *software ventsim* untuk diketahui jumlah kebutuhan udara dan jumlah *blower* yang digunakan.



Gambar 12. Hasil pengolahan data menggunakan software ventsim



Gambar 13. Keterangan Hasil Simulasi Ventsim untuk 12 bulan penambangan

Kemajuan penambangan di Jarak dari pintu lubang ke front maju pada masing masing lubang BT 03 A dan B adalah 600 m. Untuk menyuplai udara dari permukaan tambang kali ini digunakan *blower* sentrifugal 20 inci untuk dapat memenuhi kebutuhan udara dalam tambang. *Blower axial* 18 inci juga masih tetap digunakan namun hanya bertugas sebagai *blower* pembantu pada masing-masing cabang. Untuk *front* kerja yang aktif masih tetap dipertahankan sebanyak 8 *front* kerja dan masing masing *blower* pembantu digunakan untuk menyuplai udara pada *front* tersebut. *Front* kerja yang tidak beroperasi kemudian akan di *seal off* untuk menghindari kehilangan udara pada *front* kerja. Pada proses simulasi menggunakan ventsim didapatkan hasil kuantitas udara yang masuk sebesar $13.27 \text{ m}^3/\text{s}$ dan memenuhi kebutuhan udara pada rancangan system ventilasi tersebut

6 Kesimpulan dan saran

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

6.1.1. Keadaan aktual kuantitas dan kualitas pada lubang tambang BT 03 PT. Nusa Alam Lestari berdasarkan hasil pengukuran adalah sebagai berikut:

6.1.1.1. Kuantitas udara yang masuk sebanyak $2.83 \text{ m}^3/\text{dk}$ dan kebutuhan udara total sebesar $6.047 \text{ m}^3/\text{dk}$

6.1.1.2. Konsentrasi kandungan gas udara sebagai berikut:

1. H_2S : 0%
2. CO : 0%
3. O_2 : 20.2 % sampai dengan 20.8%
4. CH_4 : 0%

6.1.1.3. Temperatur udara antara 29°C sampai dengan 31°C (standar KepMen 18-27⁰ C)

6.1.1.4. Kelembapan udara antara 89% sampai dengan 91%. (Standar KepMen 85%)

6.1.2. Hasil evaluasi berdasarkan data keadaan actual kuantitas dan kualitas udara menyatakan bahwa system ventilasi belum memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan yang ada dalam Kepmen. Nomor.555.K/26/M.PE/1995

6.1.3. Perbedaan sistem ventilasi sebelum dan sesudah evaluasi adalah adanya lubang tembusan yang mengarah ke permukaan dan menempatkan blower blower hisap pada ujung lubang tembusan. Untuk kuantitas udara sendiri juga mengalami peningkatan yaitu mencapai $12.6 \text{ m}^3/\text{s}$

6.1.4. Berdasarkan hasil rancangan system ventilasi untuk 12 bulan kerja diketahui bahwa, untuk menyuplai udara ke lubang BT 03 dibutuhkan blower sentrifugal 20 inci pada masing masing lubang A dan B serta penggunaan 8 blower axial untuk membantu front kerja di masing masing percabangan

6.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

6.2.1. pemasangan duct dilakukan dengan hendaknya mengikuti standar sehingga tidak ditemukan hambatan dalam aliran udara dan juga mengecek kondisi duct secara rutin atau bisa saja mengganti penggunaan duct plastic menjadi duct rigid.

6.2.2. Untuk membantu mengurangi kehilangan udara pada front kerja yang tidak aktif hendaknya para pekerja memasang sealing menggunakan plastic dan kayu agar lebih efektif

6.2.3. Para pengawas melakukan briefing tiap pagi hari sebelum bekerja agar para pekerja bisa mengetahui kondisi terkini lubang tambang

6.2.4. Perlu adanya peningkatan terhadap kuantitas udara guna memenuhi kebutuhan udara serta mengontrol panas dan kelembapan di dalam lubang tambang BT 03 PT. Nusa Alam Lestari

Mining Engineering: Jurnal Bina Tambang, 6 (2), 184-196.

- [13] Sierra, Charlos. (2020). Mine Ventilation A Concise Guide for Student. Switzerland: Spinger
- [14] Silitonga dan Kastowo. (1995). Peta Geologi Lembar Solok.
- [15] F. De Lillo, F. Cecconi, G. Lacorata, A. Vulpiani, EPL, **84** (2008)

Daftar Pustaka

- [1] Anonim. Diktat Ventilasi Tambang UNP.
- [2] Arif, Irwandy. (2014). Batubara Indonesia. Jakarta: PT. Gramedia.
- [3] 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.
- [4] Bungo. R.P., (2020). Evaluasi dan Penyesuaian Sistem Ventilasi pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang 02 PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Jurnal Bina Tambang, 5 (4), 21-30.
- [5] Finura, F, dkk. (2019). Geologi Daerah Sikalang dan Sekitarnya, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Jurnal Online Mahasiswa Bidang teknik Geologi.
- [6] Hartman, L.H., et al. (1997). Mine Ventilation and Air Conditioning. Canada: A WileyInterscience Publication.
- [7] 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), 147-152.
- [8] Keith, W., et al. (2015). The Practice of Mine Ventilation Engineering. International Journal of Mining Science and Technology, 25 (2), 165-169.
- [9] Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- [10] M. Ben Rabha, M.F. Boujmil, M. Saadoun, B. Bessaïs, Eur. Phys. J. Appl. Phys. (to be published) 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.
- [11] Koesoemadinata dan Matasak. (1981). Proceedings Indonesian Petroleum Association. Stratigraphy and Sedimentation Ombilin Basin Central Sumatra (West Sumatra Province). 217- 249.
- [12] Oktavianingsih, A. (2021). Analisis Kebutuhan Udara dan Sistem Ventilasi pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. Journals