

Evaluasi Dan Rancangan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang BT 02 PT. Nusa Alam Lestari, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.

Carles Trisis Caniago*and Bambang Heriyadi**

¹ Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*carlestrisiscaniago@gmail.com

*bambangh@ft.unp.ac.id

Abstract. PT. Nusa Alam Lestari is an underground coal mining company located in Batu Tanjung Village, Talawi District, Sawahlunto City, West Sumatra. This research aims to reveal the quality and quantity of air, reveal the maximum ventilation requirements that can be supplied by fans according to the currently installed specifications to channel fresh air to the front work and describe the current model of the ventilation system and the design of the future ventilation system according to changing field conditions in the hole. BT 02 PT Alam Nusa Lestari. From the results of temperature measurements in the BT 02 Utama (BT02U) 30.10c hole and the BT 02 Companion hole (BT02P) 280c. With an average humidity in BT02U which is 97.74% and in BT02P 89.0%. Based on Kepmen 1827 k / MEM / 30/2018 and KepDirJen Minerba of the Ministry of Energy and Mineral Resources Number 185.K / 37.04 / DJB / 2019. The specified temperature values are 18^oC-27^oC and a maximum relative humidity of 85%. From the calculation results, the air requirement in the BT02 U hole is 11,1165 m³ / s, the BT 02 P hole is 8,1166 m³ / s, and the air requirement to dilute methane gas from the BT 02 hole is 2,397 m³ / s, the oxygen content is 20.9% and It is in accordance with the air requirements for workers stipulated in the Ministerial Decree 1827. Dirty air resulting from mining activities is sucked out through the ventilation holes and replaced with clean air that enters through holes BT 02 U and BT 02 P that have been installed with blow blowers.

Keywords : Quantity and quality of underground mine air, ventilation air requirements

Abstrak. PT. Nusa Alam Lestari adalah perusahaan tambang batubara bawah tanah yang berlokasi di Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap kualitas dan kuantitas udara, mengetahui kebutuhan ventilasi maksimum yang dapat disuplai oleh fan sesuai spesifikasi yang terpasang saat ini untuk mengalirkan udara segar ke bagian depan dan mendeskripsikan model sistem ventilasi terkini dan desain sistem ventilasi masa depan sesuai dengan kondisi lapangan yang berubah di dalam lubang. BT 02 PT Alam Nusa Lestari. Dari hasil pengukuran temperatur pada lubang BT 02 Utama (BT02U) 30.10c dan lubang Pendamping BT 02 (BT02P) 280c. Dengan kelembaban rata-rata di BT02U yaitu 97.74% dan di BT02P 89.0%. Berdasarkan Kepmen 1827 k / MEM / 30/2018 dan KepDirJen Minerba Kementerian ESDM Nomor 185.K / 37.04 / DJB / 2019. Nilai suhu yang ditetapkan 18^oC-27^oC dan kelembaban relatif maksimum 85%. Dari hasil perhitungan didapatkan kebutuhan udara pada lubang BT02 U adalah 11.1165 m³ / s, lubang BT 02 P sebesar 8.1166 m³ / detik, dan kebutuhan udara untuk mengencerkan gas metan dari lubang BT 02 adalah 2.397 m³ / s, kandungan oksigen 20,9% dan sesuai dengan kebutuhan udara bagi pekerja yang diatur dalam Keputusan Menteri 1827. Udara kotor hasil penambangan disedot keluar melalui lubang ventilasi dan diganti dengan udara bersih yang masuk melalui lubang BT 02 U dan BT 02 P yang telah dipasang dengan blower.

Kata kunci: Kuantitas dan kualitas udara tambang bawah tanah, kebutuhan ventilasi udara

1. Pendahuluan

Pada tambang bawah tanah semakin dalam seseorang menggali untuk mencari sumberdaya yang ada, maka akan semakin meningkat pula panas yang akan dihasilkan dan semakin berkurang pula udara segar yang masuk ke dalam.

Adanya kecelakaan tambang bawah tanah yang terjadi akibat lemahnya pengawasan terhadap kondisi udara terutama pengelolaan terhadap ancaman gas metana disinyalir menjadi faktor penyebab terjadinya kecelakaan tersebut. Peningkatan mutu keselamatan dan kesehatan kerja tambang bawah tanah merupakan hal wajib yang harus diupayakan oleh kepala teknik tambang ataupun pengawas.

Adanya standar keselamatan kerja yang diatur dalam undang-undang tentang sistem ventilasi menunjukkan betapa besarnya peran ventilasi dalam proses penambangan bawah tanah.

Salah satu perusahaan yang melakukan penambangan bawah tanah adalah PT. Nusa Alam Lestari. Perusahaan ini mendapatkan izin eksploitasi berdasarkan Keputusan Walikota Sawahlunto Nomor: 05.03. PERINDAGKOP. TAHUN 2006, tanggal 27 Maret 2006 Tentang Pemberian Kuasa Pertambangan Eksploitasi (KW 1373 NAL 3602) dengan luas kurang lebih 100 Hektar. Secara geografis wilayah penambangan PT. Nusa Alam Lestari terletak pada koordinat $101^{\circ}45'48''$ BT- $101^{\circ}46'48''$ BT dan $00^{\circ}36'45''$ LS- $00^{\circ}37'12''$ LS.

Sistem ventilasi yang diterapkan saat ini adalah sistem hembus (*forcing system*) dengan *duct* yang terbuat dari terpal dan plastik. Jalur ventilasi dipasang secara terpisah dimana *blower* pengiring diletakkan di cabang lubang dan *blower* utama diletakkan di dekat pintu masuk lubang. PT. Nusa Alam Lestari menggunakan 2 *blower* di lubang BT 02. Untuk lubang BT 02 *Axial Fan* diameter 20 inci sebagai *blower* utama dan sentrifugal Fan diameter 18 inci sebagai *blower* pendukung. Sistem ventilasi di Lubang BT 02 PT. Nusa Alam Lestari tidak menerapkan sistem hisap, sehingga udara kotor tidak segera tertransportasikan keluar. Udara bersih yang dialirkan dari *blower* utama kembali tercampur dengan udara kotor yang berasal dari *front* penambangan. Berikut adalah peta Layout Lubang bukaan BT 02.

Kebocoran masih terdeteksi pada jalur ventilasi jarak 80 m dan 110 m dari lubang bukaan. Kebocoran tersebut disebabkan karena bahan *duct* yang digunakan terlalu tipis. Penyebab lain yaitu

percabangan *duct* yang memberikan tekanan yang tidak merata dan berpusat di beberapa titik saja. Kebocoran ini menyebabkan kehilangan udara yang dapat merugikan, karena jumlah udara yang harusnya di *supply* ke *front* menjadi berkurang. Berikut adalah bentuk Kebocoran *Duct Blower* Utama,

Dari hasil pengamatan penulis dilapangan kondisi pekerja didalam lubang BT 02 sering merasa kegerahan sehingga membuat pekerja tidak memakai baju ketika bekerja, setelah dilakukan pengukuran di beberapa titik didapatkan nilai temperatur di Lubang BT 02 adalah $29,2-30,6^{\circ}\text{C}$, dengan kelembaban udara rata-rata 85%. Kondisi ini melebihi aturan yang seharusnya dimana dalam Kepmen 1827 K/30/MEM/2018 temperatur udara didalam tambang bawah tanah harus dipertahankan antara 18 derajat celcius sampai dengan 27 derajat celcius dengan kelembaban relatif maksimum 85 persen". Berdasarkan dari observasi yang dilakukan maka peneliti mengajukan judul penelitian yaitu Evaluasi Dan Rancangan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang BT 02 PT. Nusa Alam Lestari. Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat.

2. Tinjauan Pustaka

A. Sejarah Perusahaan

PT. Nusa Alam Lestari merupakan perusahaan pertambangan dalam negeri yang bergerak dibidang penambangan batubara. Pada tahun 2004 PT. Nusa Alam Lestari mulai menjajaki areal Sapan Dalam dengan eksplorasi lanjutan dari PT. Bukit Asam Persero dan mendapatkan legalitas untuk eksploitasi pada tahun 2006 melalui Keputusan Walikota Sawahlunto Nomor: 05.03. PERINDAGKOP. TAHUN 2006, tanggal 27 Maret 2006 Tentang Pemberian Kuasa Pertambangan Eksploitasi (KW 1373 NAL 3602) dengan luas kurang lebih 100 Hektar.

PT. Nusa Alam Lestari kemudian menjalin kerja sama dengan pihak PT. Arka Ananta yang berperan sebagai kontraktor penambangan dan menerapkan metode penambangan *open pit*. Karena produksi batubara yang tidak sesuai dengan harapan, PT. Nusa Alam Lestari sebagai *owner* mengambil alih kegiatan penambangan pada tahun 2008 dengan tetap mempertahankan metode penambangan open

pit yang telah dilakukan dan menyempurnakannya dengan bantuan peledakan.

Metode penambangan *open pit* ini berakhir pada tahun 2011 dikarenakan SR yang semakin tinggi dan tidak lagi memberikan keuntungan bagi perusahaan. Penambangan lalu dilanjutkan dengan metode penambangan batubara bawah tanah dengan metode *room and pillar* yang terus berlangsung hingga saat ini. Pada awal penerapannya, penambangan dengan metode *room and pillar* dilakukan pada seam A1 dengan enam lubang bukaan. Namun pada akhir tahun 2013 seam A1 habis dan dilanjutkan dengan penambangan pada seam C1. Perencanaan penambangan pada seam C1 ini ada 8 lobang bukaan.

B. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara geografis wilayah penambangan PT. Nusa Alam Lestari terletak pada koordinat 101°45' 48" BT - 101°46' 48" BT dan 00°36' 45" LS - 00°37' 12" LS. Sementara itu, secara administratif konsesi penambangan PT. NAL termasuk dalam wilayah Parambahan, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto Propinsi Sumatera Barat. Lihat pada gambar 1 :

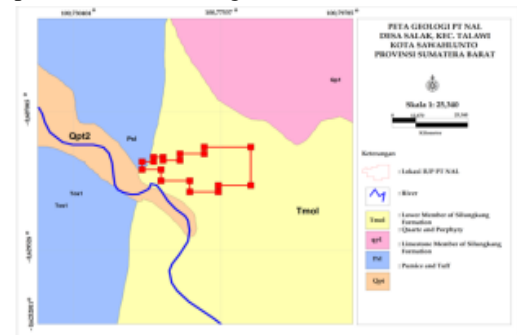


Sumber: PT. Nusa Alam Lestari

C. Kondisi Geologi Regional

Secara regional geologi daerah Sawahlunto berhubungan dengan zona penunjaman lempeng di daerah busur kepulauan. Penunjaman lempeng terjadi di sebelah barat Pulau Sumatera yaitu Lempeng Samudera Hindia yang masuk ke bawah Lempeng Eurasia. Akibat dari kegiatan tektonik ini menyebabkan terjadinya perlipatan (fold), patahan (fault), intrusi dan terbentuknya Cekungan Ombilin yang

merupakan cekungan antar pegunungan (Inter Mountain Basin). Proses selanjutnya, batuan tersier mengisi bagian tengah dan atas cekungan ini yang termasuk kedalam formasi Brani, formasi Sangkarewang, formasi Sawahlunto, formasi Sawah tambang, formasi Ombilin dan formasi Ranau. Penambangan PT. Nusa Alam Lestari berada pada formasi Silungkang yang terdiri dari batu lanau (siltstone), batu lempung (claystone), dan batu pasir (sandstone). Lihat pada gambar 2:



Sumber: PT. Nusa Alam Lestari

3. Metodologi penelitian

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang peneliti lakukan adalah penelitian terapan (applied research). Menurut Sugiyono (2009:9-11), penelitian terapan adalah menerapkan, menguji, mengevaluasi kemampuan suatu teori yang diterapkan dalam memecahkan masalah-masalah praktis.

B. Teknik Pengumpulan Data

1) Pengukuran Kecepatan Udara

Dalam pengukuran kecepatan aliran udara menggunakan alat anemometer digital. Pengukuran ini dilakukan di tiga stasiun pengamatan, tiga stasiun pengamatan tersebut yaitu pintu masuk (mine entry), percabangan (cross cut) dan front kerja.

2) Pengukuran kelembaban dan Temperatur

Untuk pengukuran kelembaban dan temperatur efektif digunakan alat sling psikometer, pengukuran kelembaban dan temperatur efektif ini dilakukan pada tiga stasiun yaitu pada pintu masuk (mine entry), percabangan (cross cut) dan pada front kerja.

3) Pengukuran Dimensi Penampang Terowongan

Pengukuran dimensi penampang terowongan (panjang, lebar dan tinggi) menggunakan alat meteran yang diukur langsung dari penampang aktual terowongan^[1]

Dengan Rumus :

$$L = \frac{1}{2}(a + b)T \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

a : Panjang Penampang atas

b : Panjang Penampang Bawah

T : Tinggi Penampang

4) Pengukuran Dimensi Penampang duct

Pengukuran dimensi penampang menggunakan alat meteran dengan cara membentangkan meteran dari satu sisi duct ke sisi duct yang lain maka akan di peroleh diameter panampang duct.

5) Pengukuran kandungan gas

Pengukuran kandungan gas dilakukan dengan alat gas detector yang dilakukan pengukuran di beberapa titik. Gas-gas yang diamati yaitu karbon dioksida (CO₂), metan (CH₄), hidrogen sulfide (H₂S) dan oksigen (O₂).

6) Menghitung kebutuhan udara total

a. Kebutuhan Udara Pernafasan

Kebutuhan udara untuk pernafasan didasarkan pada jumlah pekerja terbanyak dikalikan dengan kebutuhan udara maksimum perorangan yaitu 213 cfm (Cubic Feet Per Meter) atau 0.03 m³/s^[2]

$$Q \text{ Pernafasan} = \text{Jumlah pekerja} \times 0.03 \text{ m}^3/\text{detik} \dots\dots\dots(2)$$

b. Kebutuhan udara untuk mendilusi gas metan

Menghitung keluaran gas metan per ton batubara Keluaran gas metan per ton batubara dilambangkan dengan Y.

$$Y = 4,1 + 0,23 X \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

Y= Jumlah keluaran gas metan (m³CH₄/ton Batubara)

X = Kedalaman penambangan (m)

Kedalaman penambangan merupakan jarak mulut lubang sampai penggalian lubang maju.

Menghitung jumlah emisi gas metan per detik jumlah emisi gas metan per detik dilambangkan dengan Qg^[6].

Qg = Rata-rata produksi/gilir X Jumlah pancaran gas metan x 1/Waktuefektif jam kerja gilir (8jam).

c. Kebutuhan Udara untuk mengontrol panas dan Kelembaban

Kuantitas udara untuk mengontrol panas dan kelembaban ditentukan dengan mengalikan luas terowongan dengan kecepatan udara dengan kisaran 1,5-2,5 m/dtk^[14]

d. Kebutuhan Udara Untuk Alat

Alat yang digunakan untuk penambangan adalah jack hammer dengan masing-masing bertenaga 2 HP (1 HP = 746 watt). Karena kebutuhan udara ditambah 3 m³/menit, atau 0,5 m³/dtk

C. Teknik Pengolahan Data

1) Menghitung pemenuhan kualitas dan kuantitas udara pada BT 02

Kualitas udara terdiri dari beberapa parameter yaitu kandungan gas, temperatur, dan kelembaban udara. Untuk kuantitas udara didapat dari kecepatan udara yang mengalir ke permukaan kerja. Dalam hal ini mengacu pada Kepmen 1827 K/30/MEM/2018 “Kecepatan udara ventilasi yang dialirkan ke tempat kerja sekurang-kurangnya tujuh meter permenit dan dapat dinaikan sesuai dengan kebutuhan pekerja dan setelah peledakan”.

2) Perhitungan kebutuhan udara untuk operasional penambangan

Analisa pertama yaitu melakukan perhitungan berapa kebutuhan udara untuk kegiatan penambangan yang meliputi kebutuhan udara untuk pernafasan pekerja tambang, alat dan mendilusi gas metan.

3) merancang simulasi dan design jaringan ventilasi tambang dengan menggunakan software Kazemaru

4. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengukuran temperatur, kecepatan, dan kelembapan ralatif di lubang BT 02 Utama dan pengiring dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Pengukuran temperatur, Kecepatan, dan Kelembaban lubang BT 02

No	LOKASI	DT (°C)	D W (°C)	V (m/s)	Rh (%)	A (m ²)	Q (m ³ /s)
LUBANG BT 02 UTAMA							
1	C2	27,9	28,2	4,0	93,4	0,158	0,632
2	C3	29,7	29,7	6,8	99,9	0,096	0,652
3	C4	29,5	29,7	7,4	99,9	0,096	0,710
4	C5	28,7	28,8	9,0	97,2	0,096	0,864
5	Front Maju	29,0	29,1	5,5	98,3	0,158	0,869
LUBANG BT 02 PENGIRING							
1	Front Maju	24,3	24,8	6,1	89,0	0,125	0,762
Rata-rata		28,1	28,4	6,0	98,3		0,708

B. perbandingan temperatur dan kelembapan pada lubang BT 02 dengan Kepmen 1827 K/30/MEM/2018 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Perbandingan temperatur dan Kelembaban dengan Kepmen 1827k /30/MEM/2018

Lokasi	Elemen	Di Lubang	Standar Kepmen	Kesesuaian Dengan Kepmen
Bt 02 U	Temperature	30.1	18-27 °c	Belum
	Kelembaban	97,74%	84 %	Belum
Bt 02 P	Temperature	28	18-27 °c	Belum
	Kelembaban	89,0 %	84 %	Belum

C. Hasil Pengukuran Dimensi Lubang BT 02 dapat dilihat pada Tabel Berikut

Tabel 3. Data hasil Pengukuran dimensi lubang BT 02 U dan BT 02 P

LOKASI	LA (M)	LB (M)	T (M)
CABANG 2	2,1	2,3	2
CABANG 3	2	2,6	2,1
CABANG 4	1,9	2,4	2,3
CABANG 5	2,2	2,3	2
FRONT MAJU	2,5	3	2,1

Lubang Bt 02 Pengiring			
LUBANG BT 02 P	2	2,5	9
CROSSCUT	2,2	2,5	2
Rata-Rata	2,1	2,5	2

D. perbandingan kandungan gas pengotor dalam lubang BT 02 dengan kandungan gas menurut Kepmen 1827 K/30/MEM/2018

Tabel 4. perbandingan kandungan gas pengotor dalam lubang BT 02 dengan Kepmen

Gas	Konsentrasi Di Dalam Lubang	Konsentrasi Menurut Kepmen 1827	Kondisi
Co	0	<0.005	Baik
H ₂ S	0	<0.001	Baik
O ₂	20.9	>19,5	Baik
CH ₄	0	<0.25	Baik

1) Hasil Pengukuran kadar gas Pengotor

Tabel 5. Hasil pengukuran kandungan kadar gas pengotor

LOKASI	CO (%)	H ₂ S (%)	O ₂ (%)	CH ₄ (%)
LB 1 UTAMA				
JALUR	0	0	20.9	0
FRONT MAJU	0	0	20.9	0
CABANG 2				
JALUR	0	0	20.9	0
FRONT	0	0	20.9	0
CABANG 3				
JALUR	0	0	20.9	0
FRONT	0	0	20.9	0
CABANG 4				
JALUR	0	0	20.9	0
FRONT	0	0	20.9	0
CABANG 5				
JALUR	0	0	20.9	0
LOKASI	CO (%)	H ₂ S (%)	O ₂ (%)	CH ₄ (%)
FRONT	0	0	20.9	0
LB 2 PENGIRING				
JALUR	0	0	20.9	0
FRONT	0	0	20.9	0
CROSSCUT				
JALUR	0	0	20.9	0
FRONT	0	0	20.9	0

E. Kehilangan Udara akibat Kebocoran

Kehilangan udara yang terjadi di dalam lubang diakibatkan karena terjadinya kebocoran di beberapa titik. Berikut tabel hasil kebocoran :

Tabel 6. Hasil Kebocoran di BT 02

No	Lokasi	V (m/dtk)	A (m ²)	Q (m ³ /dtk)
BT 02 Utama				
1	Jalur utama 15 m dekat kenopi	5,6	0,00070	0,00395
2	Jalur utama dekat cabang 2	6,3	0,00113	0,00715
3	jalur utama antara cabang 1 dan 2	6,0	0,00212	0,01273
4	jalur utama didepan cabang 2	6,9	0,00180	0,01247
5	jalur utama antara cabang 2 dan 3	8,0	0,00439	0,35168
Cabang Utama				
1	Cabang 2 (10 meter dari lubang bukaan cabang)	6,9	0,00166	0,011454
2	Cabang 2 (15 meter dari titik sebelumnya)	11,3	0,00384	0,04339
3	Cabang 3 (3 meter dari lubang bukaan cabang)	4,1	0,00037	0,00151
4	Cabang 3 (6 meter dari titik sebelumnya)	3,8	0,00031	0,00117
5	Cabang 4 (4 meter dari lubang bukaan cabang)	8,5	0,00220	0,00117
6	Cabang 5 (6 meter dari lubang bukaan cabang)	9,0	0,00196	0,01764
Total				0,46431
BT 02 Pengiring				
1	jalur utama setelah kenopi	5,9	0,096	0,5664
2	jalur utama 10m dari lubang bukaan	4,6	0,001	0,0082
Total				0,5746

F. Kebutuhan udara Total

- 1) Kebutuhan udara bagi pernafasan pekerja
Kebutuhan udara untuk pernafasan pekerja telah diatur didalam kepmen yaitu

sebesar 2 m³/menit perorang, atau 0.03 m³/detik perorang. Dengan jumlah pekerja 25 orang.

Maka jumlah udara pernafasan lubang BT 02 U adalah :

$$Q \text{ Pernafasan} = 19 \text{ orang} \times 0.03 \text{ m}^3/\text{detik} = 0.57 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Maka jumlah udara pernafasan lubang BT 02 P adalah :

$$Q \text{ Pernafasan} = 4 \text{ orang} \times 0.03 \text{ m}^3/\text{detik} = 0.12 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- 2) Kebutuhan udara untuk mendilusi gas metan

Perhitungan jumlah udara untuk menetralkan gas metan dilakukan dengan mengalikan produksi penggalan pergilir dengan keluaran emisi gas metan yang dilambangkan dengan Y (Pusdiklat Teknologi dan Minerba, 2002 : 35). Dan Hasil Perhitungan didapatkan kebutuhan udara untuk menetralkan gas metan adalah sebagai berikut

$$Q = 2.397 \text{ m}^3/\text{dtk}.$$

- 3) Kebutuhan Udara Untuk mengontrol panas dan Kelembaban

untuk mengantisipasi panas yang berlebihan maka diatur bahwa kuantitas udara untuk mengontrol panas dan kelembaban adalah 0,5-2,5 m/dtk dikalikan dengan luas terowongan/ lubang (Departemen ESDM BDTBT, 2009 : 27).

Hasil Perhitungan kebutuhan udara untuk mengontrol panas dan kelembaban dapat dilihat pada tabel 7 berikut :

Tabel 7. Kebutuhan udara untuk mengontrol panas dan kelembaban

Lokasi	V (m/dtk)	A (m ²)	Q (m ³ /dtk)
BT 02 Utama	1	5,775	5,775
BT 02 Pengiring	1	4,275	4,275

- 4) Kebutuhan udara untuk Alat

Kebutuhan udara untuk alat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8. Kebutuhan udara untuk alat

Alat	Jumlah (Unit)	H P	Kebutuhan udara (m ³ /menit)	Q (m ³ /dtk)
BT 02 U				
Jack Hammer	8	16	3	0,8
Pompa Air	4	22	3	1,1
BT 02 P				
Jack Hammer	2	4	3	0,2
Pompa Air	2	11	3	0,55

Maka, kebutuhan udara total Lubang BT 02 dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Kebutuhan udara total lubang BT 02

Kebutuhan (M ³ /Dtk)	Lubang	
	BT 02 U	BT 02 P
Pernafasan	0,57	0,12
Dilusi Gas Metan	2,397	2,397
Panas Dan Kelembaban	5,775	4,275
Untuk Alat	1,9	0,75
Kebocoran	0,46431	0,5746
Total (M ³ /Dtk)	11,1165	8,1166

G. Menghitung kebutuhan Blower disetiap lubang

1) Kebutuhan Blower BT 02 U

Pada BT 02 Utama digunakan blower utama bertekanan 972 Pa dengan kapasitas 6.66 m³/dtk dan blower pembantu bertekanan 250 pa dengan kapasitas 2 m³/dtk adalah 4.56 m³/s Dengan kebutuhan udara sebesar 18.1015 m³/dtk. Maka blower yang dibutuhkan adalah 6 unit. Dengan blower yang ada saat ini 5 unit, maka dibutuhkan 1 unit tambahan untuk mencukupi kebutuhan udara.

2) Kebutuhan blower BT 02 P

Karena lubang pengiring pada BT 02 masih memfokuskan untuk front maju

yang masih pendek dan belum memiliki blower pembantu. Maka untuk kebutuhan blowernya saat ini hanya 1 blower utama.

H. Menghitung Panjang Duct yang dapat disuply Blower

- 1) Panjang duct yang dapat dicapai blower utama di lubang BT 02 U

Blower utama lubang BT 02 U bertekanan 972 Pa dengan kapasitas 3,33 m³/s dan berdiameter 0,45 m atau 18 inch. Diperoleh panjang blower yaitu 167 m

- 2) Panjang duct yang dapat dicapai blower pembantu di lubang BT 02 U

Blower pembantu lubang BT 02 U bertekanan 250 Pa dengan kapasitas 1.52 m³/s dan berdiameter 0.35 m atau 14 inch. Didapatkan panjang duct yang dapat dicapai blower adalah 38 m

- 3) Panjang duct yang dapat dicapai blower di lubang BT 02 P

Blower pengiring lubang BT 02 P bertekanan 400 Pa dengan kapasitas 3.05 m³/s dan berdiameter 0,40 m atau 16 inch. panjang duct yang dapat dicapai Blower BT 02 P adalah 25 m

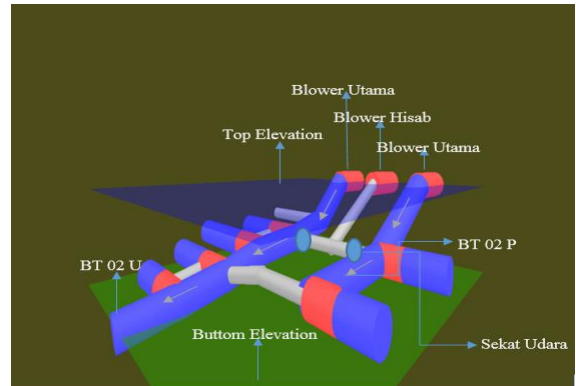
I. Sistem Ventilasi Sebelum dan Sesudah Evaluasi

Tabel 7. Perbedaan sistem ventilasi Lubang BT 02 PT. NAL Sebelum dan setelah evaluasi

No	Sebelum Evaluasi	Setelah Evaluasi
1	Sistem ventilasi yang diterapkan belum menggunakan fan hisap	Sistem ventilasi telah menggunakan fan hisap yang diletakan di lubang pengiring
2	Pada lubang utama menggunakan 1 unit blower utama dan 4 unit pembantu dan untuk lubang pengiring baru menggunakan 1 blower utama	Pada lubang utama menggunakan 1 unit blower utama dan 5 unit blower pembantu dan untuk lubang pengiring masih menggunakan 1 unit blower
3	Debit udara yang dibutuhkan lubang BT 02 utama sebesar 10,642 m ³ /dtk, dan yang masuk ke lubang pengiring sebesar 8,8245 m ³ /dtk	Debit udara yang masuk ke lubang utama sebesar 11,106 m ³ /dtk, dan yang masuk ke lubang pengiring sebesar 8,1166 m ³ /dtk, sehingga dibutuhkan penambahan blower untuk mencukupi kebutuhan udara di BT 02

J. Rancangan Sistem Ventilasi Menggunakan software Kazemaru

Rancangan yang dilakukan menggunakan software Kazemaru. Software ini dipakai karena dianggap lebih mudah dari penggunaannya dibandingkan dengan software lainnya. Pada perencanaan sistem ventilasi akan dibuka dua lubang yaitu lubang BT 02 U dan BT 02 P dan satu lubang ventilasi.



Dari gambar diatas bisa dilihat bahwa udara bersih masuk melalui lubang BT02U dan BT02P kemudian dialirkan ke arah panel dan cross cut dan setelah itu udara kotor dikeluarkan kembali melalui lubang antara BT02U dan BT02P ventilasi menggunakan sistem hisap dengan blower utama kapasitas 4,83 m³/s dan blower bantu dengan menggunakan sistem hembus dengan kapasitas 3,33 m³/s.

5. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

- 1) Kualitas dan kuantitas udara pada lubang BT 02 dilihat dari segi kualitas udara pada Lubang BT 02 U, Temperatur efektifnya adalah 30,1 °C (standar KepMen 18-27⁰c) , dengan kelembaban rata-rata 97,74 % (Standar KepMen 85%). Pada BT 02 P, temperatur efektifnya adalah 27,2 °C, dengan kelembaban rata-rata 89.0 % kandungan gas Lubang BT 02 adalah O₂ 20,9% , CO 0%, H₂S 0%, CH₄ 0% kandungan gas ini sudah sesuai dengan standar kepmen. Kuantitas udara pada Lubang BT 02 dilihat dari kebutuhan udara total di BT 02 U adalah 10,5808 m³/s, dan di BT 02 P adalah 7,0811 m³/dtk, dengan blower yang ada di Lubang

BT 02 U yaitu 0,869 m³/dtk sudah mencukupi kebutuhan udara bagi pekerja yaitu 0,63 m³/dtk, namun belum mencukupi untuk kebutuhan alat, sehingga dibutuhkan penambahan 1 unit blower untuk mencukupi kebutuhan udara tersebut.

- 2) Panjang *Duct* yang dapat dicapai *Blower* utama BT 02 U adalah 167 m, dan yang dapat dicapai blower pengiringnya sejauh 38 m. Pada lubang BT 02 P, blower utamanya mampu mengalirkan udara sejauh 116 m
- 3) Perbedaan sistem ventilasi sebelum dan sesudah evaluasi adalah adanya blower hisap yang ditempatkan di antara BT 02 U dan BT 02 P. Rancangan rencana sistem ventilasi yaitu satu tahun produksi dengan kemajuan 2,520 m³/thn sehingga diperlukan penambahan blower 11 unit dan juga pekerja 24 orang.

B. Saran

- 1) Sebaiknya dalam pemasangan duct dilakukan dengan baik sesuai standar sehingga tidak membuat aliran udara terhambat dan juga agar mengganti duct dengan bahan plastic yang lebih tebal agar tidak bocor.
- 2) Papan informasi oksigen dan gas metan agar diletakan didepan lubang sehingga pekerja yang akan masuk lubang dapat bekerja dengan aman.
- 3) Adapun kekurangan dalam penelitian ini adalah peneliti tidak dapat menampilkan simulasi langsung terhadap sistem ventilasi yang diharapkan, sehingga perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap hasil penelitian.

Daftar Pustaka

- [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., & Moshood, O. (2013). Modelling of okaba underground coal mine ventilation system. *International Journal of Engineering and Technology*, 3(7), 766-772
- [3] Asmunandar, A., & Heriyadi, B. (2018). Evaluasi dan Rancangan Sistem Ventilasi Pada Lubang Tambang BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana, Tanah Kuning, Desa Batu Tanjung, Kota Sawahlunto. *Bina Tambang*, 3(3), 1133-1142.
- [4] 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.
- [5] Bridges, H. S. (2014). Ventilation in Underground Mines and Tunnels. *Work safe. New Zealand*.
- [6] Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V., & Wang, Y. J. (2012). *Mine ventilation and air conditioning*. John Wiley & Sons.
- [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] Le Roux, W. L. (1979). *Mine ventilation notes for beginners*. Mine Ventilation Society of South Africa
- [9] 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.
- [10] Nie, X., Wei, X., Li, X., & Lu, C. (2018). Heat treatment and ventilation optimization in a deep mine. *Advances in Civil Engineering*, 2018.
- [11] 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.
- [12] 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.

[13] 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.

[14] Tanah, B. D. T. B. (2010). Diklat Sistem Ventilasi Tambang Bawah Tanah.