

# Perencanaan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C2 Di PT. Nusa Alam Lestari, Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.

Rizka Sestiana<sup>1,\*</sup>, and Bambang Heriyadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

\* Anarizkasesti@gmail.com

\*\* bambang\_heriyadi@yahoo.co.id

**Abstract.** PT. Nusa Alam Lestari is one of the mining companies engaged in coal mining located in the Village of Salak, Talawi District, Sawahlunto City, West Sumatra. Mining activities carried out by PT. Nusa Alam Lestari was initially carried out with open pit mines and underground mines. However, since 2011 no open pit mining has been carried out due to the lack of economic coal mining (higher SR). So that currently mining is only done with underground mining. With the room and pillar mining method. PT. Nusa Alam Lestari has several seam coal reserves including the C1 seam, which ended its mining period in December 2017, because of that, it was followed by seam mining C2. As for the ventilation system used is the suction system (exhaus system) with the arrangement of blower relay. Installation of the suction blower system is followed by the installation of blowers, so that dirty air is immediately circulated out. Dirty air resulting from mining activities from one suction hole comes out through the ventilation hole and then changes with clean air entering through the other hole. The total air requirement for mining activities in C2 A seam is 686.6264 m<sup>3</sup> / s, and in C2 B seam is 686.6264 m<sup>3</sup> / s. . The number of blowers used to support 13 panels will be carried out development and 53 crosscut, then ventilation control is required by installing 13 auxiliary blowers on each panel with a diameter of 20 "(37 KW), and to release dirty air out, 6 main Suction blower fans will be installed 32 "(75 KW) in diameter. Modeling of the ventilation system using Ventsim visual 3 and producing a 3D ventilation system model

**Keywords:** Undergraound mines, *Ventilation, Blower, Exhaus System, Modeling.*

## 1 Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumberdaya alam yang beraneka ragam baik yang dapat diperbarui maupun yang tidak dapat diperbarui. Salah satunya adalah Batubara, batubara merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, untuk mendapatkan batubara maka dilakukanlah kegiatan penambangan. Dalam kegiatan penambangan terdapat beberapa metode penambangan yang dapat diterapkan, yaitu metode tambang terbuka, dan tambang bawah tanah.

Tambang terbuka (*surface mining*) dilakukan apabila cadangan batubara mempunyai *Striping Ratio* (SR) yang relatif kecil dan cadangan tidak berada jauh dari permukaan, tambang bawah tanah (*underground mining*) dilakukan apabila cadangan batubara mempunyai *Striping Ratio* (SR) yang relatif besar dan cadangan batubara berada jauh dari permukaan, sehingga tidak layak untuk dilakukan penambangan terbuka.

Batubara di Indonesia tersebar di beberapa daerah seperti di Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Utara, Sulawesi, Jawa Barat, Sumatera Selatan, Lampung, Jambi, Aceh, dan di Sumatera Barat

seperti di Kabupaten Sijunjung dan Kota Sawahlunto. Dahulunya, penambangan batubara di Kota Sawahlunto dilakukan dengan metode tambang terbuka. Namun seiring dengan menipisnya cadangan dan semakin dalamnya keberadaan batubara maka metode penambangan dialihkan dengan menggunakan metode tambang bawah tanah.

PT. Nusa Alam Lestari merupakan salah satu perusahaan tambang yang bergerak dibidang pertambangan batubara yang berlokasi di Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT. Nusa Alam Lestari awalnya dilakukan dengan tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Namun sejak tahun 2011 tidak lagi dilakukan tambang terbuka dikarenakan tidak ekonomisnya penambangan batubara (SR semakin tinggi). Sehingga saat ini penambangan hanya dilakukan dengan tambang bawah tanah. Aktivitas penambangan dilakukan pada 3 blok yaitu blok 1 (sapan dalam), blok 2 (bukit tamban), blok 3 (tanah kuning).

PT. Nusa Alam Lestari memiliki beberapa *seam* cadangan batubara diantaranya pada *seam* C1 yang masa tambangnya berakhir pada Desember 2017 lalu, karena hal itu maka dilanjutkan dengan penambangan *seam* C2

dimana lokasi penelitian penulis berada pada blok 1 (sapan dalam) yang berada pada arah timur yaitu *Seam C2* yang akan dibuka dengan 2 lubang utama dan 1 lubang ventilasi, yang dalam perencanaan ventilasinya menggunakan sistem hisap. Rata-rata produksi per bulan 4000 ton, dengan bulan produksi diperkirakan 37 bulan, umur tambang dimulai dari tahap *development* sampai akhir produksi diperkirakan selama 40 bulan. Namun pada saat ini tambang tersebut masih dalam tahap pembongkaran tanah penutup (*over burden*), dan menuju tahap *development*.

*Development* merupakan tahap persiapan infrastruktur tambang, tidak hanya berupa lubang maju, *connection*, *panel*, *cross cut*, dan *draw point* untuk aktivitas produksi, tetapi juga aspek pendukung lainnya seperti *ground support* dan sarana pengangkutan batubara dari dalam tambang menuju *stock pile*. Disamping beberapa aspek di atas, ada salah satu aspek yang sangat vital dalam keberlangsungan tambang bawah tanah mulai dari awal membuka tambang sampai pada pasca tambang, aspek tersebut adalah ventilasi tambang yang berfungsi untuk mengalirkan udara bersih ke dalam tambang untuk pernapasan bagi para pekerja dan mengalirkan keluar gas serta debu tambang yang berbahaya.

Berdasarkan data yang didapat dari perusahaan luas area design yaitu 7,7 Ha, dengan volume batubara *seam C2* 231.000 M<sup>3</sup>, dan tonase batubara C2 sebesar 277.200 ton. Batubara yang diambil saat pembuatan lubang *development* (lubang maju, Panel, dan *cross cut*) sebesar 59.626 ton, dan sisa cadangan batubara setelah tahap *development* 217.574 ton. Kemudian sisa batubara yang bisa di ambil saat produksi (pengambilan mundur) sebesar 87.030 ton (*recovery* produksi = 40 %).

Untuk tahapan penambangan *development* tahap pertama akan dibuat lubang maju dengan panjang 282 m pada lubang *seam C2 A* dan lubang maju *seam C2 B* 275 m, setelah pembuatan lubang maju akan dilanjutkan dengan pembuatan *connection*, panjang lubang masing-masing *connection A-B* 60 m dengan jumlah *connection* 8 buah, dengan volume batubara 6120 m<sup>3</sup> dan tonase batubara 7344 ton, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan *panel* dan *cross cut*, dimensi panel dan *cross cut* (atap = 3m, lantai = 3,5 m, tinggi 3 m) , jumlah pekerja untuk pembuatan lubang maju serta pembuatan panel masing-masing berjumlah enam orang dengan rincian pekerja lubang tiga orang, pengawas tambang satu orang, pegawai K3 satu orang dan pengawas kelistrikan satu orang.

Berdasarkan kondisi di atas, dan dikarenakan belum ada rancangan sistem ventilasi *seam C2* dan belum diketahui kualitas da kuantitas udaranya, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang perencanaan sistem jaringan ventilasi pada *seam C2* dengan judul “Perencanaan Sistem Ventilasi Tambang Batubara Bawah Tanah Pada *Seam C2* Di PT. Nusa Alam Lestari, Desa Salak, Sapaan Dalam Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat”

## 2 Tinjauan pustaka

### 2.1 Lokasi penelitian

Secara administratif konsesi penambangan PT. Nusa Alam Lestari termasuk dalam wilayah Parambahan, Kec. Talawi, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat. Jarak antara daerah penambangan dengan Kota Padang ± 90 km disebelah timur Kota Padang, ditempuh dengan kendaraan roda empat pada jalan Lintas Sumatra melalui Padang - Kota Solok - Kota Sawahlunto dengan waktu tempuh ± 3-4 jam, yang dapat dilihat pada Gambar 1



**Gambar 1.** Peta Kesampaian Daerah Lokasi PT.Nusa Alam Lestari <sup>[1]</sup>

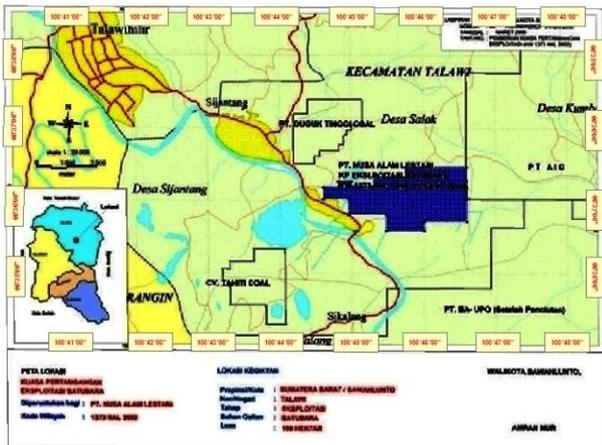
#### 2.1.1 Keadaan topografi

Secara geografis wilayah penambangan PT. Nusa Alam Lestari terletak pada koordinat 100°45'48" BT – 100°46'48" BT dan 00°36'45" LS – 00°37'12" LS..Koordinat geografis batas wilayah Izin Usaha Penambangan (IUP) operasi produksi batubara dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Koordinat Batas Wilayah Kuasa Penambangan (KP) Eksploitasi <sup>[1]</sup>

No. Titik koordi nat	Bujur Timur			Lintang (LU/LS)			Ket
	(o)	(')	(")	(o)	(')	(")	
1	100	45	48.19	0	36	54.35	LS
2	100	45	54.50	0	36	54.35	LS
3	100	45	54.50	0	36	51.80	LS
4	100	45	59.70	0	36	51.80	LS
5	100	45	59.70	0	36	53.65	LS
6	100	46	9.00	0	36	53.65	LS
7	100	46	9.00	0	36	49.78	LS
8	100	46	22.40	0	36	49.78	LS
9	100	46	22.40	0	36	45.84	LS
10	100	46	48.00	0	36	45.84	LS
11	100	46	48.00	0	37	8.21	LS
12	100	46	30.20	0	37	8.21	LS
13	100	46	30.20	0	37	12.00	LS
14	100	44	58.67	0	37	12.00	LS
15	100	44	58.67	0	37	5.50	LS
16	100	44	14.45	0	37	5.50	LS
17	100	44	14.45	0	36	59.00	LS
18	100	45	48.19	0	36	59.00	LS

Berikut peta lokasi IUP OP batubara PT. Nusa Alam Lestari, Desa Salak, Kec. Talawi dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2. Peta Lokasi Wilayah IUP PT. Nusa Alam Lestari [1]

### 2.1.2 Teori Ventilasi

Ventilasi merupakan suatu usaha pengendalian terhadap pergerakan atau aliran udara tambang, termasuk didalamnya adalah jumlah, mutu dan arah alirannya. Secara teknis, ventilasi tambang harus merupakan pengaturan total baik dari segi ketersediaan udaranya maupun bukaan saluran udara dan peralatan pengaliran yang dibutuhkan. Pembagian udara segar kedalam tambang bawah tanah dimaksudkan untuk menciptakan ruang kerja yang aman dan nyaman.<sup>[2]</sup>

#### 2.1.2.1 Fungsi Ventilasi Tambang

- Menyediakan dan mengalirkan udara segar kedalam tambang untuk memenuhi kebutuhan oksigen bagi pernafasan para pekerja dalam tambang dan juga bagi segala proses yang terjadi dalam tambang yang memerlukan oksigen
- Mlarutkan dan membawa keluar gas-gas pengotor yang ada didalam tambang hingga tercapai keadaan kandungan gas dalam udara tambang yang memenuhi syarat bagi pernafasan.
- Menyingkirkan debu yang berada dalam aliran udara tambang bawah tanah hingga batas yang diinginkan.<sup>[3]</sup>

Mengatur panas dan kelembapan udara tambang bawah tanah hingga diperoleh suasana/ lingkungan kerja yang nyaman.

Udara diperlukan tidak hanya untuk pernafasan tetapi juga untuk membubarkan kontaminasi kimia dan fisika (gas, debu, panas, dan kelembapan) serta untuk mencairkan emisi diesel, asap peledakan, radiasi, emisi baterai, dan kontaminasi lainnya.<sup>[3]</sup>

#### 2.1.2.2 Prinsip Ventilasi Tambang.

Pada pengaturan aliran udara dalam ventilasi tambang bawah tanah, berlaku hukum alam bahwa :

- Udara akan mengalir dari kondisi bertemperatur rendah ke temperatur tinggi.
- Udara akan lebih banyak mengalir melalui jalur-jalur ventilasi yang memberikan tahanan yang lebih kecil dibandingkan dengan jalur yang bertahanan lebih besar.
- Hukum-hukum mekanika fluida akan selalu diikuti dalam perhitungan ventilasi tambang.
- Tekanan ventilasi tetap memperhatikan tekanan atmosfer, bisa positif (*blowing*) atau negatif (*exhausting*).
- Aliran udara mengikuti hukum kuadrat yaitu hubungan antara kuantitas dan tekanan, bila kuantitas diperbesar dua kali lipat maka dibutuhkan tekanan empat kali lipat.<sup>[5]</sup>

“Fungsi dasar ventilasi tambang adalah menyediakan udara segar untuk pernafasan dan untuk mengantisipasi keadaan buruk yang mungkin terjadi di masa mendatang. Akibat proses penambangan, aliran udara menjadi pengap, dan tidak baik bagi kesehatan. Oleh karena itu sistem ventilasi harus mampu mengurangi konsentrasi dari kontaminan. Kontaminan yang paling besar pengaruhnya adalah debu, panas, dan gas beracun. Adapun langkah paling penting untuk mengatasi kontaminan ini adalah dengan jalan mengalirkan udara segar”<sup>[6]</sup>

Sistem ventilasi tambang bawah tanah dapat dibedakan ke dalam dua macam sistem yaitu sistem ventilasi alami (*natural ventilation sistem*) dan sistem ventilasi mekanis (*mechanical ventilation sistem*).<sup>[7]</sup>

Sistem ventilasi alami (*natural ventilation sistem*) adalah suatu sistem ventilasi yang mengalirkan udara ke dalam tambang dengan memanfaatkan keadaan dan tenaga alam. Mengalirnya udara disebabkan karena adanya perbedaan tekanan antara jalan udara masuk dengan jalan udara keluar. Perbedaan ini harus cukup besar agar dapat mengatasi adanya gesekan belokan dan perubahan penampang pada aliran udara di dalam tambang. Ventilasi alami sangat tergantung dari perbedaan ketinggian bukaan serta perbedaan temperatur di dalam dan di luar tambang. Makin besar perbedaan tersebut maka tekanan ventilasi alam akan semakin besar pula . Apabila temperatur udara di dalam tambang lebih tinggi dari temperatur udara di luar tambang (misalnya pada malam hari atau pada saat musim hujan) maka tekanan udara di dalam tambang akan lebih besar dari tekanan udara di luar tambang sehingga udara akan mengalir dari luar tambang ke dalam tambang.<sup>[8]</sup>

Sistem ventilasi mekanis (*mechanical ventilation sistem*) adalah suatu sistem ventilasi yang udara ke dalam tambang dengan menggunakan mesin angin sebagai alat untuk memberikan perbedaan tekanan. Sistem ventilasi ini dibedakan menjadi dua sistem hisap dan sistem hembus.<sup>[9]</sup>

Sistem Hisap (*Exhaust System*) Pada sistem ini mesin angin induk diletakkan pada jalan udara keluar. Dengan adanya isapan mesin angin ini, maka tekanan udara di dalam tambang akan mengecil dan udara dari luar tambang yang bertekanan besar akan masuk ke dalam

tambang. Setelah melalui tempat kerja maka udara akan menjadi kotor dan dihisap oleh mesin angin untuk dialirkan keluar tambang.

Sistem Hembus (*Forcing System*) Pada sistem ini mesin angin utama diletakkan pada jalan udara masuk. Mesin angin ini akan menekan udara ke dalam tambang, sehingga udara mengalir melalui jalan-jalan udara di dalam tambang.<sup>[7]</sup>

Metode Hisap Hembus (*overlap system*) Sistem ini merupakan gabungan dari sistem exhausting dan forcing. Berbeda dengan kedua sistem diatas, sistem ini menggunakan 2 *fan* yang memiliki tuas berbeda satu sama lain. Ada dan yang bertugas menyuplai udara ke *front* (*intake fan*), ada *fan* yang bertugas untuk menghisap udara dari *front* (*exhausting fan*). Tetapi *exhaust fan* dipasang lebih mundur (lebih jauh) dari *front* penambangan. Sedangkan *duct* akhir dari *intake* dipasang lebih dekat dengan *front* penambangan<sup>[8]</sup>.

Desain ventilasi yang baik dapat memberikan udara segar untuk meningkatkan lingkungan kerja yang nyaman dan penyaluran udara yang baik, oleh karena itu diperlukan perhitungan untuk optimalisasi terhadap sistem ventilasi tambang<sup>[11]</sup>.

### 3 Metode Penelitian

Metode penelitian pada dasarnya merupakan *cara ilmiah* untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Dalam penelitian ini penulis menggunakan penelitian yang bersifat terapan, dimana hasil penelitian yang dilakukan dapat segera diaplikasikan di perusahaan. Tahapan penelitian sebagai berikut.<sup>[10]</sup>

#### 3.1. Desain Penelitian

##### 3.1.1 Orientasi Lapangan

Penulis melakukan perizinan perusahaan untuk melakukan observasi di lapangan. Setelah mendapat persetujuan dari perusahaan, penulis melakukan observasi/tinjauan lapangan di penambangan batubara bawah tanah PT. Nusa Alam Lestari, dan mendapatkan rekomendasi tentang permasalahan yang ada di lapangan untuk diangkat menjadi latar belakang dan judul penelitian.

##### 3.1.2 Studi Literatur

Mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas dilapangan melalui buku-buku, jurnal dan sumber lainnya.

##### 3.1.3 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah mempelajari literatur dan orientasi lapangan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Untuk data primer diambil langsung di lapangan, sedangkan untuk data sekunder didapat dari literatur perusahaan atau laporan perusahaan.

#### 3.1.4 Pengolahan Data

Setelah data didapatkan maka selanjutnya adalah pengelompokan dan pengolahan data. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Untuk data primer diambil langsung di lapangan, sedangkan untuk data sekunder didapat dari literatur perusahaan atau laporan perusahaan.

#### 3.1.5 Analisis Pengolahan Data

Setelah semua data yang ada diolah selanjutnya dilakukan analisis data yang sudah diolah. Analisis pengolahan data bertujuan untuk :

- Perhitungan kebutuhan total udara pada *front* penambangan batubara di lubang *Seam C2* PT. Nusa Alam Lestari.
- Perhitungan kebutuhan jumlah *blower* setiap lubang di *Seam C2* PT. Nusa Alam Lestari.
- Membuat simulasi dan desain sistem jaringan ventilasi dengan pemasangan main fan sistem hisap (*exhaust system*) di lubang *Seam C2* penambangan batubara bawah tanah PT. Nusa Alam lestari.

#### 3.1.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diperoleh dari hasil pengamatan lapangan, perhitungan, dan analisis data. Kemudian dihasilkan suatu rekomendasi yang bermanfaat bagi perusahaan. Serta saran-saran agar apa yang direkomendasikan bisa dijadikan pertimbangan oleh perusahaan.

### 3.2. Teknik Pengumpulan Data

Untuk proses pengumpulan data sendiri dilakukan dengan turun langsung kelapangan, data yang diambil harus akurat dan relevan dengan permasalahan yang ada. Teknik pengumpulan data diambil dari data-data Primer dan sekunder dari perusahaan. Metode teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi yaitu metode pengumpul data yang dilakukan dengan cara mengamati dan mencatat secara sistematis gejala-gejala yang diselidiki. Adapun data-data yang diambil disini adalah:

- Pengukuran Kecepatan udara dengan menggunakan alat anemometer digital di lubang seam C1, yang digunakan sebagai pembanding kecepatan udara untuk perencanaan lubang *Seam C2*.
- Pengukuran suhu di lubang seam C1, yang digunakan sebagai pembanding suhu untuk perencanaan lubang *Seam C2*.
- Pengukuran Kualitas Udara yang menyangkut dengan kondisi gas-gas di dalam lubang seam C1, yang digunakan sebagai pembanding kualitas udara untuk perencanaan lubang *seam C2* dengan menggunakan alat multi *gas detector*
- Peta rencana *seam C2*
- Jenis Peralatan dan jumlah pekerja
- Dimensi lubang utama, dimensi panel dan *crosscut*

### 3.3 Teknik Analisa Data

Teknik analisis data adalah teknik yang dibutuhkan untuk mengolah data yang telah dikumpulkan untuk kebutuhan penelitian agar mendapatkan suatu kesimpulan. Adapun tahapan untuk analisis dan pengolahan data yang penulis lakukan yaitu :

- Perhitungan kebutuhan udara untuk operasional penambangan Analisis pertama yang penulis lakukan yaitu melakukan perhitungan berapa kebutuhan udara untuk kegiatan penambangan yang meliputi kebutuhan udara untuk pernafasan pekerja tambang dan untuk setiap tenaga kuda yang sedang produksi di lokasi tambang bawah tanah.
- Merancang simulasi dan design sistem jaringan ventilasi tambang dengan menggunakan *Software ventsim visual 3*.

## 4 Hasil dan Pembahasan

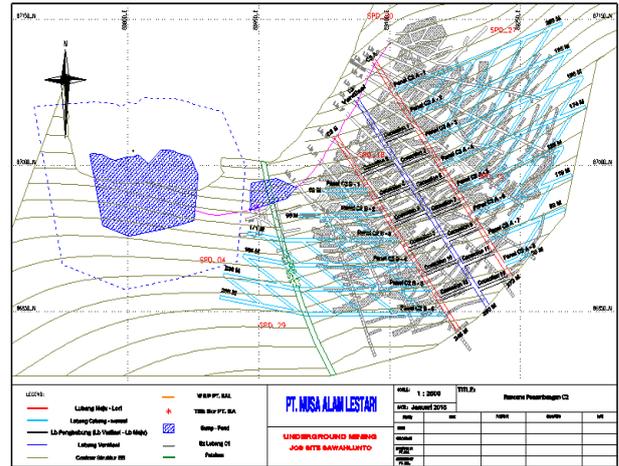
### 4.1 Data Hasil Penelitian

Seperti yang dijelaskan sebelumnya pada Bab 3 bahwa data penelitian dari data sekunder. Data tersebut harus dikumpulkan agar penelitian dapat berjalan lebih baik dan terstruktur

#### 4.1.1 Rencana Produksi

Perencanaan ventilasi tambang bawah tanah maka rencana produksinya yaitu Luas area *design* yaitu = 7.7 Ha, *volume* BB C2 = 231.000 M<sup>3</sup>, *tonase* BB C2 = 277.200 Ton, sisa cadangan setelah tahap *development* (Lb maju, *panel* dan *Cross cut*) = 59.626 Ton, sisa cadangan setelah tahap *Development* = 217.574 Ton, Sisa BB yang bisa di ambil saat produksi (pengambilan mundur) = 87.030 Ton (*Recovery* produksi = 40 %), jumlah batubara C2 tertambang = 146,656 Ton, Rata-rata produksi per bulan = 4000 Ton, Bulan produksi diperkirakan = 37 bulan, untuk pembutan *Canopy* dan Terowongan pengambilan napar sampai ke batubara = 3 bulan, dan umur tambang dimulai dari *development* (*canopy* & terowongan pengambilan napar) sampai akhir produksi diperkirakan = 40 bulan.

### 4.1.2 Peta Rencana Layout



Gambar 3. Peta Rencana Layout<sup>11</sup>

### 4.1.3 Dimensi Lubang

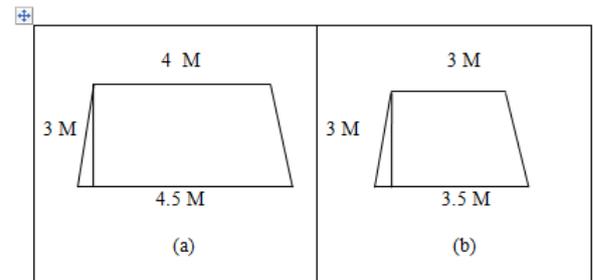
Metode penggalian lubang pada tambang bawah tanah PT. Nusa Alam Lestari dilakukan dengan cara manual. Penggaliannya saat ini masih menggunakan *jack hammer*, dan untuk pengangkutan menggunakan sekop, gerobak dan lori. Untuk perhitungan selanjutnya diambil data dimensi lubang agar memudahkan perhitungan

Tabel 2 merupakan data dimensi lubang *seam* C2.

No	Dimensi lubang	LA (m)	LB (m)	T (m)
1	Lubang Utama	4	4.5	3
2	Panel	3	3.5	3
3	Cross Cut	3	3.5	3

Keterangan: LA = Lebar Atas  
LB = Lebar Bawah  
T = Tinggi

Gambar 4 berikut merupakan data dimensi lubang untuk *Seam* C2



Gambar 4. Data Dimensi lubang *Seam* C2

Luas lubang utama :

$$A = \frac{1}{2} (LA + LB) \times T \quad (1)$$

$$= \frac{1}{2} (4 + 4,5) \times 3$$

$$= \frac{1}{2} (8,5) \times 3$$

$$= 12,75 \text{ m}^2$$

Luas panel & Crosscut :

$$A = \frac{1}{2} (LA + LB) \times T$$

$$= \frac{1}{2} (3 + 3,5) \times 3$$

$$= \frac{1}{2} (6,5) \times 3$$

$$= 9,75 \text{ m}^2$$

#### 4.1.4 Dimensi Dan Kapasitas Blower

Blower atau disebut juga mesin angin sangat penting dalam sistem ventilasi, dimana blower ini bertugas memberikan perbedaan tekanan agar udara dapat mengalir di *seam* C2 menggunakan 2 *blower*, yaitu *blower* utama (*main blower*) dan *blower* bantu (*auxiliary blower*). Spesifikasi dari *blower* yang digunakan dapat dilihat di Lampiran.

#### 4.1.5 Kandungan Gas Pengotor

Ada beberapa macam gas pengotor dan berbahaya yang terdapat dalam tambang batubara. Namun yang sering muncul pada lubang *Seam* C1 sebagai pembanding untuk lubang *Seam* C2 adalah gas metan ( $\text{CH}_4$ ), karbon monoksida (CO), dan Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Gas pengotor diukur pada tempat-tempat tertentu yang telah diatur dalam Kepmen 555.K/26/M.PE/1995, yaitu di lokasi 30 meter dari permukaan kerja terowongan, 15 meter dari lubang turun (lubang yang kemiringannya lebih dari  $15^\circ$  dan penggaliannya dilakukan dari atas ke bawah), dan di dasar sumuran buangan udara pada lokasi bukaan produksi yang mempunyai satu jalan masuk. Untuk pengukuran kandungan gas digunakan alat *gas detector*.<sup>[13]</sup>

#### 4.1.6 Temperatur dan Kecepatan Angin

Mengukur temperatur sebagai pembanding di lubang *seam* C1. PT. Nusa Alam Lestari menggunakan alat *slink pshycometri*, dan untuk pengukuran kecepatan angin menggunakan *anemometer* digital.<sup>[13]</sup>

## 4.2 Pengolahan Data

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran real keadaan saat ini, serta mendapatkan perencanaan sistem ventilasi untuk *Seam*

C2 di PT. Nusa Alam Lestari. Berikut ini langkah-langkah pengolahan data:

### 4.2.1 Kebutuhan Udara Total

Udara di dalam lubang dipergunakan untuk pernafasan para pekerja, mendilusi gas metan, mengatasi panas dan kelembaban, untuk kebutuhan alat, serta untuk pengalihan lubang maju<sup>[13]</sup>

#### 4.2.1.1 Kebutuhan Udara bagi Pernafasan Para Pekerja

Kebutuhan pernafasan setiap pekerja, telah diatur di dalam Kepmen, yaitu sebesar  $2 \text{ m}^3/\text{menit}$  perorang, atau  $0,03 \text{ m}^3/\text{detik}$  perorang. Dengan jumlah pekerja pada *Seam* C2 A sebanyak 60 orang, dan untuk *Seam* C2 B sebanyak 42 orang kebutuhan udara pernafasan dirancang untuk 102 orang dengan rincian perlubang:<sup>[13]</sup>

- Pekerja tambang = 3 orang
- Instalasi listrik = 1 orang
- Pengawas K3 = 1 orang
- Pengawas = 1 orang

Maka jumlah udara pernafasan masing-masing lubang adalah:

- Q pernafasan ( $C2_A$ ) =  $60 \text{ orang} \times 0,03 \text{ m}^3/\text{detik} = 1,8 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Q pernafasan ( $C2_B$ ) =  $42 \text{ orang} \times 0,03 \text{ m}^3/\text{detik} = 1,26 \text{ m}^3/\text{detik}$

#### 4.2.1.2 Kebutuhan Udara untuk Mendilusi Gas Metan

Perhitungan jumlah udara untuk menetralkan gas metan dilakukan dengan mengalikan produksi penggalian pengaliran dengan keluaran emisi gas metan yang dilambangkan dengan Y<sup>[13]</sup>

Tabel 3. Data Terowongan C1

No	Seam	Panjang Terowongan (M)	Dip ( $^\circ$ )	Kedalaman Lubang (x)
1	Lubang I	204	30	102
2	Lubang H	267	30	133,5
3	Lubang G	265	30	132,5
4	Lubang F	267	30	133,5
5	Lubang B	220	30	110
6	Lubang E	223	30	111,5
7	Lubang A	174	30	87
8	Lubang D (manual)	15	30	7,5
9	Lubang D	224	30	112
10	Lubang C	185	30	91

**Tabel 4.** Data Terowongan

No	Seam	Panjang Terowongan (M)	Dip (°)	Kedalaman Lubang (x)
1	C2 A	282	30	141
2	C2 B	275	30	137,5

$$\begin{aligned}
 Y_{(C2\ A)} &= 4,1 + 0,023\ X & (2) \\
 &= 4,1 + 0,023\ (141\text{m}) \\
 &= 7,343\ \text{m}^3\text{CH}_4/\text{ton} \\
 &\quad \text{batubara}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{(C2\ B)} &= 4,1 + 0,023\ X \\
 &= 4,1 + 0,023\ (137,5\text{m}) \\
 &= 7,2625\ \text{m}^3\text{CH}_4/\text{ton} \\
 &\quad \text{batubara}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Y = Jumlah keluaran gas metan (m<sup>3</sup>/ton)

X = Kedalaman penambangan (m) (kedalaman dari permukaan sampai lubang penggalian maju)

Dikarenakan letak *Seam* C2 berada di bawah *Seam* C1 maka jumlah keluaran metannya akan semakin tinggi dengan rincian sebagai berikut:

Sehingga jumlah emisi gas metan yaitu:

$$\begin{aligned}
 Q_{g(C1)} &= \text{rata-rata produksi/gilir} \times \text{jumlah pancaran gas} \\
 &\quad \text{metan} \times \frac{1}{\text{waktu efektif jam kerja}} \\
 &\quad \text{pergilir (8jam)} & (3) \\
 &= 4000\ \text{ton batubara /gilir} \times 64,4715\ \text{m}^3\ \text{CH}_4/ \\
 &\quad \text{ton batubara} \times \frac{1}{28.800\ \text{dtk}} \\
 &= 8,954375\ \text{m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{g(C2\ A)} &= \text{rata-rata produksi/gilir} \times \text{jumlah pancaran gas} \\
 &\quad \text{metan} \times \frac{1}{\text{waktu efektif jam kerja}} \\
 &\quad \text{pergilir (8jam)} \\
 &= 4000\ \text{ton batubara /gilir} \times 7,343\ \text{m}^3\ \text{CH}_4/ \text{ton} \\
 &\quad \text{batubara} \times \frac{1}{28.800\ \text{dtk}} \\
 &= 1,0198\ \text{m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{g(C2\ B)} &= \text{rata-rata produksi/gilir} \times \text{jumlah pancaran gas} \\
 &\quad \text{metan} \times \frac{1}{\text{waktu efektif jam kerja}} \\
 &\quad \text{pergilir (8jam)} \\
 &= 4000\ \text{ton batubara /gilir} \times 7,2625\ \text{m}^3\ \text{CH}_4/ \text{ton} \\
 &\quad \text{batubara} \times \frac{1}{28.800\ \text{dtk}} \\
 &= 1,0086\ \text{m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Keterangan: Data produksi pergilir merupakan data perencanaan untuk *Seam* C2 dalam periode 1 bulan.

Maka kuantitas udara untuk mendilusi gas metan diperoleh dengan perhitungan seperti persamaan di bawah ini.<sup>[14]</sup>

$$\begin{aligned}
 Q_{(C1)} &= [ Q_g / ( MAC - B ) ] - Q_g & (3) \\
 &= [ 8,954375\ (\text{m}^3/\text{dtk}) / (0,0025 - 0,001) ] - \\
 &\quad 8,954375
 \end{aligned}$$

$$Q = 5960,628958\ \text{m}^3/\text{dtk}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{(C2\ A)} &= [ Q_g / ( MAC - B ) ] - Q_g \\
 &= [ 1,0198\ (\text{m}^3/\text{dtk}) / (0,0025 - 0,001) ] - \\
 &\quad 1,0198
 \end{aligned}$$

$$Q = 678,8402\ \text{m}^3/\text{dtk}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{(C2\ B)} &= [ Q_g / ( MAC - B ) ] - Q_g \\
 &= [ 1,0086\ (\text{m}^3/\text{dtk}) / (0,0025 - 0,001) ] - \\
 &\quad 1,0086
 \end{aligned}$$

$$Q = 671,3914\ \text{m}^3/\text{dtk}$$

Keterangan :

*Q<sub>g</sub>* = Jumlah emisi gas metan (m<sup>3</sup>/dtk)

*Q* = Jumlah Udara untuk menetralkan gas (m<sup>3</sup>/dtk)

*MAC* = *Maximum Allowable Concentration* (0,25%)

*B* = Konsentrasi gas metan dalam udara normal (0,1%)

#### 4.2.1.3 Kebutuhan Udara untuk Mengontrol Panas dan Kelembaban

Pada lubang tambang banyak sumber-sumber panas yang dapat meningkatkan suhu lubang. Sumber panas itu antara lain<sup>[13]</sup>:

- Pemampatan Udara (*Autocompression*)**  
Proses aliran udara masuk (*intake air*) dari luar masuk ke dalam *tunnel* akan menimbulkan panas.
- Pemakaian Peralatan Mekanis dan Penerangan**  
Peralatan mekanis seperti *jack hammer* dan lori serta lampu penerangan seperti lampu neon akan menimbulkan panas. Panas Batuan (*Geothermal Gradient*)
- Dry temperature*** bawah permukaan akan meningkat seiring dengan kedalaman lubang bukaan yang dibuat. Setiap jenis batuan mempunyai derajat panas yang berbeda (*virgin rock temperature*). Contoh : *Coal mine* UK (1,8-4)<sup>0</sup>C/100 mtr, *Anaconda Copper Montana* (4,6-6)<sup>0</sup>C/100 mtr.
- Sensible Heat Flow*** Panas dari dinding batuan yang ditransfer ke dalam aliran ventilasi pada lubang bukaan.
- Panas dari Peledakan (*Blasting*)** Panas dari peledakan merupakan panas singkat yang bisa membuat lingkungan udara di *front* kerja menjadi relatif lebih panas dari tmpat sekitarnya. Oleh karena itu aliran udara dapat berbalik kembali ke *front* kerja tempat dimana peledakan baru saja terjadi. Konsekuensinya debu tidak terbawa keluar.
- Human Metabolism* (Respirasi)** Panas yang dikeluarkan tubuh saat bekerja karena respirasi.
- Oksidasi Panas** yang timbul karena terjadinya proses oksidasi di dalam tambang, contoh : oksidasi pada batubara (*spontaneous combustion*) dan timber/kayu.
- Pergeseran Batuan (*Rock Movement*)** Pergeseran batuan yang diakibatkan karena adanya gangguan geologi (*fault, amblegan/subsidence*, atau atap runtuh) akan menimbulkan panas.

Mengantisipasi panas yang berlebihan maka diatur bahwa kuantitas udara untuk mengontrol panas dan kelembaban adalah 0,5-2,5 m<sup>3</sup>/dtk dikalikan dengan luas terowongan/lubang . Sebagai antisipasi maka kecepatan udara untuk mengontrol panas dan kelembaban diambil pada angka 1 m/dtk.

**Lubang Utama**

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times A \\
 &= 1 \text{ m/dtk} \times 12,75 \text{ m}^2 \\
 &= 12,75 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

**Panel dan Crosscut**

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times A \\
 &= 1 \text{ m/dtk} \times 9,75 \text{ m}^2 \\
 &= 9,75 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

**4.2.1.4 Kebutuhan Udara untuk Alat**

Alat yang digunakan untuk penambangan adalah 13 unit *jack hammer* dengan masing-masing bertenaga 2 HP (1 HP= 746 watt) . Karena kebutuhan udara ditambah 3 m<sup>3</sup>/mnt untuk setiap HP, maka kebutuhan udara untuk *jack hammer* adalah 78 m<sup>3</sup>/mnt, atau 1,3 m<sup>3</sup>/dtk <sup>[13]</sup>.

**4.2.1.5 Kebutuhan Udara untuk Penggalan Lubang Maju**

Dalam kegiatan penambangan bawah tanah, penggalian dilakukan di setiap cabang dan di *front* penggalian lubang maju. Oleh karena itu perlunya penyediaan udara di *front* penggalian lubang maju dengan kecepatan 0,3 m/dtk dengan jumlah udara:

a) **Lubang Utama** (5)

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times A \\
 &= 0,3 \text{ m/dtk} \times 12,75 \text{ m}^2 \\
 &= 3,825 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

b) **Panel dan Crosscut**

$$\begin{aligned}
 Q &= V \times A \\
 &= 0,3 \text{ m/dtk} \times 9,75 \text{ m}^2 \\
 &= 2,925 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Maka, kebutuhan udara total di lubang *Seam C2* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

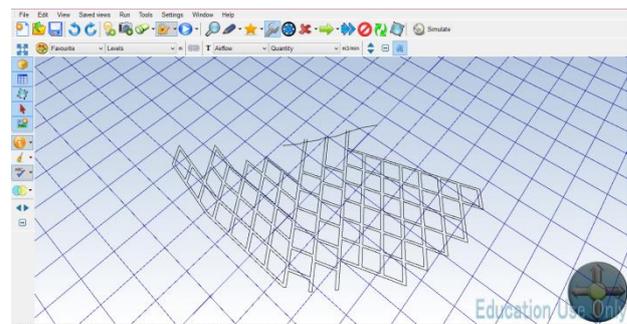
**Tabel 5.** Kebutuhan Udara Total di Lubang *Seam C2*

Kebutuhan Udara	Jumlah Udara (m <sup>3</sup> /dtk)		
	Seam C2A	Seam C2B	Seam C1
Pernafasan	1,8	1,26	-
Dilusi gas metan	678,8402	671,3914	5960,6289
Panas dan kelembaban	12,75	9,75	-
Untuk alat	1,3	1,3	-
Penggalian lubang maju	3,825	2,925	-
<b>Total (m<sup>3</sup>/dtk)</b>	<b>698.5152</b>	<b>686,6264</b>	<b>5960,6289</b>

**4.3 Perencanaan Sistem Jaringan Ventilasi Dengan Memasang Main Fan Sistem Hisap (Exhaust System)**

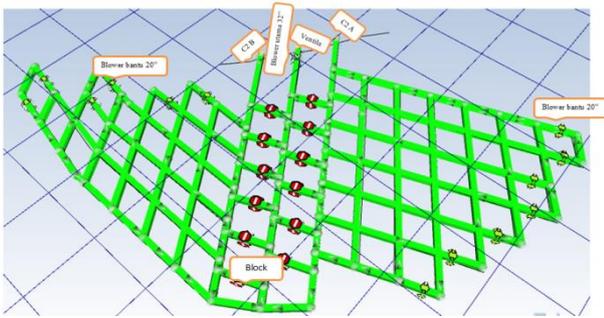
Rancangan yang dilakukan menggunakan *software* *Ventsim Visual 3*, *software* ini dipakai karena dianggap lebih mudah dalam penggunaannya dibandingkan dengan *software* yang dipakai sebelumnya yaitu *Kazemaru*, *Ventsim* dalam penggunaannya lebih mudah salah satu contohnya adalah pembuatan saluran udara, cukup menggunakan data *center line* dari *Auto Cad* dan untuk simulasi kita dapat menambahkan *auxiliary fan*. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan *software Ventsim Visual 3*, perencanaan sistem ventilasi tambang *Seam C2* akan dibuka dengan 2 lubang yaitu, lubang *seam C2A*, lubang *seam C2B* dan 1 lubang ventilasi.

Dengan berpedoman kepada *layout* rencana tambang bawah tanah PT. Nusa Alam Lestari yang ada pada lampiran 1 kita dapat membuat perencanaan ventilasi tambang bawah tanah lubang *Seam C2*. *Layout* pada lampiran 1 adalah *layout* perencanaan penambangan dengan umur tambang yang diperkirakan selama 40 bulan. Gambar di bawah ini merupakan gambar yang diambil dari data *center line* dari *autocad*.



**Gambar 5.** Data *Center line* dari *Autocad*

Data-data yang diperlukan untuk di *input* kedalam program *Ventsim* adalah: Data *centerline* dari *autocad*, Spesifikasi blower, Dimensi lubang.



**Gambar 6.** Desain lubang Seam C2 menggunakan Ventsim Visual 3.

Dari rancangan diatas bisa kita lihat bahwa udara bersih yang masuk melalui lubang Seam C2 A dan Seam C2 B, kemudian dialirkan ke arah panel dan crosscut dan kemudian dikeluarkan kembali melalui lubang ventilasi yang menggunakan sistem hisap. Kegiatan penambangan ini untuk kedepannya pada lubang ventilasi akan menggunakan main fan sistem hisap dengan blower utama Axial Fan 32” dengan daya 4000 watt dan blower bantu dengan menggunakan sistem hembus Axial Fan 20” dengan daya 110 watt.

Dari hasil perhitungan kebutuhan udara, permodelan ventilasi menggunakan Ventsim Visual 3, agar sistem ventilasi yang direncanakan dapat berjalan untuk mendukung aktifitas *development* pada tambang seam C2 PT.Nusa Alam Lestari, maka pada setiap Seam harus menggunakan sistem kontrol dan *auxiliary fan* berdasarkan hasil yang telah diperoleh. Berikut pembahasan sistem ventilasinya.

Karena Seam C1 terletak diatas permukaan seam C2 maka jumlah emisi gas metan pada seam C2 akan semakin tinggi. Dengan perolehan jumlah emisi gas metan pada seam C1 maka diperlukan udara untuk menetralkannya. Dengan rincian pada seam C2 A membutuhkan udara sebesar  $698.5152 \text{ m}^3/\text{s}$  pada Seam C2 B membutuhkan udara sebanyak  $686,6264 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan udara yang dibutuhkan untuk menetralsir gas metan yang timbul pada seam C1 adalah  $5960,6289 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maka jumlah udara total yang dibutuhkan untuk lubang Seam C2 adalah sebanyak  $7345.7705 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Dipergunakan untuk mendukung 13 panel yang akan dilakukan *development* dan 53 *crosscut* maka agar kebutuhan udara  $7345.7705 \text{ m}^3/\text{s}$  dapat tercapai diperlukan kontrol ventilasi dengan pemasangan 13 blower bantu pada setiap panel dengan diameter 20 “ (37 KW)

Pada lubang ventilasi akan terdapat 8 connection yang digunakan untuk menghubungkan antara lubang Seam C2 A dan Seam C2, masing- masing connection akan diberi sekat yang sewaktu-waktu dapat dibuka. Tujuan dari diberi sekat ini agar udara tidak masuk ke tempat selain fort kerja. Dan untuk mengeluarkan udara kotor keluar maka akan dilakukan pemasangan 6 main fan blower Hisap berdiameter 32” (75 KW).

## 5 Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

- Kebutuhan udara total di lubang dan karena Seam C1 terletak diatas permukaan seam C2 maka jumlah emisi gas metan pada seam C2 akan semakin tinggi. Dengan perolehan jumlah emisi gas metan pada seam C1 maka diperlukan udara untuk menetralkannya. Dengan rincian pada seam C2 A membutuhkan udara sebesar  $698.5152 \text{ m}^3/\text{s}$  pada Seam C2 B membutuhkan udara sebanyak  $686,6264 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan udara yang dibutuhkan untuk menetralsir gas metan yang timbul pada seam C1 adalah  $5960,6289 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maka jumlah udara total yang dibutuhkan untuk lubang Seam C2 adalah sebanyak  $7345.7705 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Layout seam C2 (gambar 20 ), dan permodelan menggunakan software Ventsim Visual 3 diketahui Jumlah blower yang Dipergunakan untuk mendukung 13 panel yang akan dilakukan *development* dan 53 *crosscut* maka diperlukan kontrol ventilasi dengan pemasangan 13 blower bantu pada setiap panel dengan diameter 20 “ (37 KW)
- Pada lubang ventilasi akan terdapat 8 connection yang digunakan untuk menghubungkan antara lubang Seam C2 A dan Seam C2, masing- masing connection akan diberi sekat yang sewaktu-waktu dapat dibuka. Tujuan dari diberi sekat ini agar udara tidak masuk ke tempat selain fort kerja. Dan untuk mengeluarkan udara kotor keluar maka akan dilakukan pemasangan 6 main fan blower Hisap berdiameter 32” (75 KW).

### 5.2 Saran

- Dalam tahap *development* Main Fan Hisap pada lubang ventilasi belum terlalu dibutuhkan, karena pada lubang seam C2 A dan Seam C2 B sementara akan dipakai blower bantu berdiameter 32 “ sampai akhirnya seluruh pembuatan lubang maju selesai.
- Perlu dilakukan pengecekan kondisi semua *auxiliary fan* yang sudah ada dan dilakukan perawatan agar dapat digunakan kembali dan apabila terdapat *auxiliary fan* dalam kondisi rusak dapat segera diganti guna menunjang aktifitas *development*
- Sebaiknya para pekerja lebih meningkatkan lagi penggunaan *safety* dalam bekerja seperti memakai masker dan kacamata *safety* untuk menjaga kesehatan jangka panjang para pekerja itu sendiri.
- Untuk menjaga kuantitas dan kualitas udara tambang bawah tanah, maka Kepala Teknik Tambang atau Pengawas Lubang harus selalu melakukan pengontrolan dan pengecekan secara rutin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim., *Arsip-arsip atau dokumen pada PT. Nusa Alam Lestari*, Sawahlunto. (2017)
- [2] Ranjan, Mitev, Karan Kumar, Subrata Kr.Gosh, *Mine Ventilation in a Board and Pillar Mines Using CFD*, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol.3, hlm 389-393,(2013)
- [3] F. Frimanda. *Sistem Ventilasi Udara Tambang Batubara Bawah Tanah*. Jurnal Penelitian **3.2**. Sawahlunto: Universitas Negeri Padang. (2015)
- [4] A. Febrianda. *Analisis Sistem Ventilasi Tambang Untuk Kebutuhan Operasional Penambangan Pada Tambang Bawah Tanah*. Jurnal Penelitian **3.7..** Padang: Universitas Negeri Padang. (2016)
- [5] N. Janah. *Kajian Sistem Ventilasi Tambang Emas Blok Cikoneng PT. Cibaliung Sumberdaya*. Jurnal Penelitian **4.2**. Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten. (2014)
- [6] Rifal Kurnia Putra, Bambang Heriyadi, Yoszi Mingsi Anaperta, *Jurnal Perencanaan Ventilasi Tambang Bawah Tanah Menggunakan Software Kazemaru Di Cv. Tahiti Coal*, Skripsi, Universitas Negeri Padang, (2015)
- [7] Fedi. *Analisis Penurunan Suhu Udara di Area Produksi Tambang Batubara Bawah Tanah PT. Bukit Asam (Persero) Tbk*. Jurnal Penelitian **2.1**. Unit Penambangan Ombilin, Sawahlunto, Sumatera Barat. (2012)
- [8] D.A. Prata. *Jurnal Aplikasi Pengukuran Ventilasi Alami*. Jurnal Penelitian **7.1**. Sawahlunto: Badan Diklat Tambang Bawah Tanah. (2014)
- [9] J. Sui. *Analisis Optimalisasi Ventilasi Tambang dan Kontrol Aliran Udara*. Jurnal Penelitian **6.6**. Yan Tai: Naval Aeronautical Engineering University. (2011)
- [10] Sugiono. *Metode Penelitian Pendidikan Alfabeta*. Bandung. (2009)
- [11] Pandiangan, Colbert Krisstrofel, dkk, *Analisis Rancangan Sistem Ventilasi dalam Meningkatkan Kenyamanan Termal Pekerja di Ruangan Formulasi PT.XYZ*, Jurnal Teknik Industri FT USU. Vol.1, No.1, hlm 1-6, (2013)
- [12] W. Marx and B.K. Belle. *Penggambaran Suatu Sistem Aliran Udara Di Tambang Batubara Afrika Selatan, Menggunakan Perangkat Lunak Simulasi VUMA-Network* . Jurnal Penelitian **7.2**. CSIR-Miningtek, Johannesburg, South Africa. (2014)
- [13] Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No.555.K/M.PE/1995 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Pertambangan Umum. (1995)
- [14] Wiyono, Bagus dan sudarsono, *Diktat Kuliah Ventilasi Tambang*, jurusan teknik pertambangan , UPN,Veteran , Yogyakarta,(2001)