

Analisis Kebutuhan Udara Dan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.

Annisa Oktavianingsih*and Bambang Heriyadi**

¹ Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*Annisaoktavia2929@gmail.com

*bambang_heriyadi@yahoo.co.id

Abstract. PT. Cahaya Bumi Perdana is an underground coal mining company located in the village district of Parambahan, Sawahlunto, West Sumatera province. Underground mine hole in CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana uses one main blower with a blow system. Hole CBP 02 is a new opening with a length of 80 meters. In hole CBP 02 there is one active working unit and two control tanks and one mining branch that is not yet active. From the research results, it was found that the air quality and mining gas were in quite good condition, but the temperature value had passed the established threshold, namely $<85\%$. This study analyzed the quality of air and gas in underground mines based on KEPMEN 1827 K/30/MEM/2018. Ventilation planning for the future is to use a suction ventilation system that is placed in the ventilation holes located between the inlets C2A and C2B with a relay blower arrangement. Installation of a suction blower followed by the installation of a blower so that the dirty air is circulated out immediately. Dirty air resulting from mining activities from one hole is sucked out through the ventilation holes and replaced with clean air that enters through holes C2A and C2B where the blower has been installed. Because of the CBP hole 01 is located above the CBP 02 hole, the amount of methane gas emissions will increase. From the calculation results, the air requirement in hole C2A is $27,425\text{ m}^3/\text{s}$, in hole C2B is $22,735\text{ m}^3/\text{s}$, and the air requirement to dilute methane gas from hole CBP 01 is $69,92\text{ m}^3/\text{s}$. Then the total amount of air needed is $120,08\text{ m}^3/\text{s}$. The number of blowers needed in hole C2A is 15 auxiliary blowers with a capacity of $2,7\text{ m}^3/\text{s}$ and using 12 auxiliary blowers in hole C2B with a capacity of $2,7\text{ m}^3/\text{s}$, and to remove dirty air using 6 suction fan blower. This ventilation modelling uses ventsim visual 5.

Keywords : Temperature, Humadity, Blower, Ventsim Visual 5

1. Pendahuluan

Sistem ventilasi pada kegiatan penambangan bawah tanah merupakan hal yang sangat penting, berbeda dengan tambang terbuka, tambang bawah tanah ketersediaan udaranya terbatas. Pada tambang bawah tanah udara yang ada sangat terbatas ditambah dengan aktivitas penambangan yang menimbulkan debu sehingga keberadaan ventilasi sangat dibutuhkan dalam sistem penambangan bawah tanah.

Ventilasi merupakan pengendalian pergerakan udara, arah, dan jumlahnya. Dalam pertambangan, *safety* atau keselamatan pekerja adalah yang utama. Seringkali ventilasi yang kurang tepat pada penambangan bawah tanah menyebabkan tingkat kecelakaan kerja tinggi sehingga mengurangi produktivitas. Prinsipnya pada sistem ventilasi tambang, jumlah udara yang masuk sama dengan jumlah udara yang keluar. Jika tidak maka bisa terjadi berupa kebocoran udara.

Pada tambang bawah tanah sistem ventilasi sangat penting dalam hal pemenuhan kebutuhan udara pernapasan pekerja, membersihkan udara kotor dan gas-gas beracun, mengurangi konsentrasi debu dan juga mengatur panas dan kelembapan udara di dalam tambang sehingga terciptanya kondisi yang aman dan nyaman. Jika temperatur dan kelembapan udara tidak sesuai dengan yang disarankan oleh KEPMEN 1827 K/30/MEM/2018 yaitu ambang batas temperatur antara 18°C - 24°C dan kelembapan relatif maksimal 85% maka front kerja tersebut harus dikondisikan agar sesuai dengan persyaratan tersebut.

Temperatur dan kelembapan yang tinggi dalam lubang tambang mengakibatkan berkurangnya udara yang masuk dan menyebabkan kurangnya kenyamanan dan efisiensi para pekerja maka akan memicu terjadinya kecelakaan kerja. Dari hasil pengukuran diperoleh rata-rata temperatur

efektif pada pagi sebesar 27,78 % dan 28,10 % pada sore hari serta kelembapan relatif rata-rata pada pagi hari sebesar 89,098 % dan 85,18 % pada sore hari. Kondisi ini sudah melebihi am dengan keadaan para pekerja yang sering merasa kegerahan dan tidak pakai baju.

Untuk dapat memenuhi kebutuhan udara para pekerja maka perlu dilakukan pengkajian terhadap beberapa parameter yang meliputi jumlah pekerja, emisi gas metan yang dikeluarkan, peralatan yang beroperasi di area penambangan serta kondisi temperatur dan kelembapan udara.

Dengan dilakukannya pengkajian terhadap parameter ini ditentukan temperatur efektif, kelembapan relatif, kuantitas dan kualitas udara yang jelas pada *front* kerja untuk memenuhi kebutuhan udara segar para pekerja dan alat-alat mekanis yang dioperasikan pada area penambangan tambang bawah tanah.

Salah satu perusahaan yang melakukan penambangan bawah tanah adalah PT. Cahaya Bumi Perdana yang mendapatkan izin eksploitasi berdasarkan keputusan Walikota Sawahlunto No. 05.41.PERINDAKOP pada tanggal 15 Februari 2006 dengan luas daerah kuasa pertambangan 103,10 Ha. Pembaruan Izin Usaha Penambangan (IUP) dilakukan pada tanggal 15 Februari 2010. Perusahaan ini berlokasi di Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.

Pada kondisi aktual saat ini PT. Cahaya Bumi Perdana pada lubang CBP 02 memiliki panjang lubang 80 m, menggunakan blower hembus, Sistem ventilasi yang digunakan pada lubang CBP 02 menerapkan sistem hembus dengan *duct* yang terbuat dari terpal dan plastik, udara kotor tidak segera tertransportasikan keluar dan udara bersih yang dialirkan akan tercampur dengan udara kotor yang berasal dari *front* penambangan, akibatnya jumlah gas-gas kotor, temperatur, serta kelembapan udara menjadi tinggi.

Temperatur yang tinggi dalam lubang tambang mengakibatkan berkurangnya udara yang masuk dan menyebabkan kurangnya kenyamanan dan efisiensi para pekerja maka akan memicu terjadinya kecelakaan kerja. Kondisi ini dibuktikan dengan keadaan para pekerja yang sering merasa kegerahan dan tidak pakai baju.

Berdasarkan hasil pengamatan tambang bawah tanah PT. Cahaya Bumi Perdana pada lubang CBP 02 hanya melakukan perencanaan penambangan dan belum mempunyai perencanaan ventilasi sehingga akan membahayakan untuk tambang kedepannya.

Development merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mempersiapkan fasilitas

penambangan sebelum operasi penambangan dilakukan. Pekerjaan tersebut seperti pembuatan lubang maju, *connection panel*, *cross cut*, *draw point*, *ground support*, sarana pengangkutan batubara dari lubang tambang menuju *stockpile*. Disamping beberapa aspek diatas, ada salah satu aspek yang sangat penting 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.

Untuk tahap penambangan development tahap pertama akan dibuat lubang maju dengan panjang 282 m pada lubang 02A dan lubang maju dengan panjang 275 m pada lubang 02B, setelah pembuatan lubang maju akan dilanjutkan dengan pembuatan *connection*, panjang lubang masing-masing *connection A-B* 60m, dengan volume batubara 6120 m³ 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 3m). Jumlah pekerja untuk pembuatan lubang maju serta pembuatan panel masing-masing berjumlah enam orang dengan rincian pekerja lubang 3 orang, pengawas tambang 1 orang, pengawas K3 1 orang dan pengawas kelistrikan 1 orang.

Berdasarkan dari latar belakang masalah diatas maka peneliti tertarik untuk mengambil judul penelitian yaitu Analisis Kebutuhan Udara Dan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.

2. Tinjauan Pustaka

Sejarah Perusahaan

PT. Cahaya Bumi Perdana merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang usaha pertambangan dan telah berinvestasi di Kota Sawahlunto. Bahan galian yang telah ditambang adalah batubara bituminus. Kegiatan penambangan batubara telah dilaksanakan sejak tahun 2006 setelah memperoleh kuasa pertambangan Eksploitasi berdasarkan keputusan Walikota Sawahlunto Nomor 05.41 PERINDAGKOP Tahun 2006 tanggal 15 Februari 2006 tentang Pemberian Kuasa Pertambangan Eksploitasi (KW 1373 CBP 6607) dengan jangka waktu 5 tahun. Secara administrasi lokasi KP Eksploitasi tersebut berada di Tanah Kuning, Parambahan, Desa Batu Tanjung, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat dengan luas 103.10 Ha.

Kegiatan penambangan yang diterapkan adalah sistem tambang bawah tanah atau *underground mine*. Pada akhir penambangan akan dilakukan sistem *back filling* terhadap lahan bekas tambang. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, istilah Kuasa Pertambangan (KP) Eksploitasi dirubah menjadi Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi. Untuk itu perlu dilakukan penyesuaian sesuai dengan amanat Undang-Undang.

Lokasi dan kesampaian daerah

Lokasi penelitian dilaksanakan di PT. Cahaya Bumi Perdana yang memiliki izin usaha penambangan seluas 103,1Ha. Kegiatan penambangan dilakukan dengan sistem tambang bawah tanah Menggunakan metode *room and pillar* serta penambangan lubang maju.



Sumber : PT. Cahaya Bumi Perdana

Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT. Cahaya Bumi Perdana, secara administrasi berada di Kumanis Atas, Desa Tumpuk Tengah, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. Secara geografis lokasi tersebut berada pada koordinat $00^{\circ} 34' 33.60'' - 00^{\circ} 34' 57.42''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ} 47' 57.80'' - 100^{\circ} 48' 47.84''$ Bujur Timur. Lokasi kegiatan penambangan dapat ditempuh dari pusat Kota Sawahlunto (Talawi) ke Kumanis (± 25 Km jalan kota beraspal) ke Lokasi ($\pm 2,5$ Km jalan tanah diperkeras).

Kondisi geologi regional

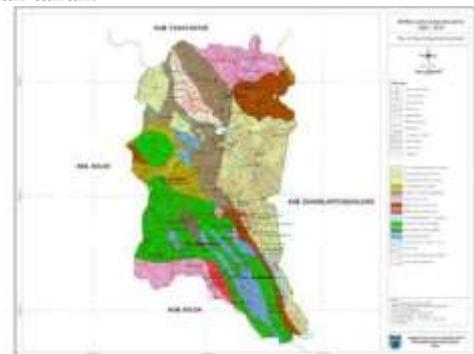
Kota Sawahlunto terletak di Formasi Sawahlunto, batuan yang terbentuk pada zaman yang diberi istilah kata (*epoch Eochen*) sekitar 40-60 juta tahun yang lalu. Para ahli geologi berpendapat bahwa Kepulauan Nusantara yang dikenal sekarang ini terbentuk sekitar 4 juta tahun yang lalu. Mereka menduga ketika Formasi Sawahlunto terbentuk, Pulau Sumatera belum ada seperti yang kita kenal sekarang ini.

Batuan tertua dari zaman Pra-tercier yang terangkat ke permukaan dengan cara struktur *garben*, diendapkan batuan-batuan :

- 1) Alluvium Sungai, berumur kuartar yang terdiri dari material lepas, berukuran lempung, pasir, kerikil dan bongkahan batuan beku.
- 2) Tufa batu apung, merupakan batuan vulkanik, berumur kuartar terdiri dari batu

- 3) Anggota bawah formasi ombilin, merupakan batuan sedimen, berumur miosen tersier yang terdiri dari lempung dan napal dengan sisipan batu pasir konglomerat mengandung mika sisipan arkose, serpih lempungan, konglomerat kuarsa dan batubara.
- 4) Batu Gamping Karang , merupakan batuan sedimen, berumur oligosen, yang terdiri dengan batuan konglomerat dengan sisipan batu pasir.
- 5) Formasi Brani, merupakan batuan sedimen, berumur oligosen, yang terdiri dengan batuan konglomerat dengan sisipan batu pasir.
- 6) Granit, susunan berkisar dari lecio-granit sampai monzonit kuarsa yang berumur trias.
- 7) Anggota Batu Gamping Formasi Kuantan, merupakan batuan hasil proses metamorfosis, terdiri dari batu gamping, batu sabak, filit, serpih terkarsiknya dan kuarsit yang berumur perm dan karbon.

Tanah formasi Sawahlunto mengandung butiran pasir yang dapat mengalirkan air. Akan tetapi dari gambar penampang geologi ombilin diduga air itu lolos ke tempat yang lain. Aspek geologi yang perlu mendapat perhatian yang sangat serius dalam perencanaan dan pengembangan kota Sawahlunto adalah : sesar, gempa, dan gerakan tanah.



Sumber: Dinas perindagkopnaker Sawahlunto

3. metodologi Penelitian

1. 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.

Penelitian terapan ini digolongkan menurut tujuan penelitian yang bertujuan untuk menemukan pengetahuan yang secara praktis dapat diaplikasikan. Walaupun adakalanya penelitian terapan juga untuk mengembangkan produk penelitian dan pengembangan bertujuan untuk menemukan, mengembangkan dan memvalidasi suatu produk.

2. Teknik Pengumpulan Data

a. 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.

b. 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 (*cruss cut*) dan pada *front* kerja.

c. Pengukuran dimensi penampang terowongan

Pengukuran dimensi penampang terowongan (panjang, lebar dan tinggi) menggunakan alat meteran yang diukur langsung dari penampang actual terowongan.

d. 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*.

e. Pengukuran kandungan gas

Pengukuran kandungan gas dilakukan dengan alat *gas detector* yang dilakukan pengukuran di beberapa titik. Gas-gas yang diamati yaitu karbon dioksida (CO_2), metan (CH_4), hidrogen sulfide (H_2S) dan oksigen (O_2).

f. Menghitung kebutuhan udara total

1) 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 0,1m³/dtk.

Kebutuhan udara untuk mendilusi gas metan

Adapun tahapan-tahapan perhitungan kebutuhan udara untuk mendilusi gas metan adalah sebagai berikut :

b. Menghitung keluaran gas metan per ton batubara

Keluaran gas metan per ton batubara dilambangkan dengan Y.

$$Y = 4,1 + 0,23 X$$

Keterangan :

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

X = Kedalaman penambangan (m)

2) Menghitung jumlah emisi gas metan per detik jumlah emisi gas metan per detik dilambangkan dengan Qg

$Qg = \text{Rata-rata produksi/gilir} \times \text{Jumlah pancaran gas metan} \times 1/\text{Waktuefektif jam kerja gilir (8jam)}$.

3) Kebutuhan udara untuk mengontrol panas dan kelembapan

Kuantitas udara untuk mengontrol panas dan kelembapan ditentukan dengan mengalikan luas terowongan dengan kecepatan udara dengan kisaran 1,5-2,5 m/dtk (Departemen ESDM BDTBT, 2009:27)

4) 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.

5) Kebutuhan udara untuk penggalian lubang maju

Dalam buku diklat Kepala Tambang dan Kepala Lubang Tambang Batubara Bawah Tanah tahun 2009 dijelaskan perlunya penyediaan udara di front penggalian lubang maju dengan kecepatan 0,3 m³/dtk, sehingga jumlah udara yang dibutuhkan menggunakan rumus :

$$Q = V \times A \dots \dots \dots (21)$$

3. Teknik Pengolahan Data

a. Menghitung kuantitas udara

Dalam penelitian menghitung banyaknya aliran udara yang ada pada lokasi tambang bawah tanah dengan memperoleh data kecepatan angin, luas penampang terowongan dan luas penampang *duct* yang kemudian di hitung menggunakan persamaan rumus dan luas penampang terowongan dan *duct*.

b. Menghitung kualitas udara pada tambang bawah tanah

Dengan mengukur kosentrasi gas yang ada dalam tambang seperti karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfide (H_2S), metana (CH_4), oksigen (O_2) menggunakan *gas detector* maka dapat diketahui berapa nilai gas tersebut. Untuk kelembaban dan temperatur efektif diukur dengan *sling psikometer* kemudian hasilnya dimasuk ke dalam table kelembaban relatif untuk mencari persen kelembabannya dan untuk nilai teperatur efektif bisa dicari dengan grafik temperatur refektif.

c. Menghitung resistensi udara

Dalam aliran udara yang mengalir dipengaruhi oleh bentuk dan kekerasan dari permukaan yang *heterogen* sehingga terjadi kehilangan tekanan udara yang disebabkan oleh *friction* dan *shock* yang kompleks. Untuk mengetahui nilai tahanan saluran udara dapat menggunakan rumus yang telah dituliskan.

d. 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
d. merancang simulasi dan design jaringan ventilasi tambang dengan menggunakan *software ventsim 5*.

4. Hasil dan Pembahasan

A. Perhitungan Kuantitas Udara

1. Debit Udara

Perhitungan debit udara perlu melakukan pengukuran luas penampang dan kecepatan angin. Berikut adalah data luas penampang dan kecepatan angin pada lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana.

Tabel 17. Dimensi Penampang dan Kecepatan Angin di Lubang 02 PT. Cahaya Bumi Perdana

No	Lokasi	Dimensi Penampang			Kecepatan Udara (m/s)
		a (m)	b (m)	T (m)	
1	Pintu Masuk	3	3,8	2,5	0,3
	Cabang bak kontrol 1	2,3	3,4	2,3	0,1
2	Cabang bak kontrol 2	2,5	3,6	2,4	0,1
3	Cabang Penambangan	2,3	3,5	2,3	0,1
4	Front Kerja			2,1	6,7

a. Perhitungan Luas Penampang

Pada Lubang 02 PT. Cahaya Bumi Perdana, penampang terowongan berbentuk trapesium dan duct berbentuk lingkaran. Perhitungan luas penampang dapat dihitung dengan menggunakan rumus 15

- Pintu Masuk

$$A = \frac{a+b}{2} \times t$$

$$= \frac{3\text{ m} + 3,8\text{ m}}{2} \times 2,5\text{ m}$$

$$= 8,5\text{ m}^2$$

- Cabang bak kontrol 1

$$A = \frac{2,3\text{ m} + 3,4\text{ m}}{2} \times 2,3\text{ m}$$

$$= 6,5\text{ m}^2$$

- Cabang bak kontrol 2

$$A = \frac{2,5\text{ m} + 3,6\text{ m}}{2} \times 2,4\text{ m}$$

$$= 7,32\text{ m}^2$$

- Cabang penambangan

$$A = \frac{2,3\text{ m} + 3,5\text{ m}}{2} \times 2,3\text{ m}$$

$$= 9,3\text{ m}^2$$

- Front Kerja

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (2,1\text{ m})^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 4,41\text{ m}^2$$

$$= \frac{13,84}{4}$$

$$= 3,46\text{ m}^2$$

b. Perhitungan Debit Udara

Untuk menghitung debit udara yang masuk menggunakan rumus 6

- Pintu Masuk

$$Q = V \times A$$

$$= 0,3\text{ m/s} \times 8,5\text{ m}^2$$

$$= 2,55\text{ m}^3/\text{s}$$

- Cabang Bak Kontrol 1

$$Q = V \times A$$

$$= 0,1\text{ m/s} \times 6,5\text{ m}^2$$

$$= 0,65\text{ m}^3/\text{s}$$

- Cabang Bak Kontrol 2

$$Q = V \times A$$

$$= 0,1\text{ m/s} \times 7,32\text{ m}^2$$

$$= 0,732\text{ m}^3/\text{s}$$

- Cabang Penambangan

$$Q = V \times A$$

$$= 0,1\text{ m/s} \times 9,3\text{ m}^2$$

$$= 0,93\text{ m}^3/\text{s}$$

- Front Kerja

$$Q = V \times A$$

$$= 6,7\text{ m/s} \times 3,46\text{ m}^2$$

$$= 23,182\text{ m}^3/\text{s}$$

2. Kebutuhan Udara

Kebutuhan udara di dalam tambang bawah tanah ada tiga kebutuhan yaitu kebutuhan untuk para pekerja, mendilusi gas metan dan kebutuhan udara untuk peralatan mesin. Untuk perhitungan kebutuhan udara tersebut bisa dihitung dengan menggunakan rumus 7

1. Kebutuhan oksigen minimum untuk para pekerja

$$a.Q - b. = c. Q$$

$$0,21 . Q - 4,7 \times 10^{-5} = 0,195 . Q$$

$$Q = \frac{-4,7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{0,195 - 0,21}$$

$$= \frac{-4,7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{-0,015}$$

$$= 313,33 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,0031333 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (untuk 1 orang)}$$

Pekerja yang bekerja di front kerja sebanyak 6 orang. Jumlah oksigen yang diperlukan untuk 6 orang pekerja adalah :

$$= 0,0031333 \text{ m}^3/\text{s} \times 6$$

$$= 0,0187998 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Kebutuhan udara untuk menetralkan CO₂ dari pernafasan pekerja

$$0,03.Q + (1 \times 4,7 \times 10^{-5}) = 0,5.Q$$

$$Q = \frac{(1 \times 4,7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s})}{0,5 - 0,03}$$

$$= \frac{(1 \times 4,7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s})}{0,47}$$

$$= 0,0001 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (untuk 1 orang)}$$

Pekerja yang bekerja di *front* kerja sebanyak 6 orang. Jumlah udara yang diperlukan untuk menetralkan CO₂ 6 orang pekerja adalah.

$$= 6 \times 0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,0006 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Kebutuhan udara untuk mendilusi gas metan Pancaran Gas Methan

Untuk menghitung pancaran gas methan diperlukan kedalaman penambangan lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana yaitu 80 m

$$Y = 4,1 + 0,023 \times 80 \text{ m}$$

$$= 4,1 + 2,208 \text{ m}$$

$$= 5,94 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{ton batubara}$$

1) Emisi gas methan

Untuk menghitung emisi gas methan diperlukan jumlah produksi batubara yaitu 8,62 ton/hari dan jumlah jam kerja efektif yaitu :

$$Q_c = \text{rata-rata produksi /gilir} \times \text{jumlah pancaran gas metan} \times \text{1/waktu efektif jam kerja} \times \text{pergilir (8jam)}$$

$$= 8,62 \text{ ton} \times 5,94 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{ton batubara} \times 1/28,800 \text{ s}$$

$$= 0,00177 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) udara yang dibutuhkan untuk mendilusi gas methan

$$Q = \frac{Q_g}{NAB-B} - Q_g$$

$$= \frac{0,00177 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01-0} - 0,00177 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= \frac{0,00177 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01} - 0,00177 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,175 \text{ m}^3/\text{s}$$

4. Kebutuhan udara untuk Peralatan Mesin

Alat yang digunakan untuk penambangan adalah satu unit *jack hammer* bertenaga 2 HP (1 HP= 746 watt). Karena kebutuhan udara ditambah 3m³/menit untuk setiap HP, maka kebutuhan udara untuk *jack hammer* adalah 6m³/menit atau 0.1 m³/s/.

Tabel 19. Kebutuhan Udara Total Pada Lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana

Deskripsi	Front Kerja maju	Kebutuhan Udara (m ³ /s)
debit udara	23,182	
1.Pekerja a. Oksigen Minimum b. CO ₂ Maksimum		0,0187998
2.Mendilusi gas methan		0,0006
3.Alat		0,175 0,1
Total		0,2943
sisia	22,8957	

B. Perhitungan Kualitas Udara

1. Pengukuran kandungan gas dalam tambang bawah tanah menggunakan *gas detector*. Gas yang diukur dari *gas detector* adalah metan (CH₄) dalam satuan % Lel (*Lower Explosive Limit*), karbon dioksida (CO₂) dalam satuan PPM (*Part Pert Million*), hidrogen sulfida (H₂S) juga dalam satuan PPM (*Part Pert Million*), dan O₂ dalam % Volume.

a. Kandungan gas di pintu masuk

Tanggal	Jam 08.00				Jam 16.00			
	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S
	%	%	%	%	%	%	%	%
NAB	1	0,5	19,5	0,01	1	0,5	19,5	0,01
6 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,6	0
7 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
8 Juli	0	0	20,6	0	0	0	20,6	0
9 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
10 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
13 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
14 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
15 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
16 Juli	0	0	20,8	0	0	0	20,7	0
17 Juli	0	0	20,9	0	0	0	20,9	0

Dari data hasil pengukuran pada lubang masuk CBP 02, terlihat bahwa kandungan gas dalam keadaan baik dengan kandungan oksigen berkisar antara 20,6% sampai dengan 20,9% dan kandungan gas CH₄, CO₂ dan H₂S tidak ada atau 0%.

2. kandungan gas cabang bak kontrol 1

Tanggal	Jam 08.00				Jam 16.00			
	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S
	%	%	%	%	%	%	%	%
NAB	1	0,5	19,5	0,01	1	0,5	19,5	0,01
6 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
7 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
8 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
9 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
10 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
13 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
14 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
15 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
16 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
17 Juli	0	0	20,9	0	0	0	20,9	0

Dari data hasil pengukuran pada cabang bak kontrol 1 lubang CBP 02, terlihat bahwa kandungan gas dalam keadaan baik dengan kandungan oksigen berkisar antara 20,7% sampai dengan 20,9%

3. Kandungan gas cabang bak kontrol 2

Tanggal	Jam 08.00				Jam 16.00			
	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S
	%	%	%	%	%	%	%	%
NAB	1	0,5	19,5	0,01	1	0,5	19,5	0,01
6 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
7 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
8 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,6	0
9 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
10 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
13 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
14 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
15 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
16 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
17 Juli	0	0	20,9	0	0	0	20,9	0

Dari data hasil pengukuran pada cabang bak kontrol 2 lubang CBP 02 terlihat bahwa kandungan gas dalam keadaan baik dengan kandungan oksigen berkisar antara 20,7% sampai dengan 20,9.

4. Kandungan gas cabang penambangan

Tanggal	Jam 08.00				Jam 16.00			
	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S
	%	%	%	%	%	%	%	%
NAB	1	0,5	19,5	0,01	1	0,5	19,5	0,01
6 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
7 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
8 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
9 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
10 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
13 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
14 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
15 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
16 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
17 Juli	0	0	20,9	0	0	0	20,9	0

Dari hasil pengukuran pada cabang penambangan lubang CBP 02 terlihat bahwa kandungan gas dalam keadaan baik dengan kandungan oksigen berkisar antara 20,7% sampai dengan 20,9% dan kandungan gas CH₄, CO₂ dan H₂S tidak ada atau 0%.

5. Kandungan gas front kerja

Tanggal	Jam 08.00							
	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S	CH ₄	CO ₂	O ₂	H ₂ S
	%	%	%	%	%	%	%	%
NAB	1	0,5	19,5	0,01	1	0,5	19,5	0,01
6 Juli	0	0	20,6	0	0	0	20,7	0
7 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
8 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
9 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
10 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
13 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0
14 Juli	0	0	20,7	0	0	0	20,7	0

Dari data hasil pengukuran pada *front* kerja lubang CBP 02 terlihat bahwa kandungan gas dalam keadaan baik dengan kandungan oksigen berkisar antara 20,7% sampai dengan 20,9% dan kandungan CH₄, CO₂ dan hidrogrn sulfide (H₂S) tidak ada atau 0%.

3. Kelembaban Relatif dan Temperatur Efektif

Pengukuran kelembaban relatif dan temperatur efektif menggunakan *sling Psykometer*. Data yang dapat diukur oleh *sling Psykometer* ini adalah kelembaban, suhu basah dan suhu kering. Tetapi temperatur efektifnya belum diketahui. Untuk mencari temperatur efektifnya bisa menggunakan grafik temperatur efektif yaitu pada gambar 12 dan grafik kelembaban relatif pada gambar 11. Lokasi pengukurannya yaitu pada titik pengamatan pintu masuk, setiap percabangan dan pada *front* kerja. Pengukuran dilakukan dua kali dalam sehari yaitu pagi dan sore. Berikut ini hasil dari pengukuran kelembaban relatif dan temperatur efektif pada lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana.

1. Pintu masuk

Dari hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan kelembaban relatif (RH). Nilai kelembaban berkisar antara 61,7%-96,6% dengan rata-rata kelembaban 86,18% untuk pagi dan 63%-81, 2 % dengan rata-rata 72, 05 % pada pintu masuk. Dapat dilihat bahwa kelembaban telah melewati ambang batas berdasarkan buku *Hartman 1991* yaitu 85%

Tanggal	Jam 08.00				Jam 16.00			
	Td	Tw	V	Te	Td	Tw	V	Te
	0C	0C	m/s	0C	0C	0C	m/s	0C
NAB				18-24				18-24
6 Juli	33,6	27	0,3	28,2	30,3	27	0,3	27
7 Juli	29,9	25,3	0,3	25,5	34,3	28	0,3	29
8 Juli	28,5	26,5	0,3	26	35,1	27,1	0,3	28,9
9 Juli	29,2	26,9	0,3	26,8	35,7	30	0,3	30,9
10 Juli	31,1	28,7	0,3	28,4	34,5	29,3	0,3	30
13 Juli	30,7	28,5	0,3	27,2	33,7	29,2	0,3	29,8
14 Juli	28,8	28,3	0,3	27,2	32,7	28,6	0,3	28,9
15 Juli	28,7	28,3	0,3	27,1	32	28,5	0,3	28,5
16 Juli	28,8	28,4	0,3	29,1	31,4	28,3	0,3	28,2
17 Juli	28,8	28,3	0,3	27,2	31,1	28,4	0,3	28,2
Rata-rata				27,27	Rata-rata			28,94

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan temperatur efektif (Te). Nilai temeperatur efektif berkisar antara 26⁰C–29,1⁰C dengan rata-rata 27,27⁰C untuk pagi dan 27⁰C –30,9⁰C dengan rata-rata 28,94⁰C untuk sore pada pintu masuk lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana. Dapat dilihat bahwa temperatur telah melewati ambang batas berdasarkan buku *Hartman 1991* yaitu 18⁰C–24⁰C.

2. Cabang bak kontrol 1

Tanggal	Jam 08.00			Jam 16.00		
	Td	Tw	R _H	Td	Tw	R _H
	°C	°C	%	°C	°C	%
NAB			85			85
6 Juli	29,6	28,7	89,9	30,3	28,9	90,6
7 Juli	29,5	28,5	93,1	29,4	28,4	93,5
8 Juli	27,7	27	95,7	32,8	27,9	70,5
9 Juli	31,3	28,4	82,4	31,6	28,4	80,4
10 Juli	31,3	29,2	86	31,1	28,4	82,8
13 Juli	30,7	28,7	87,6	30,8	28,1	84,7
14 Juli	30,7	29,2	90,5	30,5	28,5	86,2
15 Juli	30,4	29	90,5	30,4	28,4	87,2
16 Juli	30,2	28,8	90,8	30,2	27,1	88,9
17 Juli	30	28,7	91,4	30,1	28,7	90
Rata-rata			89,79	Rata-rata		85,48

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan kelembaban relatif (R_H). Nilai kelembaban berkisar antara 86%-95,7% dengan rata-rata kelembaban 89,79% untuk pagi dan 80,4%-93,5 %

Tanggal	Jam 08.00				Jam 16.00			
	Td	Tw	v	Te	Td	Tw	v	Te
	°C	°C	m/s	°C	°C	°C	m/s	°C
NAB				18-24				18-24
6 Juli	29,6	28,7	0,1	28,5	30,3	28,9	0,1	28,5
7 Juli	29,5	28,5	0,1	28,2	29,4	28,4	0,1	28,2
8 Juli	27,7	27	0,1	26,8	32,8	27,9	0,1	28,9
9 Juli	31,3	28,4	0,1	28,8	31,6	28,4	0,1	28,9
10 Juli	31,3	29,2	0,1	29,2	31,1	28,4	0,1	28,7
13 Juli	30,7	28,7	0,1	29,1	30,8	28,1	0,1	28,5
14 Juli	30,7	29,2	0,1	29	30,5	28,5	0,1	28,6
15 Juli	30,4	29	0,1	28,9	30,4	28,4	0,1	28,5
16 Juli	30,2	28,8	0,1	28,8	30,2	27,1	0,1	27,6
17 Juli	30	28,7	0,1	28,6	30,1	28,7	0,1	28,4
Rata-rata				28,59	Rata-rata			28,48

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan temperature efektif (Te). Nilai temperatur efektif berkisar antara 28,2°C–29,2°C dengan rata-rata 28,59°C untuk pagi dan 27,6°C–28,9°C dengan rata-rata 28,48°C untuk sore. Dapat dilihat bahwa temperatur telah melewati ambang batas berdasarkan buku *Hartman 1991* yaitu 18°C– 24°C.

3. Cabang bak kontrol 2

Tanggal	Jam 08.00			Jam 16.00		
	Td	Tw	R _H	Td	Tw	R _H
	°C	°C	%	°C	°C	%
NAB			85			85
6 Juli	30,1	28,5	88,6	29,9	28,3	88,5
7 Juli	30,1	28	86	29,8	28,4	90,5
8 Juli	27,7	27,9	97	30,0	27,5	75,9
9 Juli	31,4	29,2	86,4	29,6	28,1	89,3
10 Juli	30,9	29	88,2	29,6	28,3	90,8
13 Juli	30,7	28,6	87	29,5	28,4	91,7
14 Juli	28,4	28,2	98,5	29,4	28,3	91,8
15 Juli	28,5	28,4	99,2	29,3	28,4	93,2
16 Juli	28,5	28,5	99,4	29,4	28,5	93,9
17 Juli	28,5	28,4	99,7	29,3	28,3	93,6
Rata-rata			93	Rata-rata		89,92

Tabel diatas dapat dilihat hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan kelembaban relatif (R_H). Nilai kelembaban berkisar antara 86%-99,7% dengan rata-rata kelembaban 93% untuk pagi dan 75,9%-93,9 % dengan rata-rata 89,92 % pada cabang bak control 2 lubang CBP 02 PT.Cahaya Bumi Perdana. Dapat dilihat bahwa kelembaban telah melewati ambang batas berdasarkan buku *Hartman 1991* yaitu 85%.

Tanggal	Jam 08.00				Jam 16.00			
	Td	Tw	v	Te	Td	Tw	v	Te
	°C	°C	m/s	°C	°C	°C	m/s	°C
NAB				18-24				18-24
6 Juli	30,1	28,5	0,1	28,5	29,9	28,3	0,1	28
7 Juli	30,1	28	0,1	28,2	29,8	28,4	0,1	28,4
8 Juli	27,7	27,9	0,1	26,9	30,0	27,5	0,1	27,9
9 Juli	31,4	29,2	0,1	29,3	29,6	28,1	0,1	28,1
10 Juli	30,9	29	0,1	29	29,6	28,3	0,1	28,2
13 Juli	30,7	28,6	0,1	28,9	29,5	28,4	0,1	28,2
14 Juli	28,4	28,2	0,1	27,7	29,4	28,3	0,1	28
15 Juli	28,5	28,4	0,1	27,8	29,3	28,4	0,1	28,1
16 Juli	28,5	28,5	0,1	27,9	29,4	28,5	0,1	28,2
17 Juli	28,5	28,4	0,1	27,9	29,3	28,3	0,1	28,1
Rata-rata				28,21	Rata-rata			28,12

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan temperature efektif (Te). Nilai temperatur efektif berkisar antara 27,7°C–29,3°C dengan rata-rata 28,21°C untuk pagi dan 27,9°C–28,4°C dengan rata-rata 28,12°C untuk sore pada cabang bak control 2 lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana. Dapat dilihat bahwa temperatur telah melewati ambang batas berdasarkan buku *Hartman 1991* yaitu 18°C– 24°C.

4. Cabang penambangan

Tanggal	Jam 08.00			Jam 16.00		
	Td	Tw	R _H	Td	Tw	R _H
	0 _C	0 _C	%	0 _C	0 _C	%
NAB			85			85
6 Juli	30,2	28	84,4	30,6	28,4	83,8
7 Juli	29	27,7	91	29,1	27,7	89
8 Juli	27,7	27,4	98,3	31	27,4	78,8
9 Juli	31,6	29,5	85,6	30	29,5	90
10 Juli	30,8	28,7	86,9	29,5	28,7	92,4
13 Juli	29,8	28,2	88,9	29,3	28,2	93
14 Juli	30,5	28,7	88,3	29	28,7	92,9
15 Juli	34,1	28,5	89,4	29	28,5	94,2
16 Juli	29,8	28,4	90,7	29,1	28,4	94,8
17 Juli	29,6	28,3	91,2	29	28,3	95,6
Rata-rata			89,47	Rata-rata		90,45

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan kelembaban relatif (R_H). nilai kelembaban berkisar antara 84,4%-98,3% dengan rata-rata kelembaban 89,47% untuk pagi dan 78,8% - 95,6 % dengan rata-rata 90,45 % pada cabang penambangan lubang CBP PT. Cahaya Bumi Perdana. Dapat dilihat bahwa kelembaban telah melewati ambang batas berdasarkan buku *Hartman 1991* yaitu 85%.

tanggal	Jam 08.00				Jam 16.00			
	Td	Tw	V	Te	Td	Tw	V	Te
	0 _C	0 _C	m/s	0 _C	0 _C	0 _C	m/s	0 _C
NAB				18-24				18-24
6 Juli	30,2	28	0,1	28,2	30,6	28,4	0,1	28,5
7 Juli	29	27,7	0,1	27,8	29,1	27,7	0,1	27,6
8 Juli	27,7	27,4	0,1	27	31	27,4	0,1	28,3
9 Juli	31,6	29,5	0,1	29,8	30	29,5	0,1	28,5
10 Juli	30,8	28,7	0,1	28,8	29,5	28,7	0,1	28
13 Juli	29,8	28,2	0,1	28,2	29,3	28,2	0,1	28
14 Juli	30,5	28,7	0,1	28,2	29	28,7	0,1	27,9
15 Juli	34,1	28,5	0,1	28,9	29	28,5	0,1	28
16 Juli	29,8	28,4	0,1	28,7	29,1	28,4	0,1	28
17 Juli	29,6	28,3	0,1	28,1	29	28,3	0,1	28
Rata-rata				28,37	Rata-rata			28,08

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan temperature efektif (Te). Nilai temperature efektif berkisar antara 27⁰C–29,8⁰C dengan rata-rata 28,37⁰C untuk pagi dan 27,6⁰C–28,5⁰C dengan rata-rata 28,08⁰C untuk sore pada cabang penambangan lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana. Dapat dilihat bahwa temperature telah melewati ambang batas berdasarkan buku *Hartman 1991* yaitu 18⁰C–24⁰C.

5. Front kerja

Tanggal	Jam 08.00			Jam 16.00		
	Td	Tw	R _H	Td	Tw	R _H
	0 _C	0 _C	%	0 _C	0 _C	%
NAB			85			85
6 Juli	31,2	27,8	78,5	30,4	27,7	81,5
7 Juli	29,9	21,3	81,2	29,1	27,1	81,3
8 Juli	27,5	26,8	94,1	29,6	27,7	85,2
9 Juli	31,7	29,5	86,7	29,2	27,8	90,1
10 Juli	30,5	27,6	82,2	29,4	27,7	94,5
13 Juli	30,1	28,1	86,9	30,1	28,2	88,4
14 Juli	29,7	27,7	88,1	29,6	28,1	89,6
15 Juli	29,5	28,2	90,6	29,5	28,1	90,1
16 Juli	29,2	28	91,2	29,4	27,8	89,2
17 Juli	29,1	27,8	91	29,3	28	90,5
Rata-rata			87,05	Rata-rata		88,04

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan kelembaban relatif (R_H). nilai kelembaban berkisar antara 78,5%-94,2% dengan rata-rata kelembaban 87,05% untuk pagi dan 81,3%-94,5 % dengan rata-rata 88,05 % pada *front* kerja maju lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana. Dapat dilihat bahwa kelembaban telah melewati ambang batas berdasarkan buku *Hartman 1991* yaitu 85%.

tanggal	Jam 08.00				Jam 16.00			
	Td	Tw	V	Te	Td	Tw	V	Te
	0 _C	0 _C	m/s	0 _C	0 _C	0 _C	m/s	0 _C
NAB				18-24				18-24
12 Ags	31,2	27,8	6,7	27,2	30,4	27,7	6,7	26,8
13 Ags	29,9	21,3	6,7	26,8	29,1	27,1	6,7	26,9
16 Ags	27,5	26,8	6,7	24,8	29,6	27,7	6,7	26,8
17 Ags	31,7	29,5	6,7	26,7	29,2	27,8	6,7	27,1
19 Ags	30,5	27,6	6,7	26,9	29,4	27,7	6,7	27
20 Ags	30,1	28,1	6,7	26,9	30,1	28,2	6,7	27,8
21 Ags	29,7	27,7	6,7	26,4	29,6	28,1	6,7	26,8
22 Ags	29,5	28,2	6,7	26,8	29,5	28,1	6,7	26,8
23 Ags	29,2	28	6,7	26,3	29,4	27,8	6,7	26,4
24 Ags	29,1	27,8	6,7	26	29,3	28	6,7	26,5
Rata-rata				26,48	Rata-rata			26,89

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil pengukuran nilai suhu kering (Td), suhu basah (Tw) dan temperature efektif (Te). Hasil pengukuran temperature pada *front* kerja ini terlihat berbeda dari hasil pengukuran pada percabangan yang ada di lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana. Dapat dilihat bahwa temperature pada *front* kerja berkisar antara 24,8⁰C–27,2⁰C dengan rata-rata 26,48⁰C untuk pagi dan 26,4⁰C–27,8⁰C dengan rata-rata 26,89⁰C untuk sore. Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa temperature di *front* kerja itu aman dan tidak melebihi nilai ambang batas berdasarkan buku *Hartman 1991*.

C. Perhitungan Hambatan Udara (*Resistensi Udara*)

Dalam sistem ventilasi tambang bawah tanah, aliran udara akan lebih banyak mengalir pada *resistensi* yang kecil, untuk itu perhitungan nilai *resistensi* dari saluran udara dapat menggunakan persamaan 5.

Saluran udara yang digunakan PT. Cahaya Bumi Perdana terbuat dari plastic, maka nilai friction factor yang digunakan adalah 0,0037 dengan diameter 0,4 m dan panjang 69 meter dari pintu masuk. Dengan diameter 0,4 m maka saluran udara mempunyai luas 0,1256 m² dan keliling 1,256 m. Berikut adalah perhitungan resistensi udara pada lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana.

Resistensi Udara Pada Lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana

1. Lubang Masuk

Jalur udara masuk

$$R = K (L+Leq) \frac{per}{A^3}$$

$$= 0,0037 \times (4,3 + 6) \times \frac{1,256}{0,0019}$$

$$= 24,15 \text{ N.s}^2/\text{m}^8$$

2. Lubang 4,3 m – lubang 13 m

$$R = K (L+Leq) \frac{per}{A^3}$$

$$= 0,0037 \times (8,5 + 5) \times \frac{1,256}{0,0019}$$

$$= 32,13 \text{ N.s}^2/\text{m}^8$$

3. Lubang 13 m - 61 m

$$R = K (L+Leq) \frac{per}{A^3}$$

$$= 0,0037 \times (48 + 3) \times \frac{1,256}{0,0019}$$

$$= 119,61 \text{ N.s}^2/\text{m}^8$$

4. Lubang 61m – 69 m

$$R = K (L+Leq) \frac{per}{A^3}$$

$$= 0,0037 \times (8 + 1) \times \frac{1,256}{0,0019}$$

$$= 21,10 \text{ N.s}^2$$

Tabel Resistensi Lubang CBP 02 PT. Cahaya Bumi Perdana

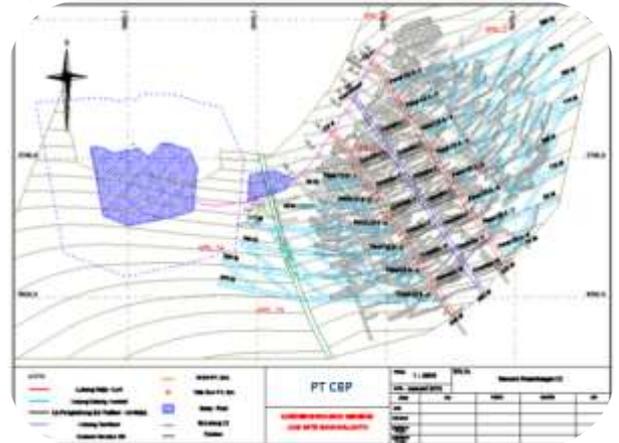
Nama	Luas	Kel	(Panjang	Le	Friction factor (kg	Resistensi
Lubang Masuk	0,1256	1,256	4,3	6	0,0037	24,15
Lubang 4,3 m lubang 13 m	0,1256	1,256	8,7	5	0,0037	32,13
Lubang 13 m 61 m	0,1256	1,256	48	3	0,0037	119,61
Lubang 61m m	0,1256	1,256	8	1	0,0037	119,61
total						197,01

D. Rencana Produksi

Untuk perencanaan ventilasi tambang bawah tanah maka rencana produksinya yaitu luas area rancangan yaitu 7.7 Ha. Volume batubara lubang 02 yaitu 231.000 m³, tonase batubara 277.000 ton. Batubara yang diambil saat pembuatan lubang development (lubang maju, panel, cross cut) sebesar 59,626 ton. Sisa

cadangan setelah tahap development yaitu 217,574 ton. Sisa batubara yang bisa diambil saat produksi (pengambilan mundur) sebesar 87,030 ton. Jumlah batubara yang tertambang sebesar 146,656 ton. Rata-rata produksi perbulan 6000 ton, pembuatan canopy dan terowongan selama 3 bulan dan umur tambang dimulai dari tahap development sampai akhir produksi diperkirakan 40 bulan.

1.peta rencana layout



E. Dimensi Lubang

Metode penggalian lubang pada tambang bawah tanah PT. Cahaya Bumi Perdana dilakukan dengan cara manual. Penggalian saat ini masih menggunakan sekop dan gerobak. Untuk perhitungan selanjutnya diambil data dimensi lubang agar memudahkan perhitungan.

Tabel 33. Data dimensi lubang CBP

02

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

Luas lubang utama Luas panel dan cross cut

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

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

$$= 12,75$$

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

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

$$= 9,75$$

F. kebutuhan udara total

Udara di dalam tambang dipergunakan untuk pernapasan para pekerja, mendilusi gas metan, mengatasi panas dan kelembapan, untuk kebutuhan alat serta untuk penggalian lubang maju.

1. Kebutuhan Udara Bagi Pernapasan Para Pekerja

Untuk kebutuhan pernafasan para pekerja, telah diatur dalam Kepmen yaitu sebesar 0.03 m³/detik perorang. Dengan jumlah pekerja pada lubang C2 A sebanyak 48 orang dan lubang C2 B sebanyak 36 orang. Kebutuhan udara pernapasan dirancang untuk 102 orang dengan rincian

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

Maka jumlah udara pernapasan masing-masing lubang adalah :

- Q pernapasan (C2A) = 48 orang x 0.03m³/detik = 1.44 m³/detik
- Q pernapasan (C2B) = 36 orang x 0.03m³/detik = 1.08 m³/detik

2. Kebutuhan Udara Untuk Mendilusi Gas Metan

Perhitungan jumlah udara untuk menetralkan gas metan dilakukan dengan mengalikan produksi penggalian pergilir dengan keluaran emisi gas metan yang dilambangkan dengan Y (Pusdiklat Teknologi dan Minerba BDTBT.2002:35)

3. Kebutuhan Udara Untuk Mendilusi Gas Metan

Perhitungan jumlah udara untuk menetralkan gas metan dilakukan dengan mengalikan produksi penggalian pergilir dengan keluaran emisi gas metan yang dilambangkan dengan Y (Pusdiklat Teknologi dan Minerba BDTBT.2002:35)

Tabel 34. Data Terowongan lubang 01

No	Nama lubang	Panjang Terowongan (M)	Dip	Kedalaman lubang (x)
1	Lubang I	204	30	96
2	Lubang H	267	30	130.5
3	Lubang G	265	30	127.5
4	Lubang F	267	30	128.5
5	Lubang B	220	30	110
6	Lubang E	224	30	110.5
7	Lubang A	174	30	84
8	Lubang D	223	30	106
9	Lubang C	185	30	84

Tabel 35. Data terowongan lubang 02

No	Seam	Panjang Terowongan (M)	Dip	Kedalaman lubang (x)
1	Lubang C2 A	282	30	140
2	Lubang C2 B	275	30	132.5

Dikarenakan letak lubang 02 berada dibawah lubang 01 maka jumlah keluaran gas metan akan semakin meningkat dengan rincian sebagai berikut :

$$Q_g(C1) = \text{rata-rata produksi /bulan} \times \text{jumlah pancaran gas metan} \times \frac{1}{\text{waktu efektif jam kerja pergilir (8jam)}} \\ = 6000 \text{ ton batubara/bulan} \times 59,25 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ton batubara} \times \frac{1}{28.800 \text{ dtk}} \\ = 12,34 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_g(C2 A) = \text{rata-rata produksi /bulan} \times \text{jumlah pancaran gas metan} \times \frac{1}{\text{waktu efektif jam kerja pergilir (8jam)}} \\ = 6000 \text{ ton batubara/bulan} \times 7.32 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ton batubara} \times \frac{1}{28.800 \text{ dtk}} \\ = 1,52 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_g(C2 B) = \text{rata-rata produksi /bulan} \times \text{jumlah pancaran gas metan} \times \frac{1}{\text{waktu efektif jam kerja pergilir (8jam)}} \\ = 6000 \text{ ton batubara/bulan} \times 7.14 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ton batubara} \times \frac{1}{28.800 \text{ dtk}} \\ = 1,48 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Keterangan : data produksi perbulan merupakan data perencanaan untuk lubang 02 dalam periode 1 bulan. Maka kuantitas udara untuk mendilusi gas metan diperoleh dengan perhitungan seperti persamaan :

$$Q(C1) = \left\{ \left(\frac{Q_q}{MAC-B} \right) \right\} - Q_q \\ = \left\{ \left(\frac{12,34 \text{ m}^3/\text{dtk}}{0,25-0,1} \right) \right\} - 12,40 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ = 69,92 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q(C2A) = \left\{ \left(\frac{Q_q}{MAC-B} \right) \right\} - Q_q \\ = \left\{ \left(\frac{1,52 \text{ m}^3/\text{dtk}}{0,25-0,1} \right) \right\} - 1,52 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ = 8,61 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q(C2B) = \left\{ \left(\frac{Q_q}{MAC-B} \right) \right\} - Q_q \\ = \left\{ \left(\frac{1,48 \text{ m}^3/\text{dtk}}{0,25-0,1} \right) \right\} - 1,48 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$0,1) - 1,47 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$= 8,38 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Keterangan :

Q_q = jumlah emisi gas metan (m^3/dtk)

Q = jumlah udara untuk menetralkan gas metan (m^3/dtk)

MAC = Maximum Allowable Concentration (0,25%)

B = Konsentrasi gas metan dalam udara normal (0.1%)

Kebutuhan Udara	Jumlah Udara (m^3/dtk)		
	C2A	C2B	C1
Pernafasan	1,44	1,08	-
Dilusi gas metan	8,61	8,38	69,92
Panas dan Kelembapan	12,75	9,75	-
Alat	0,8	0,6	-
Penggalian Lubang Maju	3,825	2,925	-
Total	27,425	22,735	69,92
Total keseluruhan	120,08 m^3/dtk		

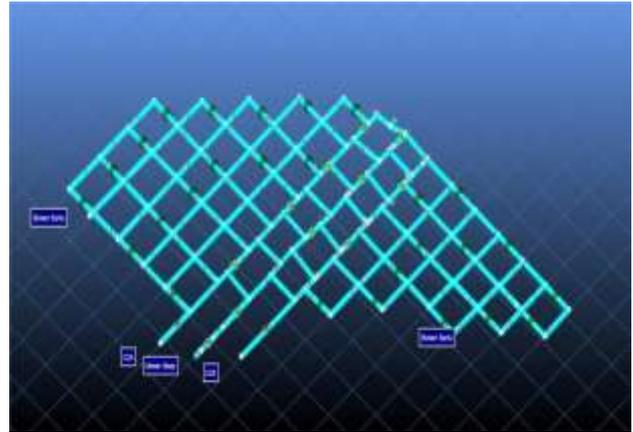
G. Perencanaan Sistem Jaringan Ventilasi Menggunakan Software Ventsim 5

Rancangan yang dilakukan menggunakan software ventsim 5. Software ini dipakai karena dianggap lebih mudah dari penggunaannya dibandingkan dengan software yang dipakai sebelumnya yaitu kazemaru. Pada perencanaan sistem ventilasi akan dibuka dua lubang yaitu lubang C2A dan C2B dan satu lubang ventilasi.

Dengan berpedoman kepada layout rencana tambang bawah tanah PT. Cahaya Bumi Perdana, kita bisa membuat perencanaan ventilasi tambang bawah tanah dengan umur tambang yang diperkirakan 40 bulan.

Tabel 18. Kondisi aktual dan perencanaan pada lubang CBP 02

Kondisi Aktual	Kondisi Rencana
Sistem ventilasi menggunakan blower hembus	Sistem ventilasi menggunakan blower hisap yang diletakkan pada lubang ventilasi diantara lubang C2A dan C2B
Kebutuhan udara total sebesar 0,2938 m^3/s	Kebutuhan udara total sebesar 120,08 m^3/s
Menggunakan satu blower	- blower hisap kapasitas 22 m^3/s - blower hembus kapasitas 4,83 m^3/s - blower bantu kapasitas 2,7 m^3/s di lubang C2A



Dari gambar diatas bisa dilihat bahwa udara bersih masuk melalui lubang C2A dan C2B kemudian dialirkan ke arah panel dan cross cut dan setelah itu udara kotor dikeluarkan kembali melalui lubang ventilasi menggunakan sistem hisap dengan blower utama kapasitas 4,83 m^3/s dan blower bantu dengan menggunakan sistem hembus dengan kapasitas 2,7 m^3/s .

Dari hasil perhitungan kebutuhan udara, karena lubang 01 terletak diatas permukaan lubang 02, maka diperlukan udara untuk menetralkannya dengan rincian pada lubang C2A membutuhkan udara sebesar 27,425 m^3/s , lubang C2B membutuhkan udara sebesar 22,735 m^3/s .

Pada lubang 01 udara yang dibutuhkan untuk menetralsisir gas metan sebesar 69,92 m^3/s . Maka jumlah total udara yang dibutuhkan untuk lubang C2 adalah 120,08 m^3/s .

Dibutuhkan untuk mendukung 14 panel yang dilakukan development dan 42 crosscut maka agar kebutuhan udara tercapai diperlukan pemasangan 15 blower bantu pada lubang C2A dan 12 blower bantu pada lubang C2B.

H. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan :

- Kelembapan relatif dan temperatur efektif pada lubang 02 tinggi dan telah melewati ambang batas. Pada pintu masuk, rata-rata kelembapan pada pagi hari 86,18 % dan pada sore hari 72,05 % dan rata-rata temperatur efektif pada pagi hari 27,27 $^{\circ}\text{C}$ dan 28,94 $^{\circ}\text{C}$ pada sore hari. pada cabang bak kontrol 1 rata-rata kelembapan pagi hari 89,79 % dan pada sore hari 85,48%, rata-rata temperatur pada pagi hari 28,59 $^{\circ}\text{C}$ dan 28,48 $^{\circ}\text{C}$ pada sore hari. pada cabang bak kontrol 2 rata-rata kelembapan pada pagi hari 93% dan pada sore hari 89,92 %. Pada cabang penambangan rata-rata kelembapan pada pagi hari 89,47 % dan pada sore hari 94,45%, rata-rata temperatur efektif pada pagi hari 28,37 $^{\circ}\text{C}$ dan 28,08 $^{\circ}\text{C}$ pada sore hari, Pada Front

kerja rata-rata kelembapan reatif pada pagi hari 87,05 % dan rata-rata pada sore hari 88,04 %, rata-rata temperatur efektif pagi hari 26,48 °C dan 26,89 °C pada sore hari.

- b. Dari hasil perhitungan kebutuhan udara total di lubang CBP 02 sebesar 120,08 m³/dtk dan karena lubang 01 terletak diatas lubang 02 maka jumlah emisi gas metan pada lubang 01 semakin tinggi, dengan perolehan jumlah emisi gas metan pada lubang 01 maka dibutuhkan udara untuk menetralkannya. Dengan rincian pada lubang C2A membutuhkan udara sebesar 27,425 m³/s C2A sebesar 25,545 m³/s, C2B sebesar 22,735 m³/s, sedangkan kebutuhan udara untuk menetralsisir gas metan pada lubang 01 sebesar 69,92 m³/s.
- c. Berdasarkan layout perencanaan lubang 02 dan pemodelan menggunakan software *ventsim visual 5* diketahui jumlah blower yang dibutuhkan untuk lubang C2A adalah 15 blower bantu dan 12 blower bantu pada lubang C2B, sedangkan pada lubang ventilasi dipasang 6 blower hisap.

2. Saran

- a. Untuk temperatur dan kelembaban udara pada lubang CBP 02 PT Cahaya Bumi Perdana telah melewati ambang batas, oleh karena itu disarankan bagi perusahaan agar menambah udara kedalam tambang.
- b. Hendaknya pekerja meningkatkan safety dan menggunakan masker dan kaca mata pada saat menggali batubara untuk menjaga kesehatan jangka panjang para pekerja.
- c. Untuk menjaga kuantitas dan kualitas udara pada tambang bawah tanah maka kepala teknik tambang atau pengawas rutin melakukan pengntrolan dan pengecekan secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agricola, Georgius. 2005. *Basic Mine Ventilation*. Australia: AMC Consultan.
- [2] KEPMEN-ESDM RI No. 1827 K/30/MEM/2018. Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pertambangan Umum. Mentamben RI Jakarta.
- [3] W.L.LE Roux.1979. *Mine Ventilation Notes For Beginner Third Edition*. Mine Ventilation Society Of South Africa.
- [4] Hidayat, Rahmat.2017.*Pembuatan Alat Simulasi Sistem Ventilasi dan Pengukuran Karakteristik Kuantitas dan Kualitas Udara PT. Allied Indo Coal Jaya Sawahlunto*. Skripsi. Univrsitas Negeri Padang.
- [5] Nursyamsu, Bambang Heriyadi.2016. *Jurnal Perencanaan Ulang Sistem Jaringan Ventilasi Tambang Dengan Pemasangan Main Fan Exhaust System di Tunel I dan II Tambang Batubara Bawah Tanah PT. Allied Coal Jaya*. Skripsi.Universitas Negeri Padang.
- [6] Rifal Kurnia Putra, Bambang Heriyadi,Yoszi Mingsi Anaperta.2015. *Jurnal Perencanaan Ventilasi Tambang Bawah Tanah Menggunakan Software Kazemaru di CV. Tahiti Coal Jaya*. Skripsi. Universitas Negeri Padang.
- [7] Akande, J.M dan Onifade Moshood. 2013. *Modelling of Okaba Underground Coal Mine Ventilation System. International Journal of Engineering and Technology*. Vol.3, No.7, hlm 766-772.
- [8] Balai Diklat Tambang Bawah Tanah. 2010. *Diklat Sistem Ventilasi Tambang Bawah Tanah*. Sawahlunto: Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara Balai Diklat Tambang Bawah Tanah.
- [9] Bif fi,M, dkk. 2007. *Ventilation Strategies to Meet Future Needs of The South African Platinum Industry, Journal of The Southern African Insitute of Mining and Metallurgy*. Vol. 107, hlm 59-66.
- [10] Du Plessis, J.J.L, M.W. Marx dan C. Nell. 2014. *Efficient use of Energy in The Ventilation and Cooling Mines. The Journal of The Southern African of Mining and Metallurgy*. Vol. 114, hlm 1033-1037.
- [11] Hidayat, Ajab Taofik. 2003. *Status Paparan Radiasi Alamiah di Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor PT. Aneka Tambang Tbk*. Jurnal Aspek Keselamatan Radiasi dan Lingkungan Pada industri Non-Nuklir. Hlm 172-189.
- [12] Balai Diklat Tambang Bawah Tanah.2010. *Diklat Sistem Ventilasi Tambang Bawah Tanah*.Sawahlunto : Pusdiklat Teknologi Minerba dan Batubara Balai Diklat Tambang Bawah Tanah
- [13] Heriyadi, Bambang.2002.*Peranginan (Ventilasi Tambang)*. Program Alih Teknologi dan Pelatihan Tambang Batubara Bawah Tanah Tingkat Nasional. Sawahlunto. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara Balai Diklat Tambang Bawah Tanah.