

Analisis Sistem Ventilasi Tambang Batubara Bawah Tanah Untuk Kebutuhan Operasional Penambangan Pada Lubang Tambang C.2-I Job Site Sapan Dalam PT. Nusa Alam Lestari Parambahan Kota Sawahlunto

Insani Sabilillah^{1*}, Bambang Heriyadi¹, Jukepsa Andas¹ and Refky Adi Nata¹

¹Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[*insanisabilillah001@gmail.com](mailto:insanisabilillah001@gmail.com)

Abstract. PT. Nusa Alam Lestari is an underground coal mining company located in Salak Village, Talawi District, Sawahlunto City, West Sumatra. Ventilation system at mine pit C.2-I Job Site Sapan Dalam PT. Nusa Alam Lestari uses a blow system. This study aims to evaluate the quality and quantity of ventilation systems for underground coal mines in accordance with the Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources No. 1827 K/30/MEM/2018 and Decree of the Director General of Minerba and ESDM No. 185 K/37.04/DJB/2019 with parameters which include gas content, relative humidity, effective temperature value, work efficiency value and air quantity for mining operational needs. At mine pit C.2-I there is an advanced front and six mining branches. The average temperature measurement results in the working front of the C.2-I mine pit are 29.6°C and with an average humidity measurement result of 94.6%. This temperature value has passed the set threshold between 18°C - 27°C and the humidity has also passed the set threshold, which is 85%. In addition, the C.2-I mine pit does not apply a suction ventilation system, so that dirty air is not immediately transported out. The ventilation system applied to the C.2-I mine pit can only meet 70% of the air demand, so it is necessary to evaluate and design a new ventilation system. The design of the ventilation system is carried out by making a tail gate from the Cross Cut to the surface with an elevation of 15° with a length of 170 m. The end of the through hole is given an 18 inch Centrifugal Exhaust Fan, to suck in dust and dirty air. Making mining layouts using AutoCAD and design simulations using the Ventsim program. The results of the analysis show that the quantity of air in the C.2-I mine hole has increased from 4.08 m³/s to 7.38 m³/s. The design of the new ventilation system results in compliance with the values of air quality and quantity.

Keywords: Ventilation System, Air Demand, Mining Operations

1 Pendahuluan

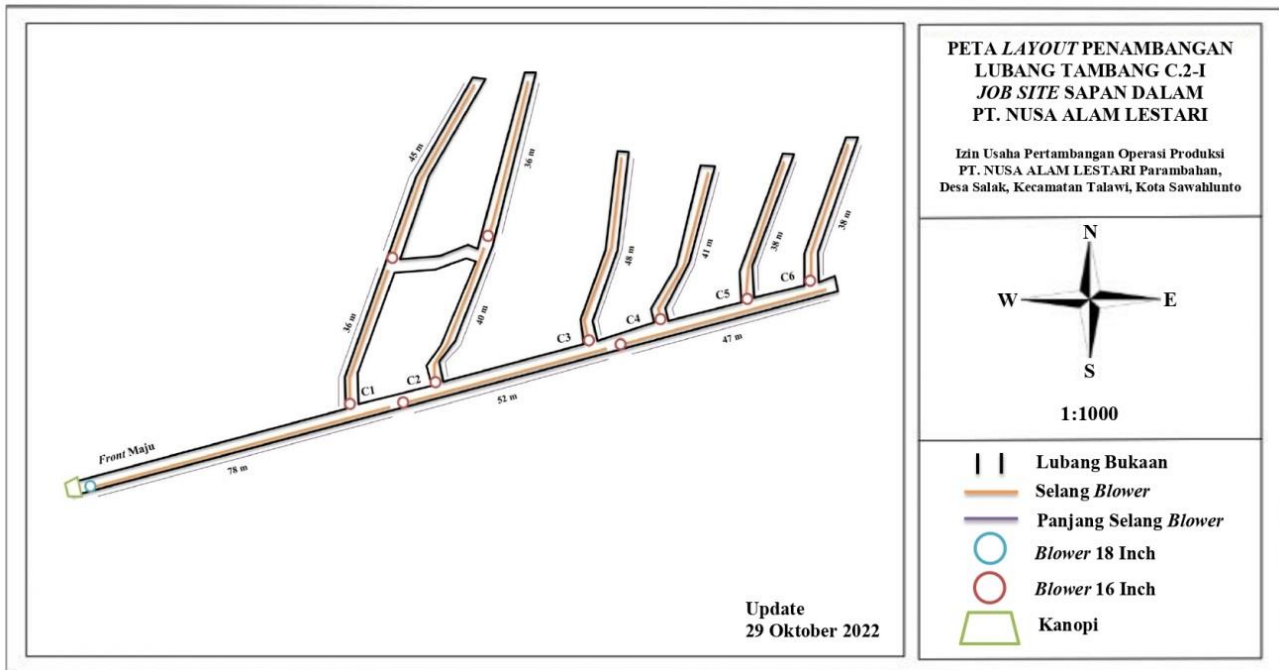
PT. Nusa Alam Lestari merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan batubara, kegiatan penambangan menggunakan sistem tambang bawah tanah dengan menggunakan metode *room and pillar*. Metode penambangan *room and pillar* merupakan suatu metode penambangan bawah tanah untuk menggali endapan batubara dengan melakukan penambangan searah *strike* pada lapisan dan kedudukan batubara (*strip mining*). Pada sistem tambang bawah tanah semakin dalam seseorang menggali untuk mencari sumberdaya, maka akan semakin meningkat panas yang dihasilkan dan semakin berkurang pula udara segar yang masuk ke dalam. Sistem ventilasi yang diterapkan pada lubang tambang C.2-I PT. Nusa Alam Lestari adalah sistem hembus (*forcing system*) dengan *duct* yang

terbuat dari terpal dan plastik. Jalur ventilasi dipasang secara terpisah dimana *blower* utama 18 inch yang bertekanan 970 Pa dengan kapasitas 3,33 m³/s yang diletakkan di dekat mulut lubang permukaan dan *blower* pembantu 16 inch yang bertekanan 700 Pa dengan kapasitas 1,60 m³/s diletakkan di setiap cabang lubang. *Layout* sistem ventilasi lubang tambang C.2-I dapat dilihat pada **gambar 1**.

Pada lubang tambang C.2-I terdapat *front* maju dan enam cabang penambangan. Hasil pengukuran temperatur rata-rata di *front* kerja lubang tambang C.2-I sebesar 29,6°C dan dengan hasil pengukuran kelembapan rata-rata sebesar 94,6%. Nilai temperatur ini telah melewati ambang batas yang ditetapkan antara 18°C - 27°C dan kelembapan juga melewati ambang batas yang ditetapkan yaitu 85%. Selain itu pada lubang tambang C.2-I tidak menerapkan sistem ventilasi hisap,

sehingga udara kotor tidak segera tertransportasikan keluar. Sistem ventilasi yang diterapkan pada lubang tambang C.2-I hanya dapat memenuhi kebutuhan udara

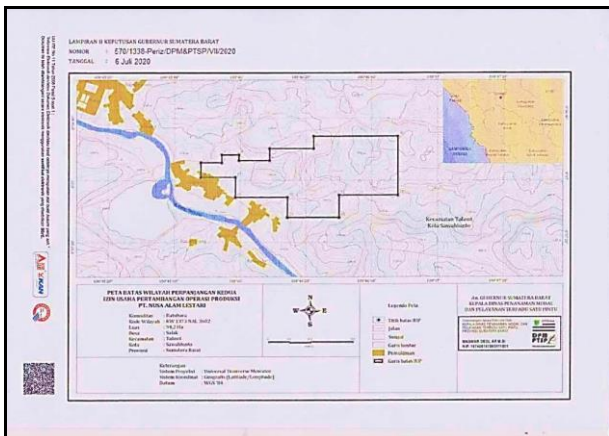
sebanyak 70%, sehingga perlu dilakukan evaluasi dan rancangan sistem ventilasi yang baru.



Gambar 1. Sistem Ventilasi Lubang Tambang C.2-I

2 Lokasi penelitian

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. Secara administratif konsesi penambangan PT. Nusa Alam Lestari termasuk dalam wilayah Parambahan, Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Propinsi Sumatra Barat. Peta wilayah IUP PT. Nusa Alam Lestari dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

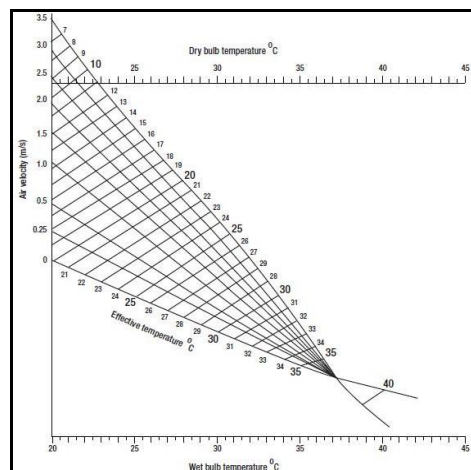


Gambar 2. Peta Wilayah IUP PT. Nusa Alam Lestari

3 Landasan teori

3.1 Temperatur efektif

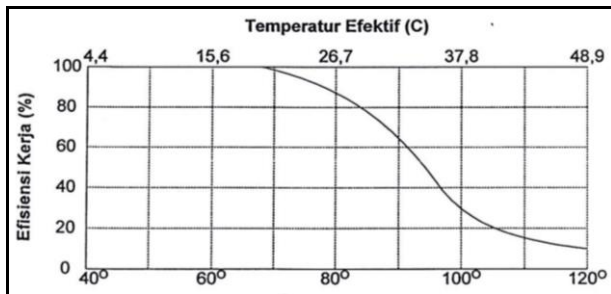
Mengatur panas dan kelembapan udara area kerja merupakan fungsi dari ventilasi pada tambang bawah tanah sehingga dapat menciptakan suasana/lingkungan kerja yang nyaman. Panas yang berlebih dapat menimbulkan kecerobohan dan kecelakaan dalam bekerja, oleh sebab itu perlu diketahui temperatur efektif dari suatu lubang tambang, sehingga dapat diputuskan tindakan atau perlakuan yang harus diterapkan pada lubang tambang. Adapun cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai temperatur efektif adalah dengan menggunakan grafik pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Temperatur Efektif

3.2 Psikometri udara tambang

Setelah temperatur mencapai tingkat tertentu, seseorang akan kehilangan efisiensinya, dan bila temperaturnya naik lagi maka dia akan mengalami gangguan fisiologi. Tubuh manusia memiliki keterbatasan dalam menerima panas sebelum sistem metabolismenya berhenti. Ventilasi digunakan untuk memenuhi persyaratan kenyamanan kerja di tambang bawah tanah yang kelanjutannya dapat meningkatkan efisiensi dan produksi. Efisiensi kerja dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Kerja

4 Metode penelitian

4.1 Jenis penelitian

Menurut tujuannya penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan. Penelitian terapan (*applied research*) adalah proses penyelidikan yang hati-hati, sistematis, dan terus menerus terhadap suatu masalah dengan tujuan untuk digunakan dengan segera untuk keperluan tertentu. Metode analisis data yang digunakan adalah metode analisis kuantitatif berdasarkan teori penghitungan dan memberikan keluaran yang bersifat kuantitatif atau berbentuk angka.

4.2 Teknik pengumpulan data

4.2.1 Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori yang berhubungan dengan penelitian melalui buku, laporan dan jurnal penelitian yang berkaitan maupun literatur dari internet. Adapun studi literatur yang dilakukan meliputi deskripsi daerah penelitian, teori mengenai ventilasi dan cara mengolah data untuk kebutuhan operasional penambangan batubara bawah tanah.

4.2.2 Observasi lapangan

Observasi lapangan merupakan kegiatan peninjauan lapangan langsung untuk mengamati kondisi daerah penelitian dan kegiatan penambangan di lokasi tersebut. Observasi ini juga digunakan sebagai langkah awal dalam menentukan kelayakan (*feasibility*) sebuah penelitian yang dapat dilakukan pada sebuah lokasi.

4.2.3 Pengumpulan data

4.2.3.1 Data primer

- Kandungan gas dalam tambang diukur menggunakan alat *Gas Detector*, dimana alat ini diarahkan ke sekeliling penampang lokasi pengamatan di lubang tambang dengan cara konstan.
- Temperatur dan kelembapan udara dalam tambang diukur menggunakan *Digital Sling Psychrometer*, dimana alat ini diarahkan ke sekeliling penampang lokasi pengamatan di lubang tambang dengan cara konstan.
- Kecepatan udara pada ventilasi tambang diukur dengan alat *Anemometer*, dimana alat ini diarahkan ke aliran udara untuk memutar baling-baling.
- Pengukuran dimensi terowongan diukur secara langsung menggunakan Meteran.

4.2.3.2 Data sekunder

- Spesifikasi *blower* yang digunakan lubang tambang C.2-I PT. Nusa Alam Lestari.
- Peta *layout* sistem ventilasi dan kemajuan lubang tambang C.2-I PT. Nusa Alam Lestari.
- Data produksi batubara lubang tambang C.2-I PT. Nusa Alam Lestari dalam 1 *shift*.
- Jumlah pekerja dan alat yang digunakan di lubang tambang C.2-I PT. Nusa Alam Lestari dalam 1 *shift*.

4.3 Teknik pengolahan data

Pengolahan data dilakukan dengan penghitungan dan penggambaran, selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik atau rangkaian penghitungan. Berikut ini tahapan-tahapan pengolahan data:

4.3.1 Mengetahui pemenuhan kualitas dan kuantitas udara

Kualitas udara terdiri dari beberapa parameter, untuk temperatur efektif didapatkan dengan menggunakan gambar grafik temperatur efektif, dan untuk psikometri udara didapatkan dengan menggunakan gambar grafik efisiensi kerja. Kuantitas udara dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Q : Kuantitas udara (m³/s)

V : Kecepatan aliran udara tambang (m/s)

A : Luas penampang jalan udara tambang (m²)

4.3.2 Menghitung kebutuhan udara untuk operasional penambangan

Kebutuhan udara untuk operasional penambangan terdiri dari kebutuhan udara untuk pernafasan, kebutuhan udara untuk mendilusi gas metana, kebutuhan udara untuk

mengontrol panas dan kelembapan, kebutuhan udara untuk alat serta kebutuhan udara untuk penggalan *front* penambangan.

4.3.3 Mencari elevasi lubang untuk permodelan sistem ventilasi

Pencarian elevasi lubang tambang menggunakan persamaan sinus dengan memanfaatkan kemiringan dan jarak antar titik.

4.3.4 Analisis dan hasil

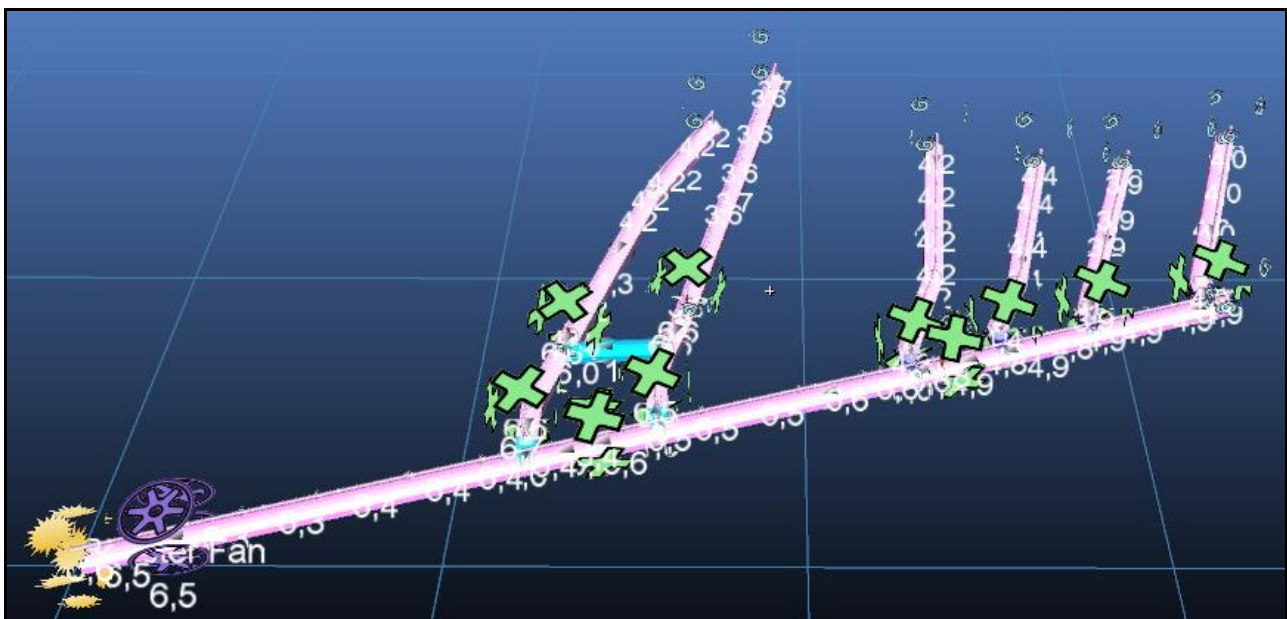
Teknik analisis data dilakukan setelah mengetahui apakah jumlah *blower* yang tersedia sesuai dengan kebutuhan, jika jumlah *blower* yang tersedia belum mencukupi maka harus dilakukan penambahan. Namun

jika jumlah *blower* yang tersedia telah mencukupi tetapi belum bisa menyelesaikan permasalahan temperatur dan kelembapan, maka harus dilakukan evaluasi. Hasil evaluasi ini bisa berupa penambahan kapasitas *blower*, ataupun perubahan posisi *blower* pada sistem ventilasi serta panjang *duct* yang dapat mengalirkan udara.

4 Hasil dan pembahasan

5.1 Simulasi sistem ventilasi lubang tambang C.2-I

Hasil simulasi sistem ventilasi program *ventsim* pada lubang tambang C.2-I dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

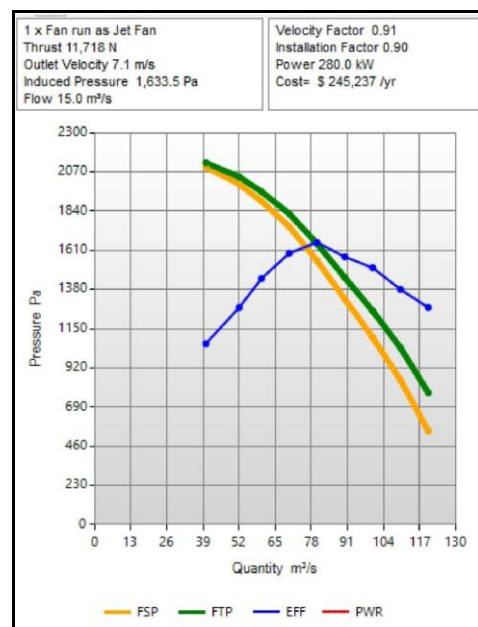


Gambar 5. Simulasi Sistem Ventilasi Lubang Tambang C.2-I

Dari simulasi yang telah dilakukan diketahui bahwa secara umum lokasi *front* penambangan lubang tambang C.2-I minim kuantitas udara. Lokasi minim udara tersebut umumnya berada pada *front* maju dari cabang 1 dan cabang 2 sampai ke area *cross cut* penghubung antara dua cabang.

5.2 Rancangan sistem ventilasi lubang tambang C.2-I

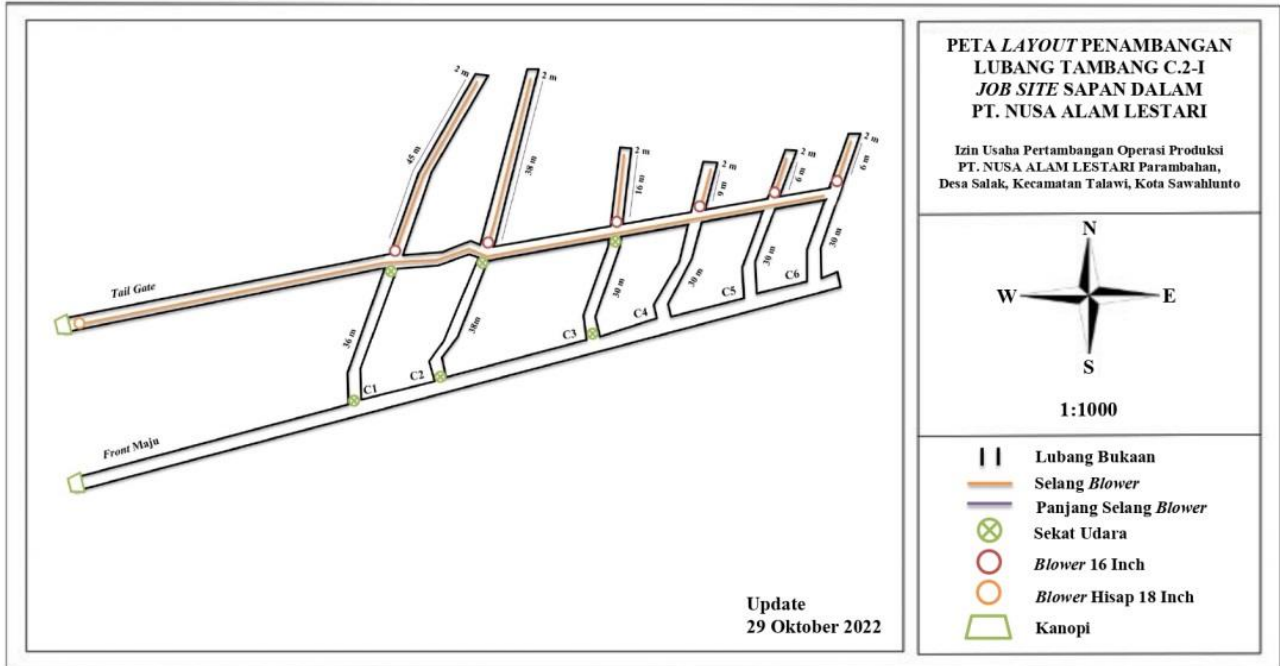
Berdasarkan analisis kondisi aktual dan simulasi ventilasi yang telah dilakukan diketahui bahwa sistem ventilasi saat ini yang digunakan pada lubang tambang C.2-I kurang optimal. Rancangan sistem ventilasi dilakukan dengan membuat lubang tembusan (*tail gate*) dari *Cross Cut* ke arah permukaan dengan elevasi 15° dengan panjang 170 meter. Ujung lubang tembusan diberi *Exhaust Fan Centrifugal* 18 inch, untuk menghisap debu dan udara kotor. Karakteristik *exhaust fan* yang digunakan pada rancangan sistem ventilasi baru dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Karakteristik *Exhaust Fan* yang Digunakan

Blower utama 18 inch diletakkan di dekat cabang C1 serta *blower* 16 inch yang terdapat pada *front* maju tidak digunakan lagi karena kebutuhan udara sudah terpenuhi.

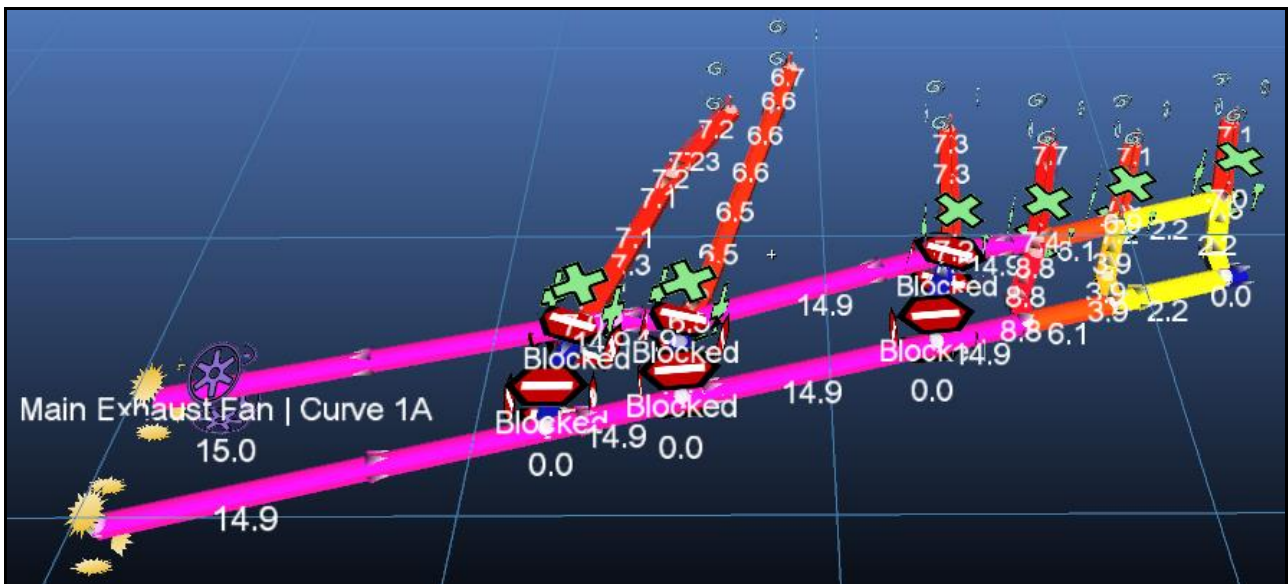
Berikut ini merupakan peta layout rancangan sistem ventilasi pada lubang tambang C.2-I yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Rancangan Sistem Ventilasi Lubang Tambang C.2-I

Setelah rancangan sistem ventilasi selesai selanjutnya *import* ke aplikasi *ventsim*, kemudian dilakukan pengaturan bentuk, ukuran, dan jenis dari setiap lubang tambang, setelah itu dilanjutkan dengan

menempatkan *blower* dan *duct* sesuai dengan rancangan sistem ventilasi yang telah dirancang, hasil simulasi rancangan sistem ventilasi pada lubang tambang C.2-I dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. Simulasi Rancangan Sistem Ventilasi Baru

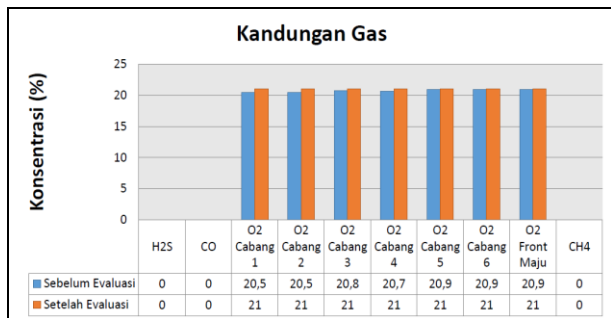
Berdasarkan rancangan sistem ventilasi yang baru didapatkan hasil pemenuhan terhadap nilai kualitas dan kuantitas udara, sesuai dengan Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 dan Keputusan Dirjen Minerba ESDM No. 185 K/37.04/DJB/2019.

6 Perbandingan kondisi sistem ventilasi sebelum dan sesudah evaluasi

6.1 Kualitas udara

6.1.1 Kandungan gas

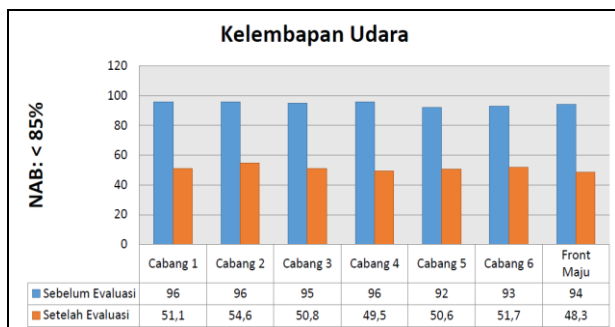
Untuk kondisi konsentrasi gas O₂ setelah dilakukan evaluasi mengalami peningkatan dari rata-rata 20,7% menjadi 21,0%, sehingga kandungan gas dapat dinyatakan tetap dalam kondisi aman. Grafik perbandingan kandungan gas sebelum dan setelah evaluasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Kandungan Gas Sebelum dan Setelah Evaluasi

6.1.2 Kelembapan udara

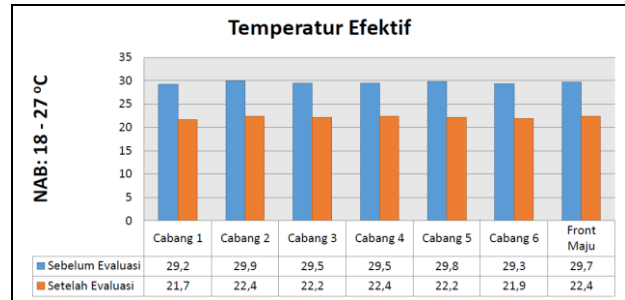
Untuk kelembapan udara setelah dilakukan evaluasi mengalami penurunan dari rata-rata 94,6% menjadi 51,4%, sehingga kelembapan udara dapat dinyatakan dalam kondisi aman. Grafik perbandingan kelembapan udara sebelum dan setelah evaluasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Kelembapan Udara Sebelum dan Setelah Evaluasi

6.1.3 Temperatur efektif

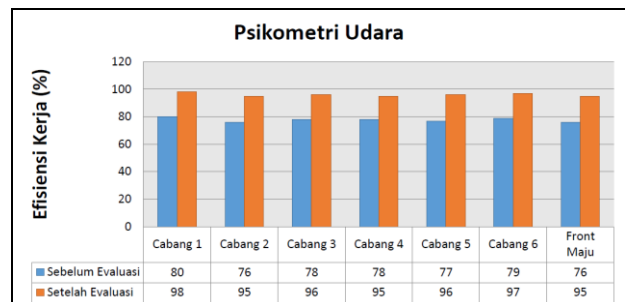
Untuk temperatur efektif setelah dilakukan evaluasi mengalami penurunan dari rata-rata 29,6°C menjadi 22,2°C, sehingga temperatur efektif dapat dinyatakan dalam kondisi aman. Grafik perbandingan temperatur efektif sebelum dan setelah evaluasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Temperatur Efektif Sebelum dan Setelah Evaluasi

6.1.4 Psikometri udara tambang

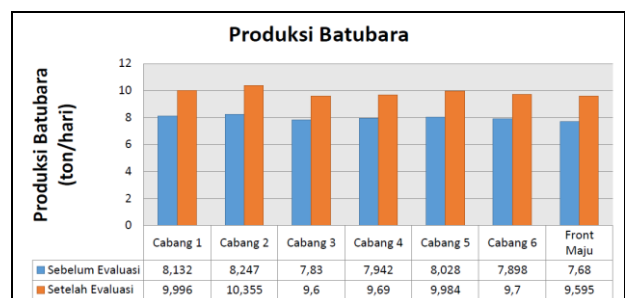
Untuk efisiensi kerja setelah dilakukan evaluasi mengalami peningkatan dari rata-rata 77,7% menjadi 96%. Grafik perbandingan efisiensi kerja sebelum dan setelah evaluasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Efisiensi Kerja Sebelum dan Setelah Evaluasi

6.1.5 Produksi batubara

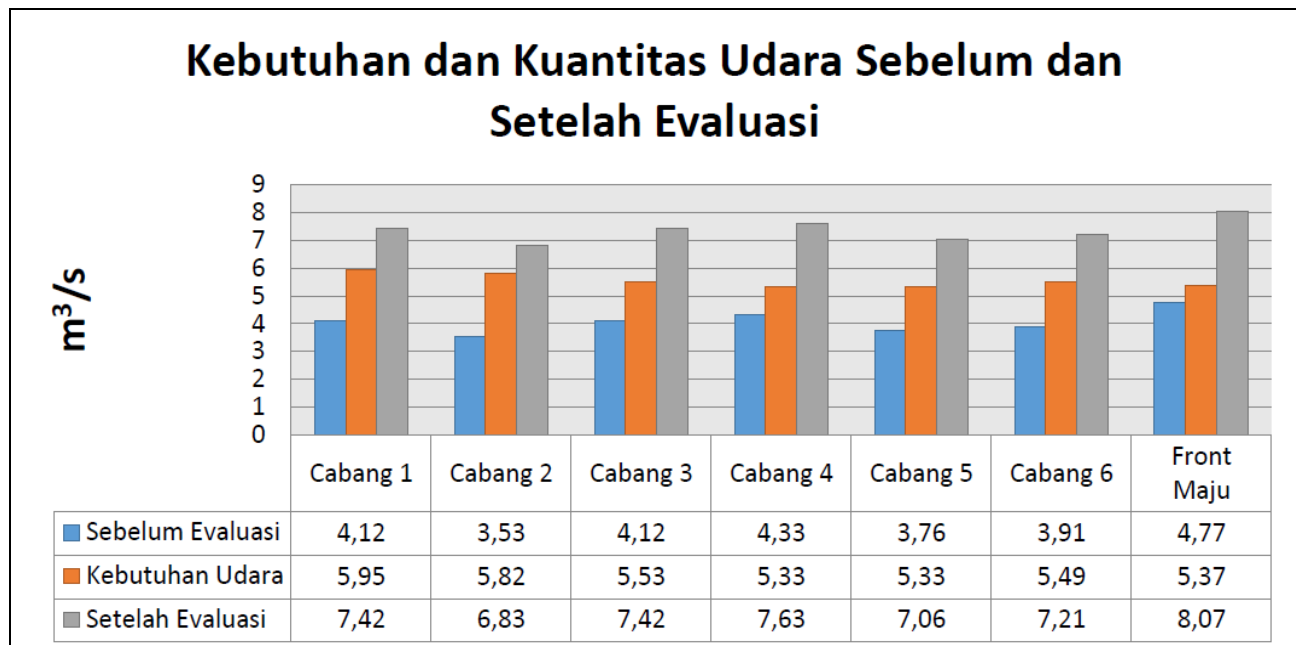
Dengan meningkatnya efisiensi kerja maka produksi batubara akan mengalami peningkatan dari 55,76 ton/hari menjadi 68,92 ton/hari. Grafik perbandingan produksi batubara sebelum dan setelah evaluasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Produksi Batubara Sebelum dan Setelah Evaluasi

6.2 Kuantitas udara

Perbandingan kebutuhan dan kuantitas udara yang ada dalam lubang tambang C.2-I sebelum dan setelah evaluasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Kebutuhan dan Kuantitas Udara Sebelum dan Setelah Evaluasi

Dari gambar diatas, jika dibandingkan dengan sistem ventilasi aktual yang ada lapangan, rancangan sistem ventilasi baru jauh lebih optimal. Kuantitas udara yang ada dalam lubang tambang C.2-I pada rancangan sistem ventilasi baru dapat mencapai rata-rata 7,38 m³/s.

6 Kesimpulan dan saran

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi aktual kualitas dan kuantitas udara pada lubang tambang C.2-I PT. Nusa Alam Lestari berdasarkan hasil pengukuran adalah sebagai berikut:
 - 1) Kandungan gas tetap dalam kondisi aman yaitu konsentrasi H₂S < 0,001%, konsentrasi CO < 0,005%, konsentrasi O₂ >18,5%, konsentrasi CH₄ < 0,25%, sesuai dengan keputusan Dirjen Minerba ESDM Nomor 185 K/37.04/DJB/2019.
 - 2) Temperatur udara yaitu 29,2°C sampai dengan 29,9°C, tidak sesuai dengan keputusan Dirjen Minerba ESDM Nomor 185 K/37.04/DJB/2019.
 - 3) Kelembapan udara yaitu 92% sampai dengan 96%, tidak sesuai dengan keputusan Dirjen Minerba ESDM Nomor 185 K/37.04/DJB/2019.
 - 4) Efisiensi kerja pekerja pada lubang tambang C.2-I rata-rata 77,7% dengan rata-rata produksi batubara 7,77 ton/hari.

- 5) Kuantitas udara pada *front* penambangan rata-rata 4,08 m³/s dan kebutuhan udara untuk operasional penambangan rata-rata 5,83 m³/s.
- b. Hasil evaluasi sistem ventilasi pada lubang tambang C.2-I yang diterapkan saat ini hanya dapat memenuhi kebutuhan udara sebanyak 70%, sehingga dapat dinyatakan bahwa sistem ventilasi yang diterapkan saat ini tidak dapat memenuhi kebutuhan udara untuk operasional penambangan, untuk itu diperlukan evaluasi sistem ventilasi yang aman dan sesuai dengan Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 dan Keputusan Dirjen Minerba ESDM No. 185 K/37.04/DJB/2019.
- c. Rancangan sistem ventilasi yang baru didapatkan hasil pemenuhan terhadap nilai kualitas dan kuantitas udara. Hal ini dikarenakan pada rancangan sistem ventilasi yang baru dibuat lubang tembusan (*tail gate*) dari *Cross Cut* ke arah permukaan dan menempatkan *Exhaust Fan* pada ujung tembusan lubang. Hasil analisis menunjukkan kuantitas udara pada lubang tambang C.2-I mengalami peningkatan dari 4,08 m³/s menjadi 7,38 m³/s.

6.2 Saran

Adapun saran dari hasil penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Sebaiknya perusahaan lebih memperhatikan suhu di area penambangan, apabila suhu di area penambangan terlalu tinggi akan membuat para pekerja tidak nyaman dalam beraktivitas dan hasil produksi akan menurun dikarenakan pekerja sering istirahat saat bekerja.
- b. Untuk menjaga kualitas dan kuantitas udara tambang bawah tanah, maka harus tetap dilakukan pengontrolan secara rutin, baik itu pengontrolan harian, mingguan, ataupun bulanan.
- c. Pengoptimalan sistem ventilasi dapat dilakukan sesuai dengan skema yang telah dilakukan penulis, guna memenuhi kebutuhan udara untuk operasional penambangan pada lubang tambang C.2-I yang sesuai dengan standar keselamatan dan kesehatan pekerja.

Daftar pustaka

- [1] Acuña, E. I., & Lowndes, I. S. (2014). A review of primary mine ventilation system optimization. *Interfaces*, 44(2), 163-175.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Balai Diklat Tambang Bawah Tanah. Dr. Bambang Heriyadi, M.T. 2010. Diklat Sistem Ventilasi Tambang Bawah Tanah. Sawahlunto: Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara Balai Diklat Tambang Bawah Tanah.
- [5] Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V., & Wang, Y. J. (2012). *Mine ventilation and air conditioning*. John Wiley & Sons.
- [6] Hartman. *Mine ventilation And Air Conditioning*. New York The Ronald Press Company. 1997.
- [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] Heriyadi, B. Peranginan (Ventilasi) Tambang. Pelatihan Tambang Batubara Bawah Tanah Tingkat Nasional Tanggal 21 Oktober s/d 1 November 2002.
- [9] Heriyadi, B. Ventilasi Tambang Jurusan Teknik Peretambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang 2012.
- [10] J. M Akande, Onifade Moshood, 2013, Modelling of Okaba Underground Coal Mine Ventilation System, The federal University of Tecnology Akure, Ondo State, Nigeria.
- [11] Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- [12] Keputusan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 185 K/37.04/DJB/2019 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan, Penilaian, dan Pelaporan Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan Mineral dan Batubara.
- [13] Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi Nomor 555.K/26/M.PE/1995 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pertambangan Umum.
- [14] Kota Sawahlunto. 2022. Wikipedia Indonesia www.wikipedia.org/wiki/html. Diakses pada tanggal 15 Januari 2023.
- [15] Le Roux, W. L. (1979). *Mine ventilation notes for beginners*. Mine Ventilation Society of South Africa.
- [16] Mc. Pherson, Malcolm J. 1992. *Subsurface Ventilation And Enviromental Engineering*. Chaman and Hall Inc. USA.
- [17] Nie, X., Wei, X., Li, X., & Lu, C. (2018). Heat treatment and ventilation optimization in a deep mine. *Advances in Civil Engineering*, 2018.
- [18] 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.
- [19] Sestiana, R., & Heriyadi, B. (2019). Perencanaan Sistem Ventilasi Pada Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C2 Di PT. Nusa Alam Letari, Desa Salak.
- [20] 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.
- [21] Standard Operasional Procedure (SOP) Pemasangan Sistem ventilasi Lubang. PT. Nusa Alam Lestari.
- [22] 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.