

Analisis Penurunan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Saluran Ventilasi di Area Belokan Menggunakan Model Fisik Terowongan Skala Laboratorium

Ririn Yulianti, Panjanita Novi Hartami, Edy Jamal Tuheteru, Yuga Maulana, Irfan Marwanza, Sekar Tika Sari*

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Indonesia

**Email: ririnyulianti@trisakti.ac.id*

SARI

Gas karbon monoksida (CO) ialah salah satu gas beracun dan berbahaya yang berasal dari sisa peledakan maupun pembakaran tidak sempurna dari mesin alat tambang di tambang bawah tanah. Pendilusian gas CO dilakukan dengan tujuan agar tidak terjadi kondisi tidak aman di area tambang. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui penurunan gas CO berdasarkan nilai koefisien difusi dan dengan membuat model terowongan berskala 1:10 dengan arah aliran vent duct belok 90° menggunakan elbow sesuai keadaan sesungguhnya. XC 13 B dan XC 13 NRTH pada blok Cikoneng, PT Cibaliung Sumberdaya dijadikan sebagai acuan dari model terowongan. Penelitian dilakukan dengan variasi posisi vent duct agar diketahui kecepatan penurunan konsentrasi CO yang diuji. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder dan primer yang diharapkan mendapatkan hasil pengaruh dari konsentrasi gas CO itu sendiri serta pengaruh penempatan vent duct terhadap arah aliran terhadap penurunan konsentrasi gas CO.

Kata kunci: Karbon monoksida (CO); koefisien difusi; *vent duct*

ABSTRACT

Carbon monoxide (CO) gas is one of the harmful and toxic gases derived from the residue of blasting and incomplete combustion of mining equipment machines in underground mines. CO gas dilution is carried out with the intention of unsafe conditions in the mining area. The purpose of this study was to determine the decrease in CO gas based on the value of the diffusion coefficient and by making a 1:10 scale tunnel model with a 90° turning vent duct flow direction using an elbow according to the actual situation. XC 13 B and XC 13 NRTH in the Cikoneng

How to Cite: Yulianti, R., Hartami, P. N., Tuheteru, E.J., Maulana, Y., Marwanza, I., Sari, T. S. 2023. Analisis Penurunan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada Saluran Ventilasi di Area Belokan Menggunakan Model Fisik Terowongan Skala Laboratorium. Jurnal Geomine, 11 (1): 42-53.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submit 29 Juli 2022

Received in from 1 Agustus 2022

Accepted 5 April 2023

Licensed By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



block, PT Cibaliung Sumberdaya is used as a reference for the tunnel model. The study was carried out with variations in the position of the vent duct to determine the speed of decrease in the CO concentration tested. This study was conducted using secondary and primary data which is expected to get the results of the influence of the concentration of CO gas itself and the influence of vent duct placement on the direction of flow on the decrease in CO gas concentration.

Keywords: Carbon monoxide (CO); diffusion coefficient; vent duct

PENDAHULUAN

Salah satu bagian penting dalam proses penambangan dengan sistem penambangan bawah tanah adalah ventilasi. Kegiatan penambangan bawah tanah memerlukan sirkulasi udara yang baik untuk memenuhi kebutuhan udara para pekerja dan alat. Potensi bahaya yang tinggi pada tambang bawah tanah dapat menyebabkan kecelakaan kerja yang disebabkan dari kelalaian pekerja maupun dari kondisi tidak aman lokasi itu sendiri (Kaiyandra, 2021). Adanya gas – gas berbahaya dan beracun merupakan salah satu ancaman kondisi tidak aman pada tambang bawah tanah, sehingga agar menciptakan lingkungan kerja yang aman diperlukan rancangan ventilasi yang optimal. Salah satu gas berbahaya adalah gas Karbon Monoksida dimana ventilasi udara pada tambang bawah tanah yang buruk akan menyebabkan terhirupnya keracunan pada Karbon Monoksida (Ratnawati et al., 2011). Menurut (Hartman, 1997), untuk pengendalian sirkulasi udara tambang dan pengendalian lingkungan perlu dilakukan control kualitas udara, control kuantitas udara dan control suhu kelembaban.

Sirkulasi udara mempengaruhi pada penyediaan udara yang baik dan segar serta mengendalikan udara kotor di area tambang. Karbon Monoksida merupakan jenis gas dari bekas pembakaran tidak sempurna dari bahan bakar fosil dari peralatan tambang dan sisa peledakan. Karbon monoksida ini tidak bewarna dan tidak berbau tetapi sangat beracun. Karbon monoksida ini harus didilusi dengan baik agar tidak menyebabkan kecelakaan kerja Angin dapat mengurangi konsentrasi gas CO pada suatu tempat karena dipindahkan ke tempat lain (Yuliando et al., 2017). Kecepatan, posisi *vent duct*, *fan* dan kondisi sirkulasi udara sangat mempengaruhi penurunan konsentrasi gas CO. Difusi gas adalah proses perpindahan gas dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah (Harnoko, 2019). Pada difusi terowongan tambang bawah tanah, koefisien difusi dipengaruhi oleh kondisi aliran, kecepatan aliran udara, dan gradien konsentrasi. Berdasarkan hukum Graham (Ma'wah Shofwah, 2014), gas yang ringan akan berdifusi lebih cepat, sedangkan gas yang massa molekulnya besar akan berdifusi lambat.

Menurut penelitian terdahulu (Larasati, 2019.), debit udara yang keluar dari *vent duct* kecil karena pengaruh pemasangan *vent duct* yang tidak benar dan pemeliharaan yang buruk. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan memasang *vent duct* lurus serta

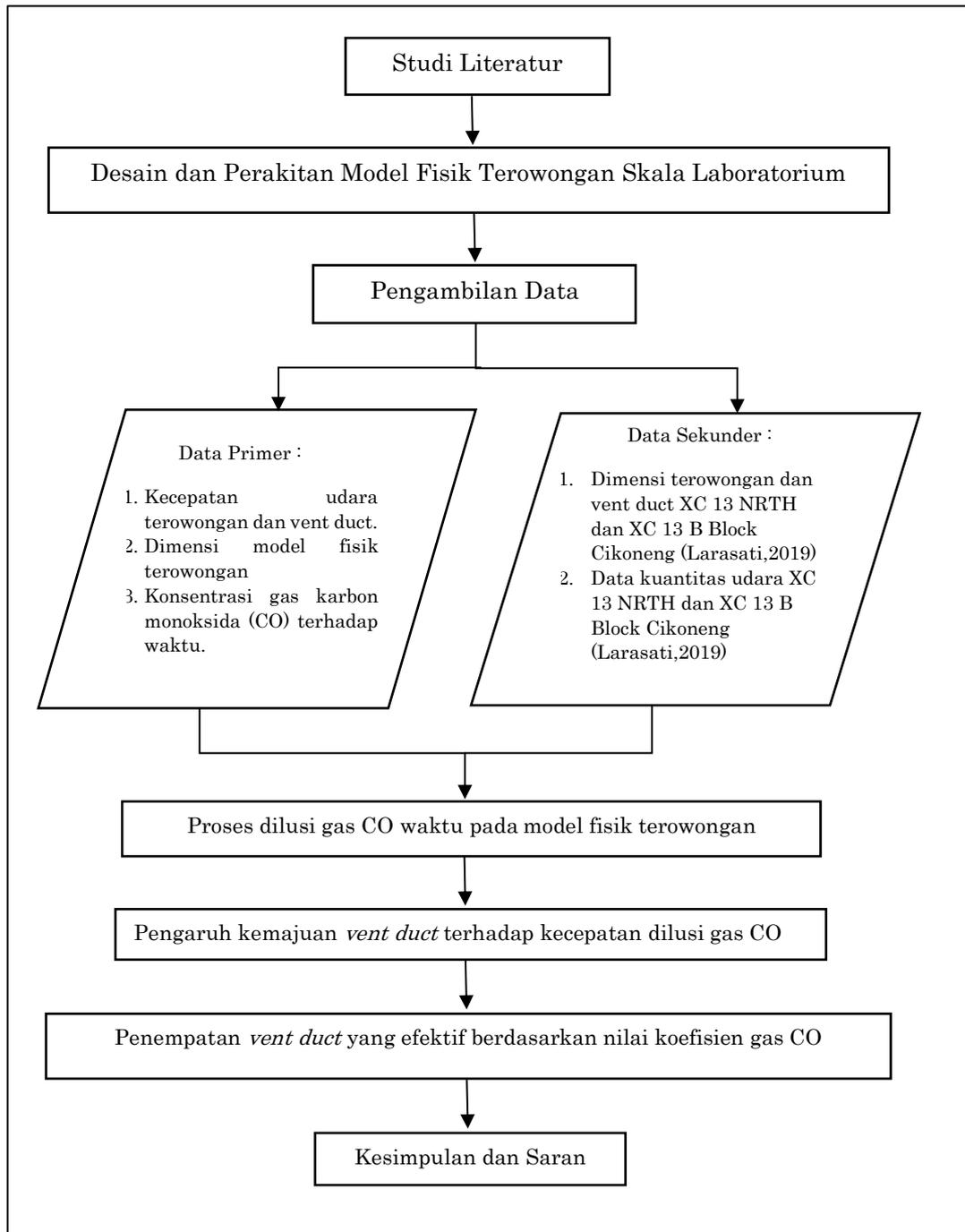
memasang elbow pada setiap percabangan (Larasati, 2019). Hal tersebut tentunya akan mempengaruhi kecepatan aliran udara yang akan mengganggu pendilusian. Meningkatkan debit udara pada front kerja dengan melakukan perubahan jaringan ventilasi, dan memasang mesin pendingin.

Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penurunan konsentrasi gas karbon monoksida (CO) pada XC 13 B dan XC 13 NRTH merupakan *face* penambangan PT Cibaliung Sumberdaya yang berlokasi di blok Cikoneng. Ditemukan kandungan gas CO pada XC 13 B dan XC 13 NRTH sebesar 0,0025% dan 0,0026% yang dimana gas CO sudah terpapar lebih dari 15 menit yang disebabkan oleh kegiatan *devolement* untuk pembuatan *front* kerja baru.

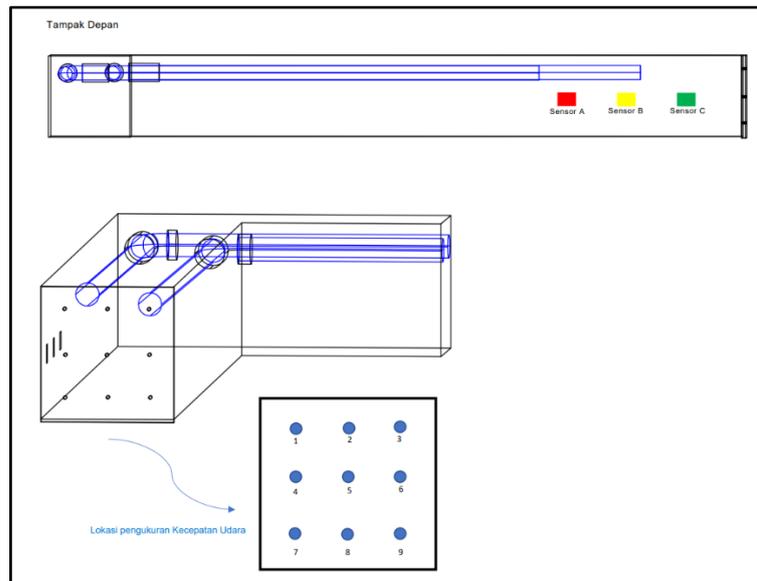
Penelitian serupa pernah dilakukan sebelumnya dengan model fisik terowongan horizontal lurus oleh (Hidayat, 2021) kemudian dilanjutkan oleh penelitian ini dengan memodifikasi model fisik terowongan skala laboratorium yang mana dibelokan sesuai keadaan sebenarnya dilapangan. Menurut (Putra, 2018), pada instalasi sistem *ducting* ataupun perpipaan, *elbow* merupakan bagian yang menyebabkan terjadinya *pressure drop* cukup besar. Adanya elbow, joints dan bends pada pipa menyebabkan terjadinya Minor Headloss yang mempengaruhi kapasistas pipa sebagai sara penghantar aliran gas (Rahma et al., 2022). Pada sistem instalasi sistem *ducting*. Area belokan pada saluran ventilasi tentunya akan menimbulkan *shock loss* dan *head loss* yang tinggi yang mempengaruhi kuantitas udara dan kehilangan udara pada *vent duct*. Oleh karena itu, dilakukan analisis pendelusian gas CO untuk melanjutkan penelitian (Hidayat, 2021) pada saluran ventilasi di area belokan menggunakan model fisik terowongan dan penggunaan elbow agar gas CO dapat terdilusi dengan cepat serta menentukan rekomendasi *vent duct* yang efisien.

METODE PENELITIAN

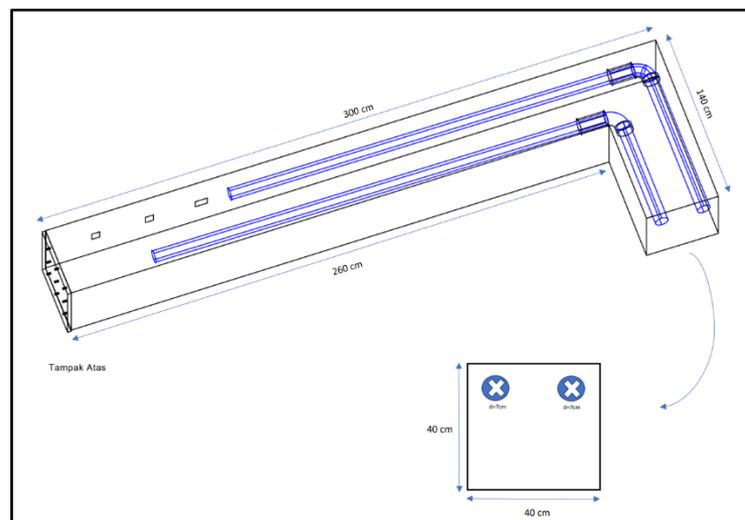
Metode penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode eksperimental dimana dilakukan pengamatan di Laboratorium ventilasi. Metode eksperimen pada penelitian ini adalah dilakukan uji coba beberapa kondisi kemajuan *vent duct*. Dimana data kemudian diolah untuk mengetahui hasil kualitas dan kuantitas udara.



Gambar 1. Tahapan Penelitian



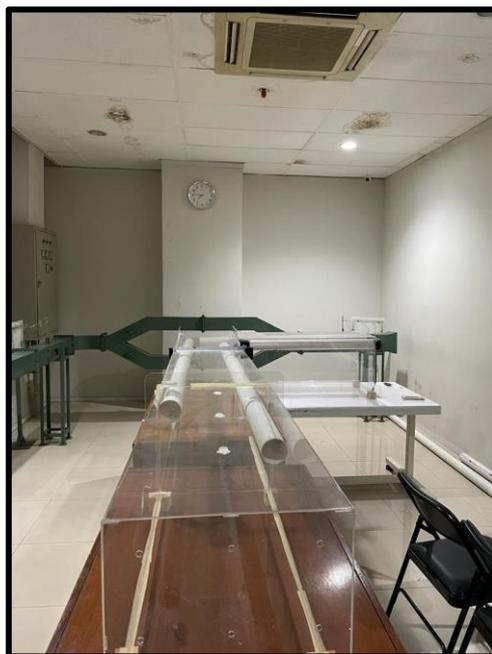
Gambar 2. Desain Model Fisik Terowongan Skala Laboratorium



Gambar 3. Desain Model Fisik Terowongan Tampak Atas



Gambar 4. Model Fisik Terowongan Skala Laboratorium Tampak Samping



Gambar 5 . Model Fisik Terowongan Skala Laboratorium Tampak Depan

HASIL PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ventilasi Tambang Universitas Trisakti. Setelah selesai merakit model fisik terowongan skala laboratorium selanjutnya dapat dilakukan penelitian dengan sampel gas karbon monoksida (CO) yang berupa gas hasil pembakaran dari dupa selama 2 menit yang kemudian diinjeksikan pada model fisik terowongan. Berdasarkan (Lestari, 2016), asap dupa mengemisikan berbagai senyawa berbahaya salah satunya kandungan karbon monoksida dari hasil pembakaran dupa. Menurut

(Yulianti, 2014) nilai konsentrasi CO tidak hanya dipengaruhi oleh lokasi tetapi juga dipengaruhi arah dan kecepatan angin serta suhu.



Gambar 5 . Injeksi Sampel Gas CO

Data Primer Penelitian

Tabel 1. Kecepatan udara tiap kondisi terowongan XC 13 NRTH

Kondisi	Kecepatan udara terowongan (m/s)
1	0,153
2	0,158
3	0,172
4	0,165
5	0,168
6	0,190
7	0,215
8	0,196

Tabel 2. Kecepatan udara tiap kondisi terowongan XC B

Kondisi	Kecepatan udara terowongan (m/s)
1	0,184
2	0,192
3	0,245
4	0,288
5	0,331
6	0,408
7	0,269
8	0,287

Dari hasil pengukuran kecepatan udara diatas dapat dicari debit pada *forcing duct* dan terowongan dengan mengalikan terhadap luas permukaan *forcing* serta model fisik terowongan. Menurut (McPherson, 1993), aliran udara di Sebagian besar tempat berventilasi di bawah tanah bersifat turbulen, namun pergerakan udara yang lamban di zona yang tersumbat atau lapisan berfragmentasu mungkin akan bersifat laminar. Bilangan Reynolds yaitu bilangan tak berdimensi yang dapat menentukan jenis aliran berdasarkan kecepatan aliran yang melewati diameter tertentu disbanding dengan kekentalannya (Hanifah, Siti. Handayani, 2015). Dari data kecepatan dapat dihitung nilai Bilangan Reynolds. Bilangan Reynold merupakan suatu perbandingan dari gaya inersia dan gaya gesek. Nilai bilangan Reynolds dapat menentukan jenis aliran udara misalnya laminar dan turbulen. Berikut rumus Bilangan Reynold (Westwater & Drickamer, 1957) pada pipa :

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu} \quad (1)$$

Dimana :

Re = Bilangan Reynolds

V = Kecepatan rata-rata fluida yang mengalir (m/s)

ρ = masa jenis fluida (kg/m^3)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.s)

Temperature ruangan penelitian ini yaitu 24,5°C, berdasarkan *handbook* fluida dinamik *Van Nostrand Reinhold*, bahwa nilai dari bobot isi udara yaitu 1,184 kg/m^3 dan nilai dari kekentalan dinamik aliran udara sebesar 0,0000185 Ns/m^2 . Apabila nilai bilangan reynold (Re) < 2100 dapat disimpulkan bahwa jenis alirannya laminar. Sementara untuk nilai bilangan reynold (Re) > 4000 maka jenis alirannya turbulen. Satu lagi jenis aliran apabila diantara kedua jenis aliran sebelumnya dinamakan aliran transisi.. Dari hasil perhitungan bilangan Reynold diatas menandakan bahwa aliran udara setiap kondisi pada model fisik terowongan pada XC 13 NRTH maupun XC 13 B merupakan aliran turbulen.

Tabel 3. Nilai Bilangan Reynolds pada XC 13 NRTH

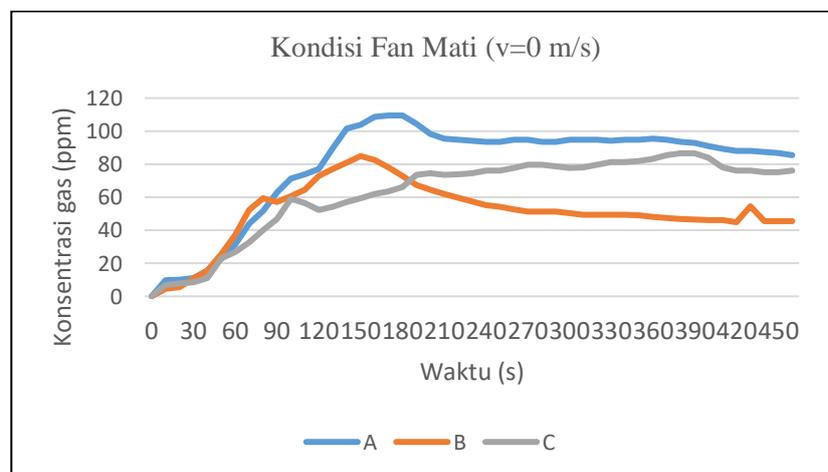
Kondisi	Kecepatan Aliran Udara Terowongan (m/s)	Diameter Terowongan (m)	Bilangan Reynolds
1	0,159	0,4	4070
2	0,162	0,4	4147
3	0,172	0,4	4403
4	0,165	0,4	4224
5	0,168	0,4	4300
6	0,190	0,4	4864
7	0,215	0,4	5504
8	0,196	0,4	5017

Tabel 4. Nilai Bilangan Reynolds pada XC B

Kondisi	Kecepatan Aliran Udara Terowongan (m/s)	Diameter Terowongan (m)	Bilangan Renolds
1	0,184	0,4	4710
2	0,192	0,4	4915
3	0,245	0,4	6272
4	0,288	0,4	7372
5	0,331	0,4	8473
6	0,408	0,4	10444
7	0,269	0,4	6886
8	0,287	0,4	7347

Kondisi fan mati

Pada kondisi ini gas CO diinjeksi melalui lubang di muka kerja menggunakan asap pembakaran dupa selama dua menit menggunakan 3 buah dupa. Setelah injeksi gas dilakukan dapat dilihat penyebaran gasnya. Pada kondisi fan mati artinya kondisi kecepatan fannya adalah nol. Berdasarkan gambar 1 mulai dari detik ke 180, konsentrasi gas CO cenderung konstan dan tidak terjadi pendilusian dalam kurun waktu yang lama. Hal ini membuktikan bahwa agar pendilusian gas berlangsung cepat dan baik maka diperlukan adanya alat bantu fan untuk suplai udara dan menarik udara kotor pada model fisik terowongan. Pada sensor A konsentrasi gas paling tinggi dikarenakan sensor A berjarak paling dekat dengan muka kerja yang mana gas CO terus berputar di dekat muka kerja.

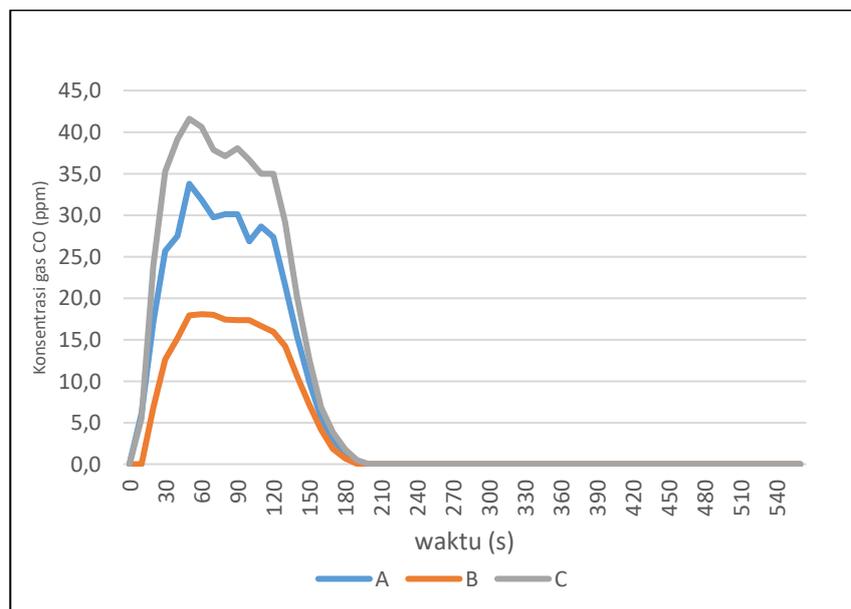


Gambar 6. Grafik konsentrasi gas terhadap waktu saat kondisi fan mati

Kondisi fan hidup

Kondisi 6 XC 13 NRTH

Pada kondisi ini gas CO akan diinjeksikan kedalam model fisik terowongan dengan dibantu *forcing duct* dan *exhaust duct* dinyalakan dengan kecepatan 3,51 m/s untuk model XC 13 NRTH. Asap dupa atau gas CO dimasukan selama dua menit lalu dapat diamati proses penurunan konsentrasi gas CO. Jadi pada penelitian ini diketahui bahwa pada model fisik terowongan XC 13 NRTH gas terdilusi paling cepat dan ideal pada kondisi 6 yaitu pada jarak *forcing* 1,6 m dan *exhaust* 0,8 m terhadap muka kerja. Pendilusian terjadi setelah 200 detik. Dilihat dari grafik bahwa sensor A dan C konsentrasinya mengalami kenaikan penurunan secara berulang. Hal tersebut menandakan turbulensi tidak maksimal. Sensor B dengan cepat mengalami penurunan dikarenakan gas pada sensor A langsung melewati ke sensor C serta *exhaust duct* terletak dekat dengan sensor B. Meskipun terjadi resirkulasi udara di beberapa titik pada grafik sensor A dan C tetapi tidak menghambat keberlangsungan pendilusian gas CO. Kondisi ini 40 cm lebih maju untuk *forcing* dan 20 cm lebih maju untuk *exhaust* dari kondisi actual yaitu *forcing* dan *exhaust* berjarak 2 dan 1 meter terhadap muka kerjanya.



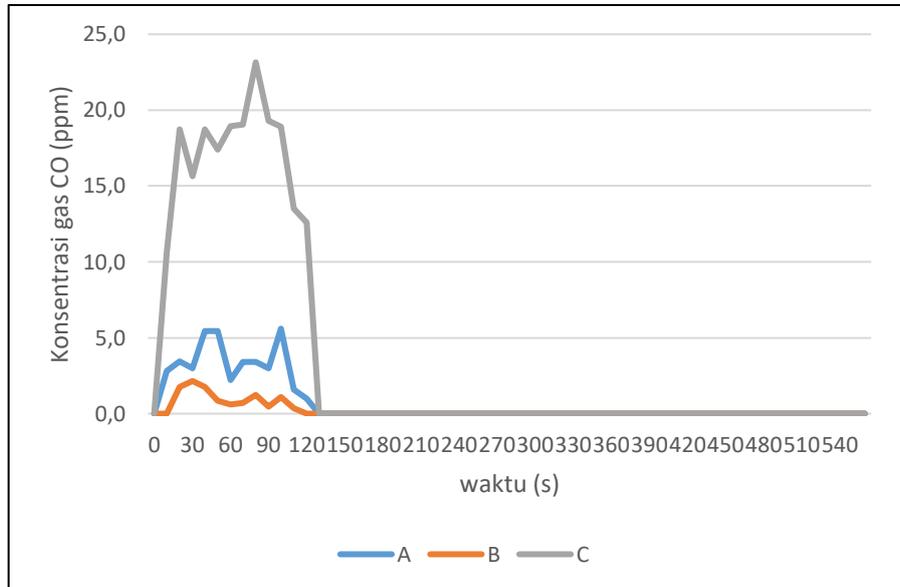
Gambar 7. Grafik konsentrasi gas terhadap waktu saat kondisi 6 XC 13 NRTH

Kondisi 4 XC 13 B

Pada kondisi 3 ini jarak ujung *forcing duct* dan *exhaust duct* pada kondisi ini adalah 200 cm dan 100 cm dari muka kerja dengan kecepatan *vent duct* 4 m/s. Yang mana kondisi ini adalah kondisi actual dilapangan. Proses pendilusian terjadi sangat cepat yaitu 130 detik. Dengan cepat gas melewati sensor A B lalu ke sensor C yang jaraknya dekat dengan *exhaust*. Pendilusian terjadi dengan cepat dan baik serta peak konsentrasi yang tidak terlalu tinggi. Hal



ini menandakan pada kondisi actual dilapangan dengan dimensi *vent duct* yang ada akan maksimal dikecepatan 4 m/s.



Gambar 8. Grafik konsentrasi gas terhadap waktu saat kondisi 4 XC 13 B

KESIMPULAN

Kemajuan penempatan *vent duct* mempengaruhi waktu kecepatan penurunan konsentrasi gas CO serta pada kondisi dimensi *vent duct* actual dilapangan pendilusan akan lebih cepat apabila kecepatan aliran udara *vent duct* ditambah. Pada kondisi 6 XC 13 NRTH dengan kecepatan 3,5 lama waktu penurunan gas CO 200 detik sedangkan saat kecepatan 4 XC 13 B pada kondisi 4 yang jarak antara *vent duct* dengan muka kerja lebih jauh tetapi waktu penurunannya sangat cepat yaitu 130 detik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih ke pada PT.Cibaliung Sumberdaya atas data yang diperoleh dari penelitian terdahulu serta kepada Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi atas dukungannya dalam membiayai penelitian ini.

PUSTAKA

- Hanifah, Siti. Handayani, S. U. (2015). Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Wind Tunnel Tipe Terbuka. *Undip.Ac.Id*, 3
- Harnoko, A. W., Widodo, N. P., & Ihsan, A. (2019). Analisis Dilusi Gas Karbon Monoksida Pada Permukaan Kerja Terowongan Horizontal Dengan Model Fisik Skala Laboratorium. *Indonesian Mining Professionals Journal*, 1(1), 36–42.

- Hartman, H. L. (1997). *Mine Ventilation And Air Conditioning*.
- Hidayat, T. (2021). Studi Penurunan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Pada XC 13 NRTH dan XC 13 B Blok Cikoneng PT Cibaliung Sumberdaya Dengan Model Fisik Terowongan, Jakarta ; Universitas Trisakti. *Skripsi*.
- Kaiyandra, D. R. (2021). *Pemodelan Penyebaran Panas Load Haul Dump pada Front Kerja XC-13 VT NRTH di Blok Cikoneng, PT Cibaliung Sumberdaya*.
- Larasati, B. (2019). "Evaluasi Jaringan Ventilasi Blok Cikoneng PT Cibaliung Sumberdaya, Kecamatan Cimanggu, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten". Jakarta : Universitas Trisakti.
- Lestari, R. (2016). *CHARACTERIZATION OF PAHs EMISSION FROM*. 10(1), 8–16.
- Ma'wah Shofwah. (2014). Difusi gas. *Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, April*, 1–7.
- McPherson, M. J. (1993). Subsurface Ventilation and Environmental Engineering. *Subsurface Ventilation and Environmental Engineering*.
- Putra, N. F. A. F. (2018). *Studi Numerik Aliran Melalui Square Duct dan Square Elbow 90 Derajat Single Guide Vane Dengan Square Distrubance Body Pada g/Dh=0,5 Dengan Variasi Jarak Longitudinal*.
- Rahma, S. H., Hatta, M. P., Bakri, B., & Sulhairi. (2022). Studi Eksperimental Tekanna Jaringan Perpipaan. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 25(1), 8–20. <https://doi.org/10.25042/jpe.052021.02>
- Ratnawati, H., Widowati, W., & Gunawan, E. (2011). Hubungan antara Kadar Karbon Monoksida (CO) Udara dan Tingkat Kewaspadaan Petugas Parkir di Tiga Jenis Tempat Parkir Correlation Between Carbon Monoxide (Co) Concentrations with Parking Attendants ' Awareness Level in Three Types Parking Area. *Jkm*, 10, 1–8.
- Westwater, J. W., & Drickamer, H. G. (1957). The Mathematics of Diffusion. *Journal of the American Chemical Society*, 79(5), 1267–1268.
- Yuliando, D. T. R. Y., Pembimbing, D., Magister, P., Lingkungan, J. T., Teknik, F., & Dan, S. (2017). *Strategi Pengendalian Pencemaran Gas Karbon Monoksida (Co) Oleh Aktivitas Transportasi Di Kota Padang , Sumatera Barat Gas Pollution Control Strategy of Carbon Monoxide (Co) By Transportation Activities in Padang , West Sumatra*.
- YULIANTI, S. (2014). Analisis Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (Co) Pada Ruas Jalan Gajah Mada Pontianak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1–10.