

Pengaruh Jarak Outlet Ventilasi Udara Terhadap Gas Metan Pada Tunnel Tambang Bawah Tanah

¹Bonar Sari Monang Naibaho, ²Efa Octavia Jawak, ³M. Eka Onwardana, ⁴Harlen Sihotang, ⁵Swingly Purba

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Sains Dan Teknologi TD.Pardede, Medan

⁴Program Studi Arsitektur, Institut Sains Dan Teknologi TD.Pardede, Medan

⁵Program Studi Teknik Informatika, Institut Sains Dan Teknologi TD.Pardede, Medan

E-mail: ¹naibaho.bonar@gmail.com , ²jawakefa@gmail.com ,
³ekaonwardana@gmail.com , ⁴harlenshtgcadangan@gmail.com ,
⁵swingly.purba61@gmail.com

ABSTRAK

Industri pertambangan batubara pada tambang bawah tanah membutuhkan kegiatan operasional yang membutuhkan udara. Kebutuhan udara tersebut untuk mengurangi polusi udara pada area penambangan sehingga para pekerja dapat merasakan rasa aman dan kenyamanan dalam bekerja. Sehingga jaringan ventilasi yang sesuai akan mendistribusikan udara ke area yang memerlukan. Pada penelitian ini pemilihan metode aliran udara dalam ventilasi dan tunnel yang sesuai dengan distribusi aliran udara. Metode k- ϵ , k- ω dan Reynold Stress dilakukan pengujian dan analisa dengan ANSYS Fluent sehingga metode k- ϵ lebih sesuai. Selain itu pengaruh jarak antara outlet ventilasi terhadap dinding tunnel tambang bawah tanah.

Kata kunci : Ventilasi, Tunnel, Udara, Metan, Ansys Fluent

ABSTRACT

Underground coal mining operations require an air supply to mitigate air pollution within the mining area, thereby ensuring the safety and comfort of the workforce. An appropriate ventilation network is essential to distribute air to the areas where it is needed. This study evaluates airflow methods for ventilation and tunnels to determine the most suitable approach for airflow distribution. Testing and analysis of the k- ϵ , k- ω , and Reynolds Stress models revealed that the k- ϵ method was the most appropriate. Additionally, the study examines the influence of the distance between the ventilation outlet and the underground mine tunnel wall.

Keyword : Ventilation, Tunnel, Air, Methane, Ansys Fuent

1. PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan dalam tambang bawah tanah membutuhkan udara bersih pada area kerja. Demikian pula dengan aktivitas alat berat/mesin penambangan akan menghasilkan polusi udara pada area penambangan dan juga temperatur yang dapat berubah akibat ada kegiatan mekanis. Selain polusi akibat kegiatan penambangan, pada penambangan batubara terdapat gas metan yang terdapat pada lapisan batubara. Gas metan ini bersifat mudah terbakar dan sangat berbahaya jika masuk kedalam tubuh manusia. Sehingga diperlukan udara yang cukup untuk pengendalian gas berbahaya dalam aktivitas penambangan. Pengaturan udara yang cukup diperlukan ventilasi untuk mengalirkan ke area yang dibutuhkan.

Marc Bascompta Massanés (2015) melakukan sistem manajemen ventilasi pada tambang bawah tanah dengan membuat jaringan ventilasi dalam tambang bawah tanah. Jaringan tersebut berdasarkan prinsip dan auxiliary ventilasi. Pembuatan jaringan menggunakan ARCGIS sehingga penempatan jaringan sesuai dengan kondisi dilapangan. Sehingga diperoleh kecepatan udara dalam jaringan, keberadaan gas dan temperatur pada tambang bawah tanah.

Aminossadati, S.,M (2008) dalam pembuatan model aliran udara yang terdapat brattice sail sebagai penghalang udara dan mengalihkan udara. Sehingga pengaruh panjang brattice sail terhadap lebar bukaan udara inlet pada area cross-cut. Ada empat model brattice yang dilakukan simulasi. Menunjukkan pada model tanpa brattice maka area cross-cut memperoleh aliran udara yang sedikit. Dan model yang memiliki brattice dengan perbandingan terhadap lebar bukaan udara yang masuk, menunjukkan perbandingan yang besar akan mempengaruhi bentuk aliran udara di area cross-cut.

Jundika C. Kurnia (2014) melakukan simulasi terhadap perilaku gas metan pada area kerja tambang bawah tanah. Kecepatan udara adalah 12 m/s dengan laju gas metan dari permukaan tambang 0,05 m³/s. Sehingga dapat dilakukan pengontrolan gas metan yang akan keluar dari area kerja.

Penelitian ini dengan simulasi computational fluent steady dengan menitik beratkan perilaku aliran udara bersih yang

keluar dari ventilasi yang mempunyai jarak terhadap dinding yang mengandung gas metan pada lapisan batubara di ujung tunnel tambang bawah tanah.

2. LANDASAN TEORI

Ketentuan Umum

Pembuatan model bukaan area tambang bawah tanah berdasarkan Parra (2006) dengan lebar 3,6 m dan tinggi 2,9 m. Diameter ventilasi 0,6 m dan tergantung pada ketinggian 1,9 m dari tanah dan 0,6 m dari dinding tunnel. Namun pelepasan gas metan pada permukaan dinding yang akan digali.

Persamaan Kekekalan masa

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \bar{V} \cdot (\rho \bar{V}) = S_m \quad (1)$$

Persamaan kekekalan momentum

$$\frac{\partial \rho V}{\partial t} + \bar{V} \cdot (\rho V \bar{V}) = -\bar{V} p + \bar{V} \cdot \bar{\tau} + \rho g \quad (2)$$

Persamaan model Perpindahan aliran k-ε Realizable

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (3)$$

Persamaan model perpindahan aliran k-ω Shear Stress Transport

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_k + S_k \quad (4)$$

Persamaan model perpindahan aliran Reynolds Stress

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \overline{u_i u_j}) + \frac{\partial}{\partial x_k}(\rho u_k \overline{u_i u_j}) = D_{T,ij} + \varphi_{ij} \quad (5)$$

$$D_{T,ij} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\rho \overline{u_i u_j u_k} + p'(\delta_{kj} u_i' + \delta_{ik} u_j') \right] \quad (6)$$

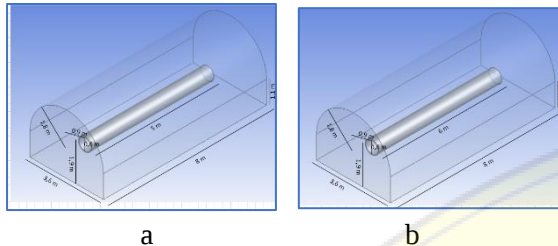
$$\varphi_{ij} = p' \left(\frac{\partial u_i'}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j'}{\partial x_i} \right) \quad (7)$$

Dimana G_k merupakan turbulen energi kinetik pada aliran udara, D_{T,ij} adalah turbulen difusion dan φ_{ij} adalah Pressure strain.

3. METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan menggunakan ANSYS Fluent. Solver berdasarkan metode Finite Volume. Langkah dilakukan meliputi identifikasi masalah, Pre-Processing, Solution dan Post-Processing. Identifikasi

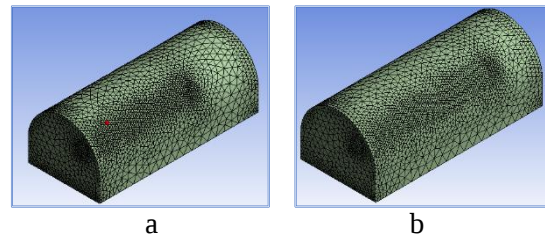
masalah meliputi pengaruh dari udara bersih mengalir dari ventilasi udara terhadap gas metan yang dihasilkan dari dinding batubara pada area penambangan Tambang Bawah Tanah. Sedangkan Pre-processing meliputi langkah pembuatan model development area lubang beserta perlengkapan ventilasi. (Tabel 1). Pada geometri yang telah dibuat dilakukan tahap meshing. Tahap ini digunakan untuk membagi setiap area menjadi infinite element.



Gambar 1. Geometri Model Development. a) ventilasi panjang 5 m dan b) ventilasi panjang 6 m

Tabel 1. Parameter Model Development

No	Keterangan	Ventilasi 5 m		Ventilasi 6 m	
		Nilai	Satuan	Nilai	Satuan
1.	Luas Inlet Ventilasi	0.282	m ²	0.282	m ²
2	Volume inlet ventilasi	1.413	m ³	1.696	m ³
3	Luas Inlet Metan	9,047	m ²	9,047	m ²
4	Luas Outlet Tunnel	9,047	m ²	9,047	m ²
5	Volume Ruang Tunnel	72,39 5	m ³	72,39 5	m ³
6	Mesh				
	- Node	46920		50227	
	- Element	241900		256652	



Gambar 2. Mesh. a) Ventilasi 5 m, b) ventilasi 6 m

Pada tahap solution dengan data seperti jenis udara dan gas metan dengan metode Eulerian, kecepatan aliran dan model turbulen yang digunakan tabel 2.

Tabel 2. Solution

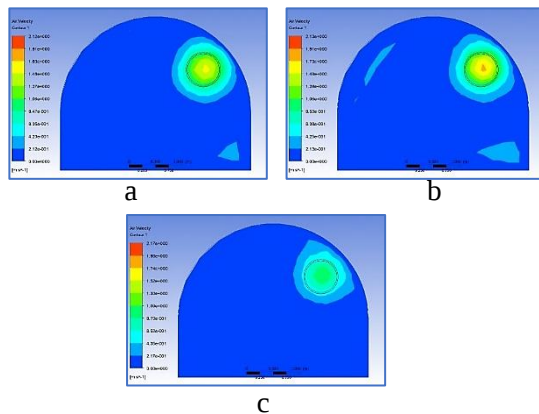
Type	Pressure Based		
Time	Steady		
Solver	Phase Couple Simple		
Turbulent Model	K - ϵ	K - ω	Reynold Stress
Material Gas	Udara , Gas Metan		
Inlet Air Velocity	2 m/s		
Inlet Methane Velocity	0,2 m/s		
Number Iteration	100		

Post-processing merupakan tahap akhir dalam melakukan evaluasi terhadap hasil simulasi. Evaluasi dilakukan dengan melihat kontur aliran udara dan aliran gas metan pada ketinggian ventilasi secara horizontal dan section pada beberapa bagian secara vertikal.

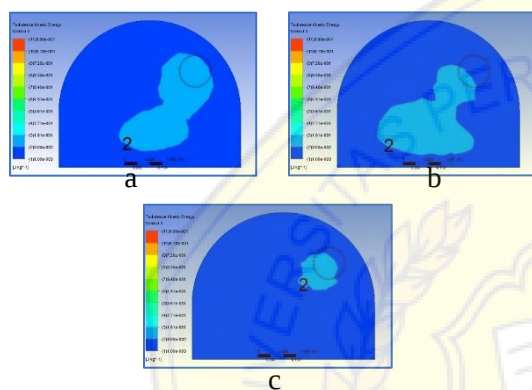
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan aliran dalam tambang bawah tanah akan mempengaruhi bentuk aliran udara. Pada jarak 2 meter dari ujung tunnel, dilakukan pengujian dengan metode k- ϵ , k- ω dan Reynold Stress. Dilihat dari bentuk section pada aliran udara pada tambang bawah tanah terdapat perbedaan. Dengan inlet ventilasi sebesar 2 m/s akan menghasilkan kecepatan yang berbeda pada setiap metode. Pada metode k- ω masih terdapat luas area dengan kecepatan 2 m/s semakin mengecil sedangkan pada metode Reynold Stress, kecepatan dibawah 1,5 m/s.

Namun bila dilihat dari nilai turbulen pada area yang sama, diperoleh luas bidang pengaruh kecepatan aliran dalam tunnel. Gambar 4 menunjukkan aliran turbulen dominan mengarah kebawah area ventilasi. Pada metode k- ϵ dan Reynold Stress penyebaran kecepatan udara simetris dibandingkan dengan metode k- ω .

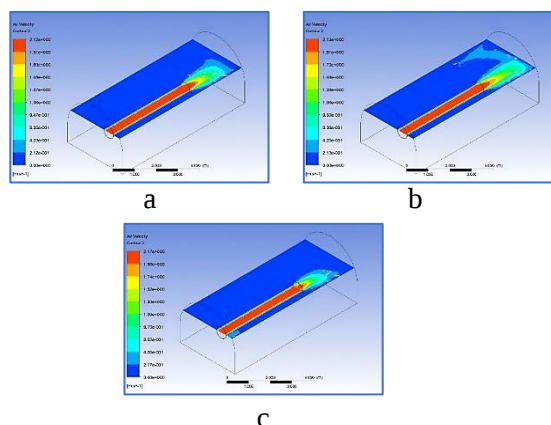


Gambar 3. Pengaruh kecepatan aliran terhadap jarak outlet ventilasi terhadap dinding tunnel. a) model k- ϵ , b) k- ω dan c) Reynold Stress



Gambar 4. Pengaruh Turbulen terhadap jarak outlet ventilasi terhadap dinding tunnel. model a) k- ϵ , b) k- ω dan c) Reynold Stress

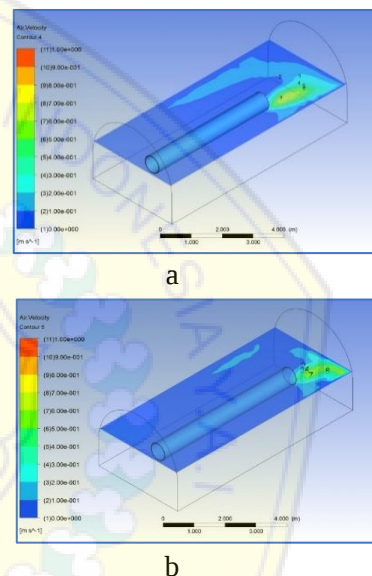
Aliran udara yang keluar dari ventilasi akan mengalami penurunan kecepatan hal ini disebabkan tekanan pada tunnel tambang batubara lebih rendah dari pada tekanan dalam ventilasi. Pada metode k- ϵ penyebaran kecepatan udara merata hingga mendekati ujung tunnel. Namun pada metode k- ω , luas penyebaran kecepatan lebih besar daripada metode k- ϵ ataupun Reynold Stress. Gambar 5.



Gambar 5. Section Horizontal. model a) k- ϵ , b) k- ω dan c) Reynold Stress

Berdasarkan Gambar 3 - 5 bahwa metode k- ϵ lebih sesuai untuk penelitian ini. Hal ini juga umum digunakan dalam simulasi teknik (Jundika C.Kurnia).

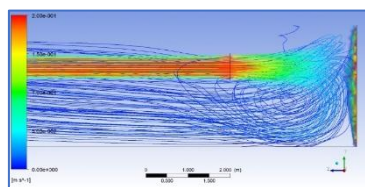
Penggunaan metode k- ϵ untuk mengetahui kecepatan pada ketinggian 1,5 m. Pada kondisi ini, pekerja pada area tunnel dapat terpenuhi kebutuhan udara. Namun aliran dapat berubah arah dikarenakan perbedaan tekanan dalam ruangan dan juga terdapat penghalang (dinding tunnel). Gambar 6 merupakan fenomena aliran udara yang dipengaruhi oleh tekanan dan penghalang. Pada gambar 6.a menunjukkan luas area pengaruh aliran udara lebih besar dibanding dengan gambar 6.b



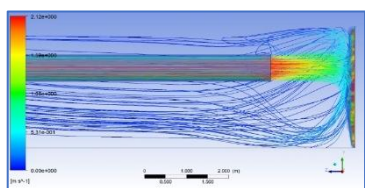
Gambar 6. Pengaruh aliran udara pada ketinggian 1,5 m. a) Panjang ventilasi 5 m, b) Panjang ventilasi 6 m

Kecepatan udara yang keluar dari outlet ventilasi dan jarak antara outlet ventilasi terhadap penghalang (dinding ujung tunnel) akan mempengaruhi aliran gas metan pada ujung tunnel tambang bawah tanah. Pada jarak 3 meter terhadap penghalang akan menimbulkan putaran udara diantara ventilasi dengan dinding, sedangkan pada jarak 2 meter, udara akan mengalir menuju outlet tunnel. Gambar 7.

Sehingga pada jarak 2 meter tersebut dapat dipastikan bahwa udara akan membawa gas metan keluar tunnel tanpa adanya gas metan yang dapat mengganggu operasional pekerja di tunnel tambang bawah tanah.



a



b

Gambar 7. Pengaruh jarak outlet ventilasi terhadap dinding tunnel. a) jarak 3 m b) jarak 2 m

5. KESIMPULAN

Pada aliran udara dengan kecepatan 2 m/s dalam ventilasi menggunakan metode k- ϵ dengan distribusi udara yang merata. Distribusi tersebut bukan hanya diperhatikan pada elevasi ventilasi tetapi juga pada ketinggian 1,5 m. Peneliti melakukan pengujian pengaruh jarak outlet ventilasi terhadap dinding ujung tunnel dan menghasilkan jarak 2 m lebih ideal untuk distribusi udara yang membawa gas metan keluar outlet tunnel tambang bawah tanah

DAFTAR PUSTAKA

- Aminossadati, S.,M., Hooman, H. (2008). Numerical Simulation of Ventilation Air Flow in Underground Mine Workings
- Alireza Dastan, Mohammad Rahiminejad, Ali Mokhtari, Mozghan Sabz, Meisam Abbasi, Sasan Sadrizadeh, Omid Abouali. (2023). CFD simulations of a semi-transverse ventilation system in along tunnel. Undeerground Space 11, 153 – 170. <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2022.12.004>
- Bonar Sari Monang, Analiser Halawa. (2024). Penyebaran Kecepatan Air Pada Diameter Pipa DN 250, DN 200 dan DN 150. Jurnal Sains dan Teknologi ISTP, Vol. 21, No.01. pISSN 2356-0878, eISSN 2714-6758.
- Hasheminasab, F., Bagherpour, R., Aminossadati, S.,M.(2019).Numerical simulation of methane distribution in development zones of underground coal mines equipped with auxiliary ventilation. Tunneling and Underground Space Technology 89. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2019.03.022>
- Jundika C. Kurnia, Sasmito, A.,P., Mujumdar,A.,S.. (2014). CFD simulation of methane dispersion and innovative methane management in underground mining faces. Applied Mathematical Modelling. <https://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2013.11.067>
- Marc Bascompta Massanés, Lluís Sanmiquel Pera, Josep Oliva Moncunill. (2015). Ventilation management system for underground environments. Tunnelling and Underground Space Technology 50, p516–522. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2015.09.001>
- Oktovianus Koibur. (2016). Perencanaan Sistem Ventilasi Untuk Mendukung Rencana Development Pada Q4 Akhir 2016 di Tambang Bawah Tanah Grasberg Block Cave PT. Freeport Indonesia. SKRIPSI, PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS CENDERAWASIH, JAYAPURA.
- Parra, M.,T., Villafrauela,J.,M., Castro, F., Mendez,C. (2006). Numerical and Analysis of different ventilation systems in deep mines. Building and Environment 41. 87-93. <https://doi:10.1016/j.buildenv.2005.01.002>
- Vishal Chauhan. (2014) Optimization of Parameters to Improve Ventilation in Underground Mine Working using CFD. Maaster of Technology Thessis in Mining Engineering.