

**SKRIPSI**

**PENGARUH *LEAKAGE FACTOR* DAN *BALANCING FACTOR* TERHADAP DESAIN KRITERIA KUANTITAS ALIRAN UDARA TAMBANG BAWAH TANAH DMLZ PT FREEPORT INDONESIA DISTRIK TEMBAGAPURA, KABUPATEN MIMIKA, PROVINSI PAPUA**



**OLEH**

**FACHRI RAHMAT  
03021281520147**

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

## **SKRIPSI**

# **PENGARUH *LEAKAGE FACTOR* DAN *BALANCING FACTOR* TERHADAP DESAIN KRITERIA KUANTITAS ALIRAN UDARA TAMBANG BAWAH TANAH DMLZ PT FREEPORT INDONESIA DISTRIK TEMBAGAPURA, KABUPATEN MIMIKA, PROVINSI PAPUA**

**Dibuat sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH**

**FACHRI RAHMAT  
03021281520147**

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH *LEAKAGE FACTOR* DAN *BALANCING FACTOR* TERHADAP DESAIN KRITERIA KUANTITAS ALIRAN UDARA TAMBANG BAWAH TANAH DMLZ PT FREEPORT INDONESIA DISTRIK TEMBAGAPURA, KABUPATEN MIMIKA, PROVINSI PAPUA

#### SKRIPSI

Dibuat sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik  
pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Oleh:

FACHRI RAHMAT

03021281520147

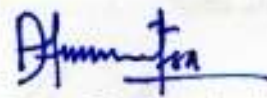
Indralaya, Juni 2020

Pembimbing I,



Dr. Hj. Rr. Harninuke Eko Handayani, ST., MT  
NIP. 196902091997032001

Pembimbing II,



Diana Purbasari, ST., MT.  
NIP. 198204172008122002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pertambangan



Dr. Hj. Rr. Harninuke Eko Handayani, ST., MT  
NIP. 196902091997032001

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fachri Rahmat  
NIM : 03021281520147  
Judul : Pengaruh *Leakage Factor* dan *Balancing Factor* Terhadap  
Desain Kriteria Kuantitas Aliran Udara Tambang Bawah Tanah  
DMLZ PT Freeport Indonesia Distrik Tembagapura, Kabupaten  
Mimika, Provinsi Papua

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasi hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai Penulis korespondensi (*corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, April 2020



**Fachri Rahmat**  
**NIM. 03021281520147**

## HALAMAN PERNYATAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fachri Rahmat  
NIM : 03021281520147  
Judul : Pengaruh *Leakage Factor* dan *Balancing Factor* Terhadap  
Desain Kriteria Kuantitas Aliran Udara Tambang Bawah Tanah  
DMLZ PT Freeport Indonesia Distrik Tembagapura, Kabupaten  
Mimika, Provinsi Papua

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi oleh tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat, apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, April 2020



*Fachri Rahmat*  
Fachri Rahmat  
NIM 03021281520147

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur penulis ungkapkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Laporan skripsi ini berjudul “Pengaruh *Leakage Factor* Dan *Balancing Factor* Terhadap Desain Kriteria Kuantitas Aliran Udara Tambang Bawah Tanah DMLZ PT Freeport Indonesia Distrik Tembagapura, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua”, yang dilaksanakan pada 12 April 2019 sampai 12 Juli 2019 di Kabupaten Mimika, Provinsi Papua.

Laporan skripsi ini diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Terima kasih kepada Dr. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, S.T., M.T., dan Diana Purbasari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing laporan skripsi. Pada kesempatan ini, ucapan terima kasih juga diberikan kepada:

1. Prof. Dr. Anis Saggaf, MSCE selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, S.T., M.T., dan Bochori, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Riza Sani, ST selaku General Superintendent sekaligus pembimbing lapangan dan seluruh karyawan di PT. Freeport Indonesia yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan
5. Seluruh dosen pengajar dan staff karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.

Menyadari bahwa masih terdapat banyaknya kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga bermanfaat dan dapat dimanfaatkan bagi perkembangan ilmu dikemudian hari.

Indralaya,

2020

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi .....	iii
Halaman Pernyataan Intergritas .....	iv
Riwayat Hidup .....	v
Halaman Persembahan .....	vi
Kata Pengantar .....	vii
Ringkasan.....	viii
Summary .....	ix
Daftar Isi .....	x
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Lampiran .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Ventilasi Tambang Bawah Tanah. ....	4
2.2. <i>Leakage Factor</i> .....	5
2.2.1. Persen Aliran <i>Leakage</i> (%L).....	6
2.2.2. Kontrol Ventilasi Tambang.....	6
2.2.2.1. <i>Main Fan</i> .....	6
2.2.2.2. <i>Auxiliary Fan</i> .....	6
2.2.2.3. <i>Bulkhead</i> .....	7
2.2.2.4. <i>Vent Door</i> .....	7
2.2.2.5. <i>Regulator</i> .....	8
2.2.2.6. <i>Booster</i> .....	8
2.2.2.7. <i>Air Crossing</i> .....	9
2.3. <i>Balancing Factor</i> .....	9
2.4. Ventsim Visual 5.....	12
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Lokasi Penelitian.....	14
3.2. Waktu Penelitian .....	14
3.3. Tahapan Penelitian .....	15

3.3.1. Studi Literatur .....	16
3.3.2. Penelitian di Lapangan / Pengambilan Data .....	16
3.3.2.1. Data Primer.....	16
3.3.2.2. Data Sekunder.....	16
3.3.3. Pengolahan dan Analisis Data.....	18
3.3.4. Kerangka Penelitian .....	19

#### BAB 4. PEMBAHASAN

4.1. Desain Kuantitas Aliran Udara .....	23
4.2. Analisis Kondisi Aktual Kuantitas Udara pada Kontrol Ventilasi yang Terkoneksi Langsung dengan <i>Exhaust Service Level (Leakage Factor)</i> .....	25
4.2.1. <i>Leakage Factor</i> di <i>Service Intake Level</i> .....	25
4.2.2. <i>Leakage Factor</i> di <i>Truck Haulage Level</i> .....	28
4.2.3. <i>Leakage Factor</i> di <i>Remote Test Area UFF Level</i> .....	31
4.3. Analisis Kesesuaian Desain Kuantitas Udara Aktual dengan Estimasi Kuantitas Udara Desain ( <i>Balancing Factor</i> ) .....	34
4.4. Upaya Perbaikan Desain Kriteria.....	41
4.4.1. Upaya Penanggulangan <i>Leakage Factor</i> .....	41
4.4.2. Upaya Penanggulangan <i>Balancing Factor</i> .....	44

#### BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan .....	51
5.2. Saran.....	51

#### DAFTAR PUSTAKA



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Rangkaian jaringan ventilasi seri .....	10
2.2. Saluran aliran udara.....	11
2.3. Saluran aliran udara paralel dan saluran ekivalen.....	12
2.4. Tampilan dari Software Ventsim Visual 5.....	13
3.1. Peta kesampaian daerah PT Freeport Indonesia, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua .....	15
3.2. <i>Vane anemometer</i> .....	17
3.3. <i>Smoke tube</i> .....	17
3.4. <i>Distometer</i> .....	18
3.5. Arah penggunaan <i>vane anemometer</i> .....	18
3.6. Bagan alir penelitian .....	21
4.1. <i>Drift</i> dan <i>raise</i> ventilasi utama DMLZ.....	23
4.2. Kebutuhan kuantitas aliran udara kuartal-2 per level .....	24
4.3. Titik pengukuran <i>leakage</i> dan <i>inlet service intake</i> .....	26
4.4. Titik pengukuran <i>leakage</i> dan <i>inlet truck haulage</i> .....	29
4.5. Titik pengukuran <i>leakage</i> dan <i>inlet upper fixed facilities (UFF)</i> .....	32
4.6. Titik kuantitas aliran udara <i>balancing factor</i> .....	35
4.7. Kontrol ventilasi.....	41
4.8. Simulasi Ventsim untuk panel #20-#15 .....	44
4.9. Sketsa hasil pengukuran panel aktif dan <i>standby</i> .....	46
4.10. Trial panel ekstraksi P#20-P#15 .....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Jadwal kegiatan penelitian .....	14
3.2. Penyelesaian masalah.....	19
4.1. Kebutuhan kuantitas aliran udara kuartal-2 per level .....	24
4.2. <i>Leakage area</i> di <i>service intake</i> tahun 2019.....	26
4.3. Kuantitas udara masuk ke <i>service intake</i> tahun 2019 .....	26
4.4. Tabel <i>leakage area</i> di <i>level haulage</i> tahun 2019 .....	29
4.5. Kuantitas udara masuk ke <i>level haulage</i> tahun 2019.....	30
4.6. Kuantitas udara masuk, keluar, dan <i>leakage</i> di RTA tahun 2019.....	32
4.7. <i>Balancing factor</i> untuk panel aktif produksi tahun 2019.....	36
4.8. <i>Balancing factor</i> untuk panel <i>standby</i> tahun 2019.....	38
4.9. <i>Balancing factor</i> untuk panel nonaktif tahun 2019.....	39
4.10. Hasil perbaikan kuantitas udara pada kontrol ventilasi <i>service intake</i> dan <i>exhaust level</i> .....	43
4.11. Hasil perbaikan kuantitas udara pada kontrol ventilasi <i>truck</i> <i>haulage level</i> .....	43
4.12. Hasil perbaikan kuantitas udara pada kontrol ventilasi <i>remote test</i> <i>area upper fix facilities UFF level</i> .....	44
4.13. Hasil simulasi VentSim 5.1, VMS, dan aktual.....	45
4.14. Hasil aktual setelah pengaturan <i>dumper regulator</i> (dekat <i>fringe drift</i> ).....	45
4.15. Hasil aktual setelah pengaturan <i>dumper regulator</i> (dekat <i>exhaust raise</i> )..	46
4.16. Hasil setelah diseimbangkan ( <i>balance</i> ).....	47
4.17. Hasil trial penutupan DB akses didekat <i>fringe</i> .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Kebutuhan udara bersih.....	55
B. Desain kebutuhan kuantitas aliran udara Q2.....	60
C. Desain kebutuhan kuantitas aliran udara Q2 dengan perhitungan <i>leakage factor</i> dan <i>balancing factor</i> .....	61
D. Simulasi VentSim.....	64
E. Hasil akhir perbaikan desain kebutuhan kuantitas aliran udara dengan <i>leakage factor</i> dan <i>balancing factor</i> ideal.....	66

**PENGARUH LEAKAGE FACTOR DAN BALANCING FACTOR  
TERHADAP DESAIN KRITERIA KUANTITAS ALIRAN UDARA  
TAMBANG BAWAH TANAH DMLZ PT FREEPORT INDONESIA  
DISTRIK TEMBAGAPURA, KABUPATEN MIMIKA, PROVINSI PAPUA**

**F. Rahmat<sup>1</sup>, HE. Handayani<sup>2</sup>, D. Purbasari<sup>3</sup>**

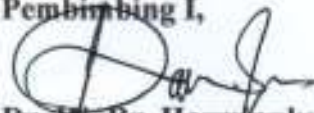
*Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32, Indralaya, Sumatera Selatan, 30662, Indonesia  
Telp/fax: (0711) 850137 ; E-mail: [rahmatfahri1029@gmail.com](mailto:rahmatfahri1029@gmail.com)*

**ABSTRAK**

PT. Freeport Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan tembaga dan emas di Indonesia. Metode penambangan yang digunakan adalah metode tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Sistem ventilasi yang digunakan tambang DMLZ adalah *exhaust*. Lokasi penelitian ini dilakukan di Kabupaten Mimika, Provinsi Papua. Permasalahan yang terjadi pada ventilasi DMLZ adalah kurang optimalnya pendistribusian kuantitas udara yang mengakibatkan tidak terpenuhi kebutuhan udara seluruh area tambang DMLZ. Tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan faktor-faktor design criteria kuantitas aliran udara tambang bawah tanah DMLZ. Metode penelitian yang dilakukan dengan mengambil data primer dan sekunder yang mempengaruhi *design criteria* kuantitas udara selanjutnya yang disimulasikan dengan software *Ventsim*. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan kebutuhan udara tambang DMLZ sebesar 1238.8 m<sup>3</sup>/s. *Leakage factor* sebesar 1.12, 1.17, dan 1.28 dan *balancing factor* sebesar 1.27, 1.33, dan 1.19. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan *design airflow quantity budget* adalah dengan memperbaiki kontrol ventilasi yang bocor ke keadaan ideal dan mengatur bukaan *regulator* sesuai atau mendekati dengan desain *budget* agar *airflow* di kontrol ventilasi paralel sesuai dengan *design airflow quantity budget*.

Kata-kata kunci: *Airflow Budget, Balancing Factor, Leakage Factor*

**Pembimbing I,**



**Dr. Hj. Rr. Harminuke E.H., S.T., M.T.**  
NIP. 196902091997032001

**Pembimbing II,**



**Diana Purbasari, ST., MT.**  
NIP. 198204172008122002



**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Pertambangan**



**Dr. Hj. Rr. Harminuke E.H., S.T., M.T.**  
NIP. 196902091997032001

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Freeport Indonesia (PTFI) adalah perusahaan tambang yang merupakan gabungan dari Freeport-McMoran Copper & Gold Inc. (FCX) dan PT. Indonesia Asahan Aluminium (Persero) (Inalum). Pada tahun 2019, telah dilakukan pengambilalihan saham sebesar 51,23% oleh Pemerintah Indonesia (41,23% Inalum, 10% Pemda Papua), yang menjadikan Pemerintah Indonesia melalui PT. Inalum sebagai pemilik saham mayoritas di PTFI. Perusahaan ini beroperasi di atas tanah seluas 202,950 Ha di Kabupaten Mimika, Provinsi Papua. PT. Freeport Indonesia menggunakan dua metode penambangan yaitu metode tambang terbuka dan metode tambang bawah tanah. Metode tambang terbuka di terapkan pada tambang Grassberg sedangkan metoda tambang bawah tanah di terapkan di tambang DOZ, DMLZ, Big Gossan, dan GBC.

Deep Mill Level Zone (DMLZ) merupakan salah satu tambang bawah tanah yang dimiliki PT. Freeport Indonesia akan menjadi salah satu tambang bawah tanah terbesar di dunia dengan puncak produksi 80.000 tph. Tambang ini berada di bawah tambang Deep Ore Zone (DOZ) yang di anggap sebagai *caving* berikutnya di sistem penambangan *East Ertsberg Skarn* (EESS). Sistem ventilasi direncanakan terdiri dari 5x 4100 kW Howden *Mixed Flow* 107 / 0.91 / 41.5 / 19 kipas yang dipasang dalam konfigurasi paralel *exhaust* sistem. Salah satunya adalah *fan* DOZ dengan modifikasi pondasi, listrik, motor, kontrol dan sistem mekanik untuk mendukung peningkatan daya dari instalasi motor 1.600 kW awal.

Akan tetapi dalam pengoperasiannya ditemukan banyak kebocoran (*leakage*) pada level-level yang terhubung langsung ke level *service exhaust*, hal ini menyebabkan tidak terpenuhinya kebutuhan udara untuk area kerja seperti level ekstraksi dan level *haulage* (pengangkutan). Karena itu, diperlukan perhitungan estimasi *leakage factor* (faktor kebocoran) untuk di tambahkan di estimasi desain kuantitas udara agar kebutuhan udara area kerja terpenuhi kembali. Kemudian juga

ditemukan kuantitas aliran udara yang tidak mencapai minimum desain kebutuhan kuantitas aliran udara untuk area-area di seluruh tambang, karena itu juga dibutuhkan faktor keseimbangan (*balancing*) agar kuantitas udara sesuai dengan yang diinginkan oleh desain kebutuhan kuantitas aliran udara.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana desain kebutuhan kuantitas aliran udara kuartal ke-2 ventilasi tambang DMLZ dalam pendistribusian aliran udara bersih ke seluruh tambang DMLZ?
2. Bagaimana kondisi aktual kuantitas udara pada kontrol ventilasi di level yang terkoneksi langsung dengan *exhaust service level* guna perhitungan *leakage factor*?
3. Bagaimana kondisi aktual kuantitas di tambang dan perbandingannya terhadap desain kebutuhan kuantitas aliran udara dan perhitungan *balancing factor*?
4. Bagaimana upaya-upaya agar *leakage factor* dan *balancing factor* efektif penggunaannya pada desain kebutuhan kuantitas aliran udara di tambang bawah tanah DMLZ untuk memenuhi kebutuhan udara?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui desain kebutuhan kuantitas aliran udara kuartal ke-2 ventilasi tambang DMLZ sesuai dengan Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 555.K/26/M.PE/1995.
2. Menganalisis kondisi aktual kuantitas udara pada kontrol ventilasi di level yang terkoneksi langsung dengan *exhaust service level* guna perhitungan *leakage factor* untuk kemudian dijadikan faktor perhitungan pada desain kebutuhan kuantitas aliran udara selanjutnya.
3. Menganalisis kesesuaian kuantitas udara selama kuartal ke-2 dengan desain kebutuhan kuantitas aliran udara di tambang DMLZ dan perhitungannya guna

dijadikan *balancing factor* pada perhitungan desain kebutuhan kuantitas aliran udara.

4. Upaya-upaya yang dilakukan agar *leakage factor* dan *balancing factor* efektif penggunaannya pada desain kebutuhan kuantitas aliran udara di tambang bawah tanah DMLZ untuk memenuhi kebutuhan udara.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

Penelitian ini dilakukan di tambang bawah tanah DMLZ dan hanya membahas tentang kebutuhan kuantitas udara dengan bantuan aplikasi VentSim 5.1. sebagai permodelannya

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan upaya dan masukan kepada PT. Freeport Indonesia mengenai desain kebutuhan kuantitas aliran udara yang optimal di sistem ventilasi di tambang bawah tanah DMLZ untuk menyediakan kebutuhan udara di tambang DMLZ.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gamble, G., Ray, R., Americas, P., & York, N. (2009). *Differences In Design Considerations For Tunnel Vs Mine Ventilation Fan Systems*. *SME Annual Meeting* (hal. Preprint 09-056). Denver: CO.
- Habibi, A., & Gillies, A. (2012). *Effect of Booster Fan in Ventilation Networks - Computational and Experimental Approaches*. *14th United State/ American Mine Ventilation Symposium* (hal. 83-89). University of Utah, Dept. of Mining Engineering: Nelson and Calizaya at 2012.
- Hartman, H. L., Mutmansky, J., Ramani, R., & Wang, Y. (1997). *Mine Ventilation and Air Conditioning*. Vancouver: John Wiley and Son.
- Heriyadi, B. (2002). *Peranginan (Ventilasi) Tambang*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Balai Pendidikan dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah, Indonesia.
- Huang, & Yuan-Ping. (1986). *Mine Ventilation*. Xuzhou: China University of Mining Press.
- Jack, D. I. (2003). *Hardrock Rock Miner's Handbook*. North Bay: McIntosh Engineering.
- Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi. (1995). *Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pertambangan Umum No.555.K/26/M.Pe/1995*. Pasal 370 Hal 135 – 137.
- Mc Elroy, G. (1935). *Engineer Factors in Ventilating Metal Mines*. Littleton, Colorado, USA: US Bureau of MineBull.
- McPherson, M. J. (1993). *Subsurface Ventilation and Enviromental Engineering*. USA: Chapman and Hall Inc.
- Munson, B., Young D. F., & Okiishi T.H. (1994). *Fundamental of fluid Mechanics* (2nd ed.). Newyork: John Wiley & Sons, Inc.
- PT. Freeport Indonesia. 2013. *PTFI LOM Ventilation Report - GBC, DMLZ, and Big Gossan Mines*. Tembagaapura: Departemen UG. Ventilation
- Shalimov, A. (2011). Numerical Modeling of Air Flows in Mines Under Emergency State Ventilation. *Journal. Mine.Sci.*, 47 no.6 pp.807/813.
- Sudarsono, & Wiyono, B. (2003). *Ventilasi Tambang*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran".



- Timko, R. (2006). Methods to Determine The Status of Mine Atmospheres - an overview. *Mine Ventilation Society of South Afrika*, Vol 59 No.2.
- Wallace, K. (2001). General Operational Characteristics and Industry Practices of Mine Ventilation Systems. Dalam W. S. (Penyunt.), *Proceedings of the 7th International Mine Ventilation Congress* (hal. 229-234). Cracow, Poland: Research and Development Centre for Electrical Engineering and Automation in Mining.
- Zhengyan, W., Zou Wei, & Jiang Shunguang. (2012). Numerical Solution of Non-Steady Flow in Single-Fan Mine Ventilation Network. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, Vol 17/G No.10.