

**PERENCANAAN SISTEM VENTILASI TAMBANG BAWAH TANAH
BIG GOSSAN UNTUK MENUNJANG OPERASI PENAMBANGAN
KUARTAL I 2014, PT. FREEPORT INDONESIA**



SKRIPSI UTAMA

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapat gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh

**Muhammad Hidayat
03081002030**

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

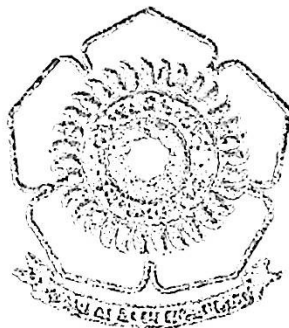
FAKULTAS TEKNIK

2013

S
621.507
mul
f
2013

K. 23068/23623

PERENCANAAN SISTEM VENTILASI TAMBANG BAWAH TANAH
BIG GOSSAN UNTUK MENUNJANG OPERASI PENAMBANGAN
KUARTAL I 2014, PT. FREEPORT INDONESIA



SKRIPSI UTAMA

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapat gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh

Muhammad Hidayat
03081002030

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
2013

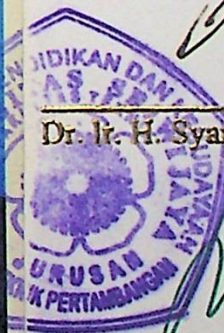
PERENCANAAN SISTEM VENTILASI TAMBANG BAWAH TANAH
BIG GOSSAN UNTUK MENUNJANG OPERASI PENAMBANGAN
KUARTAL I 2014, PT. FREEPORT INDONESIA

SKRIPSI UTAMA

Disetujui untuk Jurusan Teknik Pertambangan
oleh dosen pembimbing :



Dr. Ir. H. Syamsul Komar



A handwritten signature in black ink, appearing to be "Syamsul Komar".

A handwritten signature in green ink, appearing to be "Djuki Sudarmono". To the right of the signature is the date "19/9/13".

Ir. H. Djuki Sudarmono, DESS.

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Hidayat

NIM : 03081002030

Judul : Perencanaan Sistem Ventilasi Tambang Bawah Tanah Big Gossan Untuk Menunjang Operasi Penambangan Kuartal I 2014 PT. Freeport Indonesia

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir/skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing/Promotor dan Ko-Promotor dan bukan hasil penjiplakan/Plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/Plagiat dalam tugas akhir/skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Indralaya, September 2013



(Muhammad Hidayat)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PERSEMBAHAN

"Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum, sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sediri" (Ar Ra'du : 11)

"Impian dan kenyataan dapat dikorelasikan dengan cara menaruh impian dalam kenyataan hidup dan menjadikan impian sesuatu yang bertanggal serta sempitkan tanggal tersebut dengan konsep hidup yang direncanakan, agar impian tersebut dapat menjadi nyata" (Mario Teguh)

Alhamdulillah Ya Rabb akhirnya perjuanganku di teknik pertambangan UNSRI telah ku lalui dengan indah, Rencana yang telah Kau siapkan untuk masa depanku yang penuh harapan, Harapan kesuksesan terpancang di pundak, Sebagai janji kepada Kedua Orangtuaku, Untuk Mama sosok yang selalu mendo'akanku dan memberi support kepadaku dan selalu ada disaat ku terpuruk dari masalahku. Untuk Papa yang selalu menjadi panutanku dan mengajarkanku arti dari hidup dan memberikan pengorbanan lewat hasil cucuran keringatmu.

Terimakasih kepada Adek ku (Mardiyah Rizka Alfira) dan Adek ku (Syaiful Ikhwan) yang memberikan semangat dan memberikan warna dalam perjalananku ini...

Terimakasih kepada seluruh keluarga dan sanak sadonyo ,Bundo zalifarti, Uning, Tek Era, (Alm) Om Diman, (Alm) Pak wan, Mak Adang, Mak Tuo, Om Amelt, Bang Hanafi, Kak Hani, Bang Ibnu dan lainnya yang mungkin tak bisa disebut satu persatu..

Kepada seluruh keluarga besarku yang telah banyak memberikan bantuan moril dan materil, Tidak lupa kepada pihak dimana saya melakukan penelitian ini kepada Kak Maria Kemong, Kak Ita, Kak Dodi, Bang Elly, Pak Riza, Pak Yuni, Pak Aldrin, Pak Pitoyo, Mas Eko, Mas Dias, Mas Tondy, Mas Lalu, Mas Insan, Mas Yossy, Bang Maros, Mas Dukun, Mas Dedy, Mr. Paul dan mas-mas lainnya..

Untuk sahabat – sahabatku yang seperjuangan di teknik pertambangan UNSRI terkhususnya Miner'08 Daud Zen, M.Nabil, Ikhsan, Zaky, Angga, Randy, Robbie, Eva, Sapri, Sugiyanto, Sandy, Yogi, Yoga, Titus serta kepada adek tingkat Sahbudin, Nanda, Eko dan semua teman-teman yang tak mungkin disebutkan satu persatu...

Kepada Anni Mardiyah yang InsyaAllah selalu sabar, tabah, memberikan motivasi, semangat dan mendo'akan ku serta mengerti akan banyak kekurangan ku selama ini...

Seluruh sahabat ku yang selalu menakut-nakuti sekaligus memberikan support, "The Mentongopers Boys", Kak Oot 'Anak Jepang', Zaki 'The Great Bokir', Mutiar Budi 'Caesar', Mustar 'Bujang Dusun', Ican 'Koko chen', Otong 'PK', Wawan 'Nangkong-dahl', Dimas 'Codet', Reza 'zulham', Juventa 'Cupentoh', Jamal 'Detektif Culun', Roy 'Gledek' ...

Akhir kata, Sujud syukurku padaMu Ya Rob, karena tiada apa-apa diriku tanpa ridho dari Mu...

Alhamdulillahirobbil'alamin...

ABSTRAK

PERENCANAAN SISTEM VENTILASI TAMBANG BAWAH TANAH BIG GOSSAN UNTUK MENUNJANG OPERASI PENAMBANGAN KUARTAL I 2014 PT. FREEPORT INDONESIA

(Muhammad Hidayat, 2013, 102 halaman)

PT. Freeport Indonesia merupakan perusahaan pertambangan dengan metode penambangan bawah tanah. Untuk menunjang target produksi 7000 ton/hari maka perlu didukung oleh sistem ventilasi yang baik. Perencanaan ventilasi merupakan hal yang sangat penting dalam menunjang operasi penambangan bawah tanah PT. Freeport Indonesia seiring dengan perkembangan produksi dan *development* di area-area baru.

Perencanaan sistem ventilasi pada tambang Big Gossan berfokus terhadap kuantitas dan kualitas udara di dalam tambang. Dalam penentuan kuantitas udara yang dibutuhkan adalah dengan mengetahui jumlah seluruh alat dan jumlah orang yang bekerja. Pengukuran kuantitas udara diukur dengan menggunakan alat pitot tube, anemometer dan distometer. Semetara untuk mengontrol kualitas udara adalah dengan melakukan pengukuran terhadap gas-gas berbahaya serta debu yang ada di dalam tambang dengan menggunakan alat *gas detector*. Ventilasi pada tambang Big Gossan dikontrol oleh 2 buah *main fan* berkekuatan 2200 HP untuk mensuplai kebutuhan seluruh area di tambang tersebut. Untuk area-area baru dan buntu dipasang *auxiliary fan* untuk mensuplai udara terhadap kegiatan di area tersebut.

Rencana kuantitas total udara yang dibutuhkan pada kuartal I tahun 2014 adalah 760,28 m³/s. Sehingga dibutuhkan 2 *main fan* berkekuatan 2200 HP dengan *setting blade RVC -20*. Sementara untuk mensupport area – area yang buntu perlu dipasang *auxiliary fan* berkekuatan 100 HP dan 150HP di beberapa tempat, seperti di *Ramp, Footwall East, Footwall East, Footwall to North* serta infrastruktur kontrol ventilasi yang lain yang menunjang seperti *bulkhead, regulator, dan door*.

Keyword :

Kuantitas, Kualitas, *fan*, dan Ventilasi

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkah dan rahmat-Nya Laporan Tugas Akhir yang berjudul " Perencanaan Sistem Ventilasi Tambang Bawah Tanah Big Gossan Untuk Menunjang Operasi Penambangan Kuartal I 2014 PT. Freeport Indonesia" ini dapat selesai.

Tugas Akhir ini dilaksanakan mulai tanggal 7 Maret 2014 hingga 7 Juni 2012 pada Departemen Ventilasi PT. Freeport Indonesia, Papua. Laporan ini dibuat melalui proses pengamatan di lapangan, diskusi, dan studi literatur yang disesuaikan dengan topik yang dibahas dalam Laporan Tugas Akhir.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. H. Syamsul Komar, pembimbing pertama dan Ir. H. Djuki Sudarmono, DESS., pembimbing kedua yang telah membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, serta tak lupa juga terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA, Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Hj. Rr. Harminuke Eko, ST, MT. dan Bochori, ST, MT., Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak dan Ibu dosen pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Diaz Zulfi, ST, Pembimbing lapangan dan H. Riza Sani, ST, *General Superintendent* Departemen Ventilasi PT. Freeport Indonesia serta seluruh karyawan PT. Freeport Indonesia.
5. Teman-teman angkatan 2008 dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan, baik mengenai isi maupun teknik penulisannya. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun guna penyempurnaan laporan ini.

Akhirnya Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan serta dapat menunjang perkembangan ilmu pengetahuan, kemajuan dan kesejahteraan bagi masyarakat.

Inderalaya, September 2013

Penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB	
I. PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-2
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan Penelitian	I-3
1.4. Pembatasan Masalah	I-3
1.5. Metode Penelitian	I-4
II. TINJAUAN UMUM	II-1
2.1. Sejarah dan Latar Belakang PT Freeport Indonesia.....	II-1
2.2. Letak Geografis dan Kesempaan Daerah	II-3
2.3. Keadaan Morfologi dan Geologi.....	II-6
2.4. Cadangan Bijih.....	II-9
2.5. Metode Penambangan	II-9
2.5.1. Tambang Terbuka Grasberg	II-10
2.5.2. Tambang Bawah Tanah DOZ	II-12
2.5.3. Tambang Bawah Tanah Big Gossan	II-13
III. DASAR TEORI	III-1
3.1. Definisi Sistem Ventilasi.....	III-1
3.2. Tujuan Ventilasi.....	III-4
3.3. Instalasi Sistem Ventilasi Tambahan	III-5
3.4. Equation Ventilation System.....	III-15

BAB	Halaman
IV. JARINGAN VENTILASI DAN PENGOLAHAN DATA.....	IV-1
4.1. Sistem Ventilasi Big Gossan.....	IV-1
4.1.1. Jaringan Ventilasi Big Gossan Saat Ini	IV-1
4.1.4.1. Sistem Jaringan Ventilasi Primer Saat Ini	IV-6
4.1.4.2. Exhaust Raise dan Drift	IV-6
4.1.4.3. Main Fan Big Gossan	IV-6
4.1.4.4. Peta Ventilasi	IV-6
4.1.2. Distribusi Kebutuhan Udara Tambang Saat Ini	IV-2
4.1.3. Kurva Performance Main Fan Saat Ini	IV-3
4.1.4. Secondary Ventilation System	IV-5
4.2. Data Development dan Produksi Kuartal I 2014	IV-8
4.2.1. Total Development.....	IV-7
4.2.2. Total Produksi	IV-7
 V. PERMODELAN DAN PEMBAHASAN	 V-1
5.1. Airflow Budget Kuartal I 2014	V-1
5.2. Kurva Main Fan DED #1 dan DED #2 Kuartal I 2014.....	V-11
5.3. Permodelan Jaringan Ventilasi Pada Saat Kuartal I 2014.....	V-21
 VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan	VI-1
6.2. Saran	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Peta Lokasi Operasional PT.Freeport Indonesia.....	II-8
2.2. Curah Hujan PT.Freeport Indonesia	II-7
2.3. Kolom Stratigrafi	II-11
2.4. Kadar dan Cadangan Bijih 31 Desember 2008	II-12
2.5. Grasberg dan <i>Stockpile</i>	II-14
2.6. Metode <i>Block Caving</i>	II-15
2.7. Endapan Bijih Big Gossan.	II-17
2.8. Metode <i>Sublevel Open Stope</i>	II-18
2.9. Skema Sistem Penambangan <i>Open Stope</i>	II-19
3.1. <i>Main Fan</i> 2200 HP.....	II-1
3.2. <i>Force Ventilation System</i>	III-3
3.3. <i>Exhaust Ventilation System</i>	III-5
3.4. <i>Typical Exhaust Duct with Force Overlap</i>	III-9
3.5. <i>Typical Forcing Duct with Exhaust Scavenger</i>	III-12
3.6. <i>Fan</i> ABC 150 HP.	III-14
3.7. <i>Axial, Centrifugal dan Mixed Fan</i>	III-18
3.8. <i>Flanged dan Bell-Mouth Inlet</i>	III-19
3.9. Jarak <i>Inlet</i>	III-22
3.10. Jarak <i>Outlet</i> Terhadap <i>Heading</i>	III-24
3.14. <i>Ventilation Duct</i>	III-26
4.1. Skema Sistem Ventilasi Big Gossan.....	IV-1
4.2. Sistem Ventilasi Primer DED #1 dan DED #2.	IV-2
4.3. Kurva <i>Performance Main Fan</i>	IV-8
5.1. Kurva <i>Main Fan</i> #1 dan <i>Main Fan</i> #2 Kuartal I.....	V-3

Gambar	Halaman
5.2. Permodelan Jaringan Ventilasi Pada Kuartal I 2014.....	V-4
5.3. Permodelan <i>Main fan</i> #1 dan <i>Main fan</i> #2 Big Gossan	V-5
5.4. Model Jaringan Ventilasi Level 2540	V-8
5.5. Model Jaringan Ventilasi Level 2560	V-8
5.6. Model Jaringan Ventilasi Level 2600	V-8
5.7. Model Jaringan Ventilasi Level 2640	V-8
5.8. Model Jaringan Ventilasi Level 2680	V-8
5.9. Model Jaringan Ventilasi Level 2720	V-8
5.10. Model Jaringan Ventilasi Level 2760	V-8
5.11. Model Jaringan Ventilasi Level 2860	V-8
5.12. Model Jaringan Ventilasi Level 2900	V-8
a.1. Sketsa Konsep <i>Survey Pressure Gage Tube</i>	A-2
b.1. Prosedur Pengambilan Data Luas <i>Drift</i>	B-2
b.2. Prosedur Pengambilan <i>Air Flow</i> Pada <i>Drift</i>	B-2
c.1. Alat – Alat <i>Survey</i>	C-1
d.1. Peta Ventilasi Big Gossan.....	D-1
e.1. <i>Main Fan</i> Big Gossan.....	E-1
e.2. Kurva <i>Main Fan</i>	E-2
f.1. Kurva <i>Fan</i> Spendrup 125-80-1760	F-1
g.1. <i>Cover Plate</i> Pada <i>Ore Pass</i>	G-1
h.1. Alat Angkut Tambang Bawah Tanah.....	H-1
i.1. Alat Bor Tambang Bawah Tanah.....	I-1
j.1. Alat Muat Tambang Bawah Tanah	J-1
k.1. Data Curah Hujan.....	K-1

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
II.1. Klasifikasi Metode Penambangan	II-10
IV.1. Distribusi Kuantitas Udara <i>Intake</i> Big Gossan	IV-3
IV.2. Infrastruktur Ventilasi Saat Ini.	IV-4
IV.3. <i>Survey Pressure Drop</i> dan <i>Quantity</i>	IV-6
IV.4. Distribusi Kuantitas Udara <i>Exhaust</i> Big Gossan	IV-7
IV.5. Distribusi Kebutuhan Udara Big Gossan.....	IV-9
IV.6. <i>Auxiliary</i> Fan Saat Ini.	IV-11
IV.7. <i>Development</i> Big Gossan 201IV.....	IV-12
IV.8. Produksi Big Gossan 201IV.	IV-13
V.1. <i>Air Flow Budget</i> Kuartal I 201IV.....	V-2
V.2. Data Permodelan <i>Main Fan</i> Big Gossan Kuartal I.	V-5
V.3. Kebutuhan <i>Fan</i> dan <i>Power</i> pada Kuartal I.....	V-7
K.1. Data Curah Hujan.....	K-1

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Sketsa Konsep <i>Survey Pressure Gage Tube</i>	A-2
B. Prosedur Pengambilan Data Luas <i>Drift</i>	B-2
C. Prosedur Pengambilan <i>Air Flow</i> Pada <i>Drift</i>	B-2
D. Alat – Alat <i>Survey</i>	C-1
D. Peta Ventilasi Big Gossan	D-1
E. <i>Main Fan</i> Big Gossan	E-1
E. Kurva <i>Main Fan</i>	E-2
F. Kurva <i>Fan</i> Spondrup 125-80-1760	F-1
G. <i>Cover Plate</i> Pada <i>Ore Pass</i>	G-1
H. Alat Angkut Tambang Bawah Tanah	H-1
I. Alat Bor Tambang Bawah Tanah	I-1
J. Alat Muat Tambang Bawah Tanah	J-1
K. Data Curah Hujan	K-1

BAB I

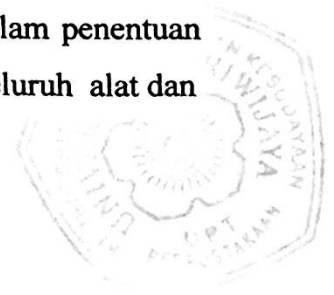
PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Big Gossan salah satu tambang bawah tanah milik PT. Freeport Indonesia dengan kadar deposit yang cukup tinggi. Metode penambangan yang digunakan adalah metode *sublevel open stoping* dikarenakan pertimbangan akan kondisi batuan, letak dan bentuk bijih, kadar, serta dilihat dari segi ekonomis. Artinya *stope sequencing* adalah salah satu faktor yang sangat penting dalam pelaksanaan penambangan yang akan dilakukan dimana akan ada *man power* dan *mine equipment* yang akan bekerja di dalamnya.

Pada tahun 2014 tambang bawah tanah Big Gossan akan melakukan pengembangan development dan area produksi yang baru. Untuk itu perlu dilakukan suatu perencanaan sistem ventilasi tambang bawah tanah yang optimal untuk memenuhi 3 fungsi utama yaitu, *Quality Control* (pelarutan gas-gas beracun dan partikel-partikel debu yang muncul di dalam tambang), *Quantity Control* (pengaturan jumlah debit dan arah aliran), dan *Temperature-Humidity Control* (pengaturan suhu dan tingkat kelembapan udara).

Perencanaan ventilasi memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung aktivitas penambangan agar berjalan lancar karena setiap alat dan orang yang bekerja di dalam tambang membutuhkan kuantitas udara yang cukup selain itu memerlukan kualitas udara yang baik. Perencanaan sistem ventilasi tambang pada Big Gossan berfokus terhadap kuantitas dan kualitas udara di dalam tambang. Dalam penentuan kuantitas udara yang dibutuhkan adalah dengan mengetahui jumlah seluruh alat dan



jumlah orang yang bekerja. Pengukuran kuantitas udara diukur dengan menggunakan alat pitot tube, anemometer dan distometer. Semetara untuk mengontrol kualitas udara adalah dengan melakukan pengukuran terhadap gas-gas berbahaya serta debu yang ada di dalam tambang dengan menggunakan alat *gas detector*.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih, memungkinkan untuk memodelkan suatu jaringan ventilasi menggunakan perangkat lunak. Perangkat lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *VNetPC Pro+*. *VnetPC Pro+* merupakan program permodelan yang digunakan PT. Freeport Indonesia dalam melakukan permodelan dan simulasi ventilasi di seluruh tambang bawah tanah, seperti DOZ, Big Gossan, DMLZ, dan GBC. Program ini dapat memberikan gambaran ventilasi sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.

Kuantitas suplai udara bersih (*intake air*) yang ada saat ini berasal dari Big Gossan Spur, ARD Portal, Kasuang adit portal, Conveyor Drift 524, dan Aghawagon Adit. Sedangkan untuk udara kotor (*exhaust air*) dihisap oleh 2 *main fan* yaitu *main fan 1* di DED 1 dan *main fan 2* di DED 2. Selain itu, terdapat juga beberapa *auxiliary fan* yang membantu untuk mengalirkan udara bersih menuju heading-heading yang sedang aktif maupun untuk mengatur arah aliran udara kotor menuju permukaan agar aktivitas pada daerah tersebut dapat berjalan dengan baik.

I.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana sistem kerja ventilasi tambang bawah tanah Big Gossan?
2. Berapakah kebutuhan udara yang dibutuhkan di tambang bawah tanah Big Gossan?
3. Bagaimana kuantitas dan kualitas udara di tambang bawah tanah Big Gossan?
4. Apakah permasalahan yang biasanya muncul di tambang bawah tanah Big Gossan dan apa pengaruhnya dengan sistem ventilasi tambang Big Gossan?
5. Bagaimanakah rencana jaringan ventilasi di tambang bawah tanah Big Gossan pada tahun 2014?

1. Studi literature

Studi literatur ini dilakukan untuk memberikan landasan berfikir mengenai permasalahan yang akan diamati dalam penelitian. Hal ini diperoleh dengan memahami berbagai teori yang menunjang dalam penelitian.

2. Orientasi Lapangan

Orientasi lapangan dimasukkan untuk mengetahui keadaan sebenarnya dari lapangan penelitian. Sehingga penulis dapat mengetahui tahapan yang harus dilakukan dalam melakukan penelitian (pengambilan data).

3. Pengambilan Data

Data – data yang diambil berupa data primer dan data sekunder dengan rincian sebagai berikut :

a. Data Primer

Data Primer merupakan data yang diperoleh dengan pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Data lapangan yang dikumpulkan antara lain:

- a. Kecepatan aliran udara
- b. Dimensi lubang bukaan
- c. Kuantitas aliran udara
- d. *Pressure drop*
- e. Resistensi

b. Data Sekunder

Merupakan data - data penunjang yang didapat dari literatur dan arsip – arsip PT. Freeport Indonesia seperti spesifikasi *fan*, peta lokasi, peta *lay out* dan *sequence* penambangan, *operation factor* tiap alat berat.

4. Pengolahan Data dan Analisa

Data yang diperoleh dari literatur maupun dari pengukuran dilapangan, selanjutnya diolah dan dianalisis dengan alat bantu program komputer VnetPC Pro+ yang kemudian direncanakan sesuai perkembangan *development* dan target produksi yang diinginkan pada tahun 2014.

DAFTAR PUSTAKA

Duckworth, Ian., Loomis, Ian., (2010), "PTFI Ventilation Design Criteria", PT. Freeport Indonesia.

Hartman, H.L., Mutmansky, J., Ramani, R., Wang, Y.J., (1997) " Mine Ventilation and Air Conditioning", John Willey & Sons.

Hustrulid, W. A., (1985), *Underground Mining Methods Handbook*, The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York.

McPherson, M.J., (1993) "Subsurface Ventilation and Environmental Engineering", Chapman & Hall.

Vutukuri. V.S and Lama R.D, (1986), *Environmental Engineering in Mines*, Cambridge University Press, First Published, New York.

_____, (2011) "GBC Base Model & GBC Draft Report". PT. Freeport Indonesia.

_____, (1995), *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pertambangan Umum*, Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi, nomor : 555.K/26/M/1995, DTPU, DJPU.

_____, (2005), *Laporan Studi Kelayakan Tambang Bawah Tanah Big Gossan Volume 1*, PT. Freeport Indonesia, Tembagapura.