

**ANALISA DAMPAK AMBRUKAN TAMBANG GRASBERG BLOCK  
CAVING (GBC) TERHADAP ALIRAN AIR *DRIFT* AMOLE  
PT. FREEPORT INDONESIA, PAPUA**



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Pertambangan  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh**

**TISON EBEN EZER SIREGAR  
(03071002085)**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**2013**

622.33

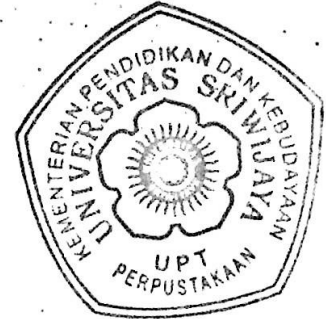
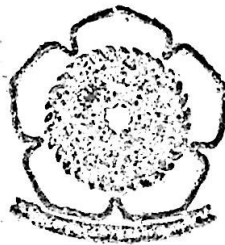
23504/24055

Sir

2

2013

**ANALISA DAMPAK AMBRUKAN TAMBANG GRASBERG BLOCK  
CAVING (GBC) TERHADAP ALIRAN AIR DRIFT AMOLE  
PT. FREEPORT INDONESIA, PAPUA**



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Pertambangan  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh**

**TISON EBEN EZER SIREGAR  
(03071002085)**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**2013**

**ANALISA DAMPAK AMBRUKAN TAMBANG GRASBERG BLOCK  
CAVING (GBC) TERHADAP ALIRAN AIR DRIFT AMOLE  
PT. FREEPORT INDONESIA, PAPUA**

**SKRIPSI UTAMA**

**Disetujui untuk Jurusan Teknik Pertambangan  
Oleh Dosen Pembimbing :**



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Marwan Asof', written over a faint purple circular stamp.

**Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA.**  
**NIP. 195811111985031007**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Endang Wiwik Dyah Hastuti', written over a faint purple circular stamp.

**Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.sc.**  
**NIP. 195902051988032002**

" Sampai di sini TUHAN masih menyertai kita" .1 Sam 7: 12b

Saya mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya yang telah memberikan ilmu yang terbaik kepada anak-anaknya. Terima kasih kepada kedua orang tua saya yang telah berusaha dengan keras menyekolahkan keempat putra-putrinya sampai ke perguruan tinggi.

Terima kasih kepada keluargaku terkasih :

Abang Veri Suseno Parasian Siregar

Yohana Yenike Siregar

Eko Lewi Saputra Siregar

*Diligence is the root of success. Laziness is the root of failure*

## ABSTRAK

### ANALISA DAMPAK AMBRUKAN TAMBANG GRASBERG BLOCK CAVING (GBC) TERHADAP ALIRAN AIR *DRIFT* AMOLE PT. FREEPORT INDONESIA, PAPUA

(Tison Eben Ezer Siregar, 03071002085, 2012, 97 Halaman)

---

*Drift* Amole merupakan bagian dari sistem penirisan tambang terbuka Grasberg. Tujuan pembuatannya ialah untuk mengurangi air yang tergenang dalam pit Grasberg sehingga proses penambangan dapat berjalan dengan baik. Selain itu, air yang mengalir pada *drift* ini juga dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air dalam proses pengolahan bijih di unit pengolahan. Sistem penyaliran pada *drift* Amole ini diprediksi akan mengalami kerusakan akibat adanya ambrukan pada tambang bawah tanah Grasberg Block Caving. Tambang bawah tanah *block caving* adalah salah satu metode penambangan bawah tanah dimana massa atau blok dari bijih yang diambil dengan cara melakukan pemotongan atau pelepasan di level undercut untuk menghasilkan ambrukan (*caving*). Dampak penggunaan metode ini ialah terjadinya amblasan permukaan tanah (*subsidence*).

Setiap kegiatan penarikan material hancuran (*mucking*) dari tiap *drawpoint* tambang GBC akan menambah tinggi terbentuknya gua ambrukan. Tinggi gua ambrukan ini suatu saat akan mencapai level *drift* Amole. Data kecepatan penarikan material dan *cave ratio* dapat digunakan untuk mengetahui lama umur produksi *drawpoint* tambang GBC membentuk gua ambrukan yang mencapai *drift* Amole. Tinggi penarikan material hancuran disebut sebagai tinggi HOD (*Heigh of Draw*). Nilai tinggi HOD ini menunjukkan batas tinggi gua ambrukan (*cave back*). Bagian dari *drift* Amole yang hancur akibat ambrukan akan mengurangi debit air yang mengalir pada *drift* tersebut. Perhitungan debit rata-rata pada beberapa bagian dari *drift* Amole perlu dilakukan untuk mengetahui perkiraan debit yang berkurang dari *drift* Amole. Perhitungan debit air yang mengalir pada *drift* Amole dilakukan dengan menggunakan alat *Piezometer* dan *VW MiniLogger*. Selain itu, pada beberapa titik tertentu dilakukan perhitungan debit air dengan cara menghitung kecepatan arus menggunakan pelampung pada aliran air.

Dari hasil pengamatan didapat prediksi total debit air yang mengalir pada portal *drift* Amole sebanyak 31.241 gpm, dimana 6.851 gpm berasal dari air limpasan tambang terbuka Grasberg. Ambrukan pada tambang GBC mulai terbentuk pada kuartar ke dua tahun 2017 dengan jumlah *drawpoint* sebanyak 98 *drawpoint* pada blok produksi utara dan 100 *drawpoint* pada blok produksi selatan. Tinggi ambrukan pada tahun pertama, kedua hingga kelima berturut-turut yaitu 58 meter, 124 meter, 189 meter, 270 meter, 323 meter. Ambrukan GBC menembus *drift* Amole pada tahun 2020 dan menyebabkan berkurangnya debit air pada *drift* ini sebanyak 3053 gpm. Total debit air yang akan berkurang akibat tambang ini sebanyak 8.461 gpm.

Kata Kunci : grasberg, block caving, *drift* Amole, ambrukan (*caving*), *heigh of draw* (HOD), *cave ratio*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kasih dan anugrah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul ” *Analisa Dampak Ambrukan Tambang Grasberg Block Caving (GBC) Terhadap Aliran Air Drift Amole PT. Freeport Indonesia, Papua* ” selama tiga bulan dimulai dari tanggal 14 April 2012 sampai 18 Juli 2012. Laporan ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Sumatra Selatan.

Selama melakukan penelitian ini penulis banyak mendapatkan pengetahuan, wawasan dan masukan berguna dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA selaku Pembimbing Pertama dan Dr. Ir. Endang Wiwik Dyah Hastuti, M.sc selaku Pembimbing Kedua. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H. M Taufik Toha, DEA., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
2. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, ST, MT., Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya
3. Bochori, ST, MT., Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya
4. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya
5. Staff dan Pegawai Jurusan Teknik Pertambang Universitas Sriwijaya
6. Staff dan Pegawai PT. Freeport Indonesia
7. Semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun bagi sempurnanya isi laporan Tugas Akhir ini.

Inderalaya, Mei 2013

Penulis,

## DAFTAR ISI



	Halaman
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB	
I. PENDAHULUAN.....	I-1
I.1. Latar Belakang.....	I-1
I.2. Rumusan Masalah.....	I-3
I.3. Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.4. Pembatasan Masalah.....	I-4
II. TINJAUAN UMUM.....	II-1
II.1. Sejarah dan Latar Belakang PT Freeport Indonesia.....	II-1
II.2. Letak Geografis dan Kesempaan Daerah.....	II-3
II.3. Topografi dan Morfologi.....	II-4
II.4. Iklim dan Curah Hujan.....	II-5
II.5. Kondisi Geologi.....	II-5
II.6. Sistem Penambangan.....	II-12
III. DASAR TEORI.....	III-1
III.1. Metode Penambangan <i>Block Caving</i> .....	III-1



BAB	Halaman
III.2. Model Geometri <i>Block Cave</i> .....	III-2
III.3. Konsep Tegangan.....	III-5
III.4. Grafik Stabilitas Massa Batuan dan Konsep Hidraulik Radius ....	III-6
III.5. Perkembangan Ambrukan.....	III-8
III.6. Faktor pengaruh Fragmentasi.....	III-11
III.7. Hidrologi.....	III-12
III.8. Sistim Penyaliran.....	III-17
III.9. Pengukuran Aliran Pada Saluran Terbuka.....	III-18
 IV. METODOLOGI PENELITIAN .....	 IV-1
IV.1. Pengamatan.....	IV-1
IV.2. Pengumpulan Data .....	IV-2
IV.3. Pengolahan Data .....	IV-2
IV.4. Analisa.....	IV-5
IV.5. Penarikan Kesimpulan.....	IV-5
 V. HASIL dan PEMBAHASAN .....	 V-1
V.1. Debit Air <i>Drift</i> Amole .....	V-2
V.2. Perkembangan Ambrukan.....	V-7
V.3. Dampak Ambrukan Terhadap Aliran Air <i>Drift</i> Amole .....	V-17
 VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....	 V-1
VI.1. Kesimpulan.....	V-1
VI.2. Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Posisi <i>Drift</i> Amole pada Tambang GBC dan Grasberg.....	I-2
2.1. Peta Lokasi Kontrak Karya PTFI.....	II-3
2.2. Stratigrafi Geologi Regional.....	II-7
2.3. Peta Geologi Wilayah <i>Drift</i> Amole.....	II-11
2.4. Metode <i>Block Caving</i> .....	II-13
2.5. Level <i>Extraksi</i> .....	II-14
2.6. Level <i>Undercut</i> .....	II-14
2.7. Level Ventilasi.....	II-15
2.8. Level Pengangkutan.....	II-16
2.9. Siklus Pembuatan <i>Heading</i> .....	II-17
2.10. <i>Advanced Undercutting</i> .....	II-18
3.1. Simulasi Konsep Ambrukkan <i>Block Caving</i> .....	III-2
3.2. Model Geometri Runtuhan <i>Block Cave</i> .....	III-4
3.3. Perubahan Bentuk pada Batang Silinder.....	III-6
3.4. Grafik Runtuhan Laubschser.....	III-8
3.5. Ilustrasi Pemasangan Kabel TDR.....	III-8
3.6. Ilustrasi <i>Heigh of Draw</i> Pada <i>Drawpoint</i> .....	III-10
3.7. Fragmentasi Insitu.....	III-12
3.8. Fragmentasi Primer.....	III-12
3.9. Fragmentasi Sekunder.....	III-13
3.10. Daur <i>Hydrology</i> .....	III-13
3.11. Geometri Saluran Terbuka.....	III-18
4.1. Diagram Alir Penelitian.....	IV-7
5.1. Diagram Kondisi <i>Hydrology Drift</i> Amole.....	V-1

Gambar	Halaman
5.2. <i>Grasberg Dewatering Water (GDW) 12</i> .....	V-3
5.3. <i>VW MiniLogger</i> .....	V-5
5.4. <i>Aliran Pada Flume</i> .....	V-6
5.5. <i>Perhitungan Debit Secara Manual</i> .....	V-6
5.6. <i>Peta Periode Penambangan Tambang GBC</i> .....	V-11
5.7. <i>Grafik Runtuhan Laubscher Pada Tambang GBC</i> .....	V-12
5.8. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2018</i> .....	V-17
5.9. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2019</i> .....	V-18
5.10. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2020</i> .....	V-19
5.11. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2021</i> .....	V-21
5.12. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2022</i> .....	V-22
5.13. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2023</i> .....	V-23
5.14. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2024</i> .....	V-24
5.15. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2028</i> .....	V-25
5.16. <i>Grafik Penurunan Debit Aliran Air Drift Amole</i> .....	V-26
a.1. <i>Kondisi Geografis Wilayah PTFI</i> .....	A-1
c.1. <i>Tahapan Intrusi Grasberg</i> .....	C-1
d.1. <i>Geologi Struktur Grasberg</i> .....	D-1
d.2. <i>Struktur Mayor Grasberg</i> .....	D-2
d.1. <i>Geologi Struktur Grasberg</i> .....	D-1
e.1. <i>Grafik Curah Hujan Harian Stasiun Yapen</i> .....	E-1
f.1. <i>Daerah Tangkapan air Hujan Grasberg</i> .....	F-1
h.1. <i>Debit Flume Air Pada Drift Amole</i> .....	h-1
j.1. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2025</i> .....	J-1
j.2. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2026</i> .....	J-1
j.3. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2027</i> .....	J-2
j.4. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2029</i> .....	J-2
j.5. <i>Model Triangulasi Cave GBC tahun 2030</i> .....	J-3

j.6.	Model <i>Triangulasi Cave</i> GBC tahun 2031 .....	J-3
j.7.	Model <i>Triangulasi Cave</i> GBC tahun 2032.....	J-4
j.8.	Model <i>Triangulasi Cave</i> GBC tahun 2033.....	J-4

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
III.1. Nilai Tingkat Keruntuhan Pada Jenis Batuan Tambang Doz .....	III-9
III.2. Klasifikasi Geoteknik Tipe Batuan Utama Tambang Doz .....	III-10
III.3. Koefisien Limpasan pada Berbagai Kondisi .....	III-10
V.1. Hasil Uji Lab. Batuan Beku <i>Intact</i> Tambang GBC.....	V-7
V.2. <i>Draw Rate</i> GBC .....	V-8
V.3. Rencana Pembukaan <i>Drawpoint</i> Tambang GBC Tahun 2016 .....	V-9
V.4. Hasil Perhitungan Hidraulik Radius dari Tambang GBC Tahun 2016-2017 .....	V-13
V.5. HOD Maksimum.....	V-14
V.6. HOD <i>Progress</i> Tiap Tahun.....	V-14
V.7. Penentuan Koordinat <i>Cave Back</i> Dari Tiap <i>Drawpoint</i> .....	V-16
b.1. Parameter Iklim Tahunan PTFI.....	B-1
d.1. Koordinat Struktur Mayor Grasberg .....	D-3
g.1. Debit Rata-Rata DDH <i>Drift</i> Amloe.....	G-1

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Kondisi Geografis PTFI.....	A-1
B. Parameter Iklim Tahunan PTFI.....	B-1
C. Tahapan Intrusi Grasberg.....	C-1
D. Geologi Struktur Grasberg.....	D-1
E. Data Curah Hujan.....	E-1
F. Luas Area Tangkapan Air Hujan Grasberg.....	F-1
G. Debit Daimon Drain Hole <i>Drift</i> Amole.....	G-1
H. Debit <i>Flume</i> Air Pada <i>Drift</i> Amole.....	H-1
I. Perhitungan Jumlah Bucket Per Hari.....	I-1
J. Model <i>Triangulasi Cave Back</i> GBC.....	J-1

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Kondisi Geografis PTFI .....	A-1
B. Parameter Iklim Tahunan PTFI.....	B-1
C. Tahapan Intrusi Grasberg.....	C-1
D. Geologi Struktur Grasberg .....	D-1
E. Data Curah Hujan.....	E-1
F. Luas Area Tangkapan Air Hujan Grasberg.....	F-1
G. Debit Daimon Drain Hole <i>Drift</i> Amole .....	G-1
H. Debit <i>Flume</i> Air Pada <i>Drift</i> Amole.....	H-1
I. Perhitungan Jumlah Bucket Per Hari .....	I-1
J. Model <i>Triangulasi Cave Back</i> GBC .....	J-1

# BAB I

## PENDAHULUAN

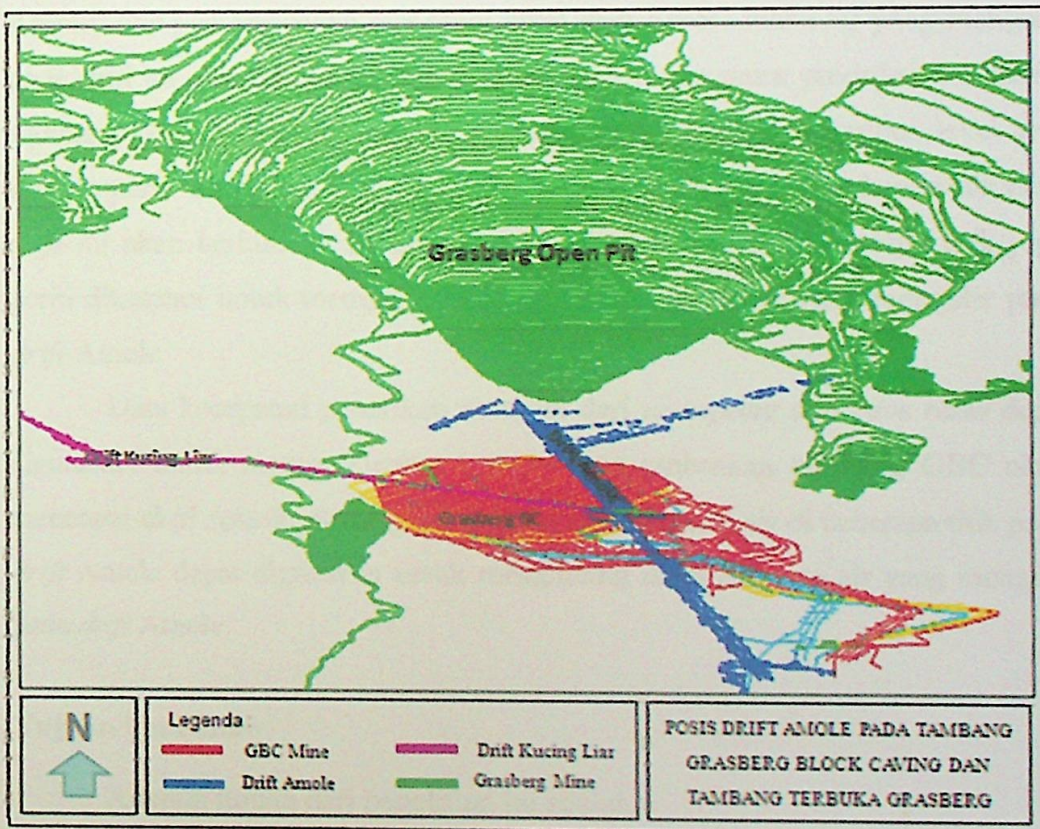
### 1.1 Latar Belakang

PT. Freeport Indonesia (PTFI) merupakan perusahaan pertambangan bijih tembaga, emas, dan perak yang berlokasi di daerah Pegunungan Jayawijaya, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua, Indonesia. Perusahaan ini menggunakan metode tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Tambang terbuka yang beroperasi saat ini adalah tambang terbuka Grasberg. Sedangkan tambang bawah tanah yang telah berproduksi adalah tambang bawah tanah DOZ (Deep Ore Zone) dan Big Gossan. Cadangan baru ditemukan di daerah DMLZ (Deep Mill Level Zone), GBC (Grasberg Block Caving), DOM (Deep Ore Mineralized) dan Kucing Liar. Tambang DMLZ dan GBC saat ini sedang dalam tahap pengembangan atau *development*.

Kapasitas produksi tambang terbuka Grasberg ialah 190.000 ton per hari. Saat ini tambang ini berkontribusi lebih dari 75% total produksi material untuk unit pengolahan sedangkan tambang bawah tanah berkontribusi sekitar 25%. Dimasa yang akan datang, pabrik pengolahan bijih akan memproses bijih yang seluruhnya berasal dari tambang bawah tanah. Tambang Grasberg Block Caving akan menjadi sumber utama produksi bijih untuk kebutuhan unit pengolahan (*mill*). Berdasarkan pertimbangan kondisi batuan, letak dan bentuk bijih, kadar, serta faktor ekonomis, cadangan ini layak ditambang dengan menggunakan metode tambang bawah tanah yaitu dengan metode *block caving*. Kapasitas produksi yang direncanakan pada tambang ini ialah 160.000 ton per hari. Adanya Tambang Grasberg Block Caving ini bisa dikatakan juga sebagai peralihan penggunaan metode tambang terbuka Grasberg menjadi tambang bawah tanah dengan metode *block caving*.



Dalam mengolah material bijih diperlukan air dalam jumlah yang cukup banyak. Salah satu sumber air yang digunakan PTFI untuk memenuhi kebutuhan tersebut ialah dengan cara memanfaatkan air yang ada di tambang terbuka Grasberg. Air yang terakumulasi di tambang terbuka Grasberg masuk ke dalam *drift* Amole melalui Grasberg Dewatering Water (GDW) 12 pada *cross cut* 27 dan dialirkan menuju unit pengolahan. Selain air yang berasal dari tambang terbuka Grasberg, *drift* ini juga menampung dan mengalirkan air yang berasal dari lubang penirisan atau *drain hole*. Posisi *drift* ini berada dibawah pit Grasberg dan 225 m diatas level ekstraksi GBC seperti pada gambar 1.1.



(Sumber :PTFI, 2012)

GAMBAR 1.1

### POSISI *DRIFT* AMOLE PADA TAMBANG GBC DAN GRASBERG

Dampak penggunaan metode penambangan *block caving* ialah adanya amblasan dibawah permukaan tanah (*subsurface-subsidence*). *Subsurface-*

*subsidence* akibat penambangan dengan metode *block caving* pada tambang bawah tanah GBC diperkirakan akan merusak sebagian besar dari *drift* Amole. Kerusakan pada *drift* Amole ini mengakibatkan kestabilan distribusi air untuk kebutuhan unit pengolahan yang akan terganggu.

## 1.2 Rumusan Masalah

Setiap kegiatan penarikan material dari *drawpoint* akan menambah tinggi terbentuknya gua ambrukan (*caving*). Seiring dengan jalannya produksi pada tiap *drawpoint*, tinggi gua ambrukan suatu saat akan mencapai level *drift* Amole. Jika gua ambrukan mencapai level *drift* Amole maka air yang mengalir pada *drift* ini akan masuk ke dalam ambrukan. Lama umur produksi *drawpoint* tambang GBC dalam membentuk gua ambrukan hingga menembus level *drift* Amole perlu diketahui sehingga dapat diperkirakan pada saat kapan air pada *drift* ini akan berkurang. Selain itu debit air rata-rata dari beberapa titik juga perlu diketahui untuk memperkirakan penurunan debit air yang mengalir pada *drift* Amole

Data kecepatan penarikan material dari *drawpoint* dan *cave ratio* dapat digunakan untuk memperkirakan berapa lama ambrukan tambang GBC akan mencapai *drift* Amole. Sedangkan data monitoring debit air di beberapa titik pada *drift* Amole dapat digunakan untuk menghitung debit rata-rata air yang mengalir pada *drift* Amole.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kapan mulai terjadi ambrukan pada tambang GBC berdasarkan nilai *hydraulic radius*
2. Mengetahui perkembangan tinggi ambrukan atau *cave back* setiap tahunnya berdasarkan kecepatan penurunan material sehingga dapat diperkirakan

kapan runtuh GBC mencapai *drift* Amole dan bagian-bagian mana dari *drift* Amole yang akan rusak akibat ambrukan atau *cave* tersebut

3. Mengetahui rata-rata debit air limpasan tambang Grasberg *open pit* untuk mengetahui debit air yang masuk kedalam *cross cut 27 drift* Amole melalui lubang GDW (*Grasberg Dewatering Water*) 12
4. Mengetahui rata-rata debit air yang mengalir pada beberapa lokasi di dalam *drift* Amole berdasarkan data monitoring untuk memperkirakan debit air yang akan berkurang dalam tiap tahunnya akibat adanya runtuh yang menembus *drift* ini.

#### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada tambang GBC yang saat ini dalam tahap pengembangan dan *drift* Amole
2. Penentuan *hydraulic radius* untuk mengetahui kapan mulai terbentuk ambrukan secara natural berdasarkan grafik runtuh Laubscher
3. Nilai *height of draw* (HOD) dibuat berdasarkan data *draw rate* per hari dalam *feasibility study* terakhir tambang GBC di tahun 2008
4. Hasil pemodelan yang dibahas dalam penelitian adalah bentuk ambrukan dalam setiap tahunnya
5. Data debit air yang mengalir pada *drift* Amole berdasarkan data monitoring perhitungan debit *flume* menggunakan alat *piezometer* dan debit pada DDH menggunakan VW MiniLogger serta perhitungan debit secara manual pada beberapa titik di *drift* Amole
6. Perkiraan debit air yang akan berkurang dari *drift* Amole ialah sebanyak air yang masuk ke dalam ambrukan runtuh GBC yang dapat dilihat berdasarkan hasil modeling bentuk ambrukan tambang GBC yang mengenai level Amole, menggunakan perangkat lunak Vulcan 7.5



## DAFTAR PUSTAKA

1. Armando Mahler dan Nurhadi Sabirin, (2008), "*Dari Grasberg sampai Amamapare*", PT. Gramedia Utama Pustaka Utama, Jakarta
2. Duplancic dan Brady, (1999), "*Characterisation of Caving Mechanisms by Analisis of Seismicity and Rock Stress*". Proceedings 9<sup>th</sup> International Congress on Rock Mechanics, Paris
3. Brown, E.T., (2003), "*Block Caving Geomechanics*", JKMRC, Australia
4. White, F. M. (1986), "*Fluid Mechanics*", McGraw-Hill Inc.
5. Freeport McMoRan Copper & Gold Inc., (2008), "*Feasibility Study for the Grasberg Block Caving Mine*", Unpublished report for PT Freeport Indonesia
6. Hartman Howard, (1987), "*Introductory Mining Engineering*", John Wiley & Sons, Singapore
7. Rachmad dan Sulaeman, (2009), "*Cave Management practices at PT Freeport Indonesia's block caving mine*", PT Freeport Indonesia
8. Raghunath, H.M., (2006), "*Hydrology: Principles, Anasysis, Design*". 2<sup>nd</sup> Edition New Age International Publishers, New Delhi
9. Rudi Sayogo Dr. Ir. MSc., (1990) "*Penirisan Tambang*", Diktat Kursus Pengawasan Pertambangan. ITB, Bandung.
10. T. Szwedzicki, E. Widijanto dan F. Sinaga, (2004), "*Propagation of a caving zone, A case Study from PT Freeport, Indonesia*", PT Freeport Indonesia

