

Analisa Overbreak di Common Infrastructure Project AB Tunnel PT. Freeport Indonesia

Lhila Rosita Sari¹ dan Octavianie²

Mahasiswa UPN "Veteran" Yogyakarta ^{1,2}
lhilarosita@gmail.com

Abstrak

Kegiatan yang berlangsung di AB tunnel di PT. Freeport Indonesia dikatakan berhasil dengan baik apabila pada kegiatan tersebut menghasilkan dimensi *heading* yang sesuai dengan yang direncanakan (tidak terjadi *overbreak*), baik dari segi jumlah pemakaian bahan peledak yang efisien. Mengetahui penyebab *overbreak* seperti jumlah pemakaian explosive (mengkorelasikan jumlah bahan peledak yang dipakai dengan ukuran *heading* setelah peledakan). Ukuran *plan heading* adalah 7 x 6,3 m dengan kemajuan tanbang 5,2 m. Rata-rata luas *heading* akibat *overbreak* sebesar 14%. Lubang ledak perimeter yang memakai bahan peledak anfo mengalami *overbreak* lebih besar daripada lubang ledak perimeter yang menggunakan bahan peledak magnapex dan trimex, karena bahan peledak anfo mempunyai nilai radial crack sebesar 1,51 m, sedangkan magnapex mempunyai radial crack sebesar 0,72 m dan trimex mempunyai nilai radial crack 0,15 m. Mengurangi terjadinya *overbreak* adalah dengan pemakaian bahan peledak (1 magnapex dan 4 trimex) pada lubang ledak perimeter.

Kata Kunci : Peledakan, *Overbreak*, bahan peledak

1. Pendahuluan

PT. Freeport Indonesia merupakan perusahaan pertambangan tembaga dan emas yang bertempat di Tembagapura, Mimika, Papua. Salah satu kegiatan *development* tambang bawah tanah di AB tunnel PT. Freeport Indonesia adalah pemboran dan peledakan. Ukuran keberhasilan kegiatan pemboran dan peledakan di AB tunnel adalah apabila dalam kegiatan tersebut tidak terjadi *overbreak* (bertambahnya ukuran *heading* dari ukuran dimensi *heading* normalnya). Saat penelitian dilakukan rata-rata *overbreak* yang terjadi di perusahaan berkisar antara 0,5 – 1 m, namun maksimum *overbreak* yang diperbolehkan oleh perusahaan adalah sebesar 30 cm. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa penyebab *overbreak* dan pemakaian bahan peledak yang seharusnya digunakan untuk mencegah terjadinya *overbreak*.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam melaksanakan penelitian adalah metode

2.1 Metode Pengumpulan Data

Tahap studi literatur, yang dimaksudkan untuk mendapatkan data sekunder yang dapat mendukung data lapangan guna menganalisis

permasalahan yang ada. Data sekunder tersebut antara lain :

- Data keadaan geologi, peta lokasi tambang PT Freeport Indonesia serta peta area AB tunnel yang diperoleh dari Department Geologi.
- Sifat fisik dan mekanik batuan di AB tunnel dari Department Geologi
- Data jenis bahan peledak yang digunakan yang diperoleh dari *blasting consultant orica*
- Spesifikasi alat bor
- Peralatan dan perlengkapan peledakan
- Tahap studi lapangan berupa penelitian langsung & pengambilan data di lapangan guna mendapatkan data primer yang meliputi :
 - Mengukur *heading* sebelum dan sesudah peledakan.
 - Mengamati dan mencatat jumlah bahan peledak yang digunakan.

2.2 Metode dan Analisis Data

Faktor-faktor peledakan berhasil dengan baik sesuai dengan rencana perlu diperhatikan faktor-faktor sebagai berikut :

2.2.1 Geometri Peledakan Bawah Tanah

- Kontur
Kontur dari terowongan dibagi menjadi : lubang lantai, lubang dinding dan lubang atap.

"burden" dan "spacing" untuk lubang lantai sama seperti lubang *stopping*. Lubang lantai diisi muatan lebih kuat daripada lubang *stopping* yang mengimbangi gaya gravitasi dan berat massa batuan yang terisi dari "round".

Untuk lubang dinding dan lubang atap ada dua cara peledakan yang dipakai yaitu : *normal profit blasting* dan *smooth blasting*.

b. Burden

Burden adalah dimensi terpenting dalam menentukan keberhasilan suatu pekerjaan peledakan. Burden didefinisikan sebagai jarak tegak lurus dari lubang ledak terhadap bidang bebas yang terdekat saat terjadi peledakan.

c Spasi

Spasi adalah jarak antara lubang ledak dalam satu garis yang sejajar dengan bidang bebas (R. L. Ash, 2001). Spasi merupakan fungsi dari burden dan dihitung setelah burden ditetapkan terlebih dahulu.

d. Kemajuan Terowongan

Kemajuan dipengaruhi oleh diameter lubang kosong dan deviasi dari lubang-lubang tembak yang berdiameter kecil. Jika kemajuan yang diinginkan 95%. Kedalaman lubang (H) dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$H = (0,15 + 34,1 - 39,4) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$L = 0,95 H \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

H = Kedalaman lubang ledak (m)

L = Kemajuan tambang (m)

= Diameter lubang kosong (m)

2.2.2 Radius Crack Propagation

Radius crack propagation merupakan jarak maksimal dimana batuan bisa dipecahkan oleh bahan peledak, sehingga dengan penentuan dari *radius crack propagation* tersebut bisa menentukan letak dari lubang ledak serta jarak antara lubang ledak yang terdapat pada daerah *easer* dan *perimeter*.

$$Q = E \text{ eff Anfo } \times 10^6 \times \text{REEws} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$= \sqrt{(1 + D^2/Q)} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$K_{ic} = \text{Tensile Strength} \times \sqrt{\pi \times \text{crack length}}$$

Tekanan lubang ledak

$$P_h = \dots\dots\dots(2.5)$$

$$P_h = \dots\dots\dots(2.6)$$

Tekanan lubang ledak dengan crack

$$P_{h,crack} = 3.30 K_{lc} / \sqrt{\Phi h} \dots\dots\dots(2.7)$$

Radial Crack

$$R_{CO} = 0,5 \cdot h \cdot (P_h / P_{h,crack})^{2/(3(D/C)^{0,25}-1)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

R_{co} = *Radial crack* (m)

e = Diameter bahan peledak (m)

h = Diameter lubang ledak (m)

D = VOD bahan peledak (m/s)

Q = Energi peledakan (J/Kg)

e = Densitas peledak (kg/m³)

f = *Coupling ratio*

e = Kecepatan gelombang dalam batuan (m/s)

K_{lc} = Ketahanan pecah dari batuan (Pa.m^{0,5})

= Ukuran ekspansi adiabetic pengembangan gas peledakan

P_h = Tekanan lubang ledak

P_{h crack} = Tekanan lubang ledak dengan crack

2.2.3 Pengisian Bahan Peledak

Jumlah pemakaian bahan peledak sangat mempengaruhi terhadap hasil peledakan, terutama dengan tingkat fragmentasi yang dihasilkan.

Hal yang berpengaruh dalam pengisian bahan peledak dalam lubang ledak yaitu :

1. *Konsentrasi Isian (Loading Density)*

Konsentrasi isian merupakan jumlah isian bahan peledak yang digunakan dalam kolom isian (PC) lubang ledak. Untuk menentukan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam setiap lubang ledak maka terlebih dulu ditentukan isian bahan peledak tiap meter panjang kolom isian (*loading density*). Untuk menghitung *loading density* dapat digunakan rumusan sebagai berikut :

$$de = 0,508 \times SG \times (De)^2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

de = *Loading density* (kg/m)

De = Diameter lubang ledak (inchi)

SG = *specific gravity* bahan peledak yang digunakan dalam satu lubang ledak dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = de \times PC \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

E = Jumlah bahan peledak tiap lubang ledak (kg)

de = *loading density* dari bahan peledak yang digunakan (kg/m)

PC = Panjang kolom isian (m)

2. *Powder Factor*

Powder factor merupakan perbandingan antara jumlah bahan peledak yang digunakan terhadap jumlah batuan yang diledakkan.

$$PF = E/W \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

PF = *Powder factor* (kg/m³)

W = Berat batuan yang diledakkan (m³)

E = Berat bahan peledak yang digunakan (kg)

Dalam menentukan *powder factor* ada empat macam satuan yang dapat digunakan, yaitu :

- Berat bahan peledak yang diledakkan (kg/m³)
- Volume batuan yang diledakkan per berat bahan peledak (m³/kg)

Bila pengisian bahan peledak terlalu banyak akan mengakibatkan jarak *stemming* menjadi kecil sehingga menyebabkan terjadinya batuan terbang (*flyrock*) dan ledakan tekanan udara (*airblast*). Sedangkan bila pengisian terlalu kecil maka jarak *stemming* menjadi besar sehingga menimbulkan bongkah dan *backbreak/overbreak* disekitar dinding jenjang.

2.2.4 Hasil Peledakan

Target produksi merupakan jumlah batuan yang diledakkan yang dihitung dari luas area dan kedalaman lubang ledaknya. Persamaan umum yang digunakan untuk menentukan target produksi peledakan adalah :

$$W = A \times H \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

W = Berat batuan yang diledakkan (m³)

A = Luas daerah yang diledakkan (m²)

H = Kedalaman lubang ledak (m)

3. Hasil dan Pembahasan

3.4.1 Analisis Peledakan

Kegiatan peledakan dikatakan berhasil apabila tidak terjadi *overbreak*, untuk mengetahui penyebab *overbreak* harus mengetahui faktor penyebabnya, untuk mengetahui faktor-faktor penyebab *overbreak* tersebut dengan cara menghubungkan pemakaian jumlah bahan peledak yang dipakai dengan ukuran *heading* setelah peledakan.

3.4.2 Menghubungkan Jumlah Bahan Peledak dan Ukuran Heading

Pada tabel 3.1 menjelaskan hubungan antara jumlah bahan peledak yang dipakai dengan ukuran *heading* setelah peledakan, Ukuran *plan heading* adalah 7 x 6,3 m dengan kemajuan tambang 5,2 m, apabila ukuran *heading* melebihi *plan heading* yang telah ditentukan maka akan terjadi *overbreak*, dari tabel dapat dilihat bahwa terjadi rata-rata *overbreak* sebesar 14%, dimana lubang ledak *perimeter* yang memakai bahan peledak *anfo* mengalami *overbreak* lebih besar daripada lubang ledak *perimeter* yang menggunakan bahan peledak *magnapex* dan *trimex*, karena bahan peledak *anfo* mempunyai nilai *radial crack* sebesar 1,51 m, sedangkan *magnapex* mempunyai *radial*

crack sebesar 0,72 m dan *trimex* mempunyai nilai *radial crack* 0,15 m. Maka dari itu untuk mengurangi terjadinya *overbreak* maka bahan peledak yang dipakai pada lubang ledak *perimeter* hanya 1 *magnapex* dan 4 *trimex*, Apabila lubang ledak *perimeter* menggunakan bahan peledak *anfo* akan mengalami *overbreak* karena besarnya nilai *radial crack* pada *anfo*. Perhitungan nilai *radial crack* sebagai berikut ;

1. ANFO

$$Q = E \text{ eff Anfo} \times 10^6 \times REE_{ws}$$

$$= 2.33 \times 10^6 \times 0.1 = 2.330.000 \text{ J/Kg}$$

$$x = \sqrt{(1 + D^2 / Q)}$$

$$= \sqrt{(1 + 4800^2 / 2.330.000)} = 1,41$$

$$K_{ic} = \text{Tensile strength} \times \sqrt{f \times \text{cracklength}}$$

$$= 1.270.000 \text{ Pa} \times \sqrt{3.14 \times 2}$$

$$= 4.500.891,467 \text{ Pa}$$

Tekanan lubang ledak

$$P_h = x^x / (x + 1)^{(x+1)} \dots_e \cdot D^2 \cdot (f)^{2.2}$$

$$P_h = x^x / (x + 1)^{(x+1)} \dots_e \cdot D^2 \cdot (W_e / W_h)^{2.2}$$

$$= 1,41^{1,41} / (1,41+1)^{(1,41+1)} \times 800 \times 4800^2 \times (0.045/0.045)^{2.2}$$

$$= 3.591.252.821 \text{ Pa}$$

Tekanan lubang ledak dengan crack

$$P_{h,crack} = 3.30 K_{ic} / \sqrt{W_h}$$

$$= 3.30 \times 4.500.891,467 / 0.045$$

$$= 70.017.439,31 \text{ Pa}$$

Radial crack

$$R_{CO} = 0.5 \cdot W_H \cdot (P_h / P_{h,crack})^{2/[3(D/c)^{0.25} - 1]}$$

Untuk 0,8 g/cm³ Anfo

$$= 0.5 \times 0.045 (3.591.252.821 / 70.017.439,31)^{2/[3(4800/5730,24)^{0.25} - 1]}$$

$$= 1,51 \text{ m}$$

2. MAGNAPEX

$$Q = E \text{ eff Anfo} \times 10^6 \times REE_{ws}$$

$$= 2.33 \times 10^6 \times 1,05 = 2.446.500 \text{ J/Kg}$$

$$x = \sqrt{(1 + D^2 / Q)}$$

$$= \sqrt{(1 + 4500^2 / 2.446.500)}$$

$$= 3,05$$

$$K_{ic} = \text{Tensile strength} \times \sqrt{f \times \text{cracklength}}$$

$$= 1.270.000 \text{ Pa} \times \sqrt{3.14 \times 2}$$

$$= 4.500.891,467 \text{ Pa}$$

Tekanan lubang ledak

$$P_h = X^x / (X + 1)^{(x+1)} \dots_e . D^2 . (f)^{2.2}$$

$$P_h = X^x / (X + 1)^{(x+1)} \dots_e . D^2 . (W_e / W_h)^{2.2}$$

$$= 3,05^{3,05} / (3,05+1)^{(3,05+1)} \times 1140 \times 4500^2 \times (0.038/0.045)^{2.2}$$

$$= 1.653.234.999 \text{ Pa}$$

Tekanan lubang ledak dengan crack

$$P_{h,crack} = 3.30 K_{Ic} / \sqrt{W_h}$$

$$= 3.30 \times 4.500.891,467 / 0.045$$

$$= 70.017.439,31 \text{ Pa}$$

Radial crack

$$R_{CO} = 0.5 W_H . (P_h / P_{h,crack})^{2/[3(D/c)^{0.25} - 1]}$$

$$= 0.5 \times 0.045 (1.653.234.999 / 70017439,31)^{2/[3(4500/5730,24)^{0.25} - 1]}$$

$$= 0,72 \text{ m}$$

TRIMEX

$$Q = E \text{ eff Anfo} \times 10^6 \times REE_{ws}$$

$$= 2.33 \times 10^6 \times 1,01 = 2.563.000 \text{ J/Kg}$$

$$X = \sqrt{(1 + D^2 / Q)}$$

$$= \sqrt{(1 + 4300^2 / 2.563.000)}$$

$$= 2,86$$

$$K_{Ic} = \text{Tensile strength} \times \sqrt{f \times cracklength}$$

$$= 1.270.000 \text{ Pa} \times \sqrt{3.14 \times 2}$$

$$= 3.182.610,878 \text{ Pa}$$

Tekanan lubang ledak

$$P_h = X^x / (X + 1)^{(x+1)} \dots_e . D^2 . (f)^{2.2}$$

$$P_h = X^x / (X + 1)^{(x+1)} \dots_e . D^2 . (W_e / W_h)^{2.2}$$

$$= 2,86^{2,86} / (2,86+1)^{(2,86+1)} \times 1100 \times 4300^2 \times (0.019/0.045)^{2.2}$$

$$= 335.271.560,9 \text{ Pa}$$

Tekanan lubang ledak dengan crack

$$P_{h,crack} = 3.30 K_{Ic} / \sqrt{W_h}$$

$$= 3.30 \times 3.182.610,787 / 0.045$$

$$= 49.509.806,14 \text{ Pa}$$

Radial crack

$$R_{CO} = 0.5 W_H . (P_h / P_{h,crack})^{2/[3(D/c)^{0.25} - 1]}$$

$$= 0.5 \times 0.045 (335.271.560,9 / 49.509.806)^{2/[3(4500/4300)^{0.25} - 1]}$$

$$= 0,15 \text{ m}$$

3.4.3 Ukuran Heading Sebelum dan Sesudah Peledakan

Pada Tabel 3.2 menampilkan ukuran *heading* sebelum dan sesudah peledakan, dan setelah di *scaling*. Bahan peledak *high eksplosive* dimasukkan ke lubang ledak *perimeter* yang akan menyebabkan *overbreak*. Kelebihan bahan peledak merupakan salah satu penyebab *overbreak* karena jumlah bahan peledak yang berlebih mengakibatkan besarnya kekuatan ledakan pada lubang ledak yang akan menyebabkan *overbreak*.

3.4.4 Tekanan Lubang Ledak

Tekanan lubang ledak adalah tekanan dari gas hasil peledakan yang akan mendorong batuan terlempar dan terlepas dari batuan induknya. Tekanan lubang ledak dihitung untuk mengetahui mudah tidaknya batuan dapat dihancurkan.

Besarnya tekanan lubang ledak dipengaruhi oleh kecepatan detonasi bahan peledak dan nilai *coupling ratio*. *Coupling ratio* adalah perbandingan antara diameter lubang ledak dengan diameter isian bahan peledak (ϕ_e / ϕ_h), dimana besaran *coupling ratio* ini akan menurunkan tekanan gas hasil peledakan yang dengan sendirinya akan memperkecil energi yang diteruskan pada batuan. Semakin besar nilai *coupling ratio* maka tekanan lubang ledak akan bertambah besar pula. *Anfo* memiliki nilai *coupling ratio* 1 dan *VOD* 4800 m/s, *magnapex* mempunyai nilai *coupling ratio* 0,84 dan *VOD* 4500 m/s, *trimex* memiliki nilai *coupling ratio* 0,42 dan *VOD* 4300 m/s, setelah diketahui nilai *coupling ratio* dan *VOD* dari masing-masing bahan peledak maka dapat diketahui nilai tekanan lubang ledaknya. Nilai tekanan lubang ledak untuk *anfo* adalah sebesar 3.591 MPa, *magnapex* 1.653 MPa, *trimex* 335,27 MPa. Dapat disimpulkan bahwa bahan peledak *trimex* memiliki nilai *coupling ratio* lebih kecil dari bahan peledak yang lain, sehingga *trimex* digunakan pada lubang ledak *perimeter* karena memiliki nilai tekanan lubang ledak yang kecil. Dari perhitungan dapat diketahui bahwa tekanan lubang ledak untuk bahan peledak *anfo* mempunyai tekanan lubang ledak lebih besar daripada bahan peledak *magnapex* dan *trimex* sehingga mengakibatkan bertambah besarnya tekanan dari gas peledakan akan mendorong batuan terlepas dari batuan induknya, sehingga apabila bahan peledak *anfo* digunakan pada lubang ledak *perimeter* akan mengakibatkan *overbreak*.

Tabel 3.1 : Ukuran Heading Sebelum dan Sesudah Peledakan

Tanggal	Ukuran Heading Sebelum Peledakan		Ukuran Heading Setelah Peledakan		Ukuran Heading Setelah Scaling		Luas	Overbreak
	Lebar (m)	Tinggi (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	(m ²)	(%)
9/4/2009	7,00	6,02	7,02	6,10	7,4	6,6	47,74	10
10/4/2009	7,02	6,00	7,10	6,11	7,5	6,7	49,15	12
14/4/2009	7,00	6,03	7,02	6,10	7,6	6,4	47,54	10
20/4/2009	7,10	6,10	7,20	6,35	7,7	6,4	48,18	11
21/4/2009	7,03	6,02	7,10	6,02	7,8	6,5	49,60	13
23/4/2009	7,10	6,02	7,16	6,21	7,7	6,6	49,72	13
29/5/2009	7,10	6,20	7,17	6,21	7,9	6,6	51,04	16
7/5/2009	7,10	6,20	7,31	6,35	7,5	6,6	48,40	11
11/5/2009	7,10	6,26	7,23	6,40	7,7	6,5	48,95	12
13/5/2009	7,00	6,25	7,20	6,38	7,4	6,6	47,74	10
19/5/2009	7,16	6,30	7,26	6,39	8,2	6,9	68,43	23
20/5/2009	7,16	6,30	7,28	76,34	8,3	6,7	54,41	21
21/5/2009	7,20	6,24	7,85	6,32	8,3	6,7	54,41	21

Tabel 3.2 : Hubungan Bahan Peledak dengan Ukuran Heading Setelah Scaling

No	Tanggal	Bahan peledak pada lubang stoping, Lifter, Rib, Roof	Jumlah bahan peledak (kg)	Jenis Bahan Peledak pada Lubang Ledak Perimetric	Jumlah Bahan Peledak (kg)	Ukuran Heading Setelah Scaling		Overbreak (%)
						Lebar (m)	Tinggi (m)	
1	9/4/2009	1 Mag + Anfo	6,35	3 Mag+3 Trimex	2	7,4	6,6	10 %
2	10/4/2009	1 Mag + Anfo	6,35	3 Mag+3 Trimex	2	7,5	6,7	12 %
3	14/4/2009	1 Mag + Anfo	6,35	4 Mag+3 Trimex	2,3792	7,6	6,4	10 %
4	20/4/2009	1 Mag + Anfo	6,35	4 Mag+3 Trimex	2,3792	7,7	6,4	11 %
5	21/4/2009	1 Mag + Anfo	6,35	5 Mag+3 Trimex	2,763	7,8	6,5	13 %
6	23/4/2009	1 Mag + Anfo	6,35	4 Mag+3 Trimex	2,3792	7,7	6,6	13 %
7	29/4/2009	1 Mag + Anfo	6,35	5 Mag+3 Trimex	2,763	7,9	6,6	16 %
8	7/5/2009	1 Mag + Anfo	6,35	3 Mag+3 Trimex	2	7,5	6,6	11 %
9	11/5/2009	1 Mag + Anfo	6,35	3 Mag+3 Trimex	2	7,7	6,5	12 %
10	13/5/2009	1 Mag + Anfo	6,35	3 Mag+3 Trimex	2	7,4	6,9	10 %
11	19/5/2009	1 Mag + Anfo	6,35	2 Mag+3 Trimex+ Anfo	3,81	8,2	6,9	23 %
12	20/5/2009	1 Mag + Anfo	6,35	2 Mag+3 Trimex+ Anfo	3,81	8,3	6,7	21 %
13	21/5/2009	1 Mag + Anfo	6,35	2 Mag+3 Trimex+ Anfo	3,81	8,3	6,7	21 %

4 Kesimpulan

Bahan peledak yang digunakan di AB tunnel adalah *anfo*, *magnapex*, dan *trimex* dan bahan peledak tersebut mempunyai tekanan lubang ledak, *radial crack*, serta nilai *coupling ratio* yang berbeda - beda. *Anfo* mempunyai tekanan lubang ledak sebesar 3.591 MPa, *radial crack* 1,51 m, dan *coupling ratio* 1. *Magnapex*

mempunyai tekanan lubang ledak sebesar 1.653 MPa, *radial crack* 0,72 m, dan *coupling ratio* 0,84. *Trimex* mempunyai tekanan lubang ledak sebesar 335,42 MPa, *radial crack* sebesar 0,15 m, dan *coupling ratio* 0,42, Batuan mempunyai kuat tekan uniaksial sebesar 91MPa, sehingga bahan peledak tersebut mampu menghancurkan batuan. Mengurangi terjadinya *overbreak* maka

perlu dilakukan pengurangan jumlah bahan peledak pada lubang ledak perimeter menjadi (1 *magnapex* + 4 *trimex*), karena bahan peledak *trimex* mempunyai nilai tekanan lubang ledak, radial crack, dan coupling ratio yang lebih kecil dibandingkan dengan bahan peledak yang lainnya sehingga akan membuat dinding heading menjadi rata.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada PT. Freeport Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian, terima kasih untuk semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Indonesianto, Yanto (2001), *Persiapan Pembukaan Tambang Bawah Tanah (Underground Mining Development)*, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta
- Konya C.J., (1995), *Blast Design*, Intercontinental Development, Montville, Ohio
- Mahler, Armando & Sabirin, Nurhadi (2008), *Dari Grasberg Sampai Amamapare Proses Penambangan Tembaga & Emas Mulai Dari Hulu Hingga Hilir*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Rai, Made Astawa , (2004), Buku Diktat Teknik Terowongan, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Yogyakarta