

# GEOMETRI PELEDAKAN DAN PENGARUH GETARANNYA TERHADAP STABILITAS LERENG BENDUNGAN BENER, KABUPATEN PURWOREJO

Andryani Herna Budiono<sup>1</sup>, Teuku Faisal Fathani<sup>2</sup> and Hary Christady Hardiyatmo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departement of Civil and Environmental Engineering, Universitas Gadjah Mada,  
Yogyakarta

Email : ninabudionost@yahoo.com, tfathani@ugm.ac.id, hary.christady@ugm.ac.id

## ABSTRACT

*Blast geometry is an important factor in blasting activities so that special studies are needed related to the appropriate blast geometry, especially the preparation of Spillway building area on the construction of the Bener Dam. Approach methods used to analyze slope geometry include Anderson's theory, R. L. Ash., and ICI-Explosive. As for the analysis of slope stability, observations were carried out using vibration meter applications and soil material data obtained from laboratory tests. Based on calculations, changes were made in several aspects, namely, burden 2.3 m, space 2.7 m, height level 5.4 m, sub drilling 0.6 m, powder coloumb 2.84 m, stemming 3.16 m. The proposed geometry resulted in a powder factor of 0.29 kg/m<sup>3</sup> with an average fragmentation of 30.5 cm. From the results of observations in the field it is also known that there is a change in vibrational level from IV MMI to III - I MMI with a decreased noise and damage. Exception value that initially amounted to 0.66 m / s<sup>2</sup> to 0.01 – 0.44 m / s<sup>2</sup>. The results of the slope stability analysis due to vibrations from blasting stated all slopes were above the safe number (>2.0), so all slopes were declared safe. The ruins that have occurred because there are remnants of chunks due to uneven fragmentation from previous blasts that are large so as to cause a slide on the slopes.*

**Keywords:** *blast geometry, slope stability, safety factor, dam*

## PENDAHULUAN

Proses pekerjaan pembersihan dan persiapan pembangunan Bendungan Bener yang berada di Kabupaten Purworejo membutuhkan beberapa metode pemecahan material atau pemindahan material. Salah satu metode yang dilakukan adalah penggunaan *breaker* guna memecah struktur batuan yang sulit dipisahkan dari batuan induknya, namun upaya tersebut dirasa tidak cukup efisien karena memakan waktu yang lama dengan volume pekerjaan yang kecil, sehingga upaya efisiensi proses pemisahan material dilakukan dengan metode yang lain yaitu *blasting metode* (peledakan).

Menurut Modul Juru Ledak (2011), peledakan merupakan upaya pemberaian material yang memanfaatkan energi ledak

dari hasil reaksi suatu bahan peledak. Pada kegiatan peledakan, hanya sebagian dari total energi yang dihasilkan bahan peledak dikonsumsi untuk memecahkan batuan sementara sisanya menjadi energi sisa yang berpotensi mengganggu kestabilan lereng terutama dalam bentuk getaran tanah (*ground vibration*) (Fahlevi, 2012).

Energi sisa lainnya berupa batuan terbang (*flying rock*), dan kebisingan udara (*air blast*). Energi yang tersisa (*seismic energy*) akan menjalar melalui batuan mengakibatkan deformasi dalam batuan, namun tidak memecahkan batuan karena masih dalam batas elastiknya. Hal tersebut akan menghasilkan gelombang seismik. Gelombang ini pada batas tinggi tertentu dapat menyebabkan kerusakan pada struktur

bangunan dan juga dapat sangat mengganggu manusia. Gelombang seismik ini dirasakan oleh manusia sebagai getaran (Dowding, 1985). Getaran tanah yang merupakan salah satu hasil dari kegiatan peledakan dinyatakan dengan nilai *PPV* (*Peak Particle Velocity*) maupun dalam satuan *MMI* (*Modified Mercalli Intensity*). Getaran tanah sendiri dapat menjadi masalah bagi perusahaan apabila melebihi baku mutu aman getaran SNI, karena dapat membahayakan manusia dan bangunan disekitarnya sehingga perlu ada upaya untuk mengontrol besar getaran yang dihasilkan.

Pada lokasi pembangunan Bendungan Bener kegiatan peledakan dilakukan secara signifikan di beberapa area salah satunya di lokasi bangunan pelimpah (*spillway*) dan memiliki beberapa efek samping terhadap lingkungan di sekitar lokasi, diantaranya getaran dan longsor lokal yang terjadi dikarenakan lokasi peledakan (*blasting*) yang berada di perbukitan atau lereng. Sehingga dirasa perlu adanya kajian terkait geometri peledakan yang sesuai untuk lokasi pembangunan Bendungan Bener sekaligus angka aman dari lereng yang dianalisis dengan *software* Slide V.06.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Peledakan

Menurut Gokhale (2011), tujuan peledakan bukan hanya untuk memecah massa batuan, namun juga untuk menghasilkan pecahan volume maksimum dari massa batuan tersebut sehingga nantinya fragmen-fragmen yang dibentuk akibat peledakan dapat dengan mudah diangkat dan dibawa oleh peralatan pengangkut.

Peledakan adalah suatu proses pembeaian material (*rock loosening*) yang memanfaatkan energi ledak dari hasil reaksi bahan peledak (Anonim, 2011). Menurut Koesnaryo (2001), peledakan adalah suatu kegiatan yang dilakukan guna memberai batuan dan memisahkan bahan galian dari batuan induknya dengan menggunakan peledak. Suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil

dengan baik pada kegiatan penambangan apabila:

- Target produksi terpenuhi
- Penggunaan bahan peledak efisien yang dinyatakan dalam *powder factor* 0,2 – 0,3 kg/m<sup>3</sup>
- Diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata
- Diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata
- Aman
- Dampak terhadap lingkungan minimal.

### Geometri peledakan menurut R.L. Ash

#### a. Burden

*Burden* adalah jarak dari lubang peledakan ke bidang bebas yang terdekat. *Burden* dihitung berdasarkan diameter lubang ledak dengan mempertimbangkan konstanta  $K_B$  yang tergantung pada jenis atau grup batuan dan bahan peledak. Konstanta  $K_B$  dihitung sebagai berikut :

$$K_B = K_{B.std} \times AF_1 \times AF_2 \quad (1)$$

dengan :

$$K_B = \text{Konstanta } burden$$

$$K_{B.std} = \text{Konstanta tergantung jenis batuan dan bahan peledak (Tabel 1)}$$

Tabel 1 Burden Standar ( $K_{B.std}$ ) menurut R.L. Ash

Type of explosives	Rock Group		
	Soft (<2 t/m <sup>3</sup> )	Medium (2-2,5 t/m <sup>3</sup> )	Hard (>2,5 t/m <sup>3</sup> )
Low density	30	25	20
Medium density	35	30	25
Hight density	40	35	30

$$AF_2 = \sqrt[3]{\left(\frac{SG_{batuan.std}}{SG_{batuan}}\right)} \quad (2)$$

$$AF_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{SG_{handak.std} \times (V_{eu})^2}{SG_{handak} \times (V_{es})^2}\right)} \quad (3)$$

dengan :

$$SG_{batuan} = \text{Densitas batuan standar (lb/cuft)}$$

$$SG_{batuan.std} = \text{Densitas batuan (lb/cuft)}$$

$$SG_{handak} = \text{Densitas bahan peledak (t/m<sup>3</sup>)}$$

$$SG_{handak.std} = \text{Densitas bahan peledak standar (t/m<sup>3</sup>)}$$

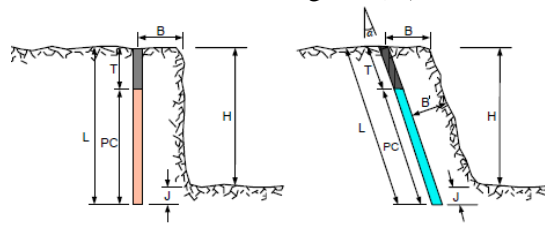
$V_{eu}$  = Kecepatan denotasi bahan peledak (fps, *feet/second*)  
 $V_{es}$  = Kecepatan denotasi bahan peledak standar (fps, *feet/second*)

$$B = \frac{K_B \times D}{12} \quad (4)$$

dengan :

$B$  = Burden (m)

$D$  = Diameter lubang bor (m)



a. Lubang ledak vertikal

b. Lubang ledak miring

Gambar 1. Terminologi simbol geometri peledakan

b. Kedalaman Lubang Ledak ( $L$ )

$$L = K_L \times B \quad (5)$$

dengan, nilai  $K_L$  antara 1,5 – 4

c. *Subdrilling* ( $J$ )

$$J = K_J \times B \quad (6)$$

dengan, nilai  $K_J$  antara 0,2 – 0,4

d. *Stemming* ( $T$ )

$$T = K_T \times B \quad (7)$$

dengan nilai  $K_T$  antara 0,7 – 1,0

e. *Spasi* ( $S$ )

Bila orientasi antar retakan hampir tegak lurus,  $S = 1,41$  (8)

Bila orientasi antar retakan mendekati  $60^\circ$  sebaiknya  $S = 1,15 B$  (9)

### Teori Ici-Explosives

Salah satu cara merancang geometri peledakan dengan *trial and error* salah satunya dikemukakan oleh ICI-Explosives. Tinggi jenjang ( $H$ ) dan diameter lubang ledak ( $D_e$ ) merupakan pertimbangan pertama yang disarankan. Cara ini menitik beratkan pada alat yang tersedia atau yang akan dimiliki, kondisi batuan setempat, peraturan tentang batas maksimum ketinggian jenjang yang diijinkan. Berikut adalah rumusan untuk menghitung parameter lainnya :

a. Tinggi jenjang ( $H$ )

$$H = 60d - 140d \quad (10)$$

b. *Burden* ( $B$ )

$$B = 25d - 40d \quad (11)$$

c. *Spasi* ( $S$ )

$$S = 1B - 1,5B \quad (12)$$

d. *Subdrilling* ( $J$ )

$$J = 8d - 12d \quad (13)$$

e. *Stemming* ( $T$ )

$$T = 20d - 30d \quad (14)$$

f. *Powder Factor* ( $PF$ )

$$PF = \frac{\text{BeratPeledak}}{\text{VolumeBatuan}} \quad (15)$$

### Fragmentasi

Untuk memperkirakan fragmentasi batuan hasil peledakan digunakan rumusan yang ditemukan oleh Kuznestov (1972), yaitu :

$$X = A \times \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{0,63} \quad (16)$$

dengan :

$X$  = Ukuran rata-rata fragmentasi batuan (cm)

$V$  = Jumlah batuan yang diledakkan ( $m^3$ )

$Q$  = Berat bahan peledak tiap lubang ledak (kg)

$E$  = *Relatif Weight Strength* (ANFO = 100)

$A$  = Faktor batuan

- 1 untuk batuan yang sangat rapuh

- 7 untuk batuan yang agak kompak

- 10 untuk batuan kompak dengan sisipan rapat

- 13 untuk batuan kompak dengan sedikit sisipan

### Analisis Stabilitas Lereng

Menurut Arif (2016), bila gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak maka lereng akan stabil, sedangkan jika gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerak maka lereng menjadi tidak stabil dan akan memicu terjadinya longsoran. Konsep sederhana tersebut dikembangkan menjadi suatu cara penilaian kestabilan lereng yang dikenal dengan Faktor Keamanan ( $FK$ ) yang dinyatakan sebagai berikut (Hoek & Bray, 1991 dalam Arif, 2016):

$$FK = \frac{\Sigma \text{Gaya Penahan}}{\Sigma \text{Gaya Penggerak}}$$

(17)

a. Percepatan Horizontal

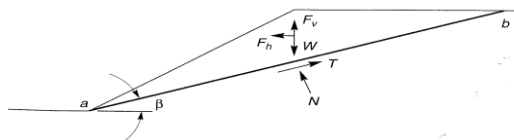
Kramer (1996) menyatakan perpindahan tanah yang terjadi akibat getaran menyebabkan terjadinya momen inersia yang besar pada lereng berupa  $F_h$  dan  $F_v$  yang bekerja melalui pusat massa kegagalan, yang mana besaran gaya *pseudostatic* tersebut adalah,

$$F_h = \frac{a_h \times W}{g} = k_h \times W \tag{18}$$

$$F_v = \frac{a_v \times W}{g} = k_v \times W \tag{19}$$

Dengan :

- $K_h$  dan  $K_v$  = Koefisien getaran
- $a_h$  dan  $a_v$  = Akselerasi getaran
- $W$  = Besar longsor



Gambar 2. Gaya yang bekerja pada lereng akibat gaya pseudostatic (Kramer, 1996)

Koefesien gempa horizontal ini akan mengontrol gaya *pseudostatic* yang bekerja pada tanah. Berdasarkan analisis Newmark dalam Hoek and Bray (1981), dengan percepatan hasil  $K_h$  sama dengan 50% dari *Peak Ground Acceleration (PGA)* (yaitu,  $K_h=0,5.a_{max}/g$ ) menunjukkan bahwa perpindahan seismic akan kurang dari 1 m (Hynes dan franklin, 1984). Berdasarkan hal tersebut maka Departemen Pertambangan dan Geologi California (CDMG, 1997) menyatakan nilai koefisien *seismic* ( $K_h$ ) diperoleh dengan persamaan berikut:

$$K_h = 0,5a_{max} / g \tag{20}$$

dimana,

- $K_h$  = Koefisien getaran horizontal
- $a_{max}$  = Percepatan getaran
- $g$  = gal

b. Analisis Menggunakan Perangkat Lunak Slide V6.0

Analisis stabilitas lereng akibat getaran dari peledakan pada lokasi pembangunan Bendungan Bener dilakukan menggunakan

bantuan *software Slide V6.0* dan penggambaran model lereng menggunakan *software AutoCad 2009*.

### METODE

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi persiapan, pengumpulan, analisis, dan kesimpulan.

#### Tahap persiapan

Tahapan pendahuluan pada penelitian ini dilakukan dengan studi pustaka, literatur, dan pemahaman perangkat lunak yang digunakan.

#### Pengumpulan data

Dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan meliputi :

a. Data primer

Data primer yang diambil pada penelitian ini didapatkan dengan pengamatan secara langsung dengan bantuan aplikasi *Vibration meter* untuk mendapatkan nilai getaran dan percepatan di lokasi peledakan.

b. Data sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah peta geologi, data log bor, peta geometri peledakan, material bahan peledak, hasil laboratorium.

Data material batuan yang digunakan berdasarkan hasil uji laboratorium yang dirangkum pada Tabel 2 seperti berikut:

Tabel 2 Rekapitulasi Pengujian Laboratorium

BH	Kedalaman (m)	Natural density (gr/cm <sup>3</sup> )	Dry density (gr/cm <sup>3</sup> )	Triaksial	
				$\phi$ (°)	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
SP.01	87,25 – 89,56	2,046	1,752	56,09	6,44
SP.02	39,26 – 46,29	2,209	1,936	59,31	5,62

Sumber : Waskita (2019)

### Analisis

Melakukan kajian geometri peledakan awal dan melakukan perhitungan geometri berdasarkan beberapa metode yang sesuai, kemudian diimplementasikan pada peledakan di lapangan dan diperoleh nilai getaran dan percepatannya.

Setelah mendapatkan nilai percepatan maka dilakukan pemodelan dan analisis stabilitas dengan menggunakan *software* Slide V.06.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geometri Peledakan

Dilakukan peledakan dengan geometri peledakan *trial* dengan mengacu pada

beberapa teori peledakan yaitu R. L. Ash., ICI-Explosive guna mendapatkan geometri yang sesuai untuk kondisi di lapangan sehingga memenuhi kaidah-kaidah peledakan. Berikut adalah rekapitulasi geometri peledakan pada awal kegiatan peledakan hingga geometri peledakan yang diusulkan penulis pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Geometri Peledakan (Hasil Perhitungan)

Variabel Geometri	Aktual (Desember 2019)	Aktual (Maret 2020)	R L. Ash	ICI – Explosive	Usulan
Diameter lubang ( $D_e$ )	3 inci	3 inci	3 inci	3 inci	3 inci
Burden ( $B$ )	3 m	3 m	2,28 m	2,28 m	2,3 m
Spacing ( $S$ )	4 m	3 m	2,62 m	2,62 m	2,7 m
Kedalaman lubang ledak ( $L$ )	9 m	6 m	6 m	6 m	6 m
Tinggi jenjang ( $H$ )	8 m	5,4 m	5,316 m	5,44 m	5,4 m
Subdrilling ( $J$ )	1 m	0,6 m	0,685 m	0,667 m	0,6 m
<i>Powder coloumb</i> ( $PC$ )	4,38 m	2,6 m	3,72 m	3,72 m	2,84 m
Stemming ( $T$ )	4,62 m	3,4 m	2,28 m	2,286 m	3,16 m
Jumlah bahan peledak per lubang ( $Q$ )	17 kg	10 kg	14,32 kg	14,32 kg	11 kg
Jumlah bahan peledak per peledakan ( $W$ )	850 kg	300 kg	429,66 kg	429,66 kg	330 kg
Powder factor ( $PF$ )	0,157 kg/m <sup>3</sup>	0,16 kg/m <sup>3</sup>	0,41 kg/m <sup>3</sup>	0,37 kg/m <sup>3</sup>	0,29 kg/m <sup>3</sup>
Produksi per lubang ( $V$ )	108 m <sup>3</sup>	54 m <sup>3</sup>	34,58 m <sup>3</sup>	34,58 m <sup>3</sup>	37,26 m <sup>3</sup>
Produksi per peledakan ( $P$ )	5400 m <sup>3</sup>	1620 m <sup>3</sup>	1037,52 m <sup>3</sup>	1037,4 m <sup>3</sup>	1117,8 m <sup>3</sup>
Fragmentasi ( $X$ )	54,31 cm	43,58 cm	24,33 cm	26,40 cm	30,50 cm

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan Panduan Juru Ledak (2011) harga *Powder factor* dikatakan ekonomis adalah berkisar antara 0,2 – 0,3 kg/m<sup>3</sup> sedangkan dari kegiatan peledakan pada bulan Desember 2019 diketahui nilai *Powder factor* yang kecil itu berarti biaya yang dikeluarkan untuk muatan peledak adalah kecil dan jika ditinjau dari ukuran fragmentasi ditemukan bongkahan yang cukup besar, artinya ukuran bongkahan yang besar akan mengakibatkan pekerjaan pemecahan yang baru, sehingga tidak ekonomis dan dapat membahayakan bagi daerah bongkaran di bawahnya. Diketahui pula peledakan awal dilakukan dengan melekakan 50 lubang ledak secara bersamaan dengan tiap-tiap lubang berisikan 17 kg bahan peledak. Melalui pengamatan menggunakan bantuan aplikasi besar nilai percepatan adalah 0,66 m/s<sup>2</sup> dengan nilai getaran 3,8 MMI dimana fenomena yang dirasakan adalah kebanyakan orang di dalam maupun di luar ruangan merasakan gerakan, jendela dan pintu mulai bergetar, suara yang dihasilkan juga cukup besar serta beberapa rumah warga mengalami kerusakan, baik itu kerusakan kecil maupun agak besar.

Dilakukan perhitungan menggunakan beberapa teori serta melakukan trial peledakan menggunakan geometri usulan guna mendapatkan geometri yang sesuai dengan fragmentasi yang lebih merata. Berdasarkan pengamatan menggunakan bantuan aplikasi besar nilai percepatan setelah dilakukan beberapa kajian ulang terhadap geometrinya adalah 0,01 m/s<sup>2</sup> dengan nilai getaran 1,4 MMI.

Setelah melakukan peledakan dan menerapkannya di lapangan diperoleh besar percepatan dan nilai getaran sebagai berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi besar percepatan dan nilai getaran

Waktu	Jumlah titik		Jarak Pengamatan (m)	Efek Getaran (MMI)	$a_{max}$ (m/s <sup>2</sup> )
	Anfo (kg)/lubang	Detonasi (Buah)			
22/12/19	17	50	500	3,8	0,66
14/03/20	10	26	360	1,4	0,01
16/03/20	10	28	360	1,7	0,02
17/03/20	10	29	360	1,9	0,02

19/03/20	10	43	360	3,1	0,41
27/03/20	10	30	360	2,3	0,32
23/04/20	10	40	400	3,4	0,42
04/05/20	10	30	300	2,7	0,27
20/05/20	11	45	300	2,7	0,26

Sumber : hasil pengamatan

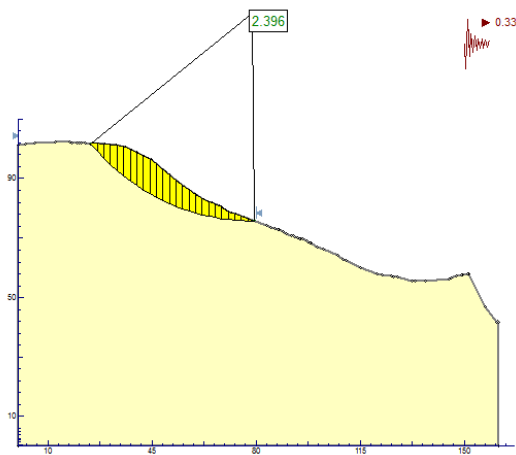
Perubahan ukuran dari *burden*, *spasi*, *sub drilling* dan *stemming* mempengaruhi tingkat getaran yang terjadi. Penurunan nilai getaran juga terjadi karena jumlah penggunaan bahan peledak per lubang serta pengurangan jumlah ruang yang diledakkan bersamaan, sehingga memberi efek turunya tingkat getaran. Sehingga getaran yang dirasakan lingkungan sekitar tidak sebesar sebelumnya.

### Stabilitas

Setelah memperoleh data material lereng dari laboratorium seperti pada Tabel 2, melakukan perhitungan geometri yang sesuai untuk kondisi di lapangan seperti yang disajikan pada Tabel 3, dan nilai percepatan dari peledakan seperti pada Tabel 4, penulis mulai melakukan analisis stabilitas dengan menggunakan *software* Slide V.06 sebagai berikut :

#### 1.) STA 0+100 (Desember 2019)

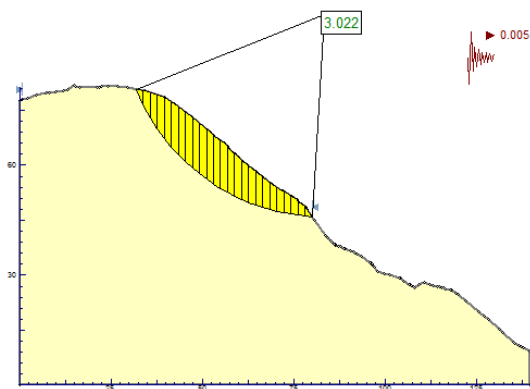
Nilai angka aman pada bidang longsor awal yaitu sebesar 2,396 dalam kategori aman secara struktur, namun berdasarkan pengamatan di lapangan pada kegiatan peledakan awal ini memiliki nilai getaran yang cukup besar sehingga menimbulkan beberapa kerusakan pada perumahan warga sekitar. Berdasarkan data yang dikumpulkan juga diketahui jumlah detonasi yang diledakkan dalam jumlah yang cukup besar yaitu 50 detonasi sekali peledakan dan banyak bahan peledak setiap lubangnya 17 kg, sehingga mengakibatkan kebisingan yang cukup tinggi. Pengamatan di lapangan juga menunjukkan adanya bongkahan sisa peledakan yang cukup besar serta adanya *flying rock* yang dapat membahayakan warga maupun pekerja, sehingga perlu melakukan kajian ulang.



Gambar 3. Bidang Longsor Peledakan Awal

### 2.) STA 0+140 (14 Maret 2020)

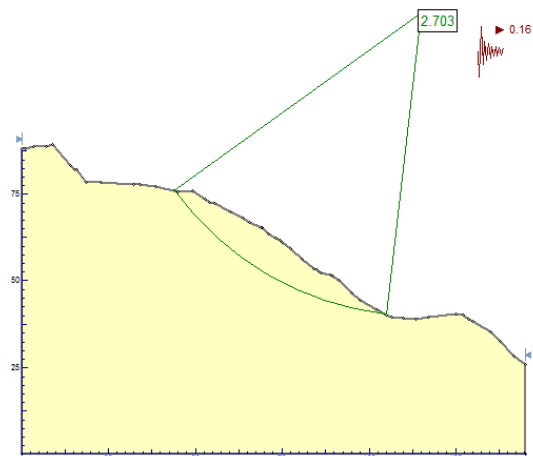
Setelah melakukan kajian terkait geometri peledakan dan mengaplikasikan geometri peledakan usulan pada lokasi peledakan diperoleh nilai percepatan sebesar  $0,01 \text{ m/s}^2$  dengan angka aman yang besar yaitu 3,002 seperti pada Gambar 4. Pengamatan di lapangan juga menunjukkan perbedaan pada tingkat getaran yang dihasilkan yaitu hanya menjadi 1,4 MMI yang terasa jauh lebih kecil dari sebelumnya dengan tingkat kebisingan yang cukup rendah. Tidak ditemukannya *flying rock* maupun bongkahan yang besar setelah peledakan. Permasalahan yang timbul kemudian adalah volume kerja yang kecil sehingga tidak ekonomis, sehingga perlu dikaji kembali dari sisi geometri peledakannya.



Gambar 4. Bidang Longsor Peledakan (14 Maret 2020)

### 3.) STA 0+120 (27 Maret 2020)

Dilakukan kembali analisa stabilitas pada lereng yang berbeda untuk mengetahui angka amannya, diperoleh nilai efek getaran yang sedikit lebih besar dari pada sebelumnya yaitu 2,3 MMI dengan besar percepatan  $0,32 \text{ m/s}^2$ . Meningkatnya nilai efek getaran dibarengi dengan nilai keamanan yang masih berada pada angka aman, yaitu 2,703 seperti pada Gambar 5. Bersamaan dengan itu, pengamatan di lapangan serta perhitungan juga menunjukkan bahwa *powder factor* yang dihasilkan masuk dalam rentang ekonomis yaitu  $0,29 \text{ kg/m}^3$  dengan fragmentasi rata-rata berukuran 30,50 cm sehingga tidak memerlukan kegiatan *second blasting*. Pengamatan di lapangan juga menunjukkan tidak adanya *flying rock* maupun gagal ledak.



Gambar 5. Bidang Longsor Peledakan (20 Maret 2020)

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- 1.) Terdapat beberapa pendekatan empiris yang digunakan untuk menganalisis serta cara *trial error* yang di praktikan di lapangan guna mendapatkan geometri dan perlakuan yang sesuai dengan aspek teknis di lapangan.
  - a) Hasil analisis geometri peledakan yang diusulkan penulis dengan tetap memperhatikan kondisi diameter

lubang ledak dan tinggi jenjang di lapangan, yaitu :

- *Burden* = 2,28 m
- *Spasi* = 2,7 m
- Jumlah bahan peledak per lubang = 11 kg
- *Powder factor* = 0,29 kg/m<sup>3</sup>
- Fragmentasi = 30,50 cm

Hasil analisis geometri yang dianalisis juga menunjukkan bahwa geometri peledakan yang diusulkan tergolong ekonomis, meskipun jumlah produksi perpeledakan tidak lebih banyak dari pada saat *trial*.

- b) Berdasarkan pengamatan dengan menggunakan bantuan aplikasi android, dengan memvariasikan geometri peledakan terkait *burden*, *spasi*, dan tinggi lubang ledak dapat menurunkan tingkat getaran akibat peledakan, dari IV MMI menjadi III – I MMI. Hal ini baik bagi kelangsungan pekerjaan karena dirasa aman bagi penduduk dan pekerja, serta mengurangi resiko kerusakan bangunan warga sekitar.
- 2.) Perubahan yang dilakukan pada geometri peledakan di lapangan menunjukkan adanya penurunan pada nilai percepatan akibat kegiatan peledakan yang mana penurunan percepatan mengakibatkan meningkatnya stabilitas lereng dari lokasi peledakan. Hasil dari analisis stabilitas akibat getaran dari peledakan menyatakan semua berada di atas angka aman (>1,2), sehingga semua lereng dinyatakan aman. Longsoran yang pernah terjadi dikarenakan ada sisa bongkahan dari peledakan sebelumnya yang berukuran besar sehingga menimbulkan terjadinya luncuran. Hal ini dibuktikan dengan besarnya ukuran fragmentasi pada peledakan awal dan adanya bongkahan yang tersisa pada saat pengamatan dilakukan.

## Saran

- 1.) Perlu dilakukan pengujian tambahan pada lereng *spillway* untuk mengetahui jenis dan parameter batuan sebenarnya.
- 2.) Penggunaan alat bantu android sebagai kontrol besaran peledakan harus benar-benar dikontrol dengan cara memastikan tidak ada gangguan baik itu kendaraan maupun kegiatan lain di sekitar lokasi pengamatan, sehingga hasil dari aplikasi berupa nilai percepatan dan besaran nilai getar adalah hanya dari kegiatan peledakan.
- 3.) Sebaiknya pengukuran besaran getaran dilakukan dengan menggunakan peralatan yang mumpuni sehingga bisa lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2011), *Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian*, Bandung : Pusdiklat Mineral dan Batubara.
- Anonim, 2010, *Standar Nasional Indonesia Nomor 7571 tentang Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Pertambangan Terhadap Lingkungan*, Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- Anonim, *Laporan Investigasi Geologi "Laporan Geologi Tambahan"*, 2019, Semarang.
- Arif, I., 2016, *Geoteknik Tambang*, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Dowding, Charles H., 1984, *Blast Vibration Monitoring and Control*, USA : Northwestern University.
- Fahlevi, Rendy, 2012, *Perangkat Lunak Analisis Getaran Tanah Akibat Peledakan*, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Gokhale, V., B., 2011, *Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines*, London : CRC Press.
- Yang, Jinhua et. al., 2012, *Dynamic Behavior of Road High Cutting Rock Slope Under the Influence of Blasting for Excavation, China* : Sci Verse Science Direct.

Dowding, C.H., 1985, *Blast Vibration Monitoring and Control*, England : Routledge.

Ash, R.L., 1990 “*Design of Blasting Round, Surface Mining*”, B. A. Kennedy Editor, Society of Mining, Metallurgy and Exploitation, Inc, Page 565 – 584.

Ir. S. Koesnaryo, 1988, “Bahan Peledak dan Metode Peledakan”, Fakultas Tambang Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Yogyakarta.

## LAMPIRAN

### Analisa Geometri Peledakan

1.) Menurut R.L ASH

Berikut adalah data mendasar dari geometri peledakan yang sudah disesuaikan dengan kondisi di lapangan, yaitu :

- Diameter lubang ( $D_e$ ) = 3 inci
- $K_{B.std}$  = 30
- $SG_{handak}$  = 0,85
- $SG_{handak.std}$  = 1,2
- $SG_{batuan}$  = 2,64 t/m<sup>3</sup>  
= 164,809 lb/ft<sup>3</sup>
- $SG_{batuan.std}$  = 2,56 t/m<sup>3</sup>  
= 144,98 lb/ft<sup>3</sup>
- $Ve_{ANFO}$  = 4.500 m/s  
= 14.763 f/s
- $Ve_{ANFO.std}$  = 12.000 f/s

Menghitung burden standart dengan menggunakan

$$AF_1 = \sqrt[3]{\frac{SG_{handak} \times Ve_{ANFO}^2}{SG_{handak.std} \times Ve_{ANFO.std}^2}} = \sqrt[3]{\frac{0,85 \times 14.763^2}{1,2 \times 12.000^2}} = 1,023$$

$$AF_2 = \sqrt[3]{\frac{SG_{batuan.std}}{SG_{batuan}}} = \sqrt[3]{\frac{144,98}{164,809}} = 0,958$$

$$K_B = K_{B.std} \times AF_1 \times AF_2$$

$$= 30 \times 1,023 \times 0,958$$

$$= 29,40 \approx 30$$

- Perhitungan ukuran burden pada teori ini memperhatikan tingkat peledakannya seperti pada Tabel 1

$$Burden(B) = \frac{K_B \times D_e}{12}$$

- Spasi pada perhitungan geometri menurut R.L.Ash di sesuaikan dengan pola ledak yang diterapkan di lapangan. Pada pelaksanaan di lapangan di terapkan interval waktu *long delay* dengan orientasi anatar retakan 60°

$$Spasi (S) = 1,15 B$$

$$= 1,15 \times 2,28$$

$$= 2,62 \text{ m}$$

- Panjang lubang ledak ( $L$ ) = 6 m (mengikuti kondisi lapangan)

$$- \text{Subdrilling } (J) = 0,3 \times B$$

$$= 0,3 \times 2,28$$

$$= 0,683 \text{ m}$$

$$- \text{Tinggi jenjang } (H) = L - J$$

$$= 6 - 0,684$$

$$= 5,316 \text{ m}$$

$$- \text{Stemming } (T) = B \text{ (batuan masif)}$$

$$= 2,28 \text{ m}$$

$$- \text{Powder Coloumb } (PC) = L - T$$

$$= 6 - 2,28$$

$$= 3,72 \text{ m}$$

Dari geometri peledakan di atas, maka dapat dihitung volume peledakan dan jumlah bahan peledakan, yaitu :

$$- \text{Produksi per lubang } (V)$$

$$= B \times S \times L$$

$$= 2,28 \text{ m} \times 2,62 \text{ m} \times 6 \text{ m}$$

$$= 34,584 \text{ m}^3$$

$$\text{Produksi per peledakan } (P)$$

$$= V \times n$$

$$= 34,584 \text{ m} \times 30 \text{ lubang}$$

$$= 1.037,52 \text{ m}^3$$

- Bahan peledak per lubang ( $Q$ )

$$Q = de \times PC$$

$$= 3,85 \text{ kg/m} \times 3,72 \text{ m}$$

$$= 14,322 \text{ kg}$$

- Bahan peledak perpeledakan ( $W$ )

$$W = Q \times n$$

$$= 14,322 \text{ kg} \times 30 \text{ lubang}$$

$$= 429,66 \text{ kg}$$

- Powder factor (PF)

$$= W/P$$

$$= 429,66/1.037,52$$

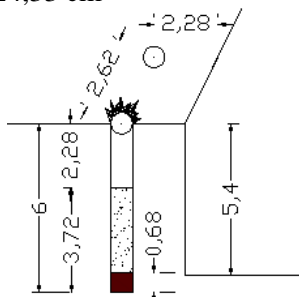
$$= 0,41 \text{ kg/m}^3$$

- Fragmentasi (X)

$$= A \times \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{0,63}$$

$$= 7 \times \left(\frac{34,58}{14,32}\right)^{0,8} \times 14,32^{0,17} \times \left(\frac{100}{115}\right)^{0,63}$$

$$= 24,33 \text{ cm}$$



Gambar 0 Geometri Peledakan Menurut R. L. Ash

## 2.) Menurut ICI-EXPLOSIVE

Berikut adalah data mendasar dari geometri peledakan yang sudah disesuaikan dengan kondisi di lapangan, yaitu :

- Diameter lubang ( $D_e$ ) = 3 inci = 0,076 m

- Tinggi jenjang ( $H$ )

$$= 60D_e - 140D_e, \text{ dipilih } 70D_e$$

$$= 70 \times 0,0762$$

$$= 5,334 \text{ m}$$

- Burden ( $B$ )

$$= 25D_e - 30 D_e, \text{ dipilih } 30 D_e$$

$$= 30 \times 0,0762$$

$$= 2,286 \text{ m}$$

- Spasi ( $S$ )

$$= 1B - 1,5B, \text{ dipilih } 1,15B$$

$$= 2,62$$

- Panjang lubang ledak ( $L$ ) = 6 m  
(mengikuti kondisi lapangan)

- Subdrilling ( $J$ )

$$= L-H$$

$$= 6-5,334$$

$$= 0,667$$

- Stemming ( $T$ )

$$= 20D_e - 30D_e, \text{ diambil } 30D_e$$

$$= 30 \times 0,0762$$

$$= 2,286$$

- Powder Coloumb (PC)

$$= L - T$$

$$= 6 - 2,286$$

$$= 3,72 \text{ m}$$

Dari geometri peledakan di atas, maka dapat dihitung volume peledakan dan jumlah bahan peledakan, yaitu :

- Produksi per lubang ( $V$ )

$$= B \times S \times L$$

$$= 2,28 \text{ m} \times 2,62 \text{ m} \times 6 \text{ m}$$

$$= 34,58 \text{ m}^3$$

- Produksi per peledakan ( $P$ )

$$= V \times n$$

$$= 34,58 \text{ m}^3 \times 30 \text{ lubang}$$

$$= 1.037,4 \text{ m}^3$$

- Bahan peledak per lubang ( $Q$ )

$$= d_e \times PC$$

$$= 3,85 \text{ kg/m} \times 3,72 \text{ m}$$

$$= 14,322 \text{ kg}$$

- Bahan peledak perpeledakan ( $W$ )

$$= Q \times n$$

$$= 14,322 \text{ kg} \times 30 \text{ lubang}$$

$$= 429,66 \text{ kg}$$

- Powder factor (PF)

$$= W/P$$

$$= 429,66/1.149,12$$

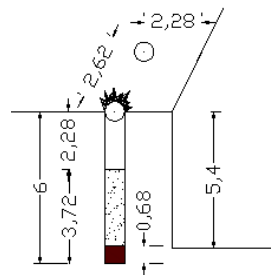
$$= 0,37 \text{ kg/m}^3$$

- Fragmentasi (X)

$$= A \times \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{0,63}$$

$$= 7 \times \left(\frac{38,304}{14,322}\right)^{0,8} \times 14,322^{0,17} \times \left(\frac{100}{115}\right)^{0,63}$$

$$= 26,40 \text{ cm}$$



Gambar 7 Geometri Peledakan Menurut ICI-Explosive