

## Evaluasi Pengaruh *Tie-Up* Peledakan Terhadap Getaran Pada Penambangan Batu Granit PT Mandiri Karya Makmur Di Desa Tanjung Gunung Kecamatan Pangkalanbaru

(The Evaluation Blasting *Tie-Up* Effect of Vibration in Granite Rock Mining of PT Mandiri Karya Makmur Tanjung Gunung Village Pangkalanbaru District)

Lenny<sup>1</sup>, Abrianto akuan<sup>2</sup> Irvani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung  
<sup>2</sup>Staf Pengajar, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

### Abstract

*PT Mandiri Karya Makmur is a private mining company that mine granite rock located in Central Bangka Regency Area. The main activity in extracting granite rock was conducted using blasting method. Blasting activity could influence environment around mine site, including community. Therefore, it was necessary to evaluate blasting activity, especially tie-up to decrease vibration from blasting activity itself. The method used to make design of tie-up was using shotplus-i program. The aims in this research was to set up surface delay and the use of time window in order to determine amounts of similar blasting holes. The data used including sounding data and blast design to determine PPV value. The value was calculated by using empirical formula of U.S.B of Mine No 656 of 1971. The actual geometry used including burdens 1,8 m, spacing 2,3 m and hole depth rate 6 m. Then, determining the measurement of vibration was using Android based vibrometer. The result of appropriate tie-up evaluation used in blasting was Box cut pattern, surface delay 25 ms and 42 ms with initiation of left corner using time window 8 ms and similar blasting holes was 3 holes. This amount could minimize vibration. Actual PPV value was 0,7 mm/s, PPV recommendation value of 3,3 mm/s and SD value of 19,6 m/kg. The capacity of explosive was 932 kg and minimum safe distance of 598 m from blasting point. It was categorised still safe referring to Building type theory of number 2 (SNI 7571 : 2010).*

*Keywords: tie-up, surface delay, time window, peak particle velocity (PPV).*

### 1. Pendahuluan

PT Mandiri Karya Makmur (MKM) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang penambangan batu granit. Dimana kegiatan penambangan yang dilakukan PT MKM yaitu sistem tambang terbuka *quarry* terdiri dari pengupasan lapisan tanah penutup (*stripping*), pembongkaran dengan peledakan, pemuatan dan pengangkutan dari lokasi penambangan ke lokasi peremukan (*Crushing Plant*).

Peledakan merupakan metode yang paling sering digunakan dalam memberai dimana energi yang dihasilkan bahan peledak akan ditransmisikan kedalam massa batuan sehingga batuan tersebut terberaikan. Semakin besar energi yang ditransmisikan, maka ukuran fragmentasi batuan yang akan dihasilkan semakin kecil. Peledakan (*Blasting*) yang dilakukan di lapangan menggunakan detonator *Non Elektrik (NONEL)*. Masing-masing *detonator*

mempunyai *delay* yang berbeda yaitu 17 ms, 25 dan 42 ms yang diletakan pada setiap lubang, sehingga dapat membuat rangkaian dan dapat menentukan jumlah lubang yang meledak secara bersamaan, dengan adanya evaluasi *tie-up* peledakan diharapkan menghasilkan jumlah lubang yang meledak bersamaan semakin sedikit dan getaran kecil.

Semakin banyak lubang yang meledak secara bersamaan maka semakin besar getarannya. Nilai *Tie-up* yang berpengaruh terhadap getaran, maka dari itu diperlukan evaluasi *tie-up* yang berpengaruh terhadap lingkungan dengan menggunakan aplikasi *vibrometer* berbasis android dan tetap mengikuti standar jarak aman peledakan.

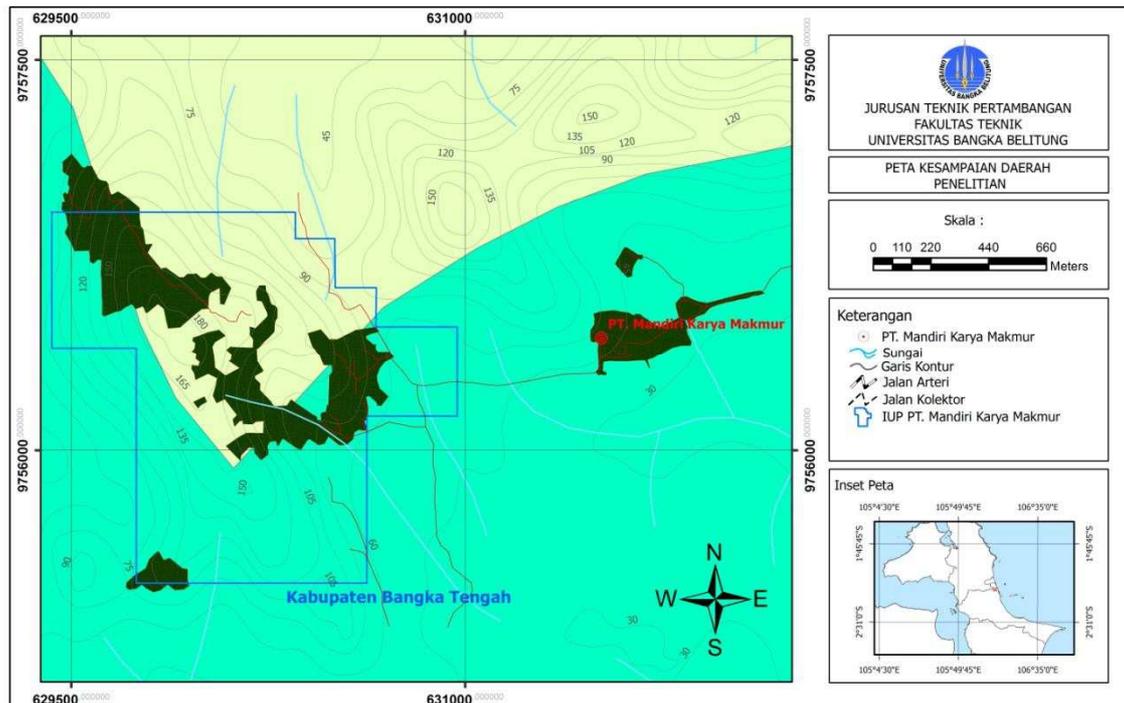
### Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan di Tambang Batu Granit PT Mandiri Karya Makmur (MKM) terletak di Desa Tanjung Gunung, Kecamatan Pangkalan Baru, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, dari pusat kota Pangkalpinang dapat ditempuh dengan kendaraan roda empat maupun roda dua. Berada pada koordinat 02°11'55,6" - 02°12'42" (Gambar 1)

\* Korespondensi Penulis: (Lenny) Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung. Jl Kampus Terpadu Balunijuk.

E-mail : lennyteknik@gmail.com.

HP : 082186444463.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

### Tinjauan Pustaka

#### Pola Pemboran

Menurut Pasang (2012), peledakan dengan satu bidang bebas (*crater blasting*), menghasilkan kawah dengan lemparan fragmentasi ke atas dan tidak terkontrol. Pada tambang terbuka selalu dibuat minimal dua bidang bebas, yaitu dinding bidang bebas dan puncak jenjang (*top bench*). Pola pengeboran dibagi menjadi tiga yaitu: pola bujur sangkar (*square pattern*), Pola persegi panjang dan Pola zigzag (*staggered pattern*) (Kartodharmo 1990).

#### Kedalaman dan Arah Lubang Bor

Kedalaman lubang ledak harus lebih besar dari tinggi jenjang. Adanya kelebihan lubang ledak (*subdrilling*) dimaksudkan untuk mendapatkan lantai jenjang yang relatif rata. Arah lubang bor dapat miring ataupun tegak, untuk arah penjajaran lubang bor pada jenjang harus sejajar untuk menjamin keseragaman *burden* dan spasi dalam geometri peledakan (Kartodharmo, 1990).

#### Peledakan

Berdasarkan Sukandarrumidi (1998), tujuan penggunaan bahan peledak adalah untuk membongkar batuan/bahan galian dari batuan induk nya. Secara garis besar jenis bahan peledak dibedakan menjadi peledak mekanis (*mechanical explosives*), bahan peledak kimia (*chemical explosives*) dan bahan peledak nuklir (*nucleotr explosives*).

#### Geometri Peledakan

Penentuan geometri peledakan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu (R. L. Ash, 1990):

1. *Burden* (B), perhitungan dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$B = K_b_{\text{terkoreksi}} \times D_e \quad (1)$$

Keterangan :

B = *Burden* (ft)

$K_b$  = *Burden correction*

$D_e$  = *Diameter lubang ledak (inch)*

2. *Spacing* (S), perhitungan spasi dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$S = K_s \times B \quad (2)$$

Keterangan :

S = *Spacing* (m)

$K_s$  = *Spacing Correction* (1-2)

B = *Burden* (m)

3. *Stemming* (T), perhitungan *stemming* dapat digunakan Persamaan 3.

$$A = K_T \times B \quad (3)$$

Keterangan :

A = *Stemming* (m).

$K_T$  = *Stemming Correction* (0,5 - 1).

B = *Burden* (m).

4. *Subdrilling* (J), perhitungan dapat dihitung dengan Persamaan 4.

$$J = K_J \times B \quad (4)$$

Keterangan :

J = *Subdrilling* (m).

$K_J$  = *Subdrilling Correction* (0,2-0,3).

5. Kedalaman lubang ledak (H) : perhitungan kedalaman menggunakan Persamaan 5.

$$H = Kh \times B \quad (5)$$

Keterangan :

H = Kedalaman Lubang Ledak (m).

Kh = Koefisien Kedalaman (2,65).

B = *Burden* (m).

6. Tinggi jenjang (L) : perhitungan tinggi jenjang dapat digunakan Persamaan 6.

$$L = H \times J \quad (6)$$

Keterangan:

L = Tinggi jenjang Minimum (m).

H = Kedalaman (m).

J = *Subdrilling* (m).

7. Panjang kolom isian (PC) : perhitungan panjang kolom isian menggunakan Persamaan 7.

$$PC = H \times t \quad (7)$$

Keterangan :

PC = *Power Column* (m).

H = Kedalaman Lubang Ledak (m).

T = *Stemming* (m).

8. *Loading density* (de) : merupakan jumlah pemakaian bahan peledak dalam satu meter. *Loading density* dicari untuk mengetahui jumlah bahan peledak yang digunakan dalam satu lubang ledak.

9. Jumlah pemakaian bahan peledak (W) : perhitungan dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 8.

$$W = PC \times de \times n \quad (8)$$

Keterangan :

W = Jumlah Pemakaian Bahan Peledak (kg).

PC = Panjang *Powder Coloumn* (m).

De = *Loading Density* (kg/m).

n = Jumlah Lubang Ledak.

10. Volume peledakan (V) : merupakan volume *overburden* yang akan diledakkan dalam suatu perencanaan peledakan. Perhitungan dengan Persamaan 9.

$$v = B \times S \times L \times n \quad (9)$$

Keterangan :

V = Volume peledakan (m<sup>3</sup>).

B = *Burden* (m).

S = *Spacing* (m).

L = Tinggi Jenjang (m).

n = Jumlah lubang ledak

11. *Powder factor* (PF) : penentuan nilai PF menggunakan Persamaan 10.

$$PF = \frac{W}{V} \quad (10)$$

Keterangan :

PF = *Powder factor* (kg/m<sup>3</sup>).

W = Jumlah pemakaian bahan peledak(kg)

V = Volume peledakan (m<sup>3</sup>).

Pengaruh Desain *Tie-Up*

Rangkaian peledakan (*tie-up*) menggunakan *delay* 25 ms dan *burden delay* 100 ms, maka pada saat diledakkan menimbulkan penguatan suara ledakan pada satu arah (Konya, 1995).

Getaran (*Ground Vibration*)

Getaran adalah gerak bolak balik suatu benda terhadap posisi stationernya. Getaran dapat terjadi karena adanya massa (Johar, 2012). Vibrasi atau getaran mempunyai tiga parameter yang dapat dijadikan sebagai tolak ukur yaitu amplitudo, frekuensi dan phase vibrasi (Pasang, 2012).

Faktor Yang Mempengaruhi Getaran Tanah

Koesnaryo (2001) menyatakan, faktor-faktor yang dapat dikontrol diantaranya yaitu : jumlah muatan bahan peledak, jarak dari lokasi peledakan, waktu tunda (*delay period*), geometri peledakan, jenis bahan peledak dan arah peledakan.

Teori *U.S.B Of Mines No. 656 Tahun 1971*

Besar getaran pada suatu lokasi akan tergantung pada jarak lokasi tersebut dari pusat peledakan dari jumlah bahan peledak yang dipakai per periode (*delay*).

Standar Getaran Peledakan

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP-49/MENLH/11/1966 tentang baku mutu tingkat getaran yang disesuaikan dengan bangunan yang ada dan Standar Nasional Indonesia SNI 7571 : 2010 Tentang Baku Tingkat Getaran Peledakan.

Aplikasi Vibrometer

Berdasarkan Arijaya (2013), aplikasi vibrometer merupakan aplikasi berbasis android yang berguna untuk mengetahui getaran/gempa bumi disekitar smartpone dengan beberapa skala *richter*.

*Accelerometer*

*Accelerometer* adalah salah satu fitur sensor yng terdapat pada *Smartphone Android* yang berfungsi untuk menentukan derajat kemiringan *smartphone* (Prabowo, 2013).

## 2. Metode Penelitian

### Objek Penelitian

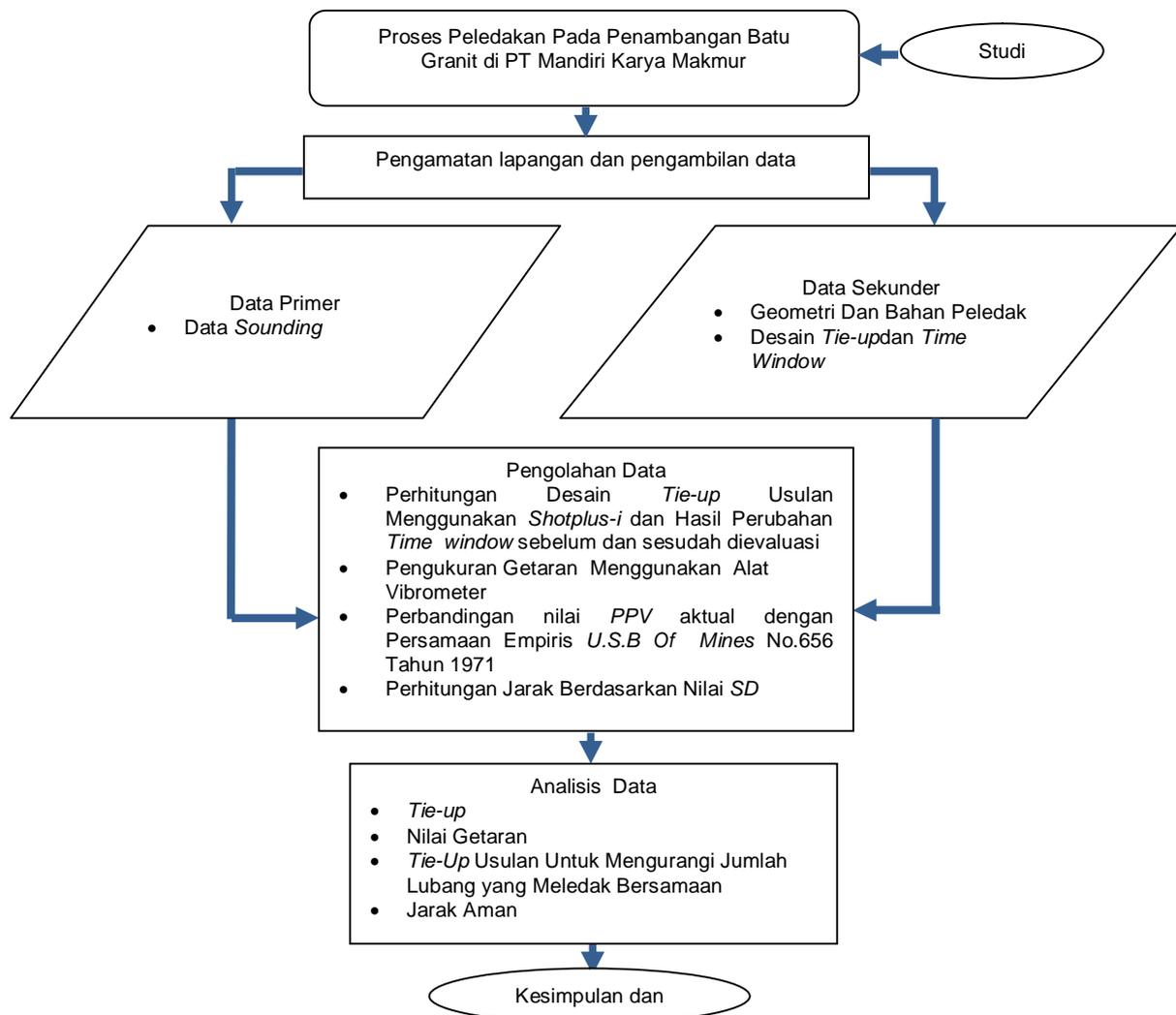
Beberapa objek penelitian dalam evaluasi pengaruh *tie-up* peledakan terhadap getaran pada penambangan yaitu teknik pengolahan data baik itu data primer maupun data sekunder yang dilakukan adalah melakukan perhitungan PPV dengan menggunakan teori `USB of Mines dan

menggunakan *Software Shotplus-i*. Setelah itu pengolahan data dengan membandingkan *tie-up* aktual dengan *tie-up* usulan dan hasil nilai *PPV* teori di lapangan dan nilai *PPV* usulan. Pada hasil yang didapat dari olahan data tersebut yaitu nilai vibrasi dan analisa dari pada vibrasi terhadap lingkungan berdasarkan Kepmen Lingkungan Hidup, selanjutnya menghitung jarak *Skala Distance* (R) agar diketahui jarak aman dari daerah peledakan terhadap jarak pemukiman warga.

lapangan, pengelompokan data primer maupun data sekunder, untuk data primer menggunakan data *sounding* sedangkan data sekunder berupa data desain *tie-up* lapangan dan data geometri peledakan di lapangan. Data yang telah didapat kemudian di olah dengan menggunakan *Software Shotplus-i* dan untuk perhitungan *PPV* menggunakan teori USBM No. 656 tahun 1971. sehingga didapatkan hasil akhir berupa banyaknya jumlah lubang yang meledak bersamaan untuk mengetahui besarnya getaran yang dihasilkan untuk mengetahui jarak aman peledakan. Alur proses penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian Gambar 2.

### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan meliputi studi literatur, pengamatan di



Gambar 2. Diagram alir penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Keadan Lokasi Penelitian

Daerah penambangan batu granit yang dikelola oleh PT Mandiri Karya Makmur memiliki batuan penyusun berupa granit dan pasir kuarsa. Daerah tersebut berada disekitar area pemukiman warga dimana untuk jarak peledakan

terdekat 1200 m sedangkan jarak terjauh 1400 m. Berdasarkan keadaan topografi Kegiatan penambangan tersebut dilakukan di area punggung bukitan yang merupakan badan cebakan batu granit dengan luasan area IUP penambangan seluas kurang lebih 15 ha, dengan luas areal kerja 78.623 m<sup>3</sup> berada pada elevasi tertinggi 127,5 m dan elevasi terendah 60 m.

**Geometri dan Bahan Peledak**

**Geometri**

Sebelum melakukan kegiatan peledakan maka, perlu untuk menentukan geometri peledakan di lapangan yaitu memperhatikan spasi, *burden*, *stemming*, *subdrilling*, kedalaman, jenjang dan panjang isian. Data geometri peledakan yang dimiliki oleh PT Mandiri Karya Makmur pada Tabel 1 menjelaskan bahwa geometri pada kondisi aktual di lapangan sangat berpengaruh pada fragmentasi batuan yang dihasilkan. Semakin besar spasi yang digunakan maka hasil fragmentasi akan berupa *bolder*. Geometri aktual yang digunakan di lapangan masih menghasilkan fragmentasi dengan ukuran di bawah 80 cm.

Tabel 1. Data geometri peledakan di lapangan

Geometri Peledakan	Ukuran (m)
Spasi (S)	2,3
Burden (B)	1,8
Stemming (T)	1,5
Subdrilling (J)	0,5
Kedalaman (H)	6

**Bahan Peledak**

Bahan peledak yang digunakan untuk peledakan yaitu ANFO (campuran *amonium nitrat* dan *fuel oil*). Selama penelitian, peledakan yang dilakukan sebanyak 4 kali dengan jumlah Anfo dan lubang bor yang berbeda. Lubang bor yang paling banyak pada tanggal 08 September 2015 sebanyak 119 lubang dan yang paling sedikit pada tanggal 17 September 2015 sebanyak 80 lubang. Banyaknya jumlah pemakaian bahan peledak dan lubang bor.

**Data Sounding**

Data *sounding* merupakan nilai data aktual di lapangan yang diukur untuk mengetahui apakah lubang bor tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Apabila lubang bor tidak mencapai kedalaman yang direncanakan atau *collapse*, maka harus dilakukan pemboran ulang. Data *sounding* yang diperoleh dari hasil pengukuran digunakan untuk menentukan total kedalaman, rata-rata kedalaman, total bcm, dan total volume.

Kedalaman rata-rata pada saat peledakan dapat dilihat pada Tabel 2 yang menjelaskan rata-rata kedalaman pada tanggal 08 September 2015 sebesar 2,2 m lebih kecil dibandingkan dengan tanggal 13 Oktober 2015 yaitu sebesar 5,5 m. Kedalaman lubang bor yang didapatkan tidak sesuai dengan geometri aktual di lapangan. Hal itu disebabkan karena kondisi batuan yang terlalu massive dan aktivitas peledakan yang dilakukan 2 hari setelah pemboran sehingga lubang bor yang dibuat tertutup oleh pasir dan kerikil disekitar lokasi.

Tabel 2. Rata-rata kedalaman peledakan

Tanggal peldakan	Rata-rata kedalaman (m)
08 Sept 2015	2,2
17 Sept 2015	4,9
08 Okt 2015	5,5
13 Okt 2015	5,5

**Perhitungan Bahan Peledak Teoritis**

Hasil perhitungan *loading density* bahan peledak yang digunakan pada batuan granit, dengan hasil perhitungan *Loading density* (de) sebesar 3,62 kg/m. Kegiatan peledakan menggunakan nilai kedalaman 6 m, *stemming* 1,5 m dan isian bahan peledak sedalam 4,5 m. Untuk itu dapat dihitung banyaknya bahan peledak yang digunakan dalam satu lubang bor hasil perhitungan yang didapat sebesar 16,29 kg

Rata-rata banyaknya lubang ledak dalam 1 kali kegiatan peledakan adalah 80 lubang, maka banyaknya ANFO untuk satu kali kegiatan peledakan dibutuhkan 1.303,2 kg. Berdasarkan hasil perhitungan, maka didapat *loading density* 3,62 kg, dengan rata-rata pada tiap lubang sebesar 16,29 kg dan jumlah total pemakaian bahan peledak dengan 80 lubang bor sebesar 1303,2 kg.

Pada penentuan *time window* dalam *tie-up*, isian bahan peledak dari lubang yang meledak bersamaan sangat berpengaruh terhadap besarnya PPV yang didapat, dengan *time window* yang berbeda maka lubang yang meledak bersamaan juga berbeda. Pada Tabel 3 menunjukkan lubang yang paling banyak meledak bersamaan pada tanggal 08 Oktober 2015 yaitu 12 lubang dengan isian bahan peledak sebesar 195,45 kg dan lubang yang paling sedikit meledak bersamaan pada tanggal 17 Oktober 2015 sebanyak 5 lubang dengan isian bahan peledak 81,45 kg.

Tabel 3. Isi bahan peledak tiap *time window*

Peledakan	Lubang Meledak Bersamaan	Isian Bahan Peledak
08 Sept 2015	7	114,03
17 Sept 2015	5	81,45
08 Okto 2015	12	195,45
13 Okto 2015	8	130,32

**Tie-Up dan Time Window Aktual**

Kegiatan sebelum peledakan, PT Mandiri Karya Makmur terlebih dahulu memperhatikan dan menentukan pola rangkaian peledakan yang dilihat dari lokasi di lapangan. Pola yang biasa digunakan oleh PT Mandiri Karya Makmur yaitu

*Box Cut, Corner Cut* ataupun *V-Cut* sesuai dengan kondisi lokasi yang ada di lapangan. Peledakan secara beruntun antara satu lubang ledak dengan yang lainnya menggunakan waktu tunda dalam *milli second*. Selang waktu tunda antar lubang (*surface delay*) adalah 17 ms, 25 ms dan 42 ms. Pengaturan *surface delay* bertujuan untuk mengurangi lubang bor yang meledak bersamaan yang berpengaruh terhadap getaran.

**Tie-Up Aktual**

Beberapa data *tie-up* aktual peledakan yang telah dilakukan PT Mandiri Karya Makmur dari tanggal 08 September 2015 sampai dengan tanggal 13 Oktober 2015 dengan *burden* 1,8 m, spasi 2,3 m pada kedalaman 6 m menggunakan *detonator nonel* 500 ms dengan *surface delay* 17 ms, 25 ms, 42 ms dan *time window* 8 ms.

Desain *tie-up* sangat menentukan besarnya getaran yang dihasilkan. Oleh karena itu PT Mandiri Karya Makmur selalu melakukan pembuatan desain *tie-up* yang sesuai *freeface* di lapangan sebelum melakukan kegiatan peledakan. Data *tie-up* peledakan pada Tabel 4 menunjukkan pada tanggal 08 September dan tanggal 08 Oktober 2015 yaitu pola *box cut*, karena pada kondisi di lapangan memiliki 2 *freeface* (bidang bebas), sedangkan pada tanggal 17 September dan 13 Oktober 2015 hanya memiliki 1 *freeface*.

Tabel 4. Data *tie-up* peledakan

Peledakan	<i>Tie-up</i> Peledakan	Lubang Bor
08 Sept 2015	BC	119
17 Sept 2015	CC	80
08 Okto 2015	BC	88
13 Okto 2015	CC	98

**PPV Vibrometer**

Berdasarkan jarak dan total isian bahan peledak yang telah diketahui, maka dilakukan pengukuran getaran dengan menggunakan alat berbasis android yaitu vibrometer, pengukuran diperoleh dari empat kali aktivitas peledakan yang bertujuan untuk membandingkan dengan perhitungan *PPV* teori dan mengetahui berapa besar koreksi perhitungannya.

Nilai *PPV* Vibrometer pada Tabel 5 menjelaskan pada tanggal 08 September 2015 diperoleh nilai *PPV* paling besar yaitu 1,0 mm/s dengan jarak 500 m dan isian bahan peledak perlubang sebanyak 114,03 kg, sedangkan pada tanggal 08 Oktober 2015 diperoleh *PPV* terkecil dengan jarak 1448 m dari titik peledakan dan isian bahan peledak 195,48 kg yang di peroleh dari hasil perhitungan banyak lubang meledak yang meledak bersamaan.

Tabel 5. Hasil *PPV* Vibrometer

Peldakan	Jarak (m)	<i>PPV</i> Vibrometer (mm/s)
08 Sept 2015	500	1,0
17 Sept 2015	600	0,7
08 Okt 2015	1448	0,2
13 Okt 2015	1279	0,6

**Pengolahan dan Analisis Data**

**Geometri Peledakan Teoritis**

Bentuk geometri peledakan yang digunakan berpatokan dengan geometri peledakan PT Mandiri Karya Makmur, maka dilakukan perhitungan geometri peledakan untuk membandingkan hasil data lapangan dengan hasil pehitungan menggunakan Teori R.L.Ash. Perhitungan dengan Metode R.L.Ash dengan Diameter lubang ledak = 3 inchi. Perhitungan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. *Burden* : berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dengan metode R.L.Ash (1990), maka didapatkan nilai *burden* sebesar 1,99 m.
2. Spasi (S) : harga *spacing ratio* (KS) berkisar antara 1-2, sehingga untuk menghasilkan fragmentasi yang baik dan kecil digunakan KS = 1,25. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai spasi sebesar 2,49 m.
3. *Stemming* (T) : panjang *stemming* ditentukan oleh harga *stemming correction* (KT) yang besarnya 0,5 – 1,0. *Stemming ratio* yang digunakan adalah 0,75, sehingga diharapkan tekanan menjadi seimbang, melalui perhitungan didapatkan nilai *stemming* sedalam 1,49 m.
4. *Subdrilling* (J) : harga *subdrilling ratio* (KJ) berkisar antara 0,2-0,4. Untuk batuan yang massif harga KJ bernilai 0,3, sehingga diperoleh panjang *subdrilling* dengan nilai 0,59 m.
5. Kedalaman lubang ledak (H) : panjang kedalaman lubang ledak ditentukan oleh harga koefisien kedalaman (Kh) yang besarnya (1,5-4,0) dan untuk kedalaman lubang tembak 2,65 didapat kedalaman 5,27 m.
6. Tinggi jenjang (L) : untuk menghindari tonjolan (*toe remant*) di bagian bawah jenjang, maka tinggi jenjang diambil berdasarkan lubang tembak dan *subdrilling* dari perhitungan didapat tinggi jenjang 4,68 m.
7. *Podwer Coloum* (PC) : panjang kolom isian merupakan nilai panjang kolom lubang ledak yang akan diisi bahan peledak, dari perhitungan didapatkan nilai PC 3,78 m. Data yang digunakan di lapangan tidak berbeda terlalu jauh dengan hasil perhitungan secara teori, oleh karena itu terjadinya selisih perhitungan penentuan angka juga atas ketentuan dari perusahaan karena kondisi di lapangan yang tidak merata yang ditunjukkan oleh Tabel 6, hasil data geometri

yang didapat di lapangan dan perhitungan geometri sesuai Teori R.L.Ash (1990) dijabarkan pada Tabel 6 dengan selisih *burden* 18 %, *spasi* 19 %, *stemming* 1 %, *subdrilling* 8 %, kedalaman 73 %, jenjang 82 % dan panjang isian 72 %.

Tabel 6. Perbandingan geometri peledakan aktual dan teoritis

Geometri Peledakan	Lapangan (m)	Teori RL Ash (m)
<i>Spasi</i> (S)	2,3	2,49
<i>Burden</i> (B)	1,8	1,99
<i>Stemming</i> (T)	1,5	1,49
<i>Subdrilling</i> (J)	0,5	0,58
Kedalaman (H)	6	5,27
Jenjang (L)	5,5	4,68
Panjang isian (PC)	4,5	3,78

### Tie-Up dan Time Window Usulan

#### Tie-Up Usulan

Perhitungan yang diperoleh dari data desain *tie-up* mengacu pada hasil analisis *tie-up*, adapun *tie-up* usulan yang sudah dilakukan, pada tanggal 08 September 2015 *Delay konfigurasi tie-up* menggunakan control row ditengah 42 ms, excelon 25 ms dengan pola *box cut*, Gambar (b) pada Tanggal 17 September 2015 *Delay konfigurasi tie-up* menggunakan control row dibawah 42 ms, excelon 25 ms dengan pola *box cut*, pada Gambar (c) tanggal 08 Oktober 2015 *delay konfigurasi tie-up* menggunakan control row di tengah 42 ms, excelon 17 ms dan 25 ms dengan pola *box cut* dan tanggal 13 Oktober 2015 *delay konfigurasi tie-up* menggunakan control row di tengah 42 ms, excelon 17 ms dan 25 ms dengan pola (*Box Cut*) Dari ke empat *tie-up* tersebut menggunakan *time window* 8 ms dan menghasilkan banyaknya lubang meledak bersamaan.

Hasil dari pengamatan *tie-up* yang ada di lapangan dengan *tie-up usulan* maka didapatkan bentuk perubahan pola *tie-up* sebelum dan sesudah dievaluasi. Dari hasil pola usulan sebagai evaluasi untuk perusahaan PT Mandiri Karya Makmur dengan merubah control row dan *delay konfigurasi* yang dimiliki perusahaan tersebut, maka dapat dilihat dari pola yang tepat di lapangan yaitu pola *box cut* dengan *surface delay* 25 ms dan 42 ms dan *time window* 8.

#### Time Window Usulan

*Time window* yang digunakan pada *tie-up* usulan yaitu 8 ms dengan hasil hitungan isian bahan peledak sesuai banyaknya lubang yang meledak bersamaan. Dari setiap banyaknya lubang yang meledak bersamaan diperoleh dari

*tie-up* usulan pada Tabel 7, maka dapat disimpulkan banyak lubang yang meledak bersamaan pada tanggal 8 September 2015 menggunakan *time window* 8 ms berjumlah 6 lubang, dengan isian bahan peledak sebesar 48,87 kg pada jarak 500 m didapat nilai PPV 0,99 mm/s masih dikatakan aman. Apalagi jika dengan jarak 1448 m dari daerah peledakan ke pemukiman masih sangat aman dengan PPV 0,19 mm/s yang mengacu pada standar SNI 7571 : 2010.

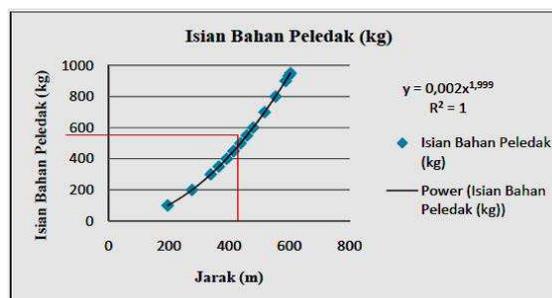
Tabel 7. Isian Bahan Peledak Setiap Time Window Usulan

Tanggal	Lubang Meledak Bersamaan	Isian Bahan Peledak
08 Sept 2015	3	48,87 (kg)
17 Sept 2015	3	48,87 (kg)
08 Okto 2015	6	97,74 (kg)
13 Okto 2015	3	48,87 (kg)

#### Penentuan Jarak Aman

Hasil pengukuran getaran tanah secara aktual di lakukan dari tanggal 08 September sampai dengan 13 Oktober 2015. Data peledakan yang digunakan berasal dari 4 kali kegiatan peledakan di batuan granit dimana data di dapat dengan menggunakan vibrometer yang akan keluar hasil pengukuran getaran secara aktual. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan di dapatkan *peak particle velocity* (PPV) aktual maksimum yaitu 1,0 mm/s dan jarak pusat ledakan ke *blasting monitoring* tidak lebih dari 500 m. Untuk mendapatkan Persamaan Rumus hubungan antara *peak particle velocity* (PPV) dan *scale distance* (SD), maka dilakukan analisis dari data hasil pengukuran *ground vibration* dari tanggal 08 September 2015 – 13 Agustus 2014.

Hasil analisis regresi, didapatkan persamaan rumus hubungan antara PPV dan SD yaitu  $Y = 20,18 X^{-0,51}$  atau  $PPV = 20,18 (SD)^{-0,51}$  dengan koefisien determinasi atau  $R^2 = 0,766$  menunjukkan hubungan yang kuat dan terbalik antara *peak particle velocity* (PPV) dengan *scale distance* (SD) pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan bahan peledak dengan jarak

Mengetahui hubungan antara jarak dan jumlah isian bahan peledak maksimal/*delay*, maka harus diketahui dulu nilai *SD* yang dapat diketahui dari hubungan antara *peak particle velocity* (PPV) dan *scale distance* (*SD*) dengan memasukkan batasan nilai PPV yang telah ditentukan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil dari pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan *tie-up* peledakan yang tepat dengan melakukan evaluasi perbaikan *tie-up* pola *Box Cut*, *delay* dengan *surface delay* 25 ms dan 42 ms dengan inisiasi di kiri pojok dan *time window* 8 ms, sehingga dapat meminimalisir besarnya getaran.
2. Bangunan disekitar area peledakan PT Mandiri Karya Makmur dikategorikan masih dibawah ambang batas aman terhadap getaran peledakan (Acuan standar SNI 7571 : 2010) Kelas Bangunan Nomor 2. Hal ini ditunjukkan dari hasil nilai PPV Aktual pengamatan pada tanggal 17 September 2015 sebesar 0,7 mm/s dengan jarak pengukuran 600 m sedangkan PPV Teori di lapangan sebesar 0,89 mm/s dengan jarak 600 m. Hasil perhitungan nilai *SD* 19.6 m/kg dengan isian bahan peledak 932 kg maka didapatkan jarak aman minimum yaitu 598 m dari titik peledakan.

#### Daftar Pustaka

Arijaya, 2013, *Penggunaan Vibrometer Pada Scala Mercalli dan Accelerometer Android Sensor*, PT Pradnya Paramitha, Bandung.  
Ash, R. L., 1990, *Design of Blasting Round, Surface Mining*, B.A. Kennedy Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploitation, Inc. Page. 565-584.

Johar, L., 2012, *Penentuan Nilai Parameter Peredam Getaran Akibat Gempa Pada Bangunan Berlantai Tiga*, Institut Teknologi Sepuluh November Keputih Sukolilo, Surabaya.  
Karthodharmo, Moelhim, 1989/1990, *Teknik Peledakan* Diklat Kuliah Jilid I Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung, Bandung.  
Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 1996, Nomor Kep-49/MENLH/11/1996 *Tentang Baku Tingkat Getaran*, Jakarta.  
Konya, C. J., 1995, *Surface Blast Design*, Intercontinental Development, Monville, Ohio.  
Koesnaryo, S., 2001, *Rancangan Peledakan Batuan (Design of Rock Blasting)*, Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta.  
Mangga, A.S dan Jamal, B., 1994, *Peta Geologi Lembar Bangka Utara Sumatra*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.  
Pasang, J., 2013, *Analisis Pengaruh Pola Rangkaian peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration Level)*, Skripsi Jurusan Teknik pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta.  
Prabowo, H.Y, Hidayat, Bambang dan Sunarya, Unang., 2013, *Aplikasi Android Deteksi Tinggi Menggunakan Accelerometer Sensor*. ITT, Bandung.  
Standar Nasional Indonesia (SNI). 2010, *Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka terhadap Bangunan*. Badan Standar Nasional, Jakarta.  
Sukandarrumidi, 1998, *Bahan Galian Industri Gajah Mada University Press*. Yogyakarta.  
Suwardi, 2014, *Departement Mining PT Mandiri Karya Makmur*, Bangka Tengah.