

## PENENTUAN JARAK AMAN PELEDAKAN BATUBARA TERHADAP LINGKUNGAN SEKITAR WILAYAH PERTAMBANGAN

Rachmat Hidayat<sup>1)</sup>, Bambang Joko Priatmadi<sup>2)</sup>, Meldia Septiana<sup>2)</sup>, Dini Sofarini<sup>3)</sup>

*1) Program Pascasarjana Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan  
Universitas Lambung Mangkurat*

*2) Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat*

*3) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Lambung Mangkurat*

*Keyword: blasting, mining, coal*

### Abstract

Mineral mining activities in Indonesia, especially those conducted in the open pit, to dismantle the hard rock is usually done by blasting. Blasting process is often conducted over the protests of the residents of the villages around the mining area, due to frequent ground shaking (ground vibration) whose velocity exceeds the threshold value at certain distances from the center of the ground shaking explosions cause damage and discomfort felt by surrounding population. Based on this, the research was conducted to determine the safe distance from the blasting vibration of the ground (ground vibration) and air blast (air blast) criteria based on the value of the safety standards that blasting can be well designed and to determine a safe zone for blasting activities. This study uses data processing BlastMate III / Minimate Plus is recorded into the computer/laptop using software blastware. The recorded data is then analyzed by comparing these data with existing vibration standards. The results of the study on coal blasting vibration will use Standard Quality Decree No. LH. 49 of 1996. The results showed a safe distance from the blasting vibration ground (ground vibration) in the village of Manggis sub district Kelumpang is as far as 1037.84 meters upstream from the point of explosive or active pit areas with the use of blasting and air blast (air blast) is safe for the environment is at a distance comfort 900 m from the blast point average into the borehole 15 m and average load of 40,000 kg of explosives. Minister of Environment Decree No. 49 of 1996 on Raw Vibration Level around the mining area suitable for blasting in the area of PT. Arutmin Tambang Senakin.

### Pendahuluan

Kegiatan penambangan bahan galian di Indonesia, khususnya yang dilakukan secara tambang terbuka, untuk membongkar batuan yang keras biasanya dilakukan dengan peledakan. Peledakan pada kegiatan penambangan, selain menimbulkan hancurnya batuan (pemberaian) juga akan menimbulkan rambatan gelombang seismik yang menggambarkan perjalanan energi melalui bumi dan mengakibatkan getaran pada massa batuan atau material di sekitarnya. Tingkat getaran peledakan bervariasi tergantung pada rancangan peledakan dan

kondisi geologi dari batuan. Untuk itu penerapan metode peledakan harus benar dan sesuai dengan kondisi batuan yang akan diledakkan. Getaran peledakan yang dihasilkan harus berada pada kondisi aman bagi keadaan sekelilingnya. Hal ini berarti bahwa pengaruh dari getaran peledakan yang berada di luar ukuran standar peledakan yang diijinkan akan menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan, kesehatan manusia, dan keamanan bangunan-bangunan atau lereng-lereng tambang di sekitarnya. Dalam kegiatan penambangan bahan galian, khususnya yang dilakukan secara tambang terbuka, untuk membongkar batuan yang

keras biasanya dilakukan dengan peledakan. Peledakan pada kegiatan penambangan, selain menimbulkan hancurnya batuan (pemberaian) juga akan menimbulkan rambatan gelombang seismik yang menggambarkan perjalanan energi melalui bumi dan mengakibatkan getaran pada massa batuan atau material di sekitarnya.

Getaran peledakan yang dihasilkan harus berada pada kondisi aman bagi keadaan sekelilingnya. Hal ini berarti bahwa getaran yang ditimbulkan akan mempengaruhi terhadap kenyamanan, kesehatan manusia, dan perumahan penduduk di sekitarnya. Kenyataan di lapangan, banyak kegiatan peledakan yang dilakukan oleh tambang terbuka tidak jauh dari bangunan, baik pemukiman penduduk maupun kantor tambang, sehingga getaran peledakannya sering menimbulkan dampak dan keluhan bagi masyarakat di sekitar tambang. Beberapa keluhan masyarakat disebabkan pondasi dan dinding rumah retak pada jarak antara 700 m–1500 m yang terletak di sekitar lokasi penambangan seperti penambangan batu gamping, penambangan batu andesit, batu marmer dan penambangan batubara.

Untuk mengetahui seberapa besar dampak yang terjadi akibat getaran peledakan terhadap bangunan, maka harus dilakukan pengukuran getaran dan kebisingan. Hasil pengukuran dibandingkan dengan baku tingkat getaran peledakan dan kebisingan, apabila melebihi baku tingkat getaran maka desain peledakan harus diubah agar getarannya aman bagi lingkungan. Baku tingkat getaran yang biasanya diacu untuk menganalisis besar getaran peledakan dan besarnya getaran ledakan udara, yaitu USBM (United State Bureau of Mines), Australian Standard dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 49 tahun 1996 dan SNI 7571: 2010 serta SNI 7570 : 2010

## Metode Penelitian

Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT. Arutmin Indonesia Tambang Senakin dibagi menjadi beberapa Pit. Pit yang sedang melakukan penambangan adalah pit 2, pit 15, pit 16 dan pit Manggis dan pada penelitian ini difokuskan pada pit Manggis (pit aktif yang sedang progress). Masing-masing pit dibagi menjadi beberapa blok dan masing-masing blok mempunyai kegiatan yang berbeda seperti kegiatan pembongkaran lapisan tanah penutup dan penggalian batubara sebagian blok ada yang masih dalam kegiatan penyiapan lahan. Peledakan yang dilakukan di PT. Arutmin Indonesia Tambang Senakin hampir setiap hari dilaksanakan dengan rata-rata total lubang tembak 100 lubang, jarak antara titik ledak dengan desa terdekat (Desa Manggis) berkisar antara 900 meter sampai 1.200 meter.

Secara sistematis disusun langkah-langkah dalam tahapan penelitian diantaranya adalah:

### 1. Tahap Persiapan

Tahapan ini meliputi : Studi pustaka, dimaksudkan untuk mengetahui gambaran umum mengenai kondisi daerah penelitian, metode yang digunakan untuk memecahkan permasalahan dan gambaran dari lingkungan sekitar.

Melakukan kunjungan awal ke lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi daerah penelitian serta persiapan hal-hal yang perlu diantisipasi, sehingga dapat mendukung pada tahapan berikutnya.

Persiapan peralatan yang digunakan di lapangan dan penyusunan laporan penelitian.

### 2. Pekerjaan Lapangan

Tahapan ini meliputi :

- a. Pengecekan pemboran lubang tembak, yang disiapkan untuk kegiatan peledakan, dengan kedalaman dan besaran diameter lobang sudah ditentukan oleh perusahaan.
- b. Pelaksanaan pengisian bahan peledak yang sudah diangkut dari gudang

bahan peledak menuju lokasi rencana peledakan dengan menggunakan mobil khusus pengangkut bahan peledak.

- c. Pengamatan kondisi batuan yang akan dilakukan peledakan dan pengamatan lokasi free face (bidang bebas).
- d. Pengambilan data, yaitu pengumpulan data dasar di lapangan yang meliputi jarak peledakan dengan daerah pemukiman.
- e. Pengambilan data geometri peledakan yang digunakan dalam peledakan, total isian bahan peledak per lubang maupun total keseluruhan isian bahan peledak yang digunakan.

### Burden

Dalam penentuan panjang burden berdasarkan rumusan Konya sebagai berikut:

$$B = 0,012 \left[ \left( \frac{2SGe}{SGr} \right) + 1,5 \right] De$$

Keterangan :

B = Burden (m)

SGe = Berat jenis bahan peledak

SGr = Berat jenis batuan

De = Diameter lubang ledak (mm)

Sedangkan perhitungan koreksi burden digunakan rumusan dibawah ini :

$$B_2 = K_d \times K_s \times K_r \times B_1$$

Keterangan :

B<sub>1</sub> = Burden awal (m)

B<sub>2</sub> = Burden terkoreksi (m)

K<sub>d</sub> = Faktor koreksi berdasarkan struktur geologi batuan

K<sub>s</sub> = Faktor koreksi berdasarkan orientasi perlapisan

K<sub>r</sub> = Faktor koreksi berdasarkan jumlah baris peledakan, yaitu K<sub>r</sub> = 1 jika terdapat satu atau 2 baris dan K<sub>r</sub> = 0,9 jika terdapat 3 baris atau lebih.

### Spasi

Untuk memperoleh jarak spasi maka digunakan rumusan sebagai berikut:

#### a. Instantaneous initiation single row blastholes

Untuk tinggi jenjang rendah (*low benches*) :  $L < 4B$ ,  $S = (L + 2B) / 3$

Untuk tinggi jenjang besar (*high benches*) :  $L = 4B$ ,  $S = 2B$

#### b. Delayed initiation single row blastholes

Untuk tinggi jenjang rendah (*low benches*) :  $L < 4B$ ,  $S = (L + 7B) / 8$

Untuk tinggi jenjang besar (*high benches*) :  $L = 4B$ ,  $S = 1,4B$

### Stemming

Untuk penentuan tinggi stemming digunakan rumusan seperti yang tertera berikut ini :

$$T = 0,7 \times B$$

Keterangan :

T = Stemming (m)

### Subdrilling

Dalam penentuan tinggi subdrilling yang baik untuk memperoleh lantai jenjang yang rata maka digunakan rumusan sebagai berikut :

$$J = 0,3 \times B$$

Keterangan :

J = Subdrilling (m)

### Kedalaman Lubang Ledak

Pada prinsipnya kedalaman lubang ledak merupakan jumlah total antara tinggi jenjang dengan besarnya subdrilling, yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$H = L + J$$

Keterangan:

H = Kedalaman lubang ledak (m)

L = Tinggi jenjang (m)

*Panjang Kolom Isian*

$$PC = H - T$$

Keterangan :

PC = Panjang kolom isian (meter)

H = Kedalaman lubang ledak (meter)

T = Stemming (meter)

*Tinggi Jenjang*

Penentuan ukuran tinggi jenjang berdasarkan stiffness ratio digunakan rumus sebagai berikut :

$$L = 5De \times 0,3048$$

Keterangan :

L = Tinggi jenjang minimum (m)

De = Diameter lubang ledak (inchi)

- f. Melakukan pemasangan alat pengukur getaran pada jarak – jarak yang telah ditentukan, dengan jarak yang berbeda-beda.
- g. Pengukuran getaran peledakan dengan menggunakan alat *BlastMate III/Minimate Plus*.

*Analisa Data*

Pengolahan data dilakukan oleh *BlastMate III/Minimate Plus* direkam ke dalam komputer/laptop dengan menggunakan software blastware. Data yang sudah terekam kemudian dianalisis dengan membandingkan data tersebut dengan baku mutu getaran yang ada. Hasil dari penelitian getaran peledakan pada batubara akan menggunakan Baku Mutu Kepmen LH No. 49 Tahun 1996.

**Hasil Dan Pembahasan***Getaran Tanah dan Ledakan Udara yang Dihasilkan oleh Aktivitas Peledakan*

Untuk hasil pengukuran getaran peledakan pada tambang batubara yang dilakukan di PT. Arutmin Indonesia Tambang Senakin, digunakan beberapa

nilai ambang batas antara lain Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 1996 mengenai baku tingkat getaran mekanik berdasarkan jenis bangunannya dan mengenai baku tingkat getaran kejut pada bangunan, berdasarkan baku mutu para ahli, United Stated Bureau of Mine (USBM) dan Australian Standard Vibration Limid.

Semakin dekat jarak dengan lokasi peledakan maka akan menghasilkan peak particle velocity yang tinggi begitu juga sebaliknya semakin jauh jarak dengan lokasi peledakan maka akan menghasilkan *peak particle velocity* yang rendah.

Dari hasil pengukuran getaran (lihat Tabel 1) di lapangan setelah dibandingkan dengan acuan standar pendapat para ahli, USBM, ASVL dan KepMen Lingkungan Hidup.

1. Berdasarkan nilai ambang batas Langefors, Kinlstrom dan Westerbeg (1978) kondisi lingkungan sekitar peledakan dikategorikan tidak ada kerusakan berarti (<80 mm/detik).
2. Berdasarkan nilai ambang batas Edward dan Northwood (1995) kegiatan peledakan yang dilaksanakan masih dikategorikan aman dan tidak berbahaya (<50 mm/detik)
3. Berdasarkan nilai ambang batas Nicholl, Johnson dan Duval (1971) < 50 mm/detik masih dikategorikan aman dan tidak berbahaya.
4. Berdasarkan acuan standar AS United Stated Bureau of Mine (USBM) peledakan dengan kecepatan rambat gelombang <50 mm/ detik masih dikategorikan tidak berbahaya,
5. Berdasarkan acuan Australian Standard Vibration Limid <10 mm/detik akan menimbulkan kerusakan pada dinding rumah dan pada peledakan ke 8 pada jarak 888,87 m getaran yang dihasilkan adalah 10,93 mm/detik dan ini sudah dapat mengakibatkan kerusakan pada dinding rumah.
6. Berdasarkan KepMen Lingkungan Hidup, pada pengukuran ke 4 (7,512 mm/detik), ke 6 (5,158) dan ke 10

(6,222 mm/detik) titik-titik tersebut berada pada kecepatan > 5 mm/detik, ini dapat mengakibatkan keretakan pada tembok, semakin bertambahnya keretakan plester dan bergetarnya kaca-kaca pada rumah tempat tinggal, pada pengukuran ke 8 (10,930 mm/detik) getaran peledakan yang ditimbulkan sudah melebihi baku mutu tingkat getaran KepMen Lingkungan (10 mm/detik) pada kondisi ini dapat mengakibatkan bangunan pada kondisi teknis yang baik akan ada kerusakan-kerusakan kecil seperti plester yang rusak dan pada pemasangan kaca rumah yang tidak rapat akan pecah.

kg pada jarak 1.037,84 m dengan frekwensi 6.75 hz dan peak particle velocity 5.158 mm/s memang tidak menimbulkan kerusakan, tetapi sudah mengganggu kenyamanan. Pada jarak 896.3 m sampai 1.137,10 m dengan frekwensi 2.625 hz sampai 8.375 hz dan peak particle velocity 2.551 mm/s sampai 6.222 mm/s, (tidak menimbulkan kerusakan, tetapi sudah menimbulkan ketidak nyamanan. Jarak 888.82 dengan frekuwensi 8.375 hz dan peak particle velocity 10.93 mm/s, pada jarak ini sudah dapat menimbulkan bangunan pada kondisi teknis yang baik akan ada kerusakan-kerusakan kecil seperti plester yang rusak dan pada pemasangan kaca rumah yang tidak rapat akan pecah.

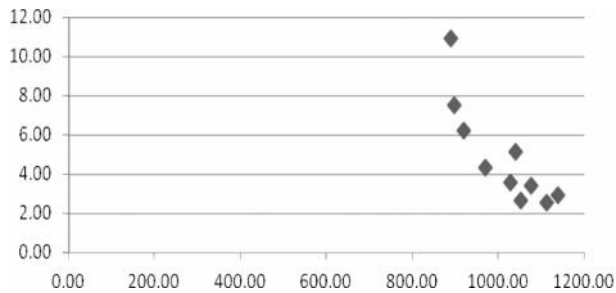
Tabel 1. Hasil pengukuran getaran peledakan

| No | Jarak<br>(m) | Muatan<br>(kg) | Rata-rata<br>kedalaman bor<br>(m) | Kecepatan<br>(mm/det) | Frekuensi<br>(hz) | Kebisingan<br>(dB) |
|----|--------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| 1  | 1027.30      | 26.087         | 13,8                              | 3,575                 | 2,875             | 115,9              |
| 2  | 1137.10      | 35.226         | 15,3                              | 2,957                 | 7,000             | 107,2              |
| 3  | 1050.30      | 52.668         | 16,1                              | 2,644                 | 7,125             | 117,6              |
| 4  | 896.32       | 50.698         | 18,3                              | 7,512                 | 3,625             | 108,1              |
| 5  | 968.04       | 9.443          | 12,7                              | 4,360                 | 2,625             | 111,5              |
| 6  | 1037.84      | 68.096         | 15,8                              | 5,158                 | 6,750             | 120,1              |
| 7  | 1075.85      | 45.925         | 14,3                              | 3,397                 | 5,250             | 113,4              |
| 8  | 888.87       | 40.394         | 15,5                              | 10,930                | 8,375             | 105,9              |
| 9  | 1112.06      | 26.207         | 11,8                              | 2,551                 | 5,250             | 114,5              |
| 10 | 917.50       | 67.056         | 16.4                              | 6,222                 | 4,000             | 110,8              |

Dari hasil pengukuran dan analisis yang mengacu terhadap kriteria-kriteria diatas maka kriteria KepMen Lingkungan Hidup merupakan kriteria yang paling ketat dan tepat untuk digunakan di wilayah sekitar zona peledakan PT. Arutmin Indonesia Tambang Senakain. Hal ini dapat di lihat dari minimal tingkat getaran yang diijinkan KepMen Lingkungan Hidup minimal 5 mm/detik seperti pada Gambar 1.

Berdasarkan kriteria pengukuran dilapangan, muatan terbesar yaitu pada sekali peledakan sebesar 68.096 kg total muatan bahan peledakan pada sekali peledakan dan muatan per waktu tunda 950

Analisis dan perhitungan grafik baku tingkat getaran untuk kenyamanan dan kesehatan getaran menunjukkan bahwa pada muatan terbesar jarak aman pada manusia adalah > 1037,84 m dengan rata-rata kedalam lobang bor 15 m dan rata muatan bahan peledak sebanyak 40.000 kg.



Gambar 1. Grafik perbandingan jarak dan kecepatan

Dari hasil pengukuran dan analisis berdasarkan nilai frekuensi yang mengacu terhadap kriteria-kriteria diatas maka kriteria KepMen Lingkungan Hidup peledakan di PT. Arutmin Indonesia Tambang Senakin jarak yang dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan yang berarti berada pada jarak 888,87 m, sehingga pada jarak > 888,87 m dengan rata-rata kedalam lobang bor 15 m dan rata muatan bahan peledak sebanyak 40.000 kg, berdasarkan nilai frekuensi yang ada peledakan yang dilaksanakan akan aman.

Dari acuan kriteria KepMen Lingkungan Hidup Nomor 49 Tahun 1996 tentang Baku Mutu Tingkat Getaran acuan kriteria kerusakan, maka kategori kerusakan dapat kita lihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dari titik pengukuran hanya satu titik (pengukuran ke 8 dengan kecepatan getaran 10,93 mm/detik pada frekuensi 8,375 Hz) yang termasuk katagori B atau dapat mengakibatkan keretakan plesteran pada dinding, dan sisanya masuk pada kategori A tidak menimbulkan kerusakan.

#### *Peledakan yang Dilaksanakan pada PT. Arutmin Tambang Senakin*

Dalam kegiatan pemboran dan peledakan, karakteristik massa batuan yang perlu diperhatikan yaitu kekerasan/kekuatan batuan, elastisitas dan plastisitas batuan, abrasivitas batuan dan kecepatan perambatan gelombang pada batuan. Semakin tinggi tingkat kekerasan batuan, maka akan semakin sukar batuan tersebut untuk dihancurkan, demikian juga

dengan batuan yang memiliki kerapatan tinggi. Sehingga semakin berat massa suatu batuan, bahan peledak yang dibutuhkan untuk membongkar atau menghancurkan batuan tersebut akan lebih banyak.

Elastisitas batuan adalah sifat yang dimiliki batuan untuk kembali ke bentuk atau keadaan semula setelah gaya yang diberikan kepada batuan tersebut dihilangkan. Secara umum batuan memiliki sifat elastis fragile yaitu batuan dapat dihancurkan apabila mengalami regangan yang melewati batas elastisitasnya. Sedangkan plastisitas batuan merupakan perilaku batuan yang mengizinkan deformasi permanen setelah regangan dikembalikan ke kondisi awal, dimana batuan tersebut belum hancur.

Tabel 2. Hasil pengukuran getaran peledakan

| No | Jarak (m) | Kecepatan (mm/det) | Frekuensi (hz) | Kerusakan  |
|----|-----------|--------------------|----------------|------------|
| 1  | 1027.30   | 3,575              | 2,875          | Kategori A |
| 2  | 1137.10   | 2,957              | 7,000          | Kategori A |
| 3  | 1050.30   | 2,644              | 7,125          | Kategori A |
| 4  | 896.32    | 7,512              | 3,625          | Kategori A |
| 5  | 968.04    | 4,360              | 2,625          | Kategori A |
| 6  | 1037.84   | 5,158              | 6,750          | Kategori A |
| 7  | 1075.85   | 3,397              | 5,250          | Kategori A |
| 8  | 888.87    | 10,930             | 8,375          | Kategori B |
| 9  | 1112.06   | 2,551              | 5,250          | Kategori A |
| 10 | 917.50    | 6,222              | 4,000          | Kategori A |

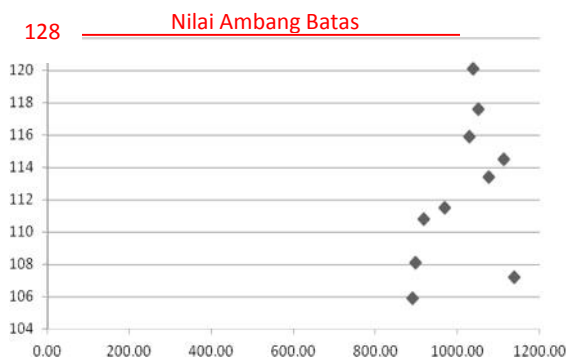
Abrasifitas batuan merupakan suatu parameter batuan yang mempengaruhi keausan dari mata bor yang digunakan untuk melakukan pemboran pada batuan tersebut. Kecepatan perambatan gelombang pada setiap batuan berbeda. Secara teoritis semakin tinggi kecepatan rambat gelombang pada suatu batuan, maka diperlukan bahan peledak yang memiliki energi yang tinggi pula agar dapat menghancurkan batuan tersebut.

Dari kondisi geologi yang ada pada Desa Manggis Kecamatan Kelumpang Tengah karekteristik batuan yang ada relatif sama (lempung basalan) banyak terdapat

*Joint struktur* yang merupakan struktur batuan yang ditandai adanya kekar-kekar yang tersusun secara teratur tegak lurus arah aliran selain itu pada lokasi penelitian batuan yang mempunyai sifat *Masif*, yaitu jika tidak menunjukkan adanya sifat aliran, jejak gas (tidak menunjukkan adanya lubang-lubang) dan tidak menunjukkan adanya fragmen lain yang tertanam dalam tubuh batuan.

*Nilai Ambang Batas Getaran Tanah (ground vibration) dan Ledakan Udara (air blast), di lokasi Desa Manggis Kecamatan Kelumpang Utara Kabupaten Kotabaru*

Dari hasil penelitian para ahli menyatakan pada umumnya ledakan udara tidak menimbulkan gangguan pada kaca atau piring dan jendela yang bergetar pada ledakan udara 140 dB dan mengakibatkan kaca pecah adalah ledakan udara yang lebih besar dari 150 dB, dan batas aman yang dibolehkan oleh USBM adalah 136 dB. Berdasarkan hasil pengukuran getaran diperoleh data ledakan udara yang berkisar antara 105.9 dB – 120.1 dB, bila mengacu pada nilai ambang batas oleh USBM maka secara garis besar ledakan udara dari kegiatan peledakan di tambang batubara PT. Arutmin Indonesia Tambang Senakin, masih berada di bawah ambang batas yaitu 136 dB, kondisi seperti ini akan menghasilkan suasana aman terhadap lingkungan sekitar (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Grafik perbandingan jarak dan kecepatan

## Kesimpulan

Kesimpulan penelitian adalah jarak aman peledakan dari getaran tanah (ground vibration) pada Desa Manggis Kecamatan Kelumpang Hulu adalah sejauh 1037,84 meter dari titik ledak atau lokasi pit aktif dengan penggunaan peledakan dan ledakan udara (air blast) yang aman untuk kenyamanan lingkungan berada pada jarak 900 m dari titik ledak dengan rata-rata kedalam lobang bor 15 m dan rata muatan bahan peledak sebanyak 40.000 kg.

## Daftar Pustaka

- Ash, R. L. 1990. *Design of Blasting Round "Surface Mining"*, B. A. Kennededy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- Autralian Standar Vibration Limit AS 2817-1993
- Edward, N.W. 1995. *Surface Drilling and Blasting*. Norway.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-48/MENLH/XI/1996, Baku Tingkat Getaran.
- Koesnaryo.S. 2001. *Rancangan Peledakan Batuan, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral*, UPN "Veteran" Yogyakarta
- Konya, Calvin J., Edward J. and Walter. 1990. *Surface Blast Design*, Prentice Hall., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Langefors U. and B. Kihlstrom. 1978. *"The Modern Tecnique Of Rock Blasting"*, John Wiley & Sons Co., New York.
- Manon. 1978. *Lasting Surface Mine ; Volume I Fundamentals*, A.A. Balkema, Rotterdam. Page 368-442
- Nicholl and Duval. J. 1971. *Drilling and Blasting of Rocks*, Balkema/ Rotterdam/ Brookfield.
- Supervisory Teknologi Peledakan. 1995. *Tambang Terbuka*. Yogyakarta.

United States Bureau of Mines. 1971.  
*Publications Manuscript Collection.*  
Indiana University of Pennsylvania.